Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (BAHAR 2019)

26 – 28 Nisan 2019 KOCAELİ

FEN BİLİMLERİ BİLDİRİLER KİTABI
CİLT II

-Fen Bilimleri-
(Tam Metin ve Özet)

Alan Editörleri

Fen Bilimleri: **Doç.Dr. Arif ÖZKAN**
Dr.Öğr.Üyesi Serdar BİROĞUL
Öğr.Gör.Dr. Ömer GÜNGÖR
Öğr.Gör. Mustafa OF
Öğr.Gör. Kazım KAHRAMAN
Arş.Gör. Çağatay TAŞDEMİRCİ

Düzenleyen Kuruluşlar

Destekleyen Kuruluşlar

Bu kongre kitabı elektronik yayın (e-kitap) olarak yayınlanmıştır.

Her hakkı saklıdır.

Alan Editörleri

Fen Bilimleri: **Doç.Dr. Arif ÖZKAN**
Dr.Öğr.Üyesi Serdar BİROĞUL
Öğr.Gör. Ömer GÜNGÖR
Öğr.Gör. Mustafa OF
Öğr.Gör. Kazım KAHRAMAN
Arş.Gör. Çağatay TAŞDEMİRCİ

ISBN: 978-605-69509-0-2

Adres Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğü, Umuttepe Yerleşkesi Kocaeli, TÜRKİYE
Telefon +90 262 303 1000
E-posta info@imascon.com
Web www.imascon.com

Eserin hukuki ve etik sorumluluğu yazarlara aittir. Tüm hakları saklıdır. Bu kitabın yayın hakkı Kocaeli Üniversitesi'ne aittir. İzinsiz kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ X
IMASCON 2019 ORGANİZASYONU ..... Xİ
BİLİM KURULU ..... Xİİ
IMASCON 2019 ÇAĞRILI KONUŞMACILAR (INVITED SPEAKERS) 1098
TAM METİNLER BÖLÜMÜ 1099
İÇ VE DIŞ FAKTÖRLERİN BANKA ETKİNLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ROLÜNÜN VERİ ZARFLAMA İLE ANALİZİ 1100
YALIN ÜRETİM SİSTEMİNDE 5S UYGULAMASI: OTOMOTİV YAN SANAYİ ÖRNEĞİ 1107
KOCAELİ'NDE EVSEL ATIKLAR İÇİN YAKMA YOLUYLA BERTARAF ALTERNATİFİNİN EMİSYONLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 1115
THE EFFECT OF FIBER LENGTH AND ION DENSITY ON OUTPUT GAIN AND NOISE FIGURE IN PRASEODYMIUM DOPED FIBER AMPLIFIERS 1122
BİYOENFORMATİK ALANINDA NESNELERİN İNTERNETİ TEMELLİ YAKLAŞIMLAR 1127
ANALYSIS OF RADIAL TIRE DESIGN AND DYNAMIC ANALYSIS FOR SUSTAINABLE PRODUCTION 1135
KAPAK ATMA RAMPASININ SONLU ELEMANLAR METODU İLE STATİK ANALİZİ 1143
GÖRÜNTÜ AKTARIMI VE DEPOLANMASI İÇİN YÜKSEK BOYUTLU JPEG SIKIŞTIRMASI 1150
JAC270C VE JAC590R MALZEMELERİNİN NOKTA DİRENÇ KAYNAĞININ MUKAVEMET ANALİZLERİ 1156
CURRENT SITUATION OF SOLAR ENERGY IN TURKEY: UPDATED DATA 1163
A NOVEL POLYOXOMETALATE/CARBON NITRIDE NANOTUBES NANOCOMPOSITE FOR FUEL-CELL APPLICATION 1168
KİMYA SEKTÖRÜNDE PAZARLAMA ARAŞTIRMASI UYGULAMASI 1173
DIRECT-METHANOL OXIDATION ON CARBON NITRIDE NANOTUBES MODIFIED GLASSY CARBON ELECTRODE 1181
HİBRİT PANEL İLE OTONOM ENERJİ VERİMLİLİĞİ 1185
DEVELOPMENT OF PALLADİUM NANOPARTİCLES ON 2-THİOLBENZİMİDAZOLE FUNCTİONALİZED GRAPHENE OXİDE FOR METHANOL OXİDATİON 1192
POLYOXOMETALATE-FUNCTIONALIZED GRAPHENE QUANTUM DOTS WITH MONO-METALLIC NANOPARTİCLES IN DIRECT METHANOL FUEL CELLS 1197
TİG KAYNAĞINDA AKIM TÜRÜ VE KAYNAK PARAMETRELERİNİN ISIDAN ETKİLENEN BÖLGEYE ETKİSİ VE TAHRİBATSIZ MUAYENESİ 1202
İÇTEN YANMALI MOTORLARDA HONLAMA PROSESİ İLE YÜZEY KALİTESİNİ ARTTIRMA YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI 1211
MG50AL50 PARTİKÜL TAKVİYELİ SAF MAGNEZYUMUN SICAK PRES İLE ÜRETİMİ VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 1216
Ti4AL4MO ALAŞIMININ TOZ METALURJİSİ İLE ÜRETİMİ VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 1223
SAF NİKELİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE TUNGSTENİN ETKİSİ 1231
DESIGNING OF OFF-STOICHIOMETRY THIOL-ENE POLYMERS 1239
İKİ BOYUTLU NANO YAPILAR VE BUNLARIN MOLEKÜLLERLE ETKİLEŞİMİNİ DEĞİŞTİRME YOLLARI 1244
ELECTROCHEMICAL OXIDATION OF DISSOLVED ORGANIC DYE IN AQUEOUS SOLUTION 1250
İLETİM SİSTEMİNDE FACTS UYGULAMALARI VE GÜÇ SİSTEMİNDE KARARLIĞA ETKİLERİ 1258

COMPARATIVE STUDY OF WETTING PROPERTIES OF SAC-2Bi AND SAC-2In SOLDER ALLOYS 1266

TEKERLEK İÇİ FIRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTOR TASARIMI - OLUK/KUTUP ETKİSİ 1273

YÜKSEK KUTUP SAYILI 250W TEKERLEK İÇİ HUB MOTOR TASARIMI 1279

GÖZENEKLİ SİLİSYUM TABANLI GÜNEŞ PİLİ TASARIMI VE METALİZASYON İLE PERFORMANSLARININ ARTTIRIILMASI 1287

YALIN LABORATUVAR DÖNÜŞÜMÜ İÇİN 5S UYGULAMASI: ÜNİVERSİTE ÖRNEĞİ 1293

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA ANİMASYON TABANLI PLC UYGULAMALARININ GELİŞTİRİLMESİ 1301

YÜKSEK PERFORMANSLI POLİ-ETER-ETER-KETON (PEEK) POLİMERİNİN FARKLI KAYMA HIZLARINDAKİ AŞINMA VE SÜRTÜNME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ 1307

CAM ELYAF TAKVİYELİ YÜKSEK PERFORMANSLI POLİ-ETER-ETER-KETON (CE/PEEK) KOMPOZİTİN TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNE KAYMA HIZININ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ 1315

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ ÖĞRENCİ BİLGİ SİSTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ 1322

BEGONİA SEMPERFLORENS (BEGONYA) POLEN TÜPÜ OLUŞUMUNDA NACL'NİNETKİSİ 1331

BEGONİA SEMPERFLORENS (BEGONYA) POLEN TÜPÜ OLUŞUMUNDA ALÜMİNYUMUN ETKİSİ 1337

FARKLI TANECİK BOYUTUNDAKİ SİLİSYUM KARBÜRLERİN YAPIŞMAZ KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ 1342

HOMER İLE SİNOP İLİNDE BİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMİNİN MODELLENEREK TEKNİK VE EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ 1349

FLOROKARBON/KARBON SİYAHI KAUÇUK KOMPOZİTİNİN MEKANİK VE TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNE POLİTETRAFLORETİLEN (PTFE) KATKININ ETKİSİ 1358

TREYLER SEKTÖRÜNDE BİR KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (QFD) UYGULAMASI 1368

DİZEL- BİYODİZEL KARIŞIMI VE EGR UYGULAMASININ DI BİR DİZEL MOTORUN PERFORMANS PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 1378

CAM BİLYA İLE DÖVÜLEN AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ YÜZEY ÖZELLİKLERİNE BİLYA BOYUTU VE BİLYA ÇARPMA AÇISININ ETKİSİ 1386

GELİŞTİRİLMİŞ FLYBACK LED SÜRÜCÜ 1394

B20 BİYODİZEL YAKITI KULLANILAN BİR DİZEL MOTORUNDA EGR UYGULAMASININ EMİSYON KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ 1398

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN KARAR DESTEK ARACI OLARAK YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ 1406

ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN BİR OTOMOBİL ÖN TAKIM SALINCAK TAKOZU PARÇASININ MEKANİK VE MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNE BÖLGESEL SOĞUTMA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI ... 1414

CEP TELEFONU KULLANICILARININ GSM OPERATÖRÜ TERCİHİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI: KÜTAHYA İLİ ÖRNEĞİ 1421

BITCOIN PRICE PREDICTION USING SUPERVISED LEARNING ALGORITHMS 1436

HAVA HAVA FÜZE TASARIMI 1441

ÇEVRİMİÇİ ANKET SEKTÖRÜ İÇİN KULLANICI KAYIP ANALİZİ 1448

BENZETİM MODELLEMESİ İLE LASTİK SEKTÖRÜ LOJİSTİK DEPARTMANINDA SÜREÇ OPTİMİZASYONU 1453

ŞASİ DİNAMOMETRESİ İÇİN VERİ TOPLAMA VE KONTROL YAZILIMI TASARIMI 1460

LEAN HEALTHCARE MANAGEMENT IN AN EMERGENCY DEPARTMENT BY USING INTUITIONISTIC FUZZY SET 1467

BİR DİZEL MOTORUNA AŞIRI DOLDURMA UYGULAMASININ PİSTON ÜZERİNE ETKİSİNİN ANALİZİ 1472

HAVA ARAÇLARINDAKİ TEK TARAFLI BİNDİRMELİ BAĞLANTILARIN HİBRİD NANOPARÇACIK TAKVİYESİYLE EPOKSİ YAPIŞTIRICILARIN İYİLEŞTİRİLMESİ 1479

AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ BİLYALI DÖVME İŞLEMİNDE BİLYA BOYUTUNUN VE BİLYA ÇARPMA AÇISININ KÜTLE KAYBI VE PÜRÜZLÜLÜĞE ETKİSİ 1487

DÜZCE ÇEVRESİNDE SU TEMİN UYGULAMASI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI 15 KWP GÜÇTEKİ PV SİSTEMİN FAYDA-MALİYET ANALİZİ..... 1494

ENTROPİ TEMELLİ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ÇEVRECİ TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİ 1502

AŞIRI DOLDURMALI BİR DİZEL MOTORUNDA B20-PAMUK YAĞI METİL ESTER KULLANIMININ MOTOR ENERJİ DAĞILIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 1507

FARKLI YÜK ŞARTLARINDA ÇALIŞAN BİR DİZEL MOTORUNDA BİYODİZEL-DİZEL KARIŞIMI KULLANIMININ ENERJİ ANALİZİ..... 1516

SENOSFER, BİMS AGREGALI VE ÇİMENTOLU HAFİF KOMPOZİTLERİN ARAŞTIRILMASI 1524

ATIK YAĞ BİYODİZELİ-DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ YANMA KARAKTERİSTİĞİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ 1531

ATIK YAĞ BİYODİZELİ-DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ MOTOR TİTREŞİMİNE VE GÜRÜLTÜSÜNE OLAN ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ..... 1537

TABAKHANE İŞLETMELERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ 1544

METAL MATRİSLİ NANOKOMPOZİT MALZEMELERİN İNCELENMESİ..... 1552

GAZ TÜRBİNİ GİRİŞ HAVASININ ABSORBSİYONLU CHİLLER İLE SOĞUTULMASININ GAZ TÜRBİNİ PERFORMANSINA ETKİSİ 1558

ATIK YAĞ BİYODİZEL-DİZEL KARIŞIMLARININ EGZOZ EMİSYONLARINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ .. 1565

KARBON ELYAF TAKVİYELİ PC/PLA KOMPOZİTLERİNİN ALEV GECİKTİRİCİLİĞİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ 1572

ATIK YAĞ SERBEST YAĞ ASİTLERİNİN OLEYİL ALKOL İLE ESTERLEŞMESİ 1578

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA MİKROALGLER..... 1586

BA_2BİAU TERMOELEKTRİK MALZEMESİNİN YAPISAL, ELASTİK VE TİTREŞİMSEL ÖZELLİKLERİNİN KURAMSAL OLARAK İNCELENMESİ..... 1592

HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI ANAEROBİK FERMANTASYONA DAYALI BİYOGAZ TESİSİNDE İŞLETME MALİYETLERİNİN ÇIKARILMASI VE TESİS FİZİBİLİTESİNE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 1597

HAREKETLİ TARET SİSTEMLERİNDE ATIŞ İSTİKAMETİ STABİLİZASYONU 1601

EFFECT OF THE INERTIA WEIGHT STRATEGY ON THE PSO OPTIMIZATION PERFORMANCE 1609

PAMUK YAĞI METİL ESTERİ-DİZEL KARIŞIMLARININ DI DİZEL MOTORUNDA MOTOR PERFORMANS, NO VE İS EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ 1616

THE ANALYTIC SOLUTION OF INITIAL BOUNDARY VALUE PROBLEM INCLUDING SPACE-FRACTIONAL DIFFUSION EQUATION 1624

MARKET-FİYAT ANALİZİ İÇİN OCR TABANLI MOBİL UYGULAMA 1629

DETERMINATION OF AMYOTROPHIC LATERAL SCLEROSIS DISEASE USING K NEAREST NEIGHBORHOOD ALGORITHM 1641

EEG İŞARETLERİNDE EPİLEPSİ NÖBET TAHMİNİ VE TESPİTİ İÇİN AMPİRİK KİP AYRIŞIMI VE AYRIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI..... 1646

YONGA LEVHA TESİSİNDE ÖRNEK BİR ABSORBSİYON CHİLLER UYGULAMASI 1651

ENDÜSTRİYEL İŞLETMELERDE ENERJİ İZLEME SİSTEMLERİ VE ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNE KATKILARI 1658

İNŞAAT VE İKLİMLENDİRME SEKTÖRÜ'NDE YER ALAN BİR FİRMADA STOK YÖNETİMİ 1666

CDSE/CDTE QUANTUM DOT DUYARLI GÜNEŞ PİLLERİNİN FOTOVOLTAİK PERFORMANSININ İNCELENMESİ1674

SANAL SUNUCU VE KONTEYNER TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI VE YAZILIM GELİŞTİRME SÜREÇLERİNE ETKİSİ 1681

ENİNE AKILI MAKİNELERE GENEL BİR BAKIŞ VE YENİ BİR ENİNE AKILI DİSK MAKİNE MODELİ 1689

ENDÜSTRİYEL FORMALDEHİT TESİSİNDE ZENGİNLEŞTİRME KOLONU UYGULAMASININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ 1696

İZMİT'TE KURULU OLAN POLİKRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN ENERJİ ÜRETİM DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ 1702

FDM YÖNTEMİNDE DOLDURMA ŞEKİLLERİNİN PA12 MALZEMENİN MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ 1709

3B ÜRÜN YAZDIRMA PARAMETRELERİNİN TAGUCHI METODU İLE OPTİMİZASYONU 1717

MEDİKAL SEKTÖRDE KULLANMAK İÇİN POLİ-VİNİL KLORÜR (PVC) ESASLI HORTUM ÜRETİMİ 1726

TEK NOKTA ARTIMLI SAC METAL ŞEKİLLENDİRME PROSESİNDE FARKLI TAKIM TASARIMLARININ SAC KALINLIK DAĞILIMINA ETKİSİNİN SİMÜLASYONU VE İNCELENMESİ 1735

BULUT TEKNOLOJİSİNDE VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI 1741

HEART ATTACK PREDICTION BY USING SUPPORT VECTOR MACHINE 1750

FARKLI CİDAR KALINLIKLARINA SAHİP FİTTİNGS PARÇALARIN SERTLİK VE MİKRO YAPI DEĞİŞİMLERİ 1755

İKİ FARKLI ÜRETİM YÖNTEMİNİN BİR POMPA FİLTRE KAPAĞI PARÇASININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI 1760

SABİT MIKNATISLI BİR DA MOTORUN SİMBİYOTİK ORGANİZMALAR ARAMA ALGORİTMASI TABANLI DURUM GERİ BESLEME İLE HIZ DENETİMİ 1766

GELİŞİGÜZEL YERLEŞTİRİLMİŞ KAYNAK VE ALICI SENSÖR KAPLAMASININ YAKINSANMASI 1773

DI BİR DİZEL MOTORUNA EGR UYGULAMASININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ 1779

DÖKÜMHANELERDE KULLANILACAK KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN BELİRLENMESİ VE KULLANIMI . 1787

MİKRO EMÜLSİYON TEKNİĞİ İLE NANO HİDROKSİAPATİT ÜRETİMİ 1795

SOSYAL MEDYANIN ELEŞTİREL DÜŞÜNMEYE ETKİSİ 1802

NESNELERİN İNTERNETİNDEN ORTAM ZEKÂSINA YOLCULUK 1808

DP600 TİPİ ÇELİK SACLARIN SOĞUK METAL TRANSFERİ (CMT) KAYNAK YÖNTEMİYLE BİRLEŞTİRİLMESİ 1814

$MG(OH)_2$ KATKILI POLİPROPİLEN (PP) KOMPOZİTİN FARKLI HIZLARDAKİ TRİBOLOJİK PERFORMANSLARI .. 1819

POLİPROPİLEN (PP)/ $MG(OH)_2$ KOMPOZİTİN AŞINMA VE SÜRTÜNME DAVRANIŞLARINA UYGULANAN YÜKÜN ETKİSİNİN İNCELENMESİ 1826

LOKAL ISI GİRDİ KOŞULLARINDA S500MC KALİTE ÇELİĞİNİN YAPISAL KARAKTERİZASYONU 1833

EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN KAOTİK GÜVE SÜRÜ ALGORİTMASIYLA ÇÖZÜMÜ 1838

BÜTİL BÜTİRAT SENTEZİNDE PERVAPORASYON KATALİTİK MEMBRAN REAKTÖR İLE KESİKLİ REAKTÖRÜN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI 1846

RETRO-REFLEKTİF SENSÖRLER İLE TAKOGRAF KALİBRASYONU 1854

UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK YAPILAN GÜNEŞ RADYASYONU TAHMİNİNDE KAR ETKİSİNİN BELİRLENMESİ 1859

OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMİNİN KIR KURDU OPTİMİZASYON ALGORİTMASIYLA ÇÖZÜMÜ 1864

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE DÖNÜK SON DÖNEM UYGULAMALAR ... 1873

LAZER DİYOTLAR İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ AKIM KONTROL DEVRESİ VE TERMOELEKTRİK SOĞUTUCU KONTROL DEVRESİ TASARIMI ... 1878

ÜLKE BAZINDA LOJİSTİK PERFORMANS ENDEKSİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ ... 1886

ERBİYUM KATKILI FİBER YÜKSELTEÇLERDE DÜZ KAZANÇ SPEKTRUMU İÇİN ERBİYUM KATKILI FİBER BOYUNUN OPTİMİZASYONU ... 1892

AHŞAP LAMİNE KİRİŞLERİN ÇARPMA YÜKLERİ ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ ... 1898

DÖKÜM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN TEHLİKELİ KİMYASALLAR ... 1906

4D BIM TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDA SANAL GERÇEKLİK VE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ YERİ ... 1914

HEKZAMETOKSİMETİL MELAMİNİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE GÖSTERMESİ İÇİN TERSİYER AMİN İLE MODİFİYE EDİLMESİ ... 1921

ÇEŞİTLİ GÖZENEKLİ ADSORBENTLER ÜZERİNE KARBONDİOKSİTİN ADSORPSİYONU İÇİN ADSORPSİYON İZOTERM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ ... 1927

OSMANGAZİ KÖPRÜSÜ İLE TRAFİKTEN ÇEKİLEN TAŞIT SAYISININ KOCAELİ İLİ'NDE HAVA KALİTESİNE YAPTIĞI ETKİNİN BELİRLENMESİ ... 1934

SAĞLIK BAKIM HİZMETİ ÇALIŞANLARININ TÜKENMİŞLİK ALGILARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA ... 1943

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON LABORATUVARLARINDA KULLANILMAK ÜZERE PLC, HMI KONTROLLÜ EĞİTİM MODÜLÜ TASARIMI VE UYGULAMASI ... 1947

ADSORPTION OF DISPERSE YELLOW 211 DYE ONTO ZEOLITE ... 1954

KESİKLİ REAKTÖRDE HİDROFİLİK MEMBRAN KATKISI İLE DİETİL MALEAT SENTEZİ ... 1960

TOZ METALURJİK YÖNTEMLER İLE NANO SİC TAKVİYELİ Tİ KOMPOZİT ÜRETİMİ ... 1967

MOF YÜKLÜ KARIŞIK MATRİS MEMBRAN HAZIRLANMASI VE İZOPROPANOL-SU KARIŞIMLARININ PERVAPORASYONLA AYRILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ ... 1972

SELECTIVE SEPARATION AND RECOVERY OF CR(VI) FROM AN AQUEOUS SOLUTION ... 1980

ETANOL FUMİGASYONUNUN DI DİZEL MOTORUNDA MOTOR PERFORMANS, NO VE İS EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ ... 1985

SAĞLIK BAKIM ÇALIŞANLARININ KESİCİ-DELİCİ ALET YARALANMALARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA ... 1991

PET GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN TDC MİMARİLERİNİN VLSI BENZETİMLERİ ... 1997

AISI H11 ÇELİĞİNİN TORNALANMASINDA KESİCİ TAKIM KAPLAMA YÖNTEMİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL VE İSTATİSTİKSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI ... 2004

BİR MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACI PERVANESİNİN DAİMİ OLMAYAN ÜÇ BOYUTLU HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ SİMÜLASYONU ... 2013

FLUSHİNG İŞLEMİ YAPAN MAKİNENİN SOĞUTMA KAPASİTESİNİN ANALİZİ ... 2020

KESİCİ TAKIM KAPLAMA YÖNTEMİNİN TAKIM AŞINMASI VE KESME SICAKLIĞINA ETKİSİNİN DENEYSEL VE İSTATİSTİKİ OLARAK İNCELENMESİ ... 2025

YATAN HASTALARIN HEMŞİRELİK HİZMETLERİNDEN MEMNUNİYETİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA ... 2034

DRONLAR İÇİN DÜŞÜK SES SEVİYELİ PERVANE TASARIMI ... 2039

KOLİN TESPİTİ İÇİN MOLEKÜLER BASKILAMA TABANLI NANO-BİYOSENSÖR GELİŞTİRİLMESİ ... 2045

GÖMÜLÜ PLATFORMLAR İÇİN KUŞBAŞI GÖRÜNTÜLER ÜZERİNDEN DERİN ÖĞRENME TEMELLİ GERÇEK ZAMANLI ŞERİT İŞARETİ TESPİT SİSTEMİ ... 2054

INVESTIGATION OF STRAIN DISTRIBUTION IN HEXA-ECAP PROCESSED PURE COPPER 2061

SAYDAM GÜNEŞ PANEL TEKNOLOJİSİ VE GELECEK VİZYONU 2068

KANOLA YAĞI BİYODİZELİ-ETANOL-DİZEL YAKIT KARIŞIMININ YANMA KARAKTERİSTİĞİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ 2077

KANOLA YAĞI VE ETANOLDEN OLUŞAN DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ EGZOZ EMİSYONLARINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ 2082

OTOMOTİV GÖVDE SACLARINDA KAYNAK BÖLGELERİNİN SONLU ELEMANLAR MODELİ İÇİN FARKLI KONTAKLARIN KARŞILAŞTIRILMASI 2089

BİR LASTİK FABRİKASI İÇİN KARTUŞ ARABASI TASARIMI 2095

TÜRKİYE'DE YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜĞÜ KULLANIMI VE YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜĞÜ KONUSUNDA BİLİNMESİ GEREKENLER 2103

BULUTLANMA NOKTASI EKSTRAKSİYONU SONRASI AMARANTH BOYASININ ESER MİKTARLARININ SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ 2108

PV SİSTEMLERDE ÇEVRESEL PARAMETRE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ 2115

OTOMATİK METEOROLOJİ İSTASYONU VERİLERİ İLE FOTOVOLTAİK SİSTEMİN PERFORMANSININ VE OPTİMİZASYONUNUN ARTIRILMASI 2120

BİR LASTİK ÜRETİM FİRMASINDA ÇALIŞMA DURUŞLARININ REBA YÖNTEMİ İLE ERGONOMİK ANALİZİ 2125

BLE TABANLI HASTANE ENVANTERİNİN KONUM TAKİP SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ 2134

PLASTİK MEDİKAL BİR ÜRÜNÜN YOLLUK TASARIMI VE AKIŞ ANALİZLERİNİN İNCELENMESİ 2143

THE EFFECT OF SHORT GLASS FIBER CONTENT ON THE PHYSICAL, MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PPROPERTIES OF POLYAMIDE-6 2150

SU ISITICISI MODELİNİN MOLDFLOW İLE PLASTİK AKIŞ ANALİZLERİNİN YAPILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ 2155

JİROSKOPİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARININ İNCELENMESİ 2163

KİMYA EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANILMASI 2173

SÜREÇ İYİLEŞTİRME: OTOBÜS ÜRETİMİNDE BİR UYGULAMA 2181

VEKTÖRLERLE BULAŞAN HASTALIKLAR: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESELLEŞMENİN TETİKLEDİĞİ YENİ TEHDİT 2189

AISI 4140 ISLAH ÇELİĞİNİN TORNALAMA İŞLEMİNDE PARAMETRELERİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE TAKIM AŞINMASINA ETKİSİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME 2202

TABAKALI AHŞAP KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİNDE CAM FİBER (GFRP) VE KARBON FİBER (CFRP) KULLANIMI 2210

BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOETİK 2219

SIRALI İYONİK TABAKA ADSORPSİYONU VE REAKSİYONU İLE BİRİKTİRİLEN BAKIR SÜLFÜR FİLMLERİNDE ÖNCÜL MOLARİTENİN İNCELENMESİ 2229

SILAR METHODU KULLANILARAK CUO İNCE FİLM BÜYÜTÜLMESİ VE MOLARİTENİN İNCE FİLM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ 2234

YÜRÜME DÖNGÜSÜNDE FEMUR ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SONLU ELEMANLAR ANALİZ YÖNTEMİ 2238

SANDVİÇ PANELLERDE HÜCRE ŞEKLİNİN MEKANİK DAVRANIŞA ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ 2243

TS 825'E GÖRE UYGUN YALITIM KALINLIKLARI TAYİNİ VE YALITIM SAĞLANAN YAPI BİLEŞENLERİNİN YALITIMSIZ DURUMA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI 2247

SANTRİFÜJ POMPALARIN HİDROLİK TÜRBİN OLARAK KULLANILMASI 2254

SİNÜS KAOTİK HARİTA VE KURTULMA HIZI OPERATÖRLERİYLE BİRLEŞTİRİLMİŞ YERÇEKİMİ ARAMA ALGORİTMASI 2260

AŞINDIRICI SU JETİ İLE TORNALAMA İŞLEMİ 2268

COMPLEXATION AND SEPARATION OF AZO DYES BY CALIX[4]ARENE DERIVATIVE 2275

SYNTHESIS OF NEW WATER-SOLUBLE P-SULFONATO-CALIXARENE DERIVATIVE AND INVESTIGATE OF ITS INTERACTION WITH DRUG 2278

İNSAN OVER KANSERİ HÜCRE SERİSİ ÜZERİNE ZAKKUM BİTKİSİNİN (*NERİUM OLEANDER*) SİTOTOKSİK ETKİSİNİN İNCELENMESİ 2281

DOKU KÜLTÜRÜNDE ENFEKSİYON KAYNAKLARI VE STERİLİZASYON 2286

KOCAELİ'DE FINDIK TARIMI VE KANDIRA'DA FINDIK 2294

TARIMDA ALTERNATİF GİRİŞİMCİLİK ALANI: SERADA TOPRAKSIZ YETİŞTİRİCİLİK 2302

TÜRKİYE'DE MANDARİN ÜRETİMİ VE PAZARLAMASI ÜZERİNE BİR DIŞ PAZAR ARAŞTIRMASI 2310

GİRDAP AKIMI TEMELLİ TAHRİBATSIZ MUAYENE YAKLAŞIMI İLE GERÇEK ZAMANLI HATA TESPİTİ 2318

TÜRKİYE *SAPONARIA* L. CİNSİ POLEN YAPISI 2325

ÖNSÖZ

Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi 26 – 28 Nisan 2019 tarihleri arasında Kocaeli Üniversitesi ve Tübitak MAM sahipliğinde Kocaeli'de düzenlenmiştir. Kongre, fen ve sosyal bilimlerde disiplinler arası konularda çalışan araştırmacıları bir araya getirmeyi ve aralarında etkin bir iletişim platformu oluşturmayı hedeflemektedir. Kongrede;

Fen bilimler alanında; Akustik Mühendisliği, Astrofizik, Astronomi ve Uzay Bilimleri, Atmosfer Bilimleri, Bakteriyoloji, Balıkçılık Bilimleri, Bilgisayar Mühendisliği, Bina Hizmetleri Mühendisliği, Bitki Bilimleri, Biyokimya Biyoçeşitlilik, Biyoloji, Biyomedikal Mühendisliği, Botanik, Çevre Bilimi Çevre Mühendisliği, Ekoloji, Elektrik Mühendisliği, Elektrik Mühendisliği, Elektronik Mühendisliği Endüstri Mühendisliği, Enerji Mühendisliği, Farmakoloji, Fizik ve Fizik Mühendisliği, Fiziksel Bilimler, Fizyoloji, Genetik Mühendisi, Geoteknik Mühendisliği, Gıda Mühendisliği, İklim ve İklim Değişikliği, İnşaat Mühendisliği, İstatistik ve Aktüeryal Bilimler, Jeofizik, Jeofizik Mühendisliği, Jeoloji, Jeoloji Mühendisliği, Kimya, Kimya Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Malzeme Mühendisliği, Matematik, Mekatronik Mühendisliği, Meteoroloji, Mikrobiyoloji, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Moleküler Mühendislik, Nano Mühendislik, Nükleer Mühendislik, Optik Mühendisliği, Otomotiv Mühendisliği, Petrol Mühendisliği, Psikoloji, Tarım Mühendisliği, Ulaştırma Mühendisliği, Uygulamalı Mühendislik Bilimleri, Uzay Mühendisliği, Üretim Mühendisliği, Yazılım Mühendisliği, Yer Bilimleri

Sosyal bilimler alanında; Antropoloji, Arkeoloji, Asya Tarihi, Avrupa Birliği, Bankacılık ve Sigortacılık, Batı Dilleri ve Edebiyatları, Beşeri ve İktisadi coğrafya, Bilgi ve Belge Yönetimi, Bilgisayar Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Coğrafya, Çağdaş Türk Lehçeleri ve Edebiyatları, Çağdaş Dünya Tarihi, Çocuk Gelişimi, Dilbilimi, Din Kültürü ve Ahlak Bilgisi Eğitimi, Eğitim Bilimleri, Ekonometri, Eski Anadolu Tarihi, Eski Ön Asya Tarihi, Etnokültür, Felsefe, Finans, Gazetecilik ve Medya Çalışmaları, Gelişim Psikolojisi, Görsel İletişim Tasarımı, Güzel Sanatlar, Halkla İlişkiler, Hukuk, İktisadi Düşünce, İktisat, İktisat Tarih, İlahiyat, İletişim Çalışmaları, İşletme, Kadın Araştırmaları, Kamu Yönetimi, Kütüphanecilik, Maliye, Mimari, Muhasebe, Müslüman Türk Devletleri ve Toplumları Tarihi, Müze Çalışmaları, Müzik, Organizasyon, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi, Ortaöğretim Sosyal Alanlar Eğitimi, Osmanlı Kurumları ve Medeniyeti, Özel Eğitim, Paleoantropoloji, Pazarlama, Psikoloji, Rehberlik ve Psikolojik Danışmanlık, Reklamcılık, Resim, Sağlık Bilimleri, Sanat ve Sanat Eğitimi, Sinema-TV, Siyasal Düşünceler, Siyasal Hayat ve Kurumlar, Siyaset Bilim, Sosyal Hizmet, Sosyal Politika, Sosyoloji, Spor Bilimi ve Eğitimi, Su Ürünleri Politikaları ve İstihdamı, Tarih, Temel Eğitim, Turizm, Türk ve İslam Düşünce Tarihi, Türk İslam Sanatı, Uluslararası Ticaret, Uluslararası İktisat, Uluslararası İlişkiler, Yabancı Dil Eğitimi, Yerel Yönetimler, Yönetim, Yükseköğretim Çalışmaları

Kongre dili İngilizce ve Türkçe olup güncel konulardaki kongrede yayınlanmak üzere gönderilen tüm bildiriler ve özetler en az iki hakem tarafından körleme değerlendirme yöntemi ile değerlendirilmiştir. Kongre çağrısına gönderilen bildiri, özet ve posterlerden 641 tanesi hakem değerlendirmeleri neticesinde sözlü sunum yapılmak ve yayınlanmak üzere kabul edilmiştir. Kongreye ilgi gösteren tüm araştırmacılara teşekkür ederiz.

IMASCON 2019 ORGANİZASYONU

IMASCON 2019, Kocaeli Üniversitesi (KOÜ) ve TÜBİTAK MAM tarafından Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Körfez Belediyesi, Kartepe Belediyesi, Gölcük Belediyesi ve Doğu Marmara Kalkınma Ajansı desteğiyle düzenlenmiştir.

Imascon 2019 Genel Başkanı

Öznur GÖKKAYA (KOÜ)

Düzenleme Kurulu

Şükrü DURSUN (Konya Teknik Ü)

Arif ÖZKAN (Kocaeli Ü)

Serdar BİROĞUL (Düzce Ü)

Ömer GÜNGÖR (Kocaeli Ü)

Mustafa OF (Kocaeli Ü)

Barış DEMİR (Kocaeli Ü)

İsmail KILIÇASLAN (Kocaeli Ü)

Kazım KAHRAMAN (Kocaeli Ü)

BİLİM KURULU

Agata Jazdzewska (Gdansk Teknoloji Ü)
Ahmet Küçük (Kocaeli Ü)
Ayşe Gül Gürek (Gebze Teknik Ü)
Bahadır Akın (Necmettin Erbakan Ü)
Durmuş Kaya (Kocaeli Ü)
Engin Özdemir (Kocaeli Ü)
Fabienne Dumoulin (Gebze Teknik Ü)
Fatma Çanka Kılıç (Kocaeli Ü)
Fazilet Burcu Candan (Kocaeli Ü)
Hanefi Bayraktar (Bayburt Ü)
Hasan Latif (Kocaeli Ü)
Hasan Tutar (Sakarya Ü)
Hülya Gündüz Çekmecelioğlu (Kocaeli Ü)
İlyas Uygur (Düzce Ü)
Kadri Süleyman Yiğit (Kocaeli Ü)
Luis Manuel Ferreira Roseiro (Instituto Politécnico de Coimbra, Portekiz)
M. Subhan Qureshi (Chief Patron Dairy Science Park University of Agriculture Peshawar, Pakistan)
M. Emin Özdemir (Uludağ Ü)
Mahmut Durmuş (Gebze Teknik Ü)
Mehmet Demirtaş (Bitlis Eren Ü)
Mirela LIKA ÇEKANI (University of Tirana, Albania)
Mustafa Yaşar (Karabük Ü)
Numan Akdoğan (Gebze Teknik Ü)
Resul Kara (Düzce Ü)
Suzana (Kuci) Golemi (University of Shkodra "Luigj Gurakuqi", Albania)
Şükrü Dursun (Konya Teknik Ü)
Vefa Ahsen (Gebze Teknik Ü)
Arif Özkan (Kocaeli Ü)
Ayşe GÜNSEL (Kocaeli Ü)
Ebubekir Ayan (Kocaeli Ü)
Esra Alnıaçık (Kocaeli Ü)
Fadime Sertçelik (Kocaeli Ü)
Fatih Sevgi (Selçuk Ü)
Ferah Yıldız (Kocaeli Ü)
Flora Merko (Tirana University, Albania)
Lyudmyla Symochko (Uzhhorod National University, Ukraine)
Halil Atmaca (Artro Klinik)
Orhan Gezici (Ömer Halis Demir Ü)
Öznur Gökkaya (Kocaeli Ü)i
Samad Rahimi Aghdam (Tabriz Ü)
Selda Uca (Kocaeli Ü)
Sinan Aydın (Kocaeli Ü)
Ümit Alnıaçık (Kocaeli Ü)
A. Arzu Arı Bural (Kocaeli Ü)
Aslıhan Kuyumcu Vardar (Düzce Ü)
Oğuz Polatel (Kocaeli Ü)
Larissa Shragina (Odessa I. I. Mechnikov Ü)
Moses M. Solomon (Kral Fahd Ü)
Seher Uçkun (Kocaeli Ü)
Seyil Najimudinova (Kırgızistan Türkiye Manas Ü)
Vystavkina Daria (Odessa I. I. Mechnikov Ü)
Yasemin Kaba (Kocaeli Ü)
Blerina Vrenozi (Tirana U)
Daniela Lika (Aleksander Moisiu U)
Mirela Alushllari (University of Albania)
Ömer Güngör (Kocaeli Ü)
Barış Demir (Kocaeli Ü)
İsmail Kılıçaslan (Kocaeli Ü)
Kazım Kahraman (Kocaeli Ü)
Mustafa Of (Kocaeli Ü)
Emma Gurashi Nikolaoy (University Of Patras, Greece)
Hisham M. Alidrisi (King Abdulaziz U, Saudi Arabia)
Hysen Mankolli (Editor of IJEES, Health and Environment Association, USA)
Osman Taylan (King Abdulaziz U, Saudi Arabia)
Nermin Demirkol (Kocaeli Ü)
Çağatay Taşdemirci (Kocaeli Ü)
Hüseyin Dikme (İstanbul Gelişim Ü)
Ceylan Gazi Uçkun (Kocaeli Ü)
Ruhan Özel (Kocaeli Ü)

IMASCON 2019 ÇAĞRILI KONUŞMACILAR (INVITED SPEAKERS)

- Assoc .Prof. Dr. Azeta Tartaraj, Aleksander Moisiu University
- Lecturer Phd. Sonila Zerelli, Aleksander Moisiu University
- Prof. Dr. Hasan Tutar, Anadolu Üniversitesi
- Dr. Mustafa Çöpoğlu, Doğu Marmara Kalkınma Ajansı Genel Sekreteri
- Prof. Dr. Gazi Uçkun, Kocaeli Üniversitesi
- Prof. Dr. Mehmet Demirtaş, Bitlis Eren Üniversitesi Rektör Yardımcısı
- Emin Bitlis, Polisan Holding Yönetim Kurulu Başkanı
- Mustafa Arslan, Elvan Group Yönetim Kurulu Başkanı
- Assoc .Prof. Dr. Brunela Trebicka, Aleksander Moisiu University
- Assoc .Prof. Dr. Natalya Gudkova, Aleksander Moisiu University
- Lecturer Phd. Violeta Neza, Aleksander Moisiu University
- Dr. Yüksel Malkoç, Enerji İşleri Genel Müdür Yardımcısı
- Dr. Ayşegül Emine Çetin, İLBANK A.Ş.
- Dr. Cem ŞAHİN, TUBITAK MAM Enerji Enstitüsü
- Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla SYMOCHKO, Uzhhorod National University, Ukraine
- Assoc. Prof. Dr. Flora MERKO, Aleksander Moisiu University
- Assoc. Prof. Dr. Luis Manuel Ferreira ROSEIRO, Instituto Politécnico de Coimbra
- Osman TAYLAN, King Abdulaziz University
- Doç. Dr. Mehmet ŞAHİN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Kocaeli Üniversitesi tarafından düzenlenen Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi 26-28 Nisan 2019 tarihleri arasında Kocaeli'de düzenlenmiştir. Kongre kapsamında aşağıda ismi ve ülkesi belirtilen kişiler kongreye katılmış ve sunumlarını yapmışlardır.

Saygılarımızla.

Doç. Dr. Öznur GÖKKAYA
Kongre Başkanı

Sıra No	Adı Soyadı	Ülke
1	M. Subhan QURESH	Pakistan
2	Assoc .Prof. Dr. Flora Merko	Arnavutluk
3	Lyudmyla SYMOCHKO	Ukrayna
4	Lecturer Phd. Sonila Zerelli	Arnavutluk
5	Luis Manuel Ferreira ROSEIRO	Portekiz
6	Hysen MANKOLLI	ABD
7	Assoc .Prof. Dr. Natalya Gudkova	Ukrayna
8	Assoc .Prof. Dr ,Azeta Tartaraj	Arnavutluk
9	Prof. Dr. Hab. Justyna Franc-Dąbrowska	Polonya
10	Donovan Jairos	Zimbabwe

TAM METİNLER BÖLÜMÜ

İÇ VE DIŞ FAKTÖRLERİN BANKA ETKİNLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ROLÜNÜN VERİ ZARFLAMA İLE ANALİZİ

Merve Turgut
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü
merveturgut_17@hotmail.com

Sena Orhan
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü
senaorhan96@gmail.com

Arş. Gör. Selen Avcı
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü
selenavciem@gmail.com

Prof Dr. Zerrin Aladağ
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
zaladag@kocaeli.edu.tr

Özet

Ülkelerin ekonomik varlığında bankacılık sistemi önemli bir rol üstlenmektedir. Bu sistemlerde karlılık önem arz ettiğinden günümüz koşulları "daha etkin ve verimli olma" gerekliliğini de ön plana çıkarmaktadır. Bankacılık sisteminin önemli birimlerinin etkinliğini ölçmek sistemin durumunu analiz etmek için gereklidir. Etkinlik ölçme yöntemlerinden biri olan veri zarflama analizi (VZA) pek çok girdi ve çıktı ile karar verme birimi (KVB) olarak seçilen sistemlerin ayrıntılı olarak sayısal analizine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, KVB olarak seçilen altı farklı bankanın 2017 yılı göreli etkinliklerinin VZA ile hesaplanması amaçlanmıştır. Excel- Solver eklentisi ile VZA'nın temelini oluşturan doğrusal programlama modelleri kurularak her bir bankanın göreli etkinliği belirlenmiştir. Etkinlikleri düşük olan KVB'ler için; girdi ve çıktılar üzerindeki kaynak kullanımının etkisi aylak değişkenler vasıtasıyla analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, etkin olmayan üç KVB'nin etkin olabilmesi için aylak değişken ve ağırlıklar kullanılarak hedef değerler belirlenmiştir. Bu değerler üzerinden yeni etkinlikler hesaplanmıştır. Gerçekleşen ve hedef değerler arasındaki ilişki göz önüne alındığında, bir KVB'deki faiz giderleri girdisinde oluşan mutlak farkın yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu girdi alt kriterlere ayrılarak hangi kriterin faiz giderleri üzerinde etkisinin daha fazla olduğu Analitik Hiyerarşi Prosesi ile incelenmiştir. Alt kriterlerin önem seviyesi ekonomik dalgalanmalarla değişkenlik gösterdiğinden 2017 yılına ek olarak önceki iki yılın da göreli etkinlik değerleri hesaplanarak döviz kurlarının bu değişkenlikteki rolü değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Banka, Göreli Etkinlik, Aylak Değişken

ANALYSIS OF THE ROLE OF INTERNAL AND EXTERNAL FACTORS ON BANK EFFICIENCIES WITH DATA ENVELOPMENT

The banking system plays an significant role in the economic existence of countries. In these systems, profitability is important and therefore, it gives of necessity "being more efficient and productive" prominence in today's conditions. Measuring the efficiency of important units of the banking system is necessary to analyze the situation of the system. Data envelopment analysis (DEA), which is one of the methods of measuring efficiency, allows detailed numerical analysis of the systems selected as decision making units (DMU) with many inputs and outputs. In this study, it was aimed to calculate the relative efficiency of 2017 year, of the six different banks selected as DMU with DEA. Linear programming models, which form the basis of VZA, were established with Excel-Solver plugin and the relative effectiveness of each bank was determined. For low-efficiency DMU's; The effect of resource use on inputs and outputs was analyzed through idle variables. In result of this analysis, target

values were determined by using idle variables and weights for three inefficient DMU to be effective. New efficiencies were calculated from these values. When the relation between actual and target values was taken into consideration, it was determined that the absolute difference occurring in the input of interest expenditures in a DMU is high. This input was divided into sub-criteria and examined through Analytical Hierarchy Process in which the criterion has more impact on interest expenditures. Since the significance level of the sub-criteria varies with economic fluctuations, the relative efficiency values of the previous two years were calculated in addition to the year 2017 and the role of exchange rates in this variability was evaluated.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Bank, Relative Efficiency, Idle Variable

1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişiminde, maddi ihtiyaçlar önem arz etmektedir. Bu noktada maddi birimlerin devirdaimini sağlayarak ekonomik dengeye etki eden bankalar, ihtiyacı karşılayabilme kabiliyeti yüksek birimler olmalıdır. Kar elde etme güdüsü ile birleşen bu gerekçe, bankalara daha etkin olma zorunluluğunu getirmektedir. Bankacılık bir sistem olarak ele alındığında önemli birimlerinin etkinliğini ölçmek, sistemin durumunu analiz edebilmeyi sağlayacaktır. Etkinlik ölçme yöntemlerinden veri zarflama analizi (VZA), kompleks girdi ve çıktılarla etkinlik değerlendirmesi yapılmasını gerektiren banka sistemi gibi sistemlerde, karar verme birimi (KVB) olarak seçilen önemli birimlerin ayrıntılı sayısal analizini yapmayı sağlamaktadır. Göreli etkinlikler üzerinden yapılan karşılaştırma sonucu etkin olmayan KVB'ler belirlenmekte ve bu KVB'leri etkin kılmak için mevcut duruma iyileştirmeler önerilebilmektedir.

Literatürde kullanılan pek çok Veri Zarflama Analizi Modeli olmakla beraber en çok tercih edilen modeller, CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) ve BCC (Banker- Charnes - Cooper) modelleridir. Kullanım alanları farklı olsa da KVB'lerin etkinlikleri ölçülmek istendiğinde iki yöntemden herhangi biri tercih edilebilmektedir. Kontrol edilebilme özelliğine göre girdi yönelimli veya çıktı yönelimli olduğu belirlenir. Yöntemin parametreleri kesiştirildikten sonra formülizasyona göre analiz yapılmaktadır. Analizin sonuçları etkin olup olmama durumuna göre yorumlanmaktadır.

Bu çalışmada, altı farklı banka KVB olarak seçilmiştir. 2017 yıllık faaliyet raporlarından alınan veriler, Excel-Solver eklentisi yardımıyla göreli etkinlikleri hesaplamak için kullanılmıştır. Etkinlikleri düşük olan KVB'lerde aylak değişken değerlerinin etkinlik değeri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Hesaplama sonucunda etkin olmayan bankaları etkin hale getirebilmek için hedef değerler belirlenmiştir. Hedef değerlerle gerçekleşen değerler arasındaki hata oranına bakıldığında Şekerbank'ın faiz giderleri girdisinde hata oranının yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak faiz giderlerinin bileşenleri AHP yöntemiyle önem sırasına konulmuştur. Yapılan karşılaştırmaların ekonomik dalgalanmalardan etkilenebileceği göz önüne alınarak son üç yılın döviz kuru incelenmiştir.

2. Lİteratür araştırması

Özel vd., bankacılık sektöründe 2013-2015 yılları arasında kesintisiz faaliyet gösteren 16 ticari bankanın etkinliklerini VZA yöntemiyle ölçerek, Malmquist Verimlilik Endeksi yardımıyla bankaların etkinliklerinde gelişme olup olmadığını incelemişlerdir. Çalışmada 3 girdi ve 2 çıktı seçilerek girdi odaklı CCR modeliyle analiz yapılmıştır. Data Envelopment Analysis Program (DEAP) paket programı kullanılarak bankaların etkinlikleri hesaplanmış ve seçilen bankaların etkinlik seviyelerinin yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. (Özel vd., 2017) Stoica vd., Romen bankalarının etkinliklerinde internet bankacılığının etkisini incelemişlerdir. 24 bankanın etkinliklerini ölçmek için VZA yönteminden yararlanmışlardır. Çalışma sonuçları çok az bankanın verimlilik düzeylerini arttırmak için internet bankacılığından yararlandığını göstermektedir. (Stoica vd., 2015) Bilişik, Türkiye'de bankacılık sektöründe hizmet veren ve aktif büyüklüğü 35 milyarın üzerinde olan 11 bankanın etkinliğini veri zarflama analizi yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada 4 girdi ve 3 çıktı belirlenmiş olup bu girdi-çıktılara göre bankaların etkinlikleri hesaplanmıştır. Etkinlik analizi sonucunda etkin olmayan bankalar için hedef değerler oluşturulmuştur. (Bilişik, 2011) Ohsato ve Takahashi, çalışmalarında Japon bölgesel bankaların yönetim etkinliğini VZA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Japon bölgesel

bankaların tam ve bölgesel etkinlikleri hesaplanmıştır. Analiz sonucunda özellikle orta büyüklükteki bankaların etkin olmama eğiliminde oldukları gözlemlenmiştir. (Ohsato ve Takahashi, 2015) Budak, veri zarflama analizi yöntemi ile Türkiye'de bankacılık sektöründe hizmet veren 22 ticari bankanın 2008, 2009 ve 2010 yıllarına ait etkinlik değerlerini hesaplamıştır. Hesaplamalara göre etkin ve etkin olmayan bankaları analiz etmiştir ayrıca 2010 yılında etkin olmayan bankalar için hedef değerler belirlemiştir.(Budak, 2011) Seyrek ve Ata, Türk bankacılık sektöründe hizmet veren mevduat bankalarının etkinliklerini VZA yöntemi ile ölçmüşlerdir. Bankalara ait etkinlik sonuçları göz önüne alınarak bankaların etkinlik tahmininde önemli olan finansal göstergelerin "Toplam Krediler/Toplam Mevduat" oranı ile "Diğer Faaliyet Giderleri/Toplam Faaliyet Gelirleri" oranının olduğu veri madenciliği yöntemiyle bulunmuştur. (Seyrek ve Ata, 2010)

3. Metodoloji

Veri Zarflama Analizi, birden fazla girdi ve çıktının beraber analiz edilemediği ve karşılaştırma kabiliyetinin bu noktada yetersiz kaldığı durumlarda, üretilen mal veya hizmetlerden yola çıkarak belirlenmiş benzer karar birimlerinin göreli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş doğrusal programlama yöntemidir. Literatürde kullanılan pek çok Veri Zarflama Analizi Modeli olmakla beraber en çok tercih edilen modeller, CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) ve BCC (Banker- Charnes - Cooper) modelleridir. Her birisinin kendi içerisinde girdiye ve çıktıya yönelik şeklinde ikiye ayrıldığı görülmektedir. Girdiler üzerinde kontrolün az olduğu veya olmadığı durumlarda çıktıya yönelik; çıktılar üzerinde kontrolün az olduğu veya olmadığı durumlarda girdiye yönelik bir model kurulmalıdır. Etkinlikleri ölçülmek istenen parametreler karar verme birimleri olduğunda CCR veya BCC modelinden herhangi biri kullanılabilir. Çıktılar üzerindeki kontrol de az olduğundan girdiye yönelik CCR modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Yöntemin formülize edilmesinde VZA'nın temelini oluşturan doğrusal programlama yaklaşımından faydalanılmıştır. Veri Zarflama Analizinde doğrusal programlama modellerinin kısıtları karmaşık ve işlem zorluğuna sahip olduğu için primal model duale çevirirek kullanılabilir. (Aşır, 2016)

$$Min\ \theta_k$$

$$Kısıtlar$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} x_{ij} \leq \theta_k x_{ik}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jk} y_{rj} \geq y_{rk}$$

$$\lambda_{jk} \geq 0\ ; i = 1, \dots, m\ ;\ j = 1, \dots, n\ ;\ r = 1, \dots, s\ ;\ -\infty \leq\ \theta_k \leq +\infty \qquad (1)$$

3.1. Yöntemin Aşamaları

Adım 1: Karar verme birimleri (KVB)'nin seçilmesi etkinlik analizi yapmanın ilk aşamasıdır. Çalışmanın amacına ve verilerin uygunluğuna göre karar verme birimleri seçilir. Her bir karar birimi, girdilerden etkilenen ve çıktıları etkileyen bir birim olarak tanımlanmalıdır.

Adım 2: Seçilen her girdi ve çıktı elemanın her karar birimi için kullanılması şartı ile girdi ve çıktı değişkenleri belirlenerek karar verme birimlerinin (KVB) ölçülmesi sağlanmaktadır. Ayrıştırma kabiliyeti yüksek bir VZA modeli oluşturulması için girdi ve çıktıların sayısı önem arz etmektedir.

Adım 3: Doğru ve etkili bir analiz için verilere ulaşılıp ulaşılamaması durumu dikkate alınarak girdi ve çıktı seçimi yapılmalıdır. Bu şekilde girdi ve çıktıların belirlenmesi ile tüm karar birimleri için girdi ve çıktı verilerinin toplanması aşamasına geçilir.

Adım 4: Tüm bu aşamaların ardından doğrusal programlama paket programları, özel VZA paket programları, Excel-Solver gibi pek çok program ile seçilen VZA modeli kullanılarak çözüm yapılır. Hesaplamalar yapıldıktan sonra 0 ile 1 arasında bir etkinlik değerine sahip KVB'lerden etkinlik değeri 1'e eşit olan karar verme birimleri etkin olarak değerlendirilir. Etkinlik değerinin 1'den küçük olması durumunda karar verme birimleri göreli olarak etkin değil ya da daha az etkin olarak ifade edilebilir.

Adım 5: Karar verme birimlerinin etkinlik değerleri kendi arasında değerlendirilerek yorumlar yapılır. Performans iyileştirilmesi yapılmak istendiği durumlarda etkin olmayan karar verme birimleri için hedef değerler hesaplanır. (Erpolat, 2011)

4. UYGULAMA

Bu çalışmada Türkiye'de banka sektöründe hizmet veren 6 adet banka (İş Bankası, Yapı Kredi, QNB Finansbank, Garanti, Halkbank, Şekerbank) KVB olarak seçilmiş, 2017 yıllık faaliyet raporlarından veri alınarak etkinliklerini ölçmek için 3 adet girdi ve 2 adet çıktı belirlenmiştir. Çıktılar üzerindeki kontrol az olduğundan girdi odaklı CCR yöntemi ile çözülmesine karar verilmiştir. Belirlenen girdiler; faiz giderleri, özkaynaklar, mevduat iken çıktılar; net dönem karı, net faiz geliridir. Bankalara ait veriler Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1:Bankaların 2017 Yılına Ait Girdi Çıktı Değerleri

	KVB	İş Bankası	Yapı Kredi	QNB Finansbank	Garanti	Halkbank	Şekerbank
Girdi	Faiz Giderleri	14.447.809	13.250.685	5.283.235	12.139.432	15.308.777	2.822.473
	Özkaynaklar	43.093.859	30.101.826	12.155.402	41.331.210	25.528.689	2.712.151
	Mevduat	203.752.032	173.383.633	67.641.495	181.116.005	193.270.621	19.726.988
Çıktı	Net Dönem Karı	5.307.905	3.614.158	1.603.441	6.343.920	4.050.724	114.890
	Net Faiz Geliri	13.207.656	9.735.017	5.651.601	14.468.350	8.356.292	1.255.155

Girdi ve çıktı verileri raporlardan alındıktan sonra Excel-Solver eklentisi kullanılarak KVB'lere ait göreli etkinlik ölçümü yapılmıştır.Tablo 2'de bankalara ait etkinlik değerleri ve ağırlıklar görülmektedir.

Tablo 2:Etkinlik Değerleri ve Ağırlıklar

	Etkinlik Değeri	Ağırlıklar
İş Bankası	0,8243	λ_3=0.57, λ_4=0.66, λ_5=0.05
Yapı Kredi Bankası	0,8238	λ_3=0.87, λ_4=0.18, λ_5=0.27
QNB Finansbank	1,0000	λ_3=1.00
Garanti Bankası	1,0000	λ_4=1.00
Halkbank	1,0000	λ_5=1.00
Şekerbank	0,9954	λ_3=0.22

Kaynakların etkinliğe etkisini incelemek amacı ile Excel-Solver üzerinden aylak değişken hesabı yapılmıştır. Tabla 3'te bankalar için aylak değişken değerleri görülmektedir.

Tablo 3: Aylak Değişken Değerleri

İş Bankası	s_1^-= 104.918,78
Yapı Kredi Bankası	s_1^-= 65.036,77
QNB Finansbank	-
Garanti Bankası	-
Halkbank	-
Şekerbank	s_1^-= 1.486.735,18 s_2^-= 1.100.247,07 s_3^-= 5.469.665,49

Aylak değişkenlerin (s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_1^+, s_2^+) her bir tabloda 0'dan farklı olarak aldığı değerler, girdi olduğu durumunda kaynak fazlası olarak değerlendirilmekte ve ilgili birimden çıkarılmaktadır. Çıktı olduğu durumda ise eksik kaynak olarak değerlendirilmesi ve ilgili birime eklenmesi gerekmektedir. Etkinlik analizi tekrar yapıldığında etkinlik değerlerinde gözle görülür bir değişim olmamıştır. Kaynaklardaki değişim, ağırlıkları ve diğer aylak değişken değerlerini etkilemiştir. Analiz sonucunda bankaları etkin kılmak için aylak değişkenlerin tek başına yeterli olmadığına kanaat getirilmiştir. Etkinliği sağlayacak hedef değerler, λ olarak ifade edilen ağırlıklar ile girdi değerleri çarpılarak belirlenmiştir. Hedef değerlerin gerçekleşen değerden uzaklığını bulmak amacıyla farkları alınarak

mutlak hata hesaplanmıştır. Mutlak hatanın gerçekleşen değere oranıyla ise girdilerdeki hata oranlarına ulaşılmıştır. Tablo 4-6'da etkin olmayan bankalara ait hedef değerler, mutlak hata ve hata oranları görülmektedir.

Tablo 4: İş Bankası Hedef Değerleri

	Hedef Değer	Gerçekleşen	Mutlak Hata	Hata Oranı
Faiz Giderleri	11.803.774,35	14.447.809,00	2.644.034,65	0,1830
Özkaynaklar	35.520.371,48	43.093.859,00	7.573.487,52	0,1757
Mevduat	167.943.833,18	203.752.032,00	35.808.198,82	0,1757

Tablo 5:Yapı Kredi Bankası Hedef Değerler

	Hedef Değer	Gerçekleşen	Mutlak Hata	Hata Oranı
Faiz Giderleri	10.850.326,20	13.250.685,00	2.400.358,80	0,1811
Özkaynaklar	24.796.631,77	30.101.826,00	5.305.194,23	0,1762
Mevduat	142.826.222,67	173.383.633,00	30.557.410,33	0,1762

Tablo 6:Şekerbank Hedef Değerler

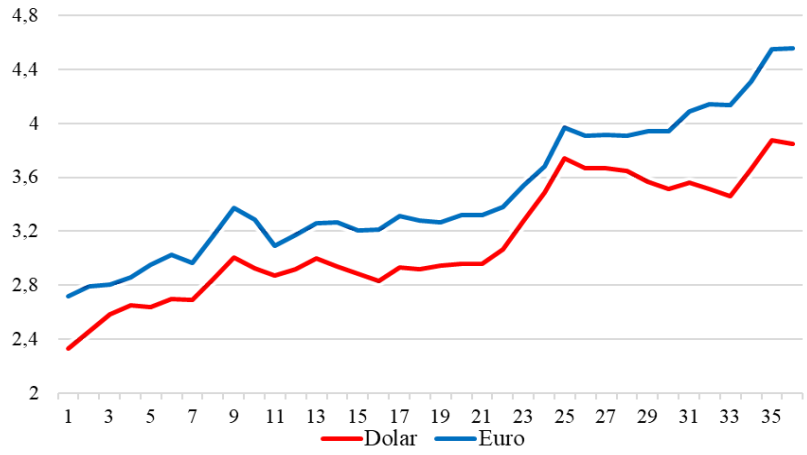
	Hedef Değer	Gerçekleşen	Mutlak Hata	Hata Oranı
Faiz Giderleri	1.173.345,19	2.822.473,00	1.649.127,81	0,5843
Özkaynaklar	2.699.573,73	2.712.151,00	12.577,27	0,0046
Mevduat	15.022.391,12	19.726.988,00	4.704.596,88	0,2385

İş Bankasında ve Yapı Kredi Bankasında hata oranı tüm girdilerde yaklaşık değerler almıştır. Şekerbank'ta ise hata oranları farklılık göstermiştir. Hata oranının en yüksek olduğu faiz giderleri girdisinin detaylı bir şekilde incelenmesine karar verilmiştir.Faiz giderleri beş ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler; mevduata verilen faizler (MDVF), kullanılan kredilere verilen faizler (KKVF), para piyasası işlemlerine verilen faizler (PPIF), ihraç edilen menkul kıymetlere verilen faizler (IMKF), diğer faiz giderleri (DFG)'dir. Faiz giderlerine etkisi en fazla bileşeni bulmak amacıyla analitik hiyerarşi prosesinden (AHP) yararlanılmıştır. Tablo 7'de uzman görüşü ile puanlaması yapılmış AHP analizi sonucu bileşenlerin sıralaması görülmektedir.

Tablo 7: Faiz Giderleri Bileşenlerinin Etki Sıralaması

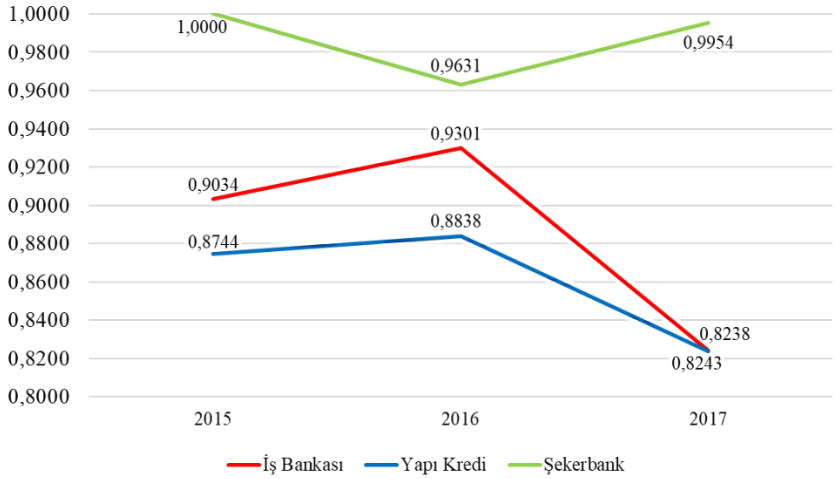
	MVDF	KKVF	PPIF	IMKF	DFG	Toplam	Ortalama	Sıra
MVDF	0,549738	0,633803	0,411765	0,368421	0,524476	2,4882023	0,497640464	1
KKVF	0,183246	0,211268	0,294118	0,263158	0,314685	1,2664745	0,253294907	2
PPIF	0,078534	0,042254	0,058824	0,052632	0,034965	0,2672077	0,053441539	4
IMKF	0,078534	0,042254	0,058824	0,052632	0,020979	0,2532217	0,050644336	5
DFG	0,109948	0,070423	0,176471	0,263158	0,104895	0,7248938	0,144978753	3

Mevduata verilen faizlerin, faiz giderlerini etkileyen en önemli bileşen olduğu görülmektedir. Şekerbank faiz girdilerinde mevduata sağladığı kaynağı diğer kaynaklara dağıtarak dengeyi sağlayabilir. Bununla birlikte hata oranının ekonomik dalgalanmalardan etkilenmesi söz konusudur. Dolayısıyla son üç yılın döviz kuru baz alınarak ekonomik değişim Şekil 1'de incelenmiştir.



Şekil 1:Döviz Kuru Değişimi

İncelenen yılların etkinlik değerleri ise Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2:Yıllara Göre Etkin Olmayan Bankaların Göreli Etkinlikleri

5.Sonuç

Bu çalışmada Veri Zarflama Analizi ile altı farklı bankanın göreli etkinliği Excel-Solver eklentisiyle hesaplanmıştır. Ayrıca her bir bankaya ait aylak değişkenler bulunmuştur. Hesaplama sonucunda etkin olmayan İş Bankası, Yapı Kredi Bankası ve Şekerbank'ın etkin olabilmesi için girdilerine ait hedef değerler belirlenmiştir. Hedef değerlerle gerçekleşen değerler arasındaki hata oranına bakıldığında Şekerbank'ın 1.Girdisi olan faiz giderlerinde en büyük hata oranının olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak faiz giderlerinin alt kriterleri arasında AHP yöntemiyle ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmaların ekonomik dalgalanmalardan etkilenebileceği göz önüne alınarak son üç yılın döviz kuru incelenmiştir. Ekonomik dalgalanmaların bankaların etkinlik değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla etkin olmayan bankaların 2017 yılına ek olarak 2016 ve 2015 yıllarına ait etkinlik analizleri yapılmıştır. Bunun sonucunda İş Bankası ve Yapı Kredi Bankasının etkinlik değerlerinin döviz değişimleri ile orantılı şekilde azalıp arttığı gözlemlenmiştir. Ancak Şekerbank'ta böyle bir değişim gözlemlenmemektedir. Şekerbank diğer bankalar arasında girdiler bakımından oransal olarak daha küçük hacme sahiptir. Dolasıyla iç faktörlerden daha çok etkilenmesi söz konusudur ve bu sonucun yeni bir çalışma ile analiz edilmesi, duruma açıklık getirebilir.

KAYNAKLAR

BİLİŞİK, M. T., (2015), Veri Zarflama Analizi İle Türkiye Bankacılık Sektöründe Verimlilik Araştırması, *Akademik Bakış Dergisi,*49.

BUDAK, H. (2011), Veri Zarflama Analizi Ve Türk Bankacılık Sektöründe Uygulaması,*Marmara Fen Bilimleri Dergisi*,23(3), 95-110.

ERPOLAT, S. (2011), *Veri Zarflama Analizi; Ağırlık Kısıtlamasız, Ağırlık Kısıtlamalı, Şans Kısıtlı, Bulanık Türkiye'de Özel Bütçeli Diğer Idarelerin Etkinlik Analizi*, İstanbul: Evrim Yayınevi.

OHSATO, S., TAKAHASHI, M. (2015), Management Efficiency in Japanese Regional Banks: A Network DEA, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*,172, 511-518

ÖZBEK, A. (2016), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Excel Ile Problem Çözümü*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

ÖZEL, N. G., ŞAHİN, I. E., GÖRAL, R. (2017), Türk Bankacılık Sektöründe Etkinlik Ve Verimlilik Analizinin Veri Zarflama Yöntemi İle İncelenmesi: 2013-2015 Dönemi Uygulaması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17, 85-100.

SEYREK, İ. H., ATA, H. A. (2010), Veri Zarflama Analizi ve Veri Madenciliği ile Mevduat Bankalarında Etkinlik Ölçümü, *Journal of BRSA Banking & Financial Markets*, 4(2).

STOICA, O., MEHDIAN, S., SARGU, A. (2015), The Impact of Internet Banking on the Performance of Romanian Banks: DEA And PCA Approach, *Procedia Economics and Finance*, 20, 610-622.

YALIN ÜRETİM SİSTEMİNDE 5S UYGULAMASI: OTOMOTİV YAN SANAYİ ÖRNEĞİ

Göksel AYDIN[1], Nergis DOĞRU[1], Sercan İSKENDER[1], Aytaç YILDIZ[1]

[1] Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE

aytac.yildiz@btu.edu.tr

Özet

Günümüzde işletmeler yüksek rekabet, sürekli değişen ekonomik ortam ve kıt kaynaklar gibi zorluklara rağmen devam etmeye çalışmakta ve küresel rekabet ortamında giderek daha talepkâr olan müşterilerine hizmet vermektedirler. Müşterileri ister bireysel tüketici isterse bir başka üretici/satıcı firma olsun, varlıklarını sürdürebilmek için müşterilerinin yüksek kalite, düşük fiyat, kısa teslim süresi beklentilerini hızla karşılayabilmek ve anlık olarak değişen siparişlere uyum sağlamak zorundadırlar. Bütün bu faaliyetleri yaparken aynı zamanda süreçlerini de verimli kullanmalıdırlar. Bunu başarabilmek için uygulanan sistemlerin başında, ilk olarak Toyota Üretim Sistemi olarak tanıtılan ve 1990'lı yılların başından bu yana birçok işletme tarafından benimsenen Yalın üretim felsefesi gelmektedir.

Yalın üretim felsefesi, temel olarak sürekli iyileştirmeler ile katma değer oluşturmayan faaliyetleri ortadan kaldırmayı amaçlamakta ve yapısında hata, aşırı maliyet, stok, fazla işçilik, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi hiçbir gereksiz unsur taşımamaktadır. Yalın üretim sistemi operasyonel mükemmelliğe ulaşmak için; Poka yoke, toplam üretken bakım (TPM), tam zamanında üretim (JIT), kanban, jidoka, tek dakikada kalıp değişimi (SMED), değer akış haritalama ve 5S gibi etkili uygulama araçlarını kullanmaktadır. Bu teknikler içerisinde yer alan 5S, çalışma alanının sistematik olarak adım adım düzenlenmesini sağlayarak işletmelerin çok fazla kaynak harcamayarak süreçlerini iyileştirmelerini ve verimliliklerini artırmalarına yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmada, otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren ve taşıtların kauçuk yedek parçaları başta olmak üzere 1200 çeşit parça üretimi yapan bir firmada, işyeri düzensizliğinden dolayı ortaya çıkan atıl sürelerin azaltılmasını sağlamak için 5S uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunun için firmanın atıl sürelerinin en yoğun olduğu sıvama bölümü pilot bölge olarak seçilmiştir. Yapılan çalışmada ilk olarak, sıvama bölümündeki kalıpların kullanım frekansları tespit edilmiş ve bu frekanslara göre kalıplar sınıflandırılmıştır. Daha sonra belirlenen bir kodlama sistemi her kalıp üzerine lazerle yazılmış ve kalıpların koyulduğu raflar etiketlenerek bir standart oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonunda daha önceleri belirsizlik ve düzensizlikten dolayı oluşan atıl sürelerin azaldığı tespit edilmiş ve 5S uygulamasının diğer bölümlere de uygulanmasına karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler*:* Yalın Üretim, 5S, Otomotiv Yan Sanayi

5S APPLICATION IN LEAN MANUFACTURING SYSTEM: EXAMPLE OF AUTOMOTIVE SUB-INDUSTRY

Abstract

Today, despite the challenges of high competition, ever-changing economic environment and scarce resources, companies are trying to continue and serve their increasingly demanding customers in a global competitive environment. Whether customers are individual consumers or other producers / sellers, they need to meet their customers' expectations of high quality, low price, and short delivery time and adapt to orders that change momentarily. While doing all these activities, they should also use their processes efficiently. In order to achieve this, the Lean production philosophy, which was first introduced as the Toyota Production System and adopted by many companies since the early 1990s, comes first.

Lean manufacturing philosophy aims to eliminate activities that do not create added value with continuous improvements and no unnecessary elements such as error, excessive cost, stock, extreme

labour, waste, customer dissatisfaction. Lean manufacturing system to achieve operational excellence; Poka yoke uses effective application tools such as total productive maintenance (TPM), just-in-time production (JIT), Kanban, Jidoka, mold change in one minute (SMED), value flow mapping and 5S. 5S, which is included in these techniques, helps the enterprises to improve their processes and to increase their efficiency by systematically organizing the work area step by step.

In this study, 5S application has been implemented in order to reduce the idle times caused by the workplace disorder in a company that produces 1200 spare parts mainly in the automotive sub-industry and the rubber spare parts of the vehicles. For this, the plastering department is chosen as the pilot zone, where the maximum idle times. In the study, the frequency of use of the molds in the plastering department were determined and the molds were classified according to these frequencies. Then, a defined coding system is written on each mold with a laser and a standard is formed by labelling the shelves into which the molds are placed. At the end of the study, it was determined that the idle times were reduced due to uncertainty and irregularity and it was decided to apply the 5S application to other departments.

Keywords*:* Lean Manufacturing, 5S, Automotive Sub-industry

1. GİRİŞ

Günümüzde firmalar; yüksek rekabet, sürekli değişen ekonomik ortam ve kıt kaynaklar ile yoluna devam etmek gibi zor koşullar altındadırlar (Özçelik, 2013). Bu zorlu koşulların üstesinden gelebilmek için istenen düzeyde bir kaliteye ve inovasyon yeteneklerine sahip olmalıdırlar (Özçelik, 2013; Möldner ve ark., 2018). Firmaların asıl amacı, endüstriyel mükemmellik olduğu için üretim maliyetlerini mümkün olduğu kadar düşük tutarak verimli olmalıdır (Özçelik, 2013).

Dünyada 1920'li yıllara kadar emek yoğun bir üretim uygulanmıştır. Bu üretim sisteminde basit tezgahlar ve bu tezgahları kullanan vasıflı işçiler ile tüketicinin isteğine bağlı olarak her türlü üretim yapılmıştır. 1920'li yıllardan sonra ise Henry Ford ve Alfred Sloan ile seri üretim dönemi başlamış ve kitle üretimine geçilmiştir. Daha az vasıflı işçiler ve çok amaçlı daha pahalı makinelerle yüksek sayıda üretim yapılmıştır (Balcı, 2011). 2. dünya savaşı sonrasında ise ekonomik olarak zor duruma giren Japonya rekabet piyasasında var olabilmek için yönetim anlayışını değiştirmesi gerektiğini düşünerek üretim uygulamalarında ikinci devrim olarak da adlandırılan, emek yoğun üretim ile kitle üretiminin avantajlarının birleştirilmesiyle oluşturulan yalın üretim sistemini benimsemiştir (Balcı, 2011; Yılmaz, 2013). Yalın üretim sistemi 1950'lerde Toyota tarafından geliştirilmiştir ve 1980'lerden itibaren ise dünyada yaygınlaşmaya başlamıştır. Yalın üretim mükemmellik ve sürekli iyileştirmeyi merkeze koyan, karmaşıklıktan uzak olan bir üretim sistemidir. Bu eğilimin, 1913 yılında Highland Park üretim tesisinde Henry Ford ile başladığı düşünülmektedir. Orada, çok kısa akış süreleri ve yüksek tutarlılıkta ürünleri inanılmaz hızlarda çıkarmalarını sağlayacak şekilde entegre bir dizi uygulama ve araç (değiştirilebilir parçalar, standart iş ve montaj akış hattı) uygulanmıştır. Toyota ise İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Kiichiro Toyoda (Toyota'nın kurucu ailesinin üyesi) ve Taiichi Ohno (Toyota'nın önde gelen üretim mühendisi) tarafından Ford'a yapılan bir ziyaretten sonra uygulamayı devralmıştır. Bu ziyarette Ford'un denemesinde gözlemlenen bazı unsurların firmalarında başarılı bir şekilde uygulanabileceğini belirlemişler ve Toyota Üretim Sistemi (TPS) adını vermişlerdir.

"Yalın" terimi, hem TPS'nin israf azaltma özelliğini yansıtmak hem de bunu seri üretim biçimleriyle karşılaştırmak için uluslararası otomobil üretimi üzerinde çalışan araştırma ekibi tarafından yazılmıştır. Bu kavram, ekonomik krizdeki minimum kaynak miktarı ile hayatta kalabilmek için geliştirilmiştir. Çok sayıda maddi, finansal ve insan kaynağı kıtlığı nedeniyle TPS, Toyota'daki israfları azaltma politikasını başarmayı stratejik bir hedef olarak seçmiştir. Bunun sonucu olarak firma zorlu ekonomik koşullar altında, üretim sisteminin yüksek verimliliği ve üretkenliği nedeniyle sürdürülebilir ve başarılı olmuştur (Özçelik, 2013). Üretim alanında faaliyet gösteren Japon firmaları tarafından öncülüğü yapılan "üretim yönetimine" ilişkin politikaların Avrupa'daki bütün endüstrilerde uyumlaştırılması sonucu yalın üretim, diğer ülkelerde de uygulanır hale gelmiştir. 1990'larda dünya üzerindeki birçok üretici firma, "küresel rekabeti artırıcı bir strateji" olarak yalın üretimi benimserken, bazı firmalar yalın üretimi uygularken bir takım zorluklarla karşılaşmış olsalar da yine de bu sistemi gerçekleştirmek için çabalamaya devam etmişlerdir (Arslan, 2015). Yalın üretim sisteminin yüksek

performansı, bu üretimin sadece Japonya'ya veya sadece otomobil endüstrisine bağlı olmaması gerektiği fikrini kuvvetlendirmiştir. Bu görüş ise üretim problemlerinin çözümünün evrensel olduğu anlayışına dayanmaktadır (Çil ve Yalçın, 2018). Yalın uygulamaların ve ilkelerin herhangi bir organizasyonda başarıyla uygulanabileceğini, faaliyetine bakılmaksızın herhangi bir kuruluşa uygulanabilir olduğuna dikkat etmek gerekir. Her kuruluş kendi özelliklerine uyarlanabilecek uygulamaların kombinasyonlarını bulmalıdır (Veres ve ark., 2018).

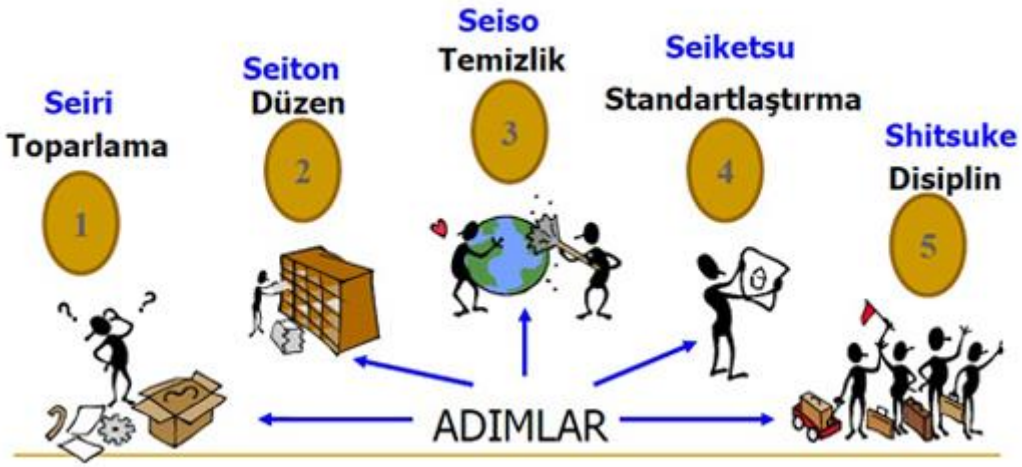
Makine kurulum süresini azaltma çabalarından başlayarak ve Toplam Kalite Yönetimi'nden etkilenerek, üretim sisteminin tasarımı için, müşteri için değeri tanımlama ve değeri sağlama dahil olmak üzere; değer katmayan herhangi bir şeyi ortadan kaldırmak, ürünü mükemmel hale getirmek ve bilgi dağıtma yoluyla güvenilir akışlar sağlamak, sürdürülebilir mükemmellik oluşturmak ve siparişleri stok yapmadan müşteri isteklerini karşılayacak şekilde hazırlamak gibi basit hedefler kümesi geliştirilmiştir (Yılmaz, 2013).Yalın üretim, seri ve el yapımı üretim biçimlerinde, farklılaştırılmış ürünler tasarlamayı/üretmeyi ve benzersiz müşteri gereksinimlerini karşılamak için üretim sisteminin performansını bir mükemmellik standardına göre optimize etmeyi amaçlamaktadır. Temel olarak, yalın üretim sürekli iyileştirmeler ile katma değer yaratmayan faaliyetleri ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır (Möldner ve ark., 2018). Müşteri için değer yaratmayı esas alınarak tüm süreçler müşteri için değer oluşturmak adına şekillendirilir ve bir üretim firmasındaki ürüne değer katmayan, yani müşterinin ödemeye istekli olmadığı faaliyetler için fazladan herhangi bir kaynak kullanılması olarak tanımlanan israflar belirlenip önlemler geliştirilir (Yılmaz, 2013). Yalın üretimin belirlediği yedi israf şu şekilde tanımlamıştır: Aşırı üretim, kusurlar, gereksiz envanter, uygunsuz işlem, aşırı taşıma, bekleme ve gereksiz hareketlerdir. Yalın üretim, değer akışındaki bu israfları tespit edip ortadan kaldırarak müşteri siparişi ile sevkiyat arasındaki zaman çizelgesini kısaltmaya, maliyetleri düşürüp kaliteyi arttırmaya odaklanır (Veres ve ark., 2018). Tüm bu israf türleri gizli maliyetler üretmektedir ve yalın üretim sistemi poka yoke, TPM, JIT, kanban, jidoka, SMED, değer akış haritalama, kaizen, 8D ve 5S gibi etkili yöntemler ile bu israfları ortadan kaldırmayı hedeflemektedir (Özçelik, 2013). Bu yöntemlerden biri olan 5S fazla kaynak harcaması gerektirmeyen ancak verimli olan bir yöntemdir ve aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2. 5S YÖNTEMİ

Firmalar, verimliliklerini arttırmak için işgücünden en iyi şekilde yararlanmak zorundadırlar. Firmalarda ortaya çıkan işgücü kayıplarından en önemlisi çalışma ortamındaki düzensizlikten kaynaklanmaktadır. Düzensiz, dağınık, kirli ve iş güvenliği açısından riskli çalışma ortamında makinelerde sorunlar tespit edilemez olduğundan iş gücü kayıpları kaçınılmaz hale gelmektedir. Normal ve anormal durumlar tanımlandığında, iş güvenliği risklerine karşı tedbirler alındığında ve tüm bunlar çalışanlara öğretildiğinde firmalardaki sorunlar herkes tarafından kolaylıkla ve derhal fark edilebilmektedir. Çalışanlar dikkatlerini ve çabalarını sorun aramaya değil sorun çözmeye yoğunlaştırır. Ayrıca istenen malzemeye, ihtiyaç duyulduğunda, gereken miktar ve kalitede, kolaylıkla ve hızlı bir şekilde ulaşılabilir ve iş kazası sayısı sıfıra indirilebilir. Kimse kirliliğe ve dağınıklığa sebep olmaz, ama kirlilik ve dağınıklığı tespit ettiğinde derhal gerekli düzeltici faaliyeti başlatır, sorunlar ortaya çıkmadan önlendiğinden kayıplar son derece azalır ve işyeri, müşterilere gururla gösterilebilecek bir görünüm kazanır. 5S yöntemi de temizlik, düzen ve iş güvenliğini kurumsallaştırarak ve bu konularda çalışanların bilinçlenmesini sağlayarak, yukarıda sayılan kazanımları elde etmiş ve sürekli iyileştirmeye açık bir sisteme sahip firmalar oluşturmayı hedeflemektedir. 5S, verimli bir çalışma ortamı elde etmek için çalışma alanını temiz, verimli ve güvenli bir şekilde düzenleme konusunda kullanılan bir yöntemidir. 5S, dünya standartlarında bir konuma sahip, sorumlu bir üretici olarak tanınmak isteyen herhangi bir şirket için bir başlangıç noktasıdır.

5S, kaizen kültürünün uygulanmasının bir sonucu olarak Japonya'da ortaya çıkan bir çalışma alanı yöntemidir. 5S'in orijinal konseptinin sosyo tarihi ve felsefi kökleri vardır. 5S yöntemi başlangıçta, TPM sistemini geliştirmek için kullanılmıştır ve bir firmada kaizen süreci olarak ilk kez 1980 yılında Takashi tarafından uygulanmıştır (Rose ve ark., 2011). 5S adını Şekil 1'de verildiği gibi Seiri (sort/ayıkla-toparla), Seiton (set in order/düzenle), Seiso (shine/temizle), Seiketsu

(standardize/standartlaştır) ve Shitsuke (sustain/sürdürme-disiplin) Japonca kelimelerinin kısaltmasından almaktadır (Sakallı ve Çatır, 2018).



Şekil 1. 5S yöntemi (https://tr.redsearch.org/images/196597#images-1)

5S, işyerlerinde düzeninin sağlanmasının, gereksiz malzeme stokunun engellenmesinin, çalışan verimliliğinin arttırılmasının, düzgün ve kolay ulaşılır arşivleme yapılmasının, malzeme ve işgücü israfının azaltılmasının sağlanması amacıyla bir araya getirilip uygulanması ile oluşturulan bir sistematiktir (Aytaç, 2009). Basit ama güçlü bir kalite uygulaması olan 5S, bir işyerinde israfları tanımlamaya ve ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Firmaları sıklıkla göz ardı edilen konulara bakmaya zorlar. 5S yöntemi, her iyileştirme programının başlatıcısıdır ve işyeri süreçlerinin analizine yardımcı olan bir araçtır (Sakallı ve Çatır, 2018). 5S yaklaşımının en büyük özelliği basit olması, dolayısıyla kolay uygulama alanı bulmasıdır. Diğer iyileştirme çalışmaları için zemin oluşturan 5S, bu bağlamda işyeri iyileştirmede öncelik taşıyan temel bir kavramdır (Tekin ve ark., 2018; Keleş ve ark., 2013). 5S ciddiye alınmazsa; gecikmeler, kusurlar, memnuniyetsiz müşteriler, kârların azalması ve demoralize edilmiş çalışan durumları ortaya çıkmaktadır (Aytaç, 2009).

5S uygulamalarının temel amacı firmalarda israfın azaltılarak verimliliğin artırılmasıdır. 5S ilkeleri ofis düzenlemelerinden üretim süreçlerine kadar çeşitli uygulamalara yön verebilmektedir. Bu yüzden işletmelerde dikkate alınması gereken en önemli hususlardan biri israf ve israfın önlenmesidir.

İş hayatında yapılan tüm faaliyetleri üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar:

- Müşteri için "katma değer" yaratan faaliyetler,
- Müşteri için doğrudan katma değer yaratmayan fakat " verim ve etkinlik artırıcı" faaliyetler,
- Boşa harcanmış faaliyetlerdir (israf).

Müşteriler bu faaliyetlerin ilk ikisi için bir bedel ödemeye hazırdır. Ancak üçüncü faaliyet için hiç bir ödemede bulunmaz. Dolayısıyla bu faaliyetin bedeli üretici firmanın üzerinde yük olarak kalmaktadır (Sakallı ve Çatır, 2018).

3. UYGULAMA

Yapılan çalışmada, otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren ve taşıtların kauçuk yedek parçaları başta olmak üzere 1200 çeşit parça üretimi yapan bir firmada 5S yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada öncelikle uygulama yapılacak firmayla belirli aralıklarda toplantılar yapılarak firma içerisindeki karmaşıklıklar belirlenmiş ve ortaya çıkan atıl süreler tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu firmadaki tüm bölümlere 5S yönteminin uygulanmasının çok zaman alacağı düşünülerek sadece kalıpların yer aldığı sıvama bölümünün pilot bölge olarak seçilmesi kararlaştırılmıştır. 1200 çeşit kalıbın olması ve bu kalıpların raflarda gelişigüzel yer alması ciddi anlamda karmaşıklık ve zaman israfı oluşturduğu için bu bölüm pilot bölge olarak seçilmiştir. Bu bölümde yapılan işlemler ise aşağıda sırası ile açıklanmıştır.

Adım 1: İlk olarak, firmadaki tüm kalıpların bulunduğu listeden sıvama bölümünde kullanılan kalıplar Tablo 1'de verildiği gibi sınıflandırılarak hangi üründe kullanıldıkları belirlenmiştir.

Tablo 1. Kalıp Listesi

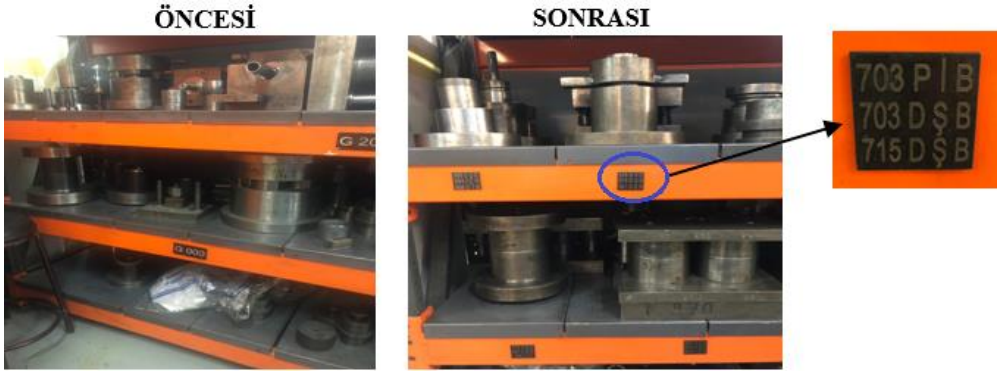
	A	B	C
1	Açıklama 1	Sorum	Ortak Kod
2	İÇ BORU 60X1.5X30.5	Sıvama	730
3	İÇ BORU 43X37X44	Sıvama	685-686
4	ORTA BORU 34X1.5X38	Sıvama	990
5	DIŞ BORU 44X2X28	Sıvama	990
6	DIŞ BORU 57X2X84	Sıvama	991
7	ORTA BORU 1 (DK102) 37.5X3	Sıvama	001-102-113
8	DIŞ BORU 28X1.2X28	Sıvama	603-606
9	DIŞ BORU 35X1.5X25.3	Sıvama	604
10	DIŞ BORU 30.2X1.5X54.5	Sıvama	605
11	İÇ BORU1 17X13X30	Sıvama	606
12	DIŞ BORU 28X1.2X28	Sıvama	606
13	İÇ BORU2 17X13X33.5	Sıvama	606
14	İÇ BORU2 20X16.2X23	Sıvama	608

Adım 2: Kalıpları belirli bir düzende yerleştirmek için ürünlere olan talep miktarları belirlenmiş ve Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablo yardımıyla kalıp kullanım frekansları tespit edilmiştir. Elde edilen frekanslar göz önünde bulundurularak en sık kullanılan kalıpların kullanıldıkları preslere yakın olması için bir düzen oluşturulmuştur.

Tablo 2. Ürünlere Ait Sipariş Miktarları

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	FİŞ TARİHİ	KOD	MÜ	MİKTA	ES.ED.I	ALAN Mİ	TERMİN TA	AÇIKLAMA3
2	11.12.2018	698	039	50	0	50	12.12.2018	AYD ONAY BE
3	28.11.2018	1184	039	350	0	350	15.12.2018	HAM DÖKÜM B
4	3.12.2018	3050	039	200	0	200	17.12.2018	HAM TIRTILI
5	3.12.2018	1184	039	400	0	400	17.12.2018	HAM DÖKÜM B
6	7.12.2018	280	039	800	0	800	5.01.2019	
7	7.12.2018	448	039	850	0	850	5.01.2019	
8	7.12.2018	31	039	550	0	550	5.01.2019	
9	7.12.2018	305	039	500	0	500	5.01.2019	
10	7.12.2018	1191	039	500	0	500	7.01.2019	
11	7.12.2018	44	039	300	0	300	7.01.2019	
12	7.12.2018	1086	HZ1	30	0	30	7.01.2019	
13	14.12.2018	674	AMO	500	0	500		20.12.2018
14	14.12.2018	752	SAL	1000	0	1000		20.12.2018
15	14.12.2018	997	AMO	20	0	20		20.12.2018
16	14.12.2018	906	SAL	10	0	10		20.12.2018
17	14.12.2018	907	SAL	10	0	10		20.12.2018
18	14.12.2018	800	MOT	20	0	20		20.12.2018
19	14.12.2018	794	MOT	20	0	20		20.12.2018
20	14.12.2018	970	SAL	200	0	200		20.12.2018
21	17.12.2018	778	HAV	50	0	50		21.12.2018
22	17.12.2018	680	AMO	30	0	30		21.12.2018
23	17.12.2018	635	SAL	50	0	50		21.12.2018
24	17.12.2018	730	ŞAF	15	0	15		21.12.2018
25	17.12.2018	674	AMO	200	0	200		21.12.2018
26	18.12.2018	665	SAL	20	0	20		21.12.2018
27	18.12.2018	701	SAL	30	0	30		21.12.2018
28	18.12.2018	726	VİR	10	0	10		21.12.2018
29	18.12.2018	727	VİR	10	0	10		21.12.2018
30	18.12.2018	806	AMO	10	0	10		21.12.2018
31	18.12.2018	823	MOT	5	0	5		21.12.2018

Adım 3: Kalıpların bulunduğu rafların etrafında kalıplara erişimi zorlaştıran her türlü gereksiz malzeme kaldırılarak rafların ve etrafının temizlenmesi sağlanmıştır.
Adım 4: Ürüne ait kalıbın zaman kaybetmeden doğru olarak seçilmesi için firmanın kendi lazer markalama makinalarıyla saç levhalar kullanılarak kalıp kodlarının ve ürettiği ürünlerin kısaltmalarının yer aldığı etiketler hazırlanmıştır. Daha sonra ise bu etiketler raflara magnet aracılığıyla yapıştırılarak standartlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Kullanım frekanslarına göre kalıpların raflara yerleştirilmesi ve etiketlenmesi

Aynı zamanda herhangi bir karışıklığa sebep vermemek ve herkesin doğru kalıbı almasını sağlamak için kalıp görselinin olduğu bir tablo hazırlanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Kalıp Görselleri

SIRA NO	KALIP NO	PARÇA ADI	GÖRSEL
1	449	DIŞ BORU AĞIZ AÇMA	
2	1165	EZME BÜKME	
3	317	BURÇ KALİBRASYONU	
4	308	İÇ BURÇ ŞİŞİRME	
5	415	DIŞ BORU AĞIZ AÇMA	
6	402	ORTA BORU EZME	
7	3100	DIŞ BORU AĞIZ AÇMA	
8	317	AĞIZ AÇMA	

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda firmanın sıvama bölümündeki kalıpların yer aldığı rafların genel görünümleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Yapılan çalışmaların öncesi-sonrası

Adım 5: Yapılan bu çalışmaların sürekli hale gelmesini sağlamak için belirli aralıklarda bu bölümün 5S açısından denetlenmesi kararlaştırılmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Firmalarda, verimliliği artırmanın en etkin ve ucuz yolu, süreçte yer alan etkin olmayan zamanı sıfırlamaktır. Etkin olmayan zamanı oluşturan faaliyetlerin başında; bir malzemenin aranması, aranan malzemenin zamanında bulunamaması, bulunan malzemenin işlem yerine getirilememesi, yanlış malzemenin elde edilmesiyle yapılan yanlış işlem için harcanan zaman, bürokratik işlemlerde ve karar alma süreçlerinde kaybolan zaman vs. gelmektedir. Üretim süreci içerisinde yer alan ancak yapılış biçimi itibariyle, işlem süresini olumsuz yönde etkileyen bu faaliyetler, gözden geçirilerek ya yeniden düzenlenmeli ya da tamamen ortadan kaldırılmalıdır. Bunun için israfları ortadan kaldırmayı amaçlayan yalın üretim yöntemlerinin kullanılması uygun olmaktadır. Bu bağlamda yalın üretim yöntemlerinden biri olan 5S yaklaşımı, ileri sürdüğü ilk üç ilke ile iş akışını en aza indirecek ortam şartlarını hazırlamakta ve son iki ilkesi ile de meydana getirdiği iyileştirmenin korunmasını ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, etkin olmayan zamanın önlenmesine yönelik firma politikasının temelleri, 5S yaklaşımındaki uygulamalar ile atılmaktadır ve dolayısıyla firmada yapılan diğer iyileştirme çalışmalarına da temel oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, bir firmada yapılan 5S uygulamasında sıvama bölümündeki 1200 adet kalıbın raflardan alınıp preslere bağlanmasında düzensizlikten kaynaklı olan atıl sürelerin azaltılması ve karmaşıkların önlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda pilot bir bölgede yapılan 5S uygulamasının çalışma ortamını düzenlediği ve atıl süreleri azalttığı görülmüştür. Bunun doğal sonucu olarak da çalışmanın başlangıcında 5S uygulamasına karşı olan direnç kırılmış ve firma yöneticileri tarafından 5S uygulamasının firma geneline yayılmasının yararlı olacağına karar verilmiştir.

KAYNAKLAR

Arslan, A. (2015). Çevik üretim sisteminin hazır giyim işletmelerinde uygulanabilirliği: düzey 2 TR72 bölgesel kalkınma ajansı (Kayseri, Sivas ve Yozgat) örneği. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (47), 230-246.

Aytaç, Z. (2009). Hastanelerde yalın yönetim sistemleri *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Balcı, B. R. (2011). Yalın düşünce ve muhasebe. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *13*(1), 39-58.

Çil, İ., & Yalçın, S. (2018). Yalın üretimin bankacılık sektörüne uyarlanması ve bir benzetim çalışması. *Sakarya University Journal of Science*, *22*(2), 622-636.

Keleş, A. E., Gürsoy, G., & Çelik, G. T. (2013). 5s sistematiği aşamaları ve örnek bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *28*(2), 51-60.

Möldner, A. K., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2018). Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation performance. *Journal of Business Research*.

Özçelik, F. (2013). Yalın üretim ortamına uygun maliyet sistemi seçimi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *20*(1), 47-58.

Rose, A. M. N., Deros, B. M., Rahman, M. A., & Nordin, N. (2011, January). Lean manufacturing best practices in SMEs. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2(5), 872-877.

Sakallı, K., & Çatır, O. (2018). 5s tekniği: restoran işletmeleri için bir model önerisi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, *473*, 484.

Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., & Tekin, E. (2018). Büyük ölçekli bir işletmede 5s uygulaması. *International Journal of Social And Humanities Sciences*, 2(1), 106-122.

Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, *22*, 900-905.

Yılmaz, E. (2013). Siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretim uygulamaları. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

https://tr.redsearch.org/images/196597#images-1, Erişim Tarihi: 11.05.2019.

KOCAELİ'NDE EVSEL ATIKLAR İÇİN YAKMA YOLUYLA BERTARAF ALTERNATİFİNİN EMİSYONLAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deniz MUTLU, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, deniz94444@gmail.com

Aykan KARADEMİR, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, aykankarademir@gmail.com

Özet

Son yıllarda nüfusun, endüstrinin ve teknolojik gelişmelerin artışına paralel olarak; hem evsel hem endüstriyel katı atık miktarı ve çeşidi giderek artmaktadır. Artan katı atık miktarı hava, su, toprak gibi çevresel kirliliklere sebep olarak önemli ölçüde sorun teşkil etmektedir. Kocaeli'nde katı atık bertarafı, mevcut sistemde düzenli depolama ile gerçekleştirilmektedir. Fakat, artan kentsel atık miktarının artması ve depolama alanlarının azalması sonucu, evsel katı atıkların yakma yöntemi ile bertarafı tartışılmaya başlanmış ve bu konuda çeşitli planlamalar yapılmıştır. Bu planlamalar doğrultusunda Kocaeli'nde ''Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi ''projesi yürütülmeye başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, kurulması planlan bu tesisten kaynaklanacak kirletici emisyonların atmosferdeki dağılımını ve çevresel etkilerini değerlendirmektir.

Çalışmada öncelikle, katı atık türleri, atık yakma bertaraf yöntemleri, baca gazı arıtma teknolojileri ve evsel atık yakma tesisleri için tercih edilen sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra planlanan yakma tesisinin yapılması ve işletilmesi halinde tesisten çıkabilecek kirletici emisyonları belirlenmiş ve bu emisyonların atmosferdeki dağılımları ve taşınımı modellenerek çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada AERMOD hava dağılım modeli kullanılarak, bölgenin topografik özellikleri ve yıllık meterolojik veri dosyası model programına eklenmiştir. Böylece alıcı ortam noktasındaki kirleticilerin günlük, aylık ve yıllık konsantrasyonları belirlenerek hava kalitesi katkı değerleri hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar doğrultusunda yapımı planlanan tesisin Kocaeli'ne etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Katı Atık, AERMOD, Emisyon, Atık Yakma,

EVALUATION OF ALTERNATIVE DISPOSAL OF EMISSIONS BY BUILDING FOR DOMESTIC WASTE IN KOCAELİ

Abstract

In parallel with the increase in population, industry and technological developments in recent years; both domestic and industial solid waste amount and variety is increasing. The increased amount of solid waste poses a significant problem by causing environmental pollution such as air water an soil. Solid waste disposal is carried out by regular storage in the current system in Kocaeli. However, as a result of the increase in the amount of urban waste and and decrease in storage areas, the disposal of domestic solid wastes with the incineration method has been discussed and various plans have been made in this regard. In line with these plans, " Facility of Energy Production From Urban Solid Waste Project" was started in Kocaeli. The aim of this study is to evaluate the ambient air pollution by distribution of the pollutant emissions from this facility.

In the study, information about the preferred systems for solid waste types, waste incineration disposal method, flue gas treatment technologies and domestic waste incineration facities are given. Then, in case of construction and operation of the planned incineration plant, pollutant emissions from the plant were estimated and their environmental effects were evaluated by modeling their distribution in the atmosphere. In the study, topographic features of the region and annual meteorological data file were added to the model program by using AERMOD air distribution model. Thus, air quality contribution values were calculated by detecting daily, monthly and annual concentrations of pollutants for the

receptors. According to the results, the effect of the planned facility to ambient air pollution in Kocaeli was evaluated.

Key words: Urban Solid Waste, AERMOD, Emission, Waste Incineration

1. GİRİŞ

Bugün hızla gelişen teknolojinin, sanayileşmenin ve artan nüfusun etkisiyle yüksek miktarlara erişen evsel katı atıklar yaşantımızda önemli bir sorun teşkil etmektedir. Tükenen doğal kaynaklarla birlikte artan atık miktarı çevre sağlığını da tehdit etmektedir. Biriken bu atıkların bertaraf edilmesi belediyelerin karşılaştığı en önemli problemlerden biridir. Evsel katı atıklar uygun koşullarda uzaklaştırılmadıkları durumunda hava, su, toprak gibi çevresel kirliliklere sebep olmaktadırlar. Bunlar göz önüne alındığında evsel katı atıkların hem çevreye hem canlılara verebileceği zararı engellemek için düzenli bir şekilde ayrıştırılması veya geri dönüştürülmesi gereklidir. (Üstün ve Kurban, 2011).

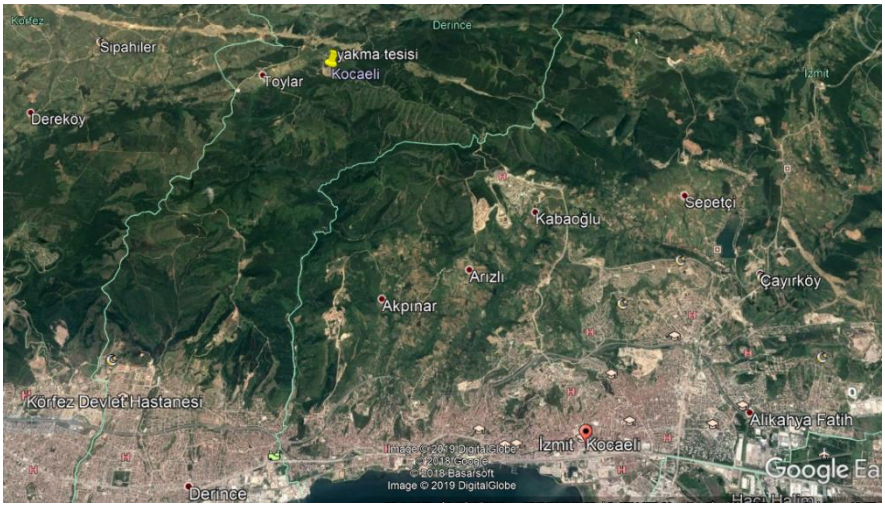
2016 Bölgesel Atık Kâğıt Geri Dönüşüm Bilgi Sistemi raporuna göre Türkiye'de 2010 yılında evsel atık miktarı ortalama 25 milyon ton iken günümüzde 35 milyon ton/yıl'dır. Kentsel atık bertaraf yönteminde en çok tercih edilen ve uygulanan yöntem depolamadır. Kocaeli'de evsel atıklar düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilmektedir. Ancak son yıllarda nüfus artışıyla birlikte atık miktarının da artması, depolama arazisinin kısıtlılığı ve depolama nedeniyle oluşan sorunlar (koku vb.) nedeniyle yakma yoluyla bertaraf alternatifi üzerinde durulmaktadır. Bununla birlikte sanayileşmenin en yoğun olduğu Kocaeli bölgesinde yapılması planlanan '' Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesis'' projesinin yapımı planlanmaktadır. Kurulması planlanan bu kentsel atık tesisi ile bölge halkının elektrik ihtiyacının giderimi ve atık miktarında gerekli dengenin sağlanması planlanmaktadır.

Evsel atık yakma tesisinin çevresel açıdan en önemli etkisi, yakma sonucu meydana gelen toksik maddelerin atmosfere dağılmasıdır. Atmosfere dağılan bu emisyonlar (CO, SO_2, NO_X, PCDD/F, PM vb.) sonrasında çökerek toprağa ve yeraltı sularına karışabilmektedir. Bölgede sanayileşmeye bağlı olarak hava kirliliği önemli ölçüde sorun teşkil etmektedir. Bununla birlikte kurulması planlanan evsel atık yakma tesisi ile birlikte bölgedeki hava kirliliğine katkısı değerlendirilmelidir. Yakma sonucu yayılan bu kirleticilerin insana ve çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple, evsel atık yakma tesisinden çıkacak emisyonların standart değerlere uygun olup olmadığı ölçülüp değerlendirilmelidir. Bu emisyonların hava kalitesindeki dağılımının değerlendirilmesi modelleme yöntemi ile yapılmaktadır.

Bu çalışmada Kocaeli'nde Umuttepe'deki Eski Orman Deposuna kurulması planlanan Evsel Atık Yakma Tesisi'nin neden olacağı emisyonların dağılımı ve etkisi araştırılmıştır. Tesis kapasitesine göre hesaplanan kirletici emisyon debilerinin çevredeki dağılımı, AERMOD Dispersiyon Modeli yardımıyla tahmin edilmiştir. Çalışmada yeni kurulacak tesis emisyonlarının İZAYDAŞ'ta ölçülen çıkış değerleriyle aynı olacağı varsayılmıştır. Gerekli veriler AERMOD modeline girilerek çıkacak emisyonların İzmit bölgesindeki dağılım haritaları elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

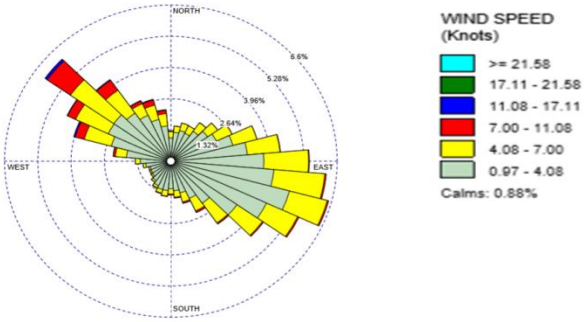
Yapılan bu çalışmada yapımı planlanan Evsel Atık Yakma Tesisi'nden çıkacak emisyonlar, AERMOD dağılım modellemesi ile modellenerek İzmit'teki dağılım haritaları elde edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı bölgenin uydu görüntüsü Şekil 1'de verilmektedir. Seçilen yer Umuttepe yakınlarında Çamlıbel'den ayrılan Geredeli yolu üzerinde, İzmit Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde, Taşköprü Orman İşletme Şefliği bölgesinde yer almaktadır (www1.mmo.org.tr).



Şekil 1. Çalışma alanının uydu görüntüsü (Google Earth, 2019)

Çalışma alanında EPA ve Amerikan Meteoroloji Topluluğu (AMS) tarafından geliştirilen hava dağılım modeli olan AERMOD modellemesi kullanılmıştır. Bu model, işletme faaliyetinden çıkan emisyonların havadaki dağılımına ve hava kalitesine etkisini değerlendirebilmeyi sağlamaktadır. AERMOD, doğrusal ve kararlı hal (steady-state) hüzme modelidir. Kararlı hal, modelleme yapılan alanın aynı saatlerde ve eşit meteorolojik koşullarda olduğu durumdur. Model temelde Gauss dağılımına dayanmaktadır. Gauss duman dağılımı ise kirleticilerin yatay ve dikey olarak dağılımını ifade etmektedir. AERMOD modelleme sistemi, topografik bilgisi için AERMAP ve meteorolojik veriler için AERMET olmak üzere iki işlemciden oluşmaktadır (Demirarslan ve ark., 2008).

Modellemede ilk olarak dağılım bölgesi belirlenerek, bölgenin topografik özellikleri ve yıllık meteorolojik veri dosyası model programına eklenmiştir. Çalışmada İzmit Meteoroloji İstasyonundan alınan ve 2014-2018 yıllarını kapsayan beş yıllık saatlik veriler kullanılmıştır.
Çalışma alanına ait 2014-2018 yılı verileri için rüzgar gülü Şekil 2' de verilmiştir. Şekilde rüzgar yönünün baskın olarak güneydoğu ve kuzeybatı yönünde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Çalışma alanına ait 2014-2018 yılı verileri için rüzgar gülü

Daha sonra kurulacak tesisin emisyon faktörleri hesaplanarak veriler sisteme girilmiştir. Çalışmada yeni kurulacak tesis emisyonlarının İZAYDAŞ'ta ölçülen çıkış değerleriyle aynı olacağı varsayılarak ve Tablo 1'deki tesise ilişkin veriler kullanılarak baca gazı debi hesabı yapılmıştır.

Tablo 1: Tesise İlişkin Veriler

Kurulacak Tesisin Yakma Kapasitesi	2250 ton/gün
Baca Gazı Debisi	40 000 Nm3 / saat
Baca Yüksekliği	50 m
Baca Gazı Hızı	10 m/s
Baca Gazı Sıcaklığı	50 °C

Baca Gazı Debi Hesabı :

$E = A\ (EF)$ (1)

E: Hesaplanan emisyon miktarı

A: Faaliyetin yıllık işleme miktarı

EF: Emisyon faktörü

Yapılan hesaplama sonucu bulunan emisyon faktörleri Tablo 2 'de gösterilmektedir. CO, NOx, SO_2, PM ve PCDD/F kirleticilerine ilişkin emisyon faktörleri mg/ton cinsinden değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 2: Tesise İlişkin Emisyon Faktörleri

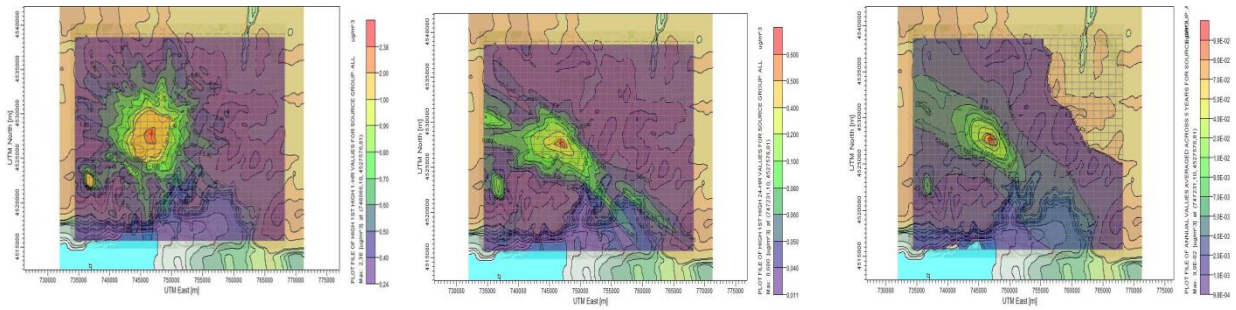
Parametre	**Birim**	**Değer ***
CO	mg/ton	12.215
NOx	mg/ton	63.543
SO_2	mg/ton	9920
PM	mg/ton	163,2
PCDD/F	mg/ton	0,000018

(Güneş Emre H., Emisyon Hesaplama, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Laboratuvar Ölçüm ve Denetim Daire Başkanlığı, 2017)

Son olarak kirleticilerin bulunan emisyon faktör değerleri modele girilerek saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritaları oluşturulmuştur.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

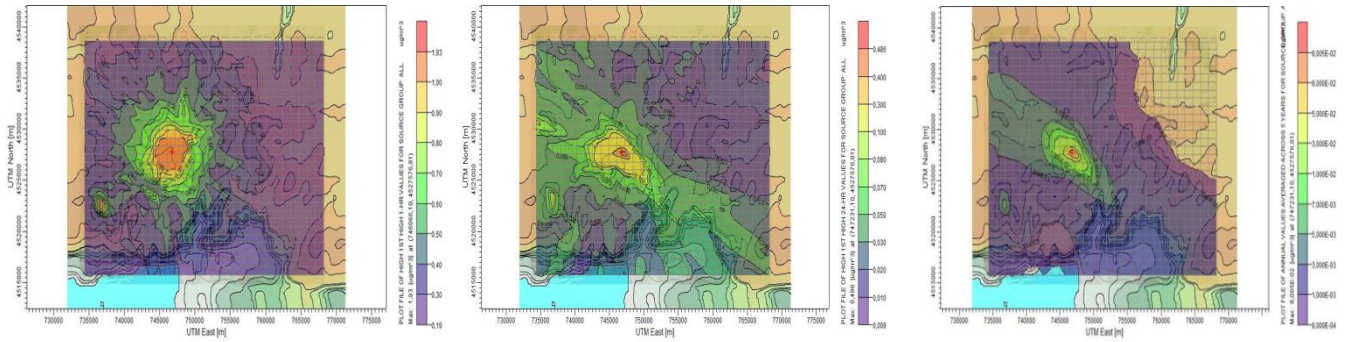
Kocaeli ili İzmit ilçesi'nde yapılması planlanan Evsel Atık Yakma Tesisi'nden atmosfere yayılacak CO, NOx, SO_2, PM ve PCDD/F emisyonlarının dağılımları AERMOD hava modellemesi ile tahmin edilmiş ve sonuç olarak saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritaları (Şekil 3-7) elde edilmiştir.



CO - saatlik CO - günlük CO - yıllık

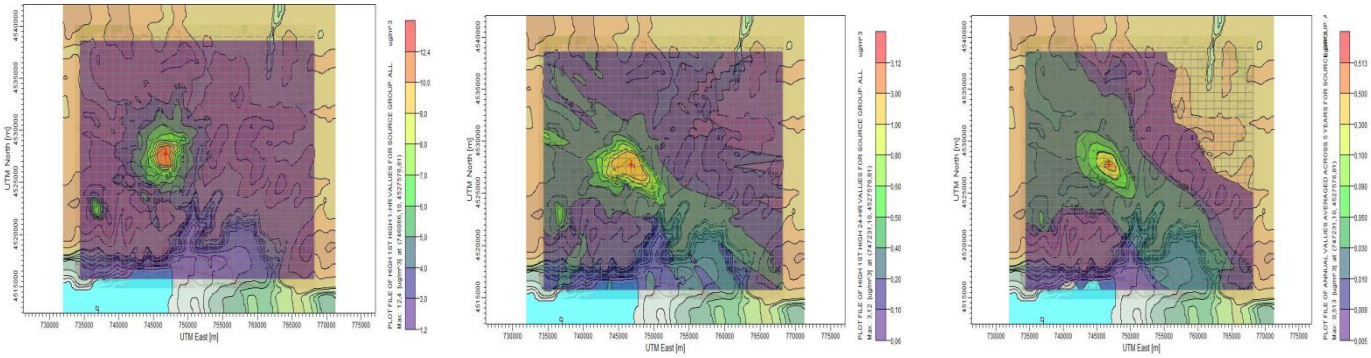
Şekil 3. CO maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

Şekil 3'te CO emisyonunun saatlik, günlük ve yıllık dağılım haritası görülmektedir. Model sonucu elde edilen en yüksek değer 2,38 µg/m^3 'tür. Dağılımın rüzgârlarla orantılı olarak genelde kuzeydoğu – güneybatı yönünde olduğu görülmektedir.



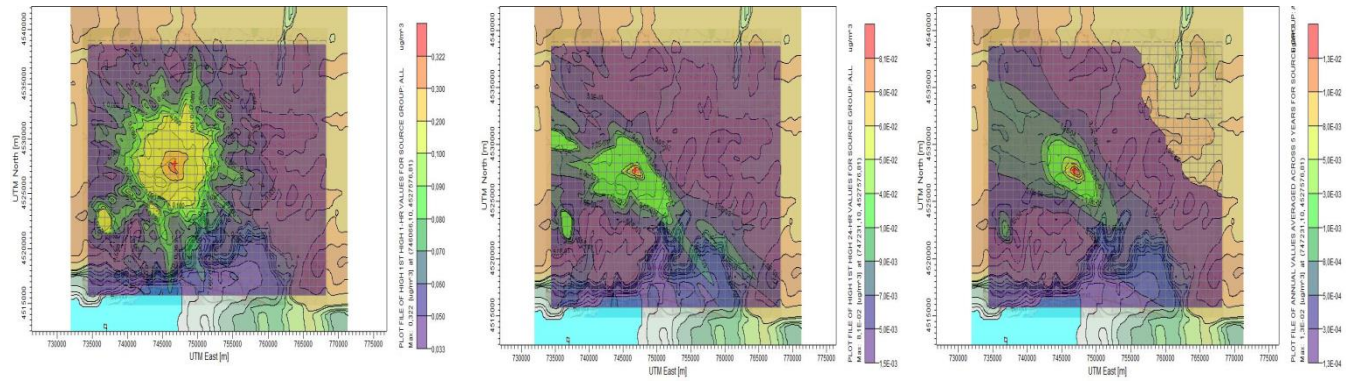
SO_2 - saatlik SO_2 - günlük SO_2 - yıllık

Şekil 4. SO_2 maksimum konsantrasyon dağılım haritaları



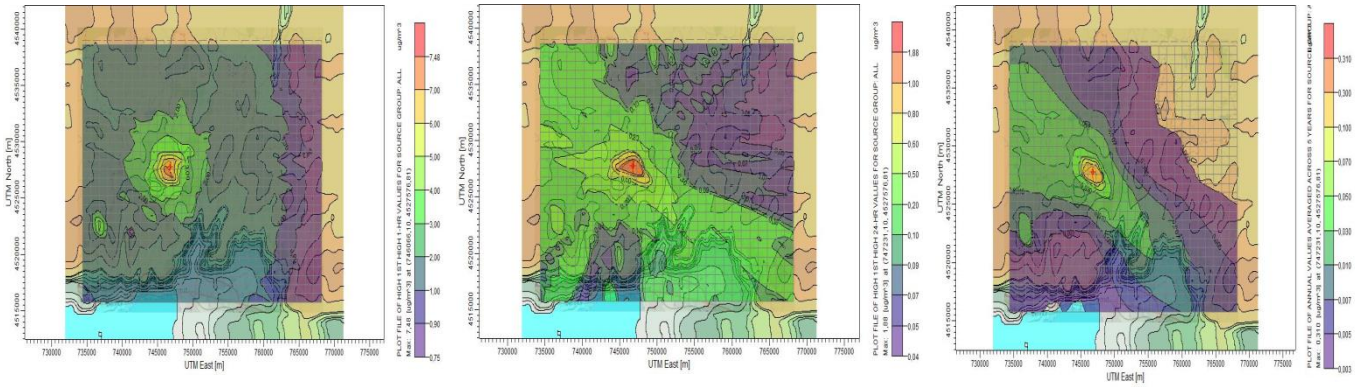
NOx - saatlik NOx- günlük NOx- yıllık

Şekil 5. NOx maksimum konsantrasyon dağılım haritaları



PM - saatlik PM - günlük PM - yıllık

Şekil 6. PM maksimum konsantrasyon dağılım haritaları



PCDD - saatlik PCDD - günlük PCDD - yıllık

Şekil 7. PCDD/F maksimum konsantrasyon dağılım haritaları

Diğer kirleticilere ilişkin haritalar da Şekil 4-7 arasında verilmekte olup dağılım genel anlamıyla CO dağılımına benzerdir. Bu kirletici dağılımlarına ilişkin değerler İzmit'te ölçülen ortalama ortam havası konsantrasyon değerleriyle karşılaştırılıp tesisin olası katkısı değerlendirilebilir. Bu amaçla değerler İzmit Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan alınan son bir yıllık ortalama değerlerle karşılaştırılmıştır. Model değerleri ve ölçülen ortalama değeler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Modelleme Sonuçları ve İzmit Ortalama Ortam Havası Değerleri

Parametre	Birim	Saatlik Maksimum Konsantrasyon	Günlük Maksimum Konsantrasyon	Yıllık Maksimum Konsantrasyon	İzmit Ortalama
CO	$\mu g/m^3$	2,38	0,600	0,121	-
NOx	$\mu g/m^3$	12,4	3,12	0,513	133,35
SO_2	$\mu g/m^3$	1,93	0,486	0,008	4,45
PM	$\mu g/m^3$	0,322	0,081	0,013	58,68
PCDD/F	fg/m^3	7,48	1,88	0,310	82,0

Haritalar incelendiğinde tahmin edilen konsantrasyon dağılım eğiliminin kirleticiler için birbirine yakın olduğu görülmüştür. Yayılım, baskın rüzgar yönleriyle orantılı olarak genelde kuzeydoğu – güneybatı yönündedir. Tablo 3'te yıllık, aylık ve günlük bazda tahmin edilen maksimum konsantrasyon değerleri ile İzmit ortalama değerleri karşılaştırılmıştır. Kirletici miktarlarının katkısının % 0,06 ile % 9 arasında olduğu görülmüştür. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda yakma tesisi kaynaklı kirletici madde katkısının bölgeye etkisinin görece küçük olduğu gözlenmektedir. Çalışma bölgedeki hava kalitesinin nasıl etkileneceği açısından önemli olup, yapılması planlanan Evsel Atık Tesisi'nin bölgeye etkisinin değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir. Daha sonraki çalışmalarda daha fazla ölçüm sonuçları ile yapılması halinde tesiste ölçülen gerçek değerler, salınım aralıkları ve farklı dağılım modellerinin performansları kullanılarak daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

AKDEMİR, A. (2017), Samsun Organize Sanayi Bölgesinde AERMOD Hava Kalitesi Dağılım Modelinin Araştırılması, *Mühendislik Dergisi,*8(3), 642-643.

Atık Kâğıt Geri Dönüşümcüler Derneği ve İktisadi İşletmesi, Bölgesel Atık Kâğıt Geri Dönüşüm Bilgi Sistemi Raporu, (2016), 28 Nisan 2019 tarihinde: https://a-ged.org.tr/gbs_2016.pdf adresinden alındı.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi,(2017), *Atık Yakma*, 12 Nisan 2019 tarihinde https://hlccevre.com/images/PDF/sektorel-kilavuzlar/atik-yakma-tesisleri.pdf adresinden alındı.

DEMİRARSLAN, K. O., DOĞRUPARMAK Ç. Ş., Kocaeli İli Körfez İlçesinde Noktasal Kaynaklardan Meydana Gelen CO ve NOx Dağılımlarının Farklı Dağılım Modelleriyle İncelenmesi, *Uluslararası Katılımlı V.Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu*,2013, 294-295.

GÜNEŞ, E. H., (2017), *Emisyon Hesaplama, Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çed, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü Laboratuvar Ölçüm Ve Denetim Daire Başkanlığı*, 27 Nisan 1019 tarihinde: https://haliccevre.com/wp-content/uploads/2017/10/Emisyon-Hesaplama.pdf adresinden alındı.

Kocaeli Akademik Odalar Birliği, Kocaeli Büyükşehir Belediyesince İnşaası Planlanan "Kentsel Katı Atıktan Enerji Üretim Tesisi" Adı Altında Yürütülen Projeye İlişkin Değerlendirme, (2017), İzmit 28 Nisan 2019 tarihinde : www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/cdc8f5065b3476f_ek.pdf adresinden alındı.

Saraç M., Uludağ O., Dünya'da ve Türkiye'de Atıktan Enerji Üretimi, İzaydaş, 248- 252.

Saltabaş F., Soysal Y., Yıldız Ş., Balahorli V., Munıcıpal Solıd Waste Thermal Dısposal Methods And Its Applıcabılıty In Istanbul , Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi , 2011, 109-116.

ÜSTÜN, A. K., KURBAN, M., Elektrik Enerjisi Üretiminde Kentsel Katı Atık Potansiyel Analizi ve Uygulaması, 6th International Advanced Technologies Symposium, 2011, 244.

THE EFFECT OF FIBER LENGTH AND ION DENSITY ON OUTPUT GAIN AND NOISE FIGURE IN PRASEODYMIUM DOPED FIBER AMPLIFIERS

Hasan Cihangir
Gazi University / Institute of Science / Electrical and Electronics Engineering
hsncihangir@gmail.com

Prof. Dr. Murat Yücel
Gazi University / Faculty of Technology / Electrical and Electronics Engineering
muyucel@gazi.edu.tr

Abstract

In this study, the effect of Praseodymium Doped Fiber (PDF) length and praseodymium ion density on output gain and noise figure in Praseodymium Doped Fiber Amplifiers (PDFA) is investigated. This study is performed by simulating in the Optisystem 16.0 program. In the simulation medium, PDF length is increased by one meter in the range of 1 m - 32 m by applying a 1310 nm wavelength signal with -20 dB power to various lengths pumped with forward-direction 1025 nm wavelength and 400 mW pump laser. After determining the most suitable PDF length which gives maximum output gain, praseodymium ion density is changed between 1e + 024m^{-3} - 32e + 024m^{-3} in the step range 1e + 024m^{-3} and its effect on output gain and noise figure is investigated. As a result the most suitable fiber length is determined as 19 m and the praseodymium ion density is 10e + 024 m^{-3}. The output gain for these values is found to be 37.879 dB and noise figure is 5.598dB.

Key Words: Praseodymium doped fiber, optical amplifier, fiber length, ion density, gain, noise figure

1. INTRODUCTION

Recently, fiber optic communication systems have been developed to respond to increased capacity and communication speed. In these systems, optical amplifiers have been developed to amplify the light signal in the fiber without the need for electrical transformation in order to achieve longer communication distances (Samsuri et al., 2004). Fiber optic cables have very low attenuation. Therefore, it provides a much greater communication distance advantage than copper cable. Optical amplifiers can be classified many types (Yucel et al., 2012). These are Semiconductor Optical Amplifiers (SOA), Brillouin Amplifiers (BA), Fiber Raman Amplifiers (FRA) and other Rare Earth Doped Fiber Amplifiers (Ytterbium Doped Fiber Amplifiers, Praseodymium Doped Fiber Amplifiers, Thulium Doped Fiber Amplifiers, Holmium Doped Fiber Amplifiers etc.) (Aydogdu et al., 2017).
In fiber optic communication, a wavelength of 1550 nm is commonly used, where fiber attenuation is minimal. At this wavelength, Erbium Doped Fiber Amplifiers (EDFA) are used. However, this band is rapidly filling due to increased capacity requirement. One of the alternative bands have a wavelength of 1310 nm and in this band EDFAs are inefficient. PDFAs are used to amplify the input signals that weaken in the 1310 nm wavelength band. The magnitude of the interest in the 1310 nm amplifiers is due to the use of the second window around 1310 nm of a significant portion of the fiber optic network worldwide. With an increasing interest in PDFAs, it is expected to play a vital role in upgrading 1310 nm optical systems used in nearly all terrestrial optical telecommunications networks (Ohishi et al., 1991). PDFAs can provide significant gains in the 1310 nm region. PDFA, which has a quantum efficiency in the $^1G_4 \rightarrow {}^3H_5$ transition in the wavelength region of 1310 nm, has been shown to be a good candidate for the 1310 nm. For this point, the low-energy phonon in the fiber must be upgraded to avoid decreasing the optical link capacity at certain distances (Pedersen et al., 1992), (Husein et al., 2010).

In this study, the effect of PDF length and praseodymium ion density on output gain and noise figure in PDFA have been investigated. In the simulation medium, PDF length and praseodymium ion density is determined for the best output gain by applying a signal of 1310 nm wavelength with -20 dB power to various lengths pumped by forward-direction pump laser with 1025 nm wavelength and 400 mW power.

2. THEORETICAL ANALYSIS

The simplified energy diagram of the 5 level praseodymium is shown in Figure 1. This figure shows a simple 5 level amplifier system for main transitions between the power levels of the PDFAs shown in ${}^1G_4$, ${}^3P_0$, ${}^1D_2$, ${}^3F_4$, ${}^3H_5$ and ${}^3H_4$. In principle, praseodymium doped glass host shows several possible transitions to determine the praseodymium ion density of each level.

${}^1G_4 \rightarrow {}^3H_5$ transitions include ground state absorption (GSA) and stimulated emission of pump powers at a wavelength around 1017 nm or 1028 nm. Other energy structures in relation to the non radiative energy transfer coefficient have been proposed in the literature and can be applied to modeling (Berkdemir et al., 2007), (Remillieux et al., 1996).

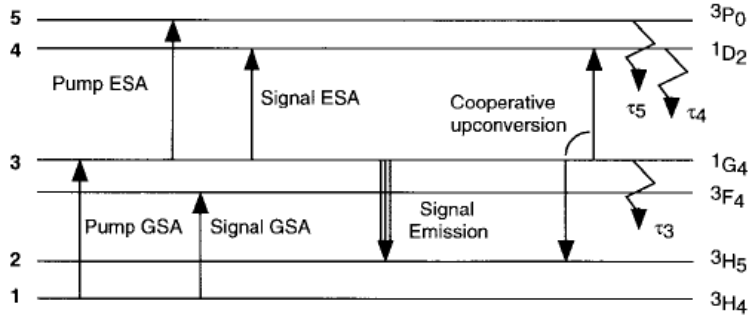


Figure 1. Simplified praseodymium energy structure (Morin et al., 1997).

In addition to instantaneous decay for the ${}^3H_5$ level, we also assume the gauss fields for the pump and signal. The stimulated transition rates W_{ij} are shown in equation (1) (Morin et al., 1997) :

$$W_{ij} = \begin{cases} \frac{P_p \sigma_{ij} \lambda_p \beta_p}{\pi h c a^2}, for\ \ ij = 13\ or\ 31 \\ \frac{P_s \sigma_{ij} \lambda_s \beta_s}{\pi h c a^2}, for\ \ ij = 35, 34\ or\ 32 \end{cases} \quad (1)$$

and ratio equations can be written in matrix form in equation (2) (Morin et al., 1997).

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} N_3 \\ N_4 \\ N_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{13} & -\frac{1}{t_3} + Cup \cdot N_3 + W_{31} + W_{32} + W_{34} + W_{35} & \frac{\beta_{43}}{\tau_4} & \frac{\beta_{53}}{\tau_5} \\ 0 & W_{34} + \frac{Cup}{2} \cdot N_3 & -\frac{1}{\tau_5} & 0 \\ 0 & W_{35} & 0 & -\frac{1}{\tau_5} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} N_1 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \end{bmatrix} \quad (2)$$

where τ_i is lifetime of level i, C_{up} is upconversion coefficient, N_i is ion density of each level, β_{ij} is branching rate.

In all energy structure, total number of ions is constant and the equations can be easily solved. If the fiber is considered as a concatenation of segments of length Δz , each of them with uniform population density, the pump and signal exchange for a section are shown in the following equations (3) and (4) (Georges et al., 1992).

$$\mathrm{P_p}(z + \Delta z) = P_p(z) - \left(\sigma_{13} N_1 \beta_p - N_3 \beta_P (\sigma_{31} - \sigma_{35}) + a\right) P_p(z) \Delta z \quad (3)$$

$$\mathrm{P_s}(z + \Delta z) = \mathrm{P_s}(z) + \left((\sigma_{32} - \sigma_{34}) \mathrm{N_3} \beta_s - \sigma_{GSA}^{s} \mathrm{N_1} \beta_s - \alpha\right) \mathrm{P_s}(z) \Delta z \quad (4)$$

The amplified spontaneous emission (ASE) is neglected, then the validity of the model is limited by the gain amplifiers (up to 25 dB) in these equations (Georges et al., 1992). Firstly, the praseodymium ion density is calculated with single-pass, forward-direction pumping. Then, the excited level of the pump and the signaling powers are determined. Finally, the gain of the whole fiber length can be calculated in a simple way (Morin et al., 1997).

3. SIMULATION AND ANALYSIS OF PDFA

The Optisystem 16.0 program is used for simulation and analysis. Figure 2 shows eight optical components for the analysis of the PDFA simulation model. These consist of Continuous Wave (CW)

laser, pump source, WDM coupler, PDF, Optical Spectrum Analyzer (OSA), pump coupler. In the simulation; with a forward-direction 1025 nm wavelength and 400 mW pump laser, a 1310nm wavelength signal with a power rating of -20dB is pumped into the PDF. After the numerical aperture value is determined as 0.364, the effect of PDF length and praseodymium ion density on the output gain and noise figure in the simulation medium is analyzed. The WDM coupler used here is considered to be ideal and without any loss. Two OSA devices are connected to the simulation model to monitor the effect of optical signals and ASE noise. In the simulation model, both PDF length and praseodymium ion density have a certain effect on the output properties of PDFA system. In this simulation model, the effect of PDF length and praseodymium ion density on output gain and noise figure in PDFAs is investigated. In this study initially is determined PDF length, giving the maximum output gain. Praseodymium ion density is determined after the PDF length was chosen.

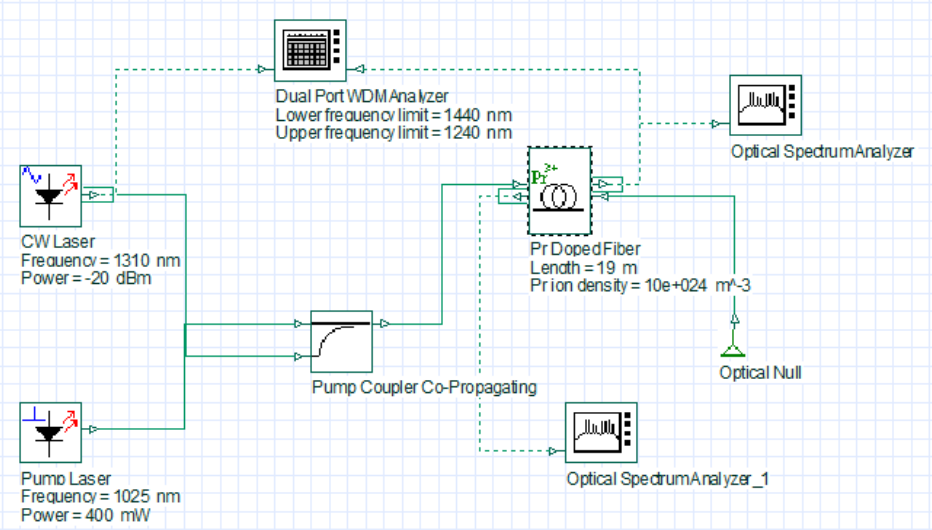


Figure 2. Simulation model of PDFA system

3.1 PDF Length Analysis

In the model shown in Figure 1, the effect of various PDF lengths on the PDFA system output performance is studied at first. Pump laser with forward-direction 1025 nm wavelength and 400 mW power and a signal at 1310 nm wavelength with -20 dB power to the PDF is used to analyze the PDFA system. The PDF ion density is chosen as 10e+024m^{-3} . The effect of PDFA system on the output performance is increased the PDF length by one meter in the range of 1 m - 32 m. Output gain and noise figure is compared in each meter increment of PDF length. The effect of different PDF length on output gain and noise figure is shown in Figure 3. The best output gain of the optical signal is obtained when the PDF length is 19m. The noise figure is only slightly affected by the change in PDF length. While the PDF length is 19m, the output gain is found to be 37.879 dB and the noise figure is found to be 5.598 dB.

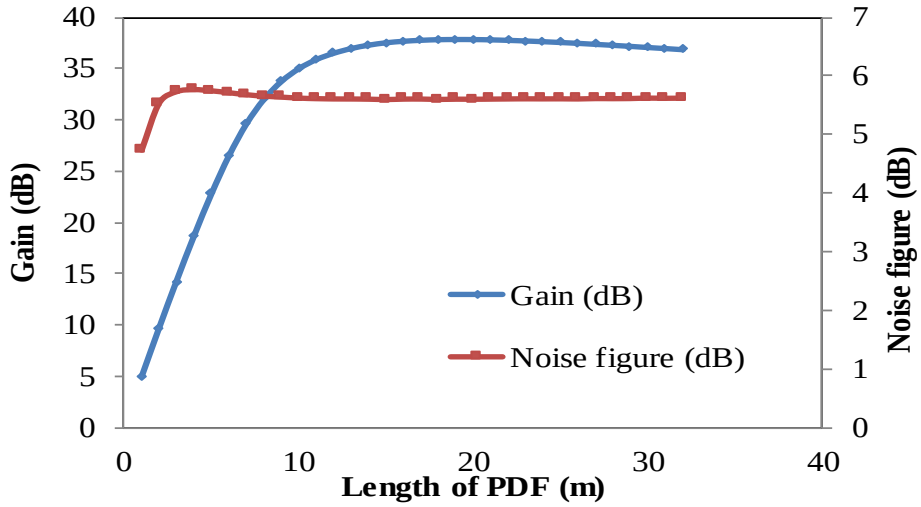


Figure 3. The effect of PDFA system on output gain and noise figure in different PDF lengths

3.2 Effect of Praseodymium Ion Density

The output spectrum of the PDFA system is analyzed by varying various praseodymium ion densities. Previously, the PDF length is set at 19 m, giving the best output gain. During the analysis, pump laser with forward-direction 1025 nm wavelength and 400 mW power and a signal at 1310 nm wavelength with -20 dB power to the PDF is used to analyze the PDFA system. Praseodymium ion density in the range of 1e+024m^{-3}-32e+024m^{-3} by increasing 1e+024m^{-3} step the effect on the output gain and noise figure is investigated. The praseodymium ion density is compared to the output gain and noise figure in each 1e+024m^{-3} step range.

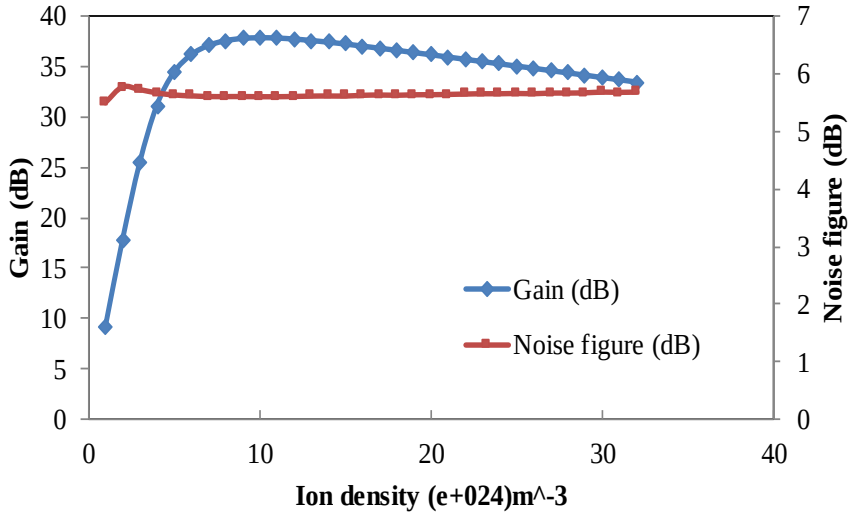


Figure 4. Effect of PDFA system on output gain and noise figure in different praseodymium ion densities

The effect of different praseodymium ion density on output gain and noise figure is shown in Figure 4. As shown in figure 4, the power of the optical signal is obtained the best output gain when the praseodymium ion density is 10e+024m^{-3}. The noise figure is only slightly affected by the change in praseodymium ion density. While the praseodymium ion density is 10e+024m^{-3}, the output gain is found to be 37.879 dB and the noise figure is found to be 5.598 dB.

4. CONCLUSION

In this study, the effect of PDF length and praseodymium ion density on output gain and noise figure in PDFA is investigated. This study is performed by simulating the Optisystem 16.0 program. The effect of various PDF length and praseodymium ion density on PDFA system is investigated. Initially, the effect of PDF length on PDFA system is investigated and the PDF length giving the best output

gain is determined. After determination of PDF length, praseodymium ion density giving the best output gain is determined.

5. DISCUSSION

Output gain is visibly affected by PDF length and praseodymium ion density changes on PDFA, but the noise figure is slightly affected by these changes. These results will benefit the designer in selecting the most appropriate values of PDF length and praseodymium ion density for future PDFA studies.

REFERENCES

AYDOGDU, H., YUCEL, M. (2017). The Comparison of for Different Erbium Doped Fibers and Erbium Doped Fiber, *4th International Conference on Electrical and Electronic Engineering (ICEEE)*, Ankara, Turkey.

BERKDEMIR, C., OZSOY, S. (2007), Modelling consideration of praseodymium-doped fiber amplifiers for 1.3 μm wavelength applications, *Elsevier, Optics Communications*, 269(1), 102-106.

GEORGES, T., DELEVAQUE, E. (1992), Analytic-modeling of high-gain erbium doped fiber amplifiers, *Opt. Lett.*, 17(16), 1113–1115.

HUSEIN, A.H.M., EL-NAHAL, F.I. (2010) , Noise figure and gain temperature dependent of praseodymium-doped fiber amplifier by using rate equations, *Elsevier, Optics Communications*, 283(3), 409-413.

MORIN V., TAUFFLIEB E. (1997), High Output-Power Praseodymium- Doped Fiber Amplifier Single-Pumped at 1030 nm: Analysis and Results, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 3(4), 1112–1118.

OHISHI, Y., KANAMORI, T., KITAGAWA, T., TAKAHASHI, S., SNITZER, E., SIGEL, G.S. (1991), Pr^{+3} doped fluoride fiber amplifier operating at 1.31 μm, *Opt. Lett.* 16(22), 1747-1749.

PEDERSEN, B., MINISCALCO, W.J., QUIMBY, R.S. (1992), Optimization of Pr/sup 3+/:ZBLAN fiber amplifiers, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 4(5), 446–448.

REMILLIEUX, A., JACQUIER B. (1996), Spectroscopic characteristics and modeling of the Pr^{+3} doped fluoride fiber amplifier, *in Proc. SPIE*, 2841, 134–144.

SAMSURI N, M., HARUN, S.W., AHMAD, H. (2004), Comparison of Performances Between Partial Double pass and full double-pass systems in Two-Stage L-Band EDFA, *Laser Physics Lett.*, 1(12) , 610-612.

YUCEL, M., GOKTAS, H. H., AKKAYA, G. (2012), Optimization of the Three Stages L Band EDFA, *Signal Processing and Communications Applications*, IEEE 20th, IS-20.

BİYOENFORMATİK ALANINDA NESNELERİN İNTERNETİ TEMELLİ YAKLAŞIMLAR

Dr. Faruk Aktaş
Kocaeli Üniversitesi/ Teknoloji Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği
faruk.aktas@kocaeli.edu.tr

Özet

Biyoenformatik, genel olarak biyoloji, bilgisayar, matematik, istatistik ve genetik alanlarını içeren disiplinler arası bir bilim dalıdır. Bu alanın genel amacı, biyolojik veya fizyolojik dizi verilerini, gen içeriklerini ve sıralamalarını analiz ederek, makromoleküler yapıları ve fonksiyonları tahmin etmektir. Biyoenformatiğin temel uygulamaları, literatürde duyarlı tıp ve önleyici tıp olarak bulunabilmektedir. Duyarlı tıp, tedavileri ve uygulama yöntemlerini içeren, kişiye özel geliştirilmiş sağlık bakım tekniklerinden oluşmaktadır. Duyarlı tıp, hastalıkları tedavi etmek veya iyileştirmek yerine, hastalıkları önlemek için önlemler geliştirmeye odaklanmaktadır. Biyoenformatik alanında hastalıkları önlemek için, sıklıkla gen ve DNA mikrodizileri kullanılarak önlemler geliştirilmektedir. Bununla birlikte, bu alanın kapsamı nesnelerin interneti gibi gelişen bilgisayar teknolojileri ile birlikte genişletilebilmektedir. Nesnelerin interneti yapısında bulunan sensörler kullanılarak biyoenformatik alanı için gerekli olan veriler toplanabilirken, bulut bilişim hesaplamaları ile de ilgili veriler istenilen şekilde işlenebilmektedir. İşlenen veriler ile belirli hastalıklar için kestirimler yapılabilmektedir. Ayrıca işlenen veriler, nesnelerin interneti temelli sistem aracılığıyla internet ortamına aktarılabilmektedir. Böylece bu bilgiler ilgili kişiler tarafından izlenebilmektedir. Nesnelerin interneti açısından biyoenformatik, belirli bir amaca yönelik olarak işlenecek "Büyük Veri" lerin elde edilmesi ve bu verilerin ilgili algoritmalar ile işlenip uzak sistemlere iletilebilmesidir. Bu çalışmada, nesneleri interneti teknolojisinin biyoenformatik bilim alanına yaptığı katkılar sunulmaktadır. Bununla birlikte, gelişen teknoloji ile birlikte biyoenformatik alanındaki değişen büyük veri setleri ve veri formatları anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoenformatik, Nesnelerin İnterneti, Veri Edinimi, Büyük Veri, Algılayıcılar

IOT-BASED APPROACHES IN BIONFORMATICS SCIENCE

Abstract

Bioinformatics is an interdisciplinary science that includes biology, computer, mathematics, statistics, and genetics. The aim of this field is to estimate the macromolecular structures and functions by analyzing biological or physiological data sets, gene contents, and sequences. Major applications of bioinformatics can be found in the literature of precision medicine and preventive medicine. Precision medicine consists of personalized health care techniques, including treatments and traditions. Precision medicine focuses on developing measures to avoid diseases rather than treating or healing diseases. In order to prevent diseases in bioinformatics, measures are often developed using gene and DNA microarrays. However, the scope of this field can be extended with developing computer technologies such as the internet of things (IoT). While the data required for the bioinformatics field can be collected by using sensors in the IoT, the data related to the cloud computing calculations can be processed as desired. With the data processed, predictions can be made for specific diseases. In addition, the processed data can be transferred to the internet via the IoT-based system. Thus, this information can be monitored remotely by related persons. Bioinformatics for the IoT is to obtain "Big Data" to be processed for a specific purpose and these data can be processed by the various algorithms and transmitted to remote systems. In this study, the contributions of internet of things to bioenformatic field are presented. In addition, large data sets and data formats in the field of bioinformatics are explained with the developing technology.

Keywords: Bioinformatic, Internet of Things, Data Acquisition, Big Data, Sensors

1. GİRİŞ

Biyoenformatik bilim dalı, matematik, istatistik, bilgisayar bilimleri, moleküler biyoloji ve genetik alanlarının sentezidir tanımı yapılabilmektedir. Bu bilim dalında, biyolojik ve yakın zamanda fizyolojik verilerin toplanması, depolanması, anlamlandırılması, dağıtılması, görselleştirilmesi ve büyük bilgi birikiminden (Büyük Veri - Big Data) yararlanabilmek amacıyla veri madenciliği ve algoritmalar kullanılmaktadır (Özkan ve Erol, 2017). Biyoenformatik, bir diğer tanımla, karmaşık biyolojik verilerin derlenmesi ve analiz edilmesi bilimidir denilebilmektedir.

Biyoenformatik alanında yapılan çalışmalar genel olarak (Dikmen, 2018); Deoksiribo nükleik asit (DNA), Ribo nükleik asit (RNA), protein ve amino asit gibi makromoleküler yapıların sıralı ve üç boyutlu dizilim araştırmaları, dağıtık biyolojik veri tabanlarının birleştirilmesi, bilgisayar ortamında otomize edilmiş verilerin analizi ve uzak birimlere iletimi, etkileşimde bulunan gen ürünleri için bilgi ağlarının oluşturulması, Genom (Dügel,2019; Bekpen, 2014) projelerinden elde edilen verilerin düzenlenmesi, hastalıklara ait genlerin keşfi ve toplumda görülme sıklığının belirlenmesi, bir protein veya amino asit dizisinin hangi gene ve canlıya ait olduğunun bulunması, başka bir dokuda görülen kanser hücrelerinin bulunması ve modellenmesi, mikrodizi analizleri, ilaç etkileşimlerinin araştırılması, moleküler etkileşimler vs. şeklinde sıralanabilmektedir.

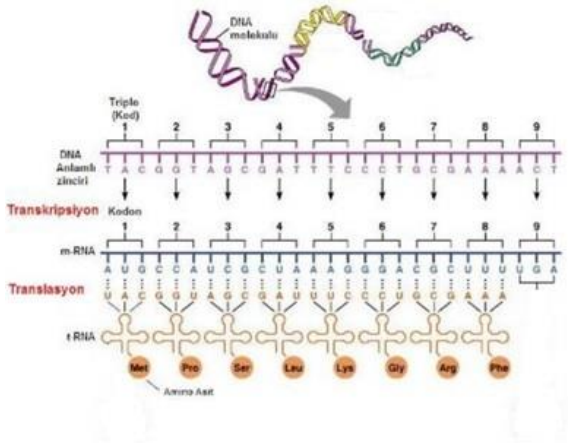
Biyoenformatik alanının sürekli büyümesi diğer alanlarla etkileşim içerisine girmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT) teknolojisi de bu alanlardan bir tanesidir. Bu çalışmada, biyoenformatik denince akla ilk gelen yukarıdaki çalışmaların yanında gelişen teknolojiler ile birlikte biyoenformatik alanının kapsamının IoT boyutunda nasıl genişlediği anlatılmaktadır.

Bildiri metni şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2'de temel biyolojik verilerin tipleri, nasıl elde edildikleri ve bu verileri içeren uluslararası veri tabanları hakkında bilgi verilmektedir. Bölüm 3'te IoT teknolojisi anlatılmakta, IoT ve biyoenformatiğin temel çalışma alanlarından biri olan 'Büyük Veri (Big Data)' kavramı Bölüm 4'te sunulmaktadır. Son bölümde ise biyoenformatik alanındaki IoT temelli yaklaşımlar anlatılmakta ve nesnelerin interneti (IoT) yapısının nasıl akıllı etmenlerin internetine (Internet of Agents) evrildiği hakkında bilgi verilmektedir. Sonuç ve tartışmalar bölümünde ise çalışma özetlenmekte ve gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2. BİYOENFORMATİK VERİ TİPLERİ, EDİNİMLERİ VE VERİ TABANLARI

Biyoenformatik bilim dalının en temel çalışma alanı, biyolojik verilerin işlenmesi ve bu verilerin anlamlı bilgiye dönüşmesidir. Bu amaçla veri madenciliği yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Veri madenciliği ile elde edilen materyalin her zaman değerli olması çok önemlidir. Veri madenciliği yöntemlerinin temel inceleme materyalleri olan DNA, RNA ve protein dizilimleri çeşitli aşamalardan geçerek gen ifadesi şeklini almaktadır (Özkan ve Erol, 2017). Şekil 1'de gen ifadesi şeklinin bir kısmı olan protein sentezi kısmı görülmektedir (Çelik, 2016). Şekil 1'deki ifadeler temel biyolojik kavramlarla ilgili bilgiler vermektedir.

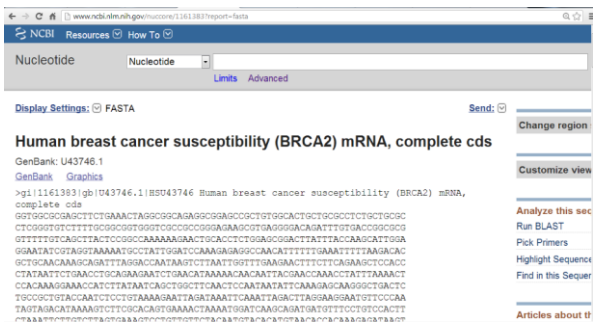
Şekil 1'de görüldüğü gibi en üstte anlamlı DNA zinciri görülmektedir. DNA ve RNA içerisinde ortak olarak adenin (A), guanin (G) ve sitozin (S) bazları bulunmakta, bunlarla birlikte timin (T) bazı yalnızca DNA'da, urasil (U) bazı ise yalnızca RNA'da bulunmaktadır. DNA'daki genetik bilginin transkripsiyonla (çalışma kopyası) RNA'ya, buradan da translasyonla (gen okuması) proteine dönüşmesi gen ifadesini tanımlamaktadır. Tüm bu sürece Sentral Dogma (Central Dogma) denmektedir. En işlevsel ve becerikli yaşam molekülleri olan proteinler, amino asit dizilimlerinden, aminoasitler ise üç nükleotidin bir araya gelmesi ile oluşan kodon adı verilen yapılardan meydana gelmektedirler (Özkan ve Erol, 2017).



Şekil 1. Protein ve aminoasit dizilimleri

Proteinleri oluşturan aminoasitler Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC) tarafından önerilen genellikle tek harflik gösterim şeklindeki kısaltmalar ile ifade edilmektedir ve biyoenformatik alanında bu kısaltma veya kodlar çok sık kullanılmaktadır (Özkan ve Erol, 2017).

Biyoenformatik alanında incelenen biyolojik veriler çoğunlukla 'Mikrodiziler' ile elde edilmektedir. Mikrodizilerin, DNA, protein, peptid ve antikor mikrodizileri gibi çeşitleri bulunmaktadır (Özkan ve Erol, 2017). Elde edilen bu verilerden örneğin, protein ve aminoasit dizilerine ulaşılabilecek birçok veri tabanı bulunmaktadır. Bunların en popüler olanları genel olarak; Avrupa Biyoenformatik Enstitüsü (European Bioinformatic Institue – EBI), Amerika merkezli Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (National Center for Biotechnology Information – NCBI) (2008 – 98 Milyon, 2013 – 169 Milyon kayıt) ve Japonya Genetik Enstitüsü (Japanese Institue of Genetics) olarak sıralanabilir. Bu üç kuruluşun veri tabanları sırasıyla; Avrupa Nükleotid Arşivi (European Nükleotid Archieve - ENA), GenBank (NCBI), ve Japonya DNA Veri Bankası (DNA Data Bank of Japan - DDBJ) dır. Bu üç kuruluş nükleotid dizi bilgilerinin toplanmasında ve paylaşılmasında birlikte çalışmaktadırlar. Ayrıca bu veri tabanları, internet üzerinden birçok biyoenformatik aracı da (örneğin; BLAST) kullanıcılara sunmaktadır. Biyoenformatik veri tabanları içerik açısından ikiye ayrılabilmektedir. Bunlar; nükleotid dizilim veri tabanları ve protein veri tabanlarıdır. Şekil 2'de NCBI veri tabanında bulunan BRCA2 (BRCA1 ve BRCA2, diğer genlerin sağlıklı kalması için işlev gören vücudun her hücresinde bulunan genlerdir. Bu genlerin hasar görmüş kopyalarının miras alınması kadınlarda meme ve yumurtalık kanseri riskini, erkeklerde ise meme ve prostat kanseri riskini artırmaktadır (DNALAB, 2016).) genine ait FASTA formatındaki nükleotid dizilimi gösterilmektedir. Bildirinin 'Büyük Veri' bölümünde veri formatları ile ilgili açıklamalar daha detaylı olarak verilmektedir.

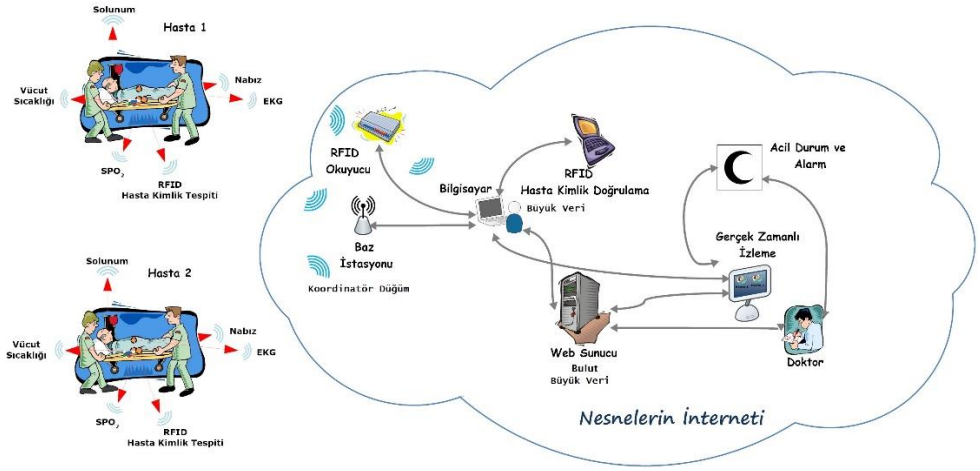


Şekil 2. BRCA2 geninin FASTA formatındaki gösterimi

3. NESNELERİN İNTERNETİ

Bildirinin bu bölümünde, gelişen teknoloji ile birlikte biyoenformatik alanının genişlemesiyle etkileşim içine girdiği IoT sistemler hakkında bilgi verilmektedir. Nesnelerin İnterneti (IoT), insan müdahalesine ve başka herhangi bir bilgi girişine ihtiyaç olmadan elektronik cihazların, makinelerin, araçların aralarında veri iletişimi yaptığı, fiziksel veya fizyolojik veri topladığı ve gelen tüm verilere göre karar verme mekanizmaları olan bir ağ yapısı olarak tanımlanabilmektedir. IoT tarım otomasyonlarından, akıllı enerji sistemlerine, güvenlik ve denetim uygulamalarından, uzaktan tıbbi sağlık hizmetlerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. IoT'nin sağlık hizmetleri ile uygulamaları genel olarak; nesnelerin, insanların (hasta ve personel) takibi, otomatik fizyolojik veri edinimi ve uzaktan algılama olarak sınıflanabilmektedir (Aktaş, 2018).

Kablosuz vücut alana ağları (KVAA), sağlık sistemlerinde IoT'nin önemli bir bileşenidir. Bir KVAA sistemi, genel olarak algılayıcı düğümlerden ve bir erişim noktasından meydana gelmektedir. Gömülü cihazlar olan algılayıcı düğümler vücut sıcaklığı, SpO2, kan basıncı, elektrokardiyogram (EKG), elektromiyogram (EMG) vs. gibi birçok hayati fizyolojik veriyi, insan vücudundan algılama ve kablosuz bileşenlerini kullanarak erişim noktasına gönderme yeteneğine sahiptirler. Erişim noktası, algılayıcı düğümden gelen verileri sıkıştırma, filtreleme ve çıkarma gibi gerekli bir ön işlemden geçirdikten sonra sağlık hizmetleri görüntüleme merkezine göndermektedir. Değişen ve büyüyen biyoenformatik alanının ilgilendiği veri tipleri arasına giren fizyolojik veriler, KVAA'lar (dolayısıyla IoT) sistemler tarafından kolayca ve kaliteli bir şekilde insan vücudundan toplanabilmektedir. Biyolojik ve fizyolojik verilerin edinilmesi yapılacak araştırmaların ilk aşamalarıdır. Uygun algılayıcılar ile istenilen veriler istenilen kişilerden kolaylıkla toplanıp, internet ve bulut bilişim sistemleri ile uygun veri formatlarında depolanabilmektedir. Şekil 3'te sağlık alanında önerilmiş ve gerçekleştirilmiş bir IoT tabanlı sistem görülmektedir (Aktaş, 2018).



Şekil 3. IoT tabanlı sağlık sistemi uygulaması

4. BÜYÜK VERİ

IoT sistemlerin ve biyoenformatik alanının kesiştiği noktalardan en önemlisi 'Büyük Veri'dir. Bildirinin bu bölümünde büyük veri kavramı, biyoenformatik alanında büyük veri kavramı ve IoT sistemleri de ilgilendiren veri setlerinin formatlarından bahsedilmektedir. Büyük veri genel anlamda, heterojen kaynaklardan gelen (sağlık, yönetim, sosyal ağlar, pazarlama ve finansal) yapısal olmayan veri yığını olarak tanımlanabilmektedir. IoT sistemleri ve hızla çoğalan bulut bilişim sistemlerini ve akıllı cihazları içeren teknolojik trendlerin gelişimi, büyük verinin orantısız bir şekilde artmasını sağlamaktadır. Büyük veri sahnesinin arka tarafındaki güçlü sistemler ve dağıtılmış uygulamalar akıllı şebeke sistemleri, sağlık hizmetleri sistemleri, mağazacılık sistemleri ve yönetim sistemleri gibi uygulamaları desteklemektedir (Oussous ve ark., 2018). Büyük verideki en büyük riskler maliyet, esneklik, doğruluk, ölçeklenebilirlik ve performans kriterleridir. Günlük hayatta aşina olunan

boyutların çok ötesinde boyutlar büyük verinin hacmi konusunda fikir vermektedir. Tablo 1'de veri büyüklükleri görülmektedir (Altındiş ve Morkoç, 2018).

Tablo 1. Veri büyüklükleri

Birim	Büyüklük	Anlamı
Bit (b)	0 veya 1	Bilgisayarlar verileri ikili (binary) kod şeklinde işlerler ve saklarlar.
Byte (B)	8 bit	Bir harf veya tamsayıyı bilgisayar kodu olarak tanımlamamak için yeterli bilgidir.
Kilobyte (KB)	1024 veya 2^{10} byte	Yaklaşık bir sayfalık yazı boyutu
Megabyte (MB)	1024 KB, 2^{20} byte	Yaklaşık bir müzik parçası boyutu
Gigabyte (GB)	1024 MB, 2^{30} byte	Yüksek kalitedeki bir film boyutu 3-4 GB
Terabyte (TB)	1024 GB, 2^{40} byte	Çok büyük bir kütüphanedeki kitapların boyutu 15 TB
Petabyte (PB)	1024 TB, 2^{50} byte	Google'ın her bir saate işlediği veri
Exabyte (EB)	1024 PB, 2^{60} byte	Çok büyük bir derginin veya kitabın 10 milyar kopyasına eşdeğer boyut
Zetabyte (ZB)	1024 EB, 2^{70} byte	2010 yılına kadar olan tüm bilgi 1,2 ZB olarak öngörülmüştür
Yotabyte (YB)	1024 ZB, 2^{80} byte	Hayal etmesi zor bilgi boyutu

Büyük veri ile ilgili olarak; son yıllarda, geçmiş 40 bin yılda meydana gelen veriden 4 kat daha fazla veri ortaya çıkmıştır. Sadece 2012 yılında dijital içeriklerden dolayı 2,5 Exabyte yeni bilgi ortaya çıkmıştır. Sayısal boyuttaki verinin 2020 yılında 35 Zetabyte olması beklenmektedir. Google 2008 yılında günde 20 Petabyte veri işlerken 2013 yılında bu değer 100 Petabyte'a çıkmıştır. CERN'in Büyük Hadron Çarpıştırıcısı yılda yaklaşık 15 Petabyte veri üretmektedir. Büyük veri için bunun gibi daha birçok örnek verilebilmektedir.

Büyük veriden bahsederken 5V kuralı akıllara gelmektedir. Bunlar; veri hızı (Velocity), veri değeri (Value), veri doğruluğu (Veracity), veri çeşitliliği (Variety) ve veri hacmidir (Volume). Veri hızı, verinin hangi hızla büyüdüğünü (yıllık-aylık, günlük-saatlik), Veri değeri, çalışılan verinin kurum ve kuruluşlara katkısını, Veri doğruluğu, heterojen kaynaklardan gelen verinin akışının doğru katmanlardan, gerekli gizlilik ve güvenlik seviyelerinden geçmesini, Veri çeşitliliği, farklı kaynaklardan gelen farklı formattaki çok çeşitli veri türlerini, Veri hacmi ise büyük verinin boyutunu ifade etmektedir (Altındiş ve Morkoç, 2018).

4.1. Sağlık ve Biyoenformatik Alanında Büyük Veri

Sağlık alanında birçok kaynaktan çok sayıda veri üretilmektedir. Sağlık hizmetlerindeki büyük veri kaynakları; klinik veriler, yayınlar, klinik referanslar, genomik veriler, akışlı (Streamed) veriler, web ve sosyal ağ verileri ve işletme, organizasyonel ve harici veriler olarak gruplandırılabilmektedir (Altındiş ve Morkoç, 2018).

Biyoenformatik alanında büyük veri genel olarak gen ve gen dizilimleri ile ilgilidir. İnsan DNA'sı doğrusal eksende A,T, G ve C olmak üzere 4 harften oluşan 3 milyar baz çiftinden oluşmaktadır (Özkan ve Erol, 2017). Genetik düzeyde yapılacak bir hücre analizi için birkaç bin hastadan birkaç doku örneği alınıp bunların üzerinde 900.000 genomik baz çifti pozisyonlarına odaklanılarak bu örneklerin birlikte analiz edilmesi gerekmektedir. Çok büyük araştırma merkezleri bu örnekleri kullanarak günde yaklaşık 10 TB ham veri analiz edilebilmektedir. Büyük veri uygulamaları ile ham veri setleri eksiksiz olarak analiz edilebildiğinden, daha önce geleneksel analitik yöntemlerle tespit edilemeyen ekzon, ekzon boşlukları veya intronlar analiz edilerek hastalara ait yeni bulgular ortaya çıkarılabilmekte ve kişiselleştirilmiş tedavilerin geliştirilmesinde önemli fırsatlar sunulmaktadır (Altındiş ve Morkoç, 2018).

Büyük verilerin yönetimi, saklanması ve işlenmesi oldukça zordur. Bu zorlukların üstesinden gelmek için birçok araç geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bununla birlikte gerçek zamanlı analiz de büyük veri işlemlerinde çok önemli bir yere sahiptir. Makine öğrenmesi (Machine Learning), veri madenciliği ve bulut bilişim uygulamaları hem çevrim dışı hem de gerçek zamanlı analiz büyük veri uygulamalarıdır.

Sağlık hizmetleri verileri, görüntü verileri, klinik veriler, ardışık veriler, genome verileri ve protein verileri gibi biyoenformatik alanındaki veriler hızla büyümektedir. Makine öğrenmesi algoritmaları ve teknikleri (kNN – En yakın komşu, Destek vektör makineleri, Karar Ağaç, Rastgele orman vs.) protein verileri, ardışık veriler ve genomik verilerin sınıflandırması ve kümelenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Farklı kaynaklardan farklı formatlarda gelen verilerin analizi için farklı veri madenciliği ve makine öğrenmesi algoritmaları geliştirilmiştir (Ahmed ve ark., 2017).

Biyoenformatik alanında elde edilen veriler veri tabanlarına farklı formatlarda ve farklı yapılar kullanılarak saklanmaktadır. Verilerin saklanması genellikle için HDFS (Hadoop Distributed File System) yapıları kullanılmaktadır. Hadoop, büyük veri kümeleri ile birden fazla merkezde eş zamanlı olarak işlem yapılmasını sağlayan Java ile yazılmış açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. HDFS, Hadoop içerisindeki büyük verilerin saklandığı bileşendir. Büyük veriler HDFS'ye yüklendiğinde Hadoop bu verileri bloklara ayırmaktadır. Farklı bloklara ayrılan veriler Hadoop kümeleyici (Cluster) üzerinde farklı düğümlere dağıtılmaktadır. Her bir düğüm farklı bir cihaz olarak düşünülebilmektedir. Verinin birçok düğüme dağıtılmasının asıl nedeni, düğümlerden birisi zarar gördüğünde veya sistemden çıktığında veri kaybının yaşanmasını engellemektir (Sakınmaz, 2016).

Büyük veriyi etkin yollarla saklamak için birçok veri formatı ve veri modeli bulunmaktadır. Veri formatlarının genel özellikleri; büyük veri setlerinin saklanması için yeterli yoğunlukta (sıkıştırılmış) olması, çeşitli (farklı) yazılım ve araçlar tarafından okunabilmesi, veri formatının tüm kategorik ve nümerik özelliklerinin yeterince zengin olması, verilerin bir kısmının lokal olarak bağımsız bir şekilde transfer edilebilmesi ve araçlar ve yazılımlar tarafından değiştirilememesi olarak sıralanabilmektedir (Ahmed ve ark., 2017). Biyoenformatik alanında kullanılan birçok veri formatı vardır. Bunlar; CSV (Comma Seperated Values), TSV (Tab Seperated Values), XML (Extensible Markup Language), JSON (JavaScript Object Notation), ARFF (Attribute-Relation File Format), Sıralı Dosya Formatı (Sequence File Format), Zip dosya formatı (Zip File Format), SQL Veritabanı Tabloları (SQL Database Table) olarak sıralanabilmektedir. Bu formatların yanı sıra Hadoop tarafından desteklenen modern veri formatları bulunmaktadır. Bunlar ise; Anahtar, Değer Çifti Formatı (Key, Value Pair Format), CSR (Compressed Sparse Row or Compressed Row Storage) veya Yale Formatı, Aralıklı Vektör Formatı (Sparse Vector Format), LibSVM Format, Avro Format, Sütun Parke Veri Saklama Formatı (Parquet format is columnar data storage Format), ORC (Optimized Row Compressed) Format, BAM (Binary Alignment Map) Format, Fastq Format, FASTA Format, VCF (Variant Call Format), Grafik (Graph) Formatı, Ses ve Görüntü (Audio and Video) Formatı olarak karşımıza çıkmaktadır (Ahmed ve ark., 2017).

5. NESNELERİN İNTERNETİ VE BİYOENFORMATİK

Günümüzde sürekli gelişen ve değişen fizyolojik verileri izleme cihazları, kan basıncı monitörleri gibi IoT cihazları ile birlikte hastalardan gelen ve hastalar tarafından oluşturulan veriler, kişilerin günlük yaşam tarzı ve özellikleri hakkında kritik bilgiler vermektedir. Bu yaşamsal veriler ile laboratuvar verileri, kullanılan ilaç bilgileri, tespit edilen semptomların yanı sıra doktor notları, hasta taburculuk belgeleri, hasta günlükleri, tıbbi yayınlar gibi yapılandırılmış veriler arasında bağlantı kurularak, insanların yaşam biçimlerini iyileştirmek ya da kronik hastalık, ilaç reaksiyonu ve hastaneye yatma vakalarını azaltmak üzere IoT temelli programlar tasarlanabilmektedir (Altındiş ve Morkoç, 2018).

Biyoenformatik alanının sürekli büyümesi diğer alanlarla etkileşim içerisine girmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. IoT'de bu alanlardan bir tanesidir. Biyoenformatik alanında IoT temelli hesaplamalı zeka uygulamaları ile arşivleme, arama yapma, analiz, biyolojik verilerin yorumlanması işlemleri yapılmaktadır. Biyolojik ve medikal teşhis için gerekli olan yüksek kaliteli ölçümler IoT yapısı içerisindeki sensörler marifetiyle yapılabilmektedir. Bu durum hastalıkların ve hastaların sürekli izlenmesine imkan sağlamaktadır. Sensörlerin bazı kısıtlarından dolayı kaliteli ölçüm yapılamaması

durumunda birçok kanaldan gelen verilere bakılarak daha doğru teşhis için veri tahmin algoritmaları kullanılabilmektedir (Tang ve ark., 2016).

IoT altyapısı biyoenformatik alanındaki çalışmaların her yönüne önemli katkılar sağlamaktadır. IoT yapısındaki bulut teknolojisi ile 'Büyük Veri' olarak nitelendirebileceğimiz biyolojik ve fizyolojik veriler uygun formatlarda saklanırken, aynı zamanda sistem içerisinde bulunan sensörler ile hem biyolojik hem de fizyolojik veriler toplanabilmektedir. IoT yapısında bulunan akıllı cihazlar sayesinde ham verilerin bilgiye dönüştürülmesi ile bilgiler doğru bir şekilde yorumlanabilmektedir.

Biyoenformatik alanının doğduğu ilk günden günümüze kadar olan ilgi alanı biyolojik verilere bakılıp hastalıklarla ilgili çıkarımlar olarak gözükürken, artık sağlık alanındaki verilerin çeşitliğinin artması ile fizyolojik verilerin toplanması, çeşitli algoritmalarla işlenmesi ve bulut bilişim yoluyla saklanması bu alanla ilgili konular arasında gösterilmeye başlanmıştır. IoT yapısı, hem ilgili veri tabanlarından elde edilen verilerin işlenmesini kolaylıkla yapabilirken hem de gerçek zamanlı uygulamalarla fizyolojik ve biyolojik verilerin elde edilmesini, işlenmesini ve takip edilebilmesini sağlayabilmektedir.

Zeka kavramından yola çıkılarak; deneyimden öğrenme, tecrübe bazlı mantık kararları alma, güçlü duygu üretme gibi insana has özelliklerinden esinlenilerek bu özelliklerin bilgisayar ortamına aktarılması ile 'yapay zeka' ve beraberinde 'akıllı ajanlar (smart agent)' kavramları ortaya çıkmıştır. Buradaki temel amaç, ortamdan algılanan olaylara otomatik ve uygun cevaplar veren otonom sistemler oluşturabilmektir. Büyük veri kavramı ile son kullanıcı yönüne doğru büyük, yönetilmesi ve saklanması zor bir bilgi akışı meydana gelmiş, yaygın bir benzetme ile kullanıcılar yangın hortumundan su içmeye çalışır hale gelmişlerdir. Akıllı ajanlardan beklenen en önemli katkı bu yükün filtrelenerek azaltılması, kullanıcının ham veri yerine daha çok işlenmiş bilgi ile karşı karşıya bırakılmasıdır (Şeker, 2011).

IoT sistemlerin sürekli gelişmesi ve akıllı ajan sistemlerin ortaya çıkışı ile Internet of Agents (IoA) sistemleri doğmuştur. IoA, belirli bir işi yapabilmek için IoT sistemlerin organizasyonu şeklinde düşünülebilmektedir. Çoklu akıllı etmenli sistemler (Multi Agent Systems - MAS) ile IoT sistemlerin birlikte kullanılması IoA sistemlerini beraberinde getirmiştir (Shen ve ark., 2018). IoA sisteminde bulunan cihazlar IoT sistemindeki düğümlere göre daha akıllı cihazlardan meydana gelmektedir. Buradaki cihazlar IoT sistemindeki düğümlerden farklı olarak herhangi bir durum meydana geldiğinde inisiyatif alarak problemi çözebilecek cihazlar olarak tasarlanmışlardır. IoT sistemlerde bulunan merkezi yönetim sisteminin aksine IoA sistemler dağıtık yönetim şeklinde çalışmaktadır. Yani sorumluluk tüm cihazlara dağılmıştır. IoA sistemindeki cihazlar; eriş, elde et ve farklı web kaynaklardan gelen bilgiye entegre et (birleştir) mantığıyla çalışmaktadır (Bui ve Jung, 2018). IoT sistemlerin IoA sistemlerine evrilmesi ile IoA teknolojileri ile etkileşimli biyoenformatik alanında da çalışmalar yapılmaktadır.

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada biyoenformatik bilim dalında nesnelerin interneti teknolojisi temelli yaklaşımlar anlatılmaktadır. Biyoenformatik alanının temel çalışma konuları olan DNA, protein ve amino asit dizilimleri hakkında bilgiler verilmiş daha sonra bu veri setlerine hangi veri tabanlarından ulaşılabileceği anlatılmıştır. Biyoenformatik ve IoT sistemlerin en büyük kesişim noktası 'Büyük Veri (Big Data)' kavramıdır. Biyoenformatik alanında ve IoT ile çalışan her araştırmacının temel amacı 'Büyük Veri' yi etkin bir biçimde çeşitli algoritmalar ile işleyerek anlamlı bilgiye ulaşmaktır. Büyük verilerin sistemlere kayıt formatları anlatıldıktan sonra IoT sistemlerin biyoenformatik alanındaki çalışmalarından bahsedilmiştir.

Gelişen ve değişen teknoloji ile birlikte biyoenformatik alanının ilgilendiği veri setleri de değişmiş, ve bu alana biyolojik verilerin yanına EKG, EMG nabız bilgileri gibi fizyolojik ve ultrason ve MR gibi görüntü verileri eklenmiştir. Fizyolojik verilerin bu veri setlerine eklenmesi ile bu verilerin elde edilmesi, kablosuz ortam aracılığıyla iletilmesi, bulut bilişim teknolojileri ile saklanması ve işlenmesi süreçlerini içeren nesnelerin interneti teknolojisi biyoenformatik alanının içerisine girmiştir. Gelecek

çalışmalarda IoT altyapısı kullanılarak, hem biyolojik hem de fizyolojik verilerin bir arada değerlendirildiği daha etkin hastalık teşhisi koyma ve tedavi yöntemleri öneren sistemler geliştirilmesi düşünülmektedir.

Kaynaklar

AHMED, S., FERZUND, J., REHMAN, A., ALİ, M. U., SARWAR, M. A., MEHMOOD, A. (2017), Modern Data Formats for Big Bioinformatics Data Analytics, *International Jounal of Advanced Computer Science and Application,* 8 (4), 366-377.

AKTAŞ, F. (2018), *Biyomedikal Uygulamaları için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Gerçek Zamanlı Veri Toplama ve İzleme Platformunun Geliştirilmesi,* Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.

ALTINDİŞ, S., KIRAN MORKOÇ, İ. (2018), Sağlık Hizmetlerinde Büyük Veri, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 11 (2), 257-271.

BEKPEN, C. (2014), *Türkiye Genom Araştırması,* 24 Nisan 2019 tarihinde Boğaziçi Üniversitesi: http://turkiyegenomprojesi.boun.edu.tr/ adresinden alındı.

BUİ, K.-H. N., JUNG, J. J. (2018), Internet of agents framework for connected vehicles: A case study on distributed traffic control system, *J. Parallel Distrib. Comput.* 116, 89-95.

ÇELİK, Ç. (2016), *Bitiş Kodonu,* 25 Nisan 2019 tarihinde: http://biyolojiterimleri.com/?madde=Bitis-kodonu adresinden alındı.

DİKMEN, A. (2018), *Bilgisayarlı Biyoloji: Biyoenformatik,* 23 Nisan 2019 tarihinde: https://www.biomedya.com/bilgisayarli-biyoloji-biyoinformatik-1 adresinden alındı.

DNALAB (2016), *BRCA2 nedir?,* 26 Nisan 2019 tarihinde: http://dnalab.com.tr/brca2-nedir/ adresinden alındı.

DÜGEL, M. (2019), *İnsan Genom Projesi,* 24 Nisan 2019 tarihinde Hacettepe Üniversitesi: http://yunus.hacettepe.edu.tr/~dugel/ adresinden alındı.

OUSSOUS, A., BENJELLOUN, F.-Z., LAHCEN, A. A., BELFKİH, S. (2018), Big Data technologies: A survey, *Jounal of King Saud University-Computer and Information Sciences,* 30, 431-448.

ÖZKAN, Y., SELÇUKCAN EROL, Ç. (2017), *Biyoenformatik DNA Mikrodizi Veri Madenciliği,* İstanbul: Papatya Bilim Yayıncılık.

SAKINMAZ, S. (2016), *Hadoop nedir?,* 27 Nisan 2019 tarihinde: http://www.buyukveri.co/hadoop-nedir/ adresinden alındı.

SHEN, Z., YU, H., YU, L., MIAO, C., CHEN, Y., LESSER, V. R. (2018), Dynamic Generation of Internet of Things Organizational Structures Through Evolutionary Computing, *IEEE Internet of Things Journal,* 5 (2), 943-953.

ŞEKER, S. E. (2011), *Akıllı Ajanlar (Zeki Vekiller - Etmenler),* 30 Nisan 2019 tarihinde: http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2011/05/11/akilli-ajanlar-zeki-vekiller-etmenler/ adresinden alındı.

TANG, W.-H., HO, W.-H., CHEN, Y. J. (2018), Data assimilation and multisource decision-making in systems biology based on unobtrusive Internet-of-Things devices, *BioMedical Engineering OnLine,* 17 (2), 36-47.

YAZAĞAN, A. 2014. *Biyolojik Veritabanları ve Biyoinformatik Analiz Araçları,* Akademik Bilişim, Mersin, Türkiye.

ANALYSIS OF RADIAL TIRE DESIGN AND DYNAMIC ANALYSIS FOR SUSTAINABLE PRODUCTION

Ömer ŞENGÜL
Gebze PAGEV Vocational and Technical Anatolia High School / Düzce University, Institute of Science, Department of Mechanical Engineering, Turkey.
omersengullll@hotmail.com

Assist. Prof. Dr. Menderes KAM
Düzce University, Dr. Engin PAK Cumayeri Vocational School, Department of Machinery and Metal Technology, Düzce, Turkey
mendereskam@duzce.edu.tr

Abstract

It has great importance to restructure the production systems of the tires of wheels, which are considered to be one of the most important discoveries of human history and which are vital tasks of a complex but seemingly simple but technologically advanced in various sectors, in terms of sustainability. At the same time, there is a need for academic study in tire design and manufacturing. The tire industry has made great strides in the last century, especially in the automotive industry, as a result of the developments of various fields such as business machines, agricultural and military equipment. Nowadays, it is important that the tires of two-wheeled vehicles with high performance that are increasingly used have appropriate technical features. The demand for radial tire with longer life, superior braking safety and lower fuel consumption is increasing day by day compared to the crossed tire. In this study, 120/70 R16 sized tire design with intensive usage and dynamic analysis was done.

Keywords: Motorcycle tire, Tire design, Dynamic analysis.

1. INTRODUCTION

It has great importance to restructure the production systems of the tires of wheels, which are considered to be one of the most important discoveries of human history and which are vital tasks of a complex but seemingly simple but technologically advanced in various sectors, in terms of sustainability. The tire has got rubber, cord fabric and steel wires and various chemical substances, which is the most important part which provides the contact of the vehicle with the ground. Tires are crucial for driving safety of vehicles. Tires are the only element that provides contact with the ground during vehicle movements. The importance of the tire cannot be ignored when the vehicles can be controlled (Erdoğmuş, 2007).

Improper application of pressure may cause the tire to impact the road grip and brake, as well as causing the internal heat of the tire to overload and suddenly explode, leading to the loss of control of the vehicle. The tires also contribute to the comfort by sucking the impact. Today's car users also expect for tires other features in addition to safety and comfort (Eldoğan, 1995).

It is desirable for a modern tire to produce less vibration and noise, have low rolling resistance and therefore consume less fuel. However, it is impossible for all of these properties of the tire to achieve at the same moment. If one of these features is provided, the other must be compromised (Alkan, 2008; Pay, 2009).

Countries that have a say in imports and exports in world tire trade are countries that are strong in automotive main industry. Looking at their geographical distribution, these countries are Germany, Italy, England, Spain, Netherlands, and USA in North America, Brazil, and Mexico in South America,

Japan, S. Korea, and Indonesia in Far East. Among these countries, Germany, Japan, the United States and Italy are at the forefront of exports, while the imports are the same except for Japan.

In tire manufacturing, tire design is done according to the desired characteristics. Mold design and manufacturing are also carried out in preparation phase of rubber material formulation. Nowadays, it is important that the tires of two-wheeled vehicles with high performance that are increasingly used have appropriate technical features. The demand for radial tire with longer life, superior braking safety and lower fuel consumption is increasing day by day compared to the crossed tire. In this study, 120/70 R16 sized tire design with intensive usage and dynamic analysis was done.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. The Chemical Structure of Vehicle Tires

The tire raw material is a rubber and is the only and most important part which consists of a combination of cord cloth and steel wires and various chemical substances, which provides the vehicle to contact with the ground. Tire is a substance obtained from the combination of petroleum and alcohol of rubber, which is obtained naturally from the milky juice (latex) of some tropical plants.

Phenols, amines and some salts from plastics are added to the tire in order to be durable against the effect of the air. By adding steric acid to give amorphous carbon and softness to the tire in order to increase its strength, parallel to the developing technology today, special purpose tires are produced with different raw materials. various parts are also made. Special purpose tires are widely used in the construction of machine belts, hoses, car tires and similar parts with high pressure and strength (Akkurt, 1991).

2.2. Computer Aided Design of Motorcycle Tire

The criteria that are important in the design of vehicle tires are the ones defined as the tasks of the tire; to carry out many functions such as steering, carrying loads, depreciation, driving, transferring forces, and being permanent (Share, 2011).

Motorcycle radial tire 120/70 R16 size motorcycle tire design which is used extensively by more police department which has high performance in the study was made. The Computer Aided Design (CAD) and dynamic analysis of the motorcycle tire were done with the Solid Works 2016 Program. The design dimensions of motorcycle tire were given in Figure 1. Modeling of a motorcycle tire was showed in Figure 2, rim's modeling in Figure 3, and mounting tire and rims in Figure 4.

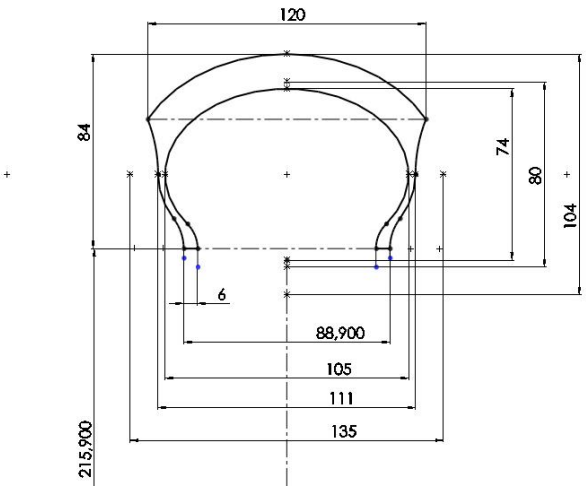


Figure 1. Design dimensions of motorcycle tire



Figure 2. Modeling of a motorcycle tire

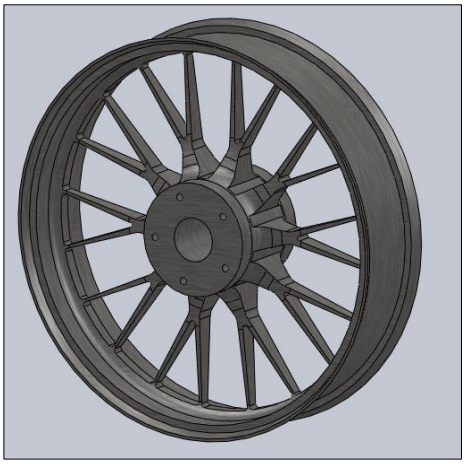


Figure 3. Rim's modeling

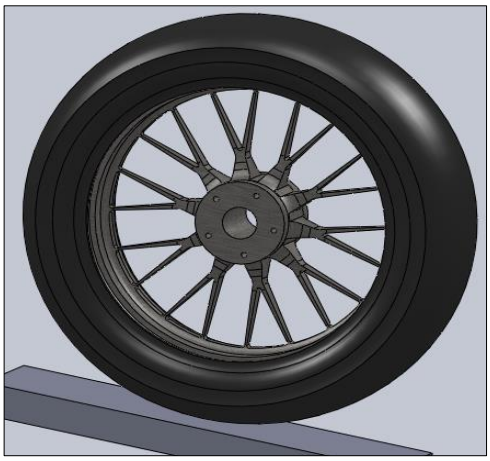


Figure 4. Mounting tire and rims

2.3. Dynamic Analysis

Several experimental studies have been carried out in the literature on dynamic analysis (Kam, 2016; Kam ve Saruhan 2016; Kam ve ark. 2016; Kam ve ark. 2017; Kam ve Saruhan 2019). In this study, we aimed to show that the use of analytical software is important in tire design with dynamic analysis results and the results obtained as a result of dynamic analysis are given below.

2.3.1. Motion Study 1 (Constant speed)

Figure 5 shows the momentum transmission in the hub to which the motor is connected. Here it forces and dislodge the engine as a result of friction on the wheel. Table 1 shows the moments in which the minimum and maximum transmission of momentum transmissions occurs.

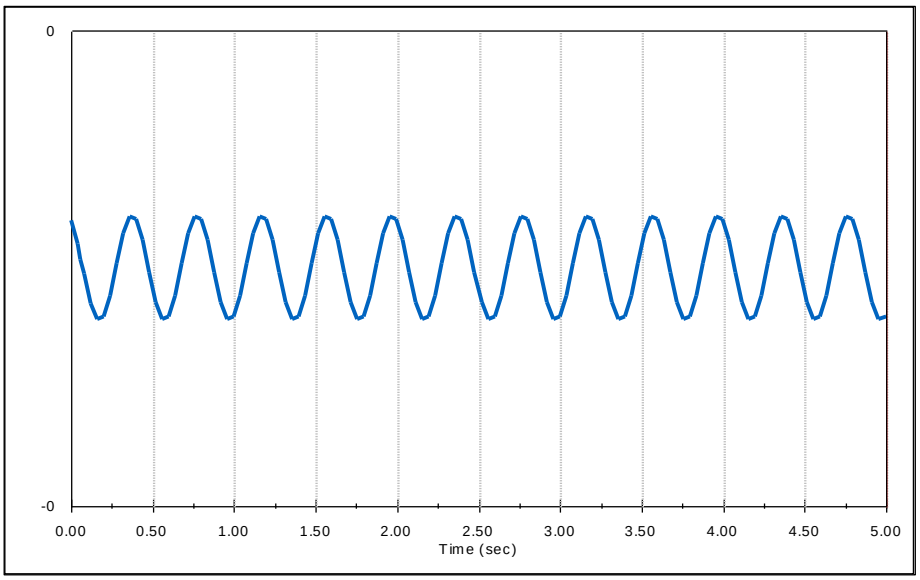


Figure 5. Motion study 1 (Constant speed)

Table 1. Motion Study 1(Constant speed)

	Translational Momentum (Newton-sec)	Time (sec)
Minimum	-0.002166864	4.96
Maximum	0.002166864	4.76
Average	-3.39376	-

2.3.2. Motion Study 2 (Variable speed)

First, due to the higher coefficient of static friction, reaction force, as a result of steady dynamic friction when movement occurs a large force. This is also shown in Figure 6. Table 2 shows the maximum and minimum reaction forces according to time.

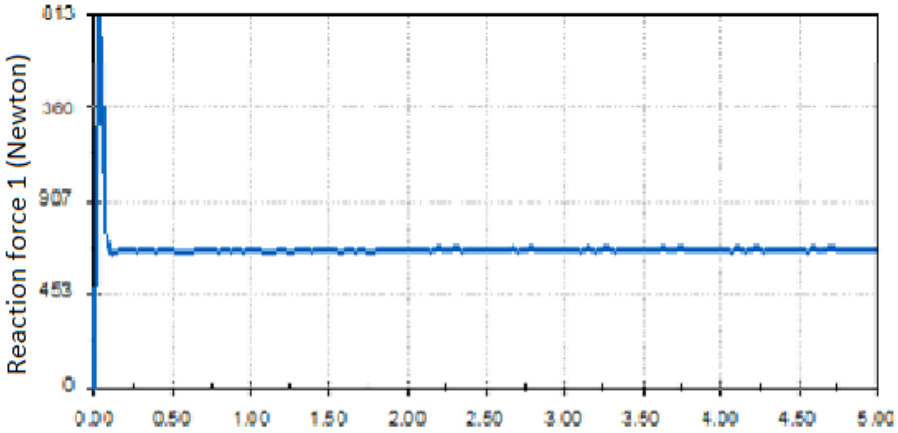


Figure 6. Motion study 2 (Variable speed)

Table 2. Motion Study 2 (Variable speed)

	Reaction force (Newton)	Time (sec)
Minimum	637.8943	0.12
Maximum	1813.327	0.04
Average	671.8393	-

2.3.3. Motion Study 3 (Constant speed)

Y component speed is variable, and the wheel's up and down speed is balanced and reset as the motion continues to vibrate from the first movement. This is also shown in Figure 7. Table 3 shows the maximum and minimum speed according to the time.

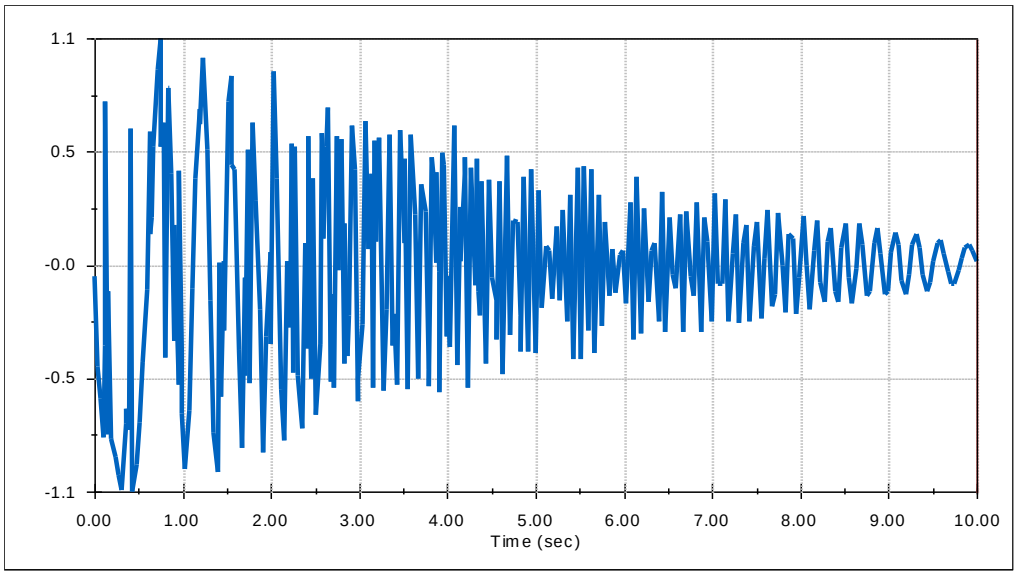


Figure 7. Motion study 3 (Constant speed)

Table 3. Motion Study 3 (Constant speed)

	Velocity (mm/sec)	**Time (sec)**
Minimum	-1.095	0.44
Maximum	1.086863	0.76
Average	-0.02409	-

It depends on the speed of the energy in the Y-component. This is why it is shown in Figure 8 that the momentum transfer is proportional to this speed. The maximum and minimum times of momentum transmission are shown in Table 4.

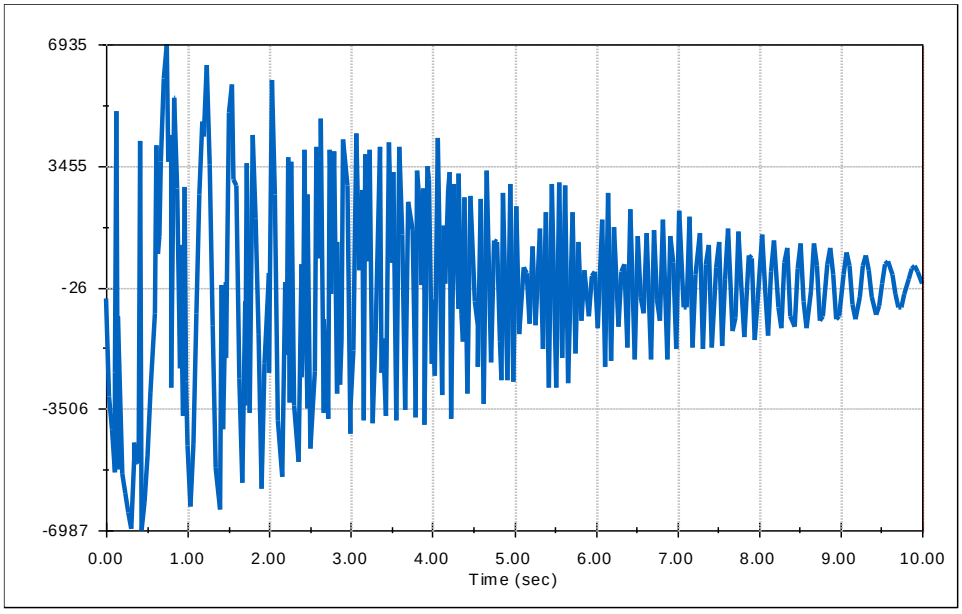


Figure 8. Motion study 3 (Constant speed)

Table 4. Motion Study 3 (Constant speed)

	Translational Momentum 2 (Newton-sec)	Time (sec)
Minimum	-6986.87	0.44
Maximum	6934.985	0.76
Average	-153.684	-

The reaction force between the rim and the tire in component Y is shown in Figure 9. Because of the vibration in component y, it begins without a trace. Then it continues with small vibrations but remains stable.

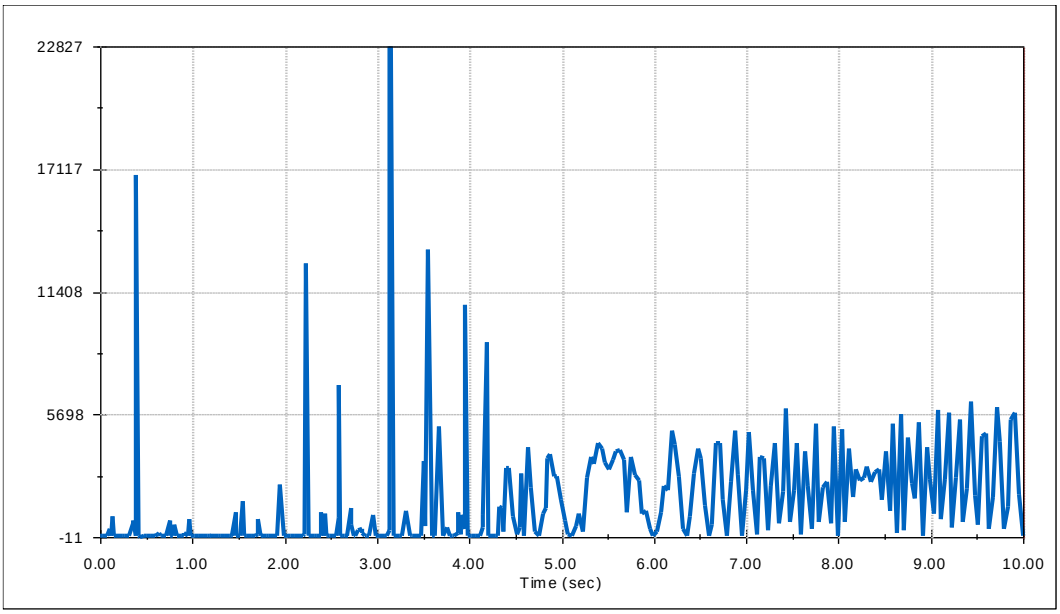


Figure 9. Motion study 3 (Constant speed)

Table 5. Motion Study 3 (Constant speed)

	Reaction Force (N)	Time (sec)
Minimum	-11.3773	0.44
Maximum	22826.93	3.16
Average	1557.317	-

3. CONCLUSION

Turkey is moving rapidly towards becoming one of the world's leading manufacturers and exporters in the tire sector. Due to Turkey's poor road conditions, road freight and passenger transportation

reaching 95 % of total transportation, but due to special conditions such as the loading of vehicles on the landing sites, the production of tires in strong patterns and structures peculiar to Turkey has come to the agenda, which has made Turkish tires the most sought after in the world. The use of scientific approaches to all processes in production to ensure sustainable tyre production, especially in many sectors, will also minimize harmful effects on the environment, as well as ensure the optimum use of resources. This study found that the use of analytical software is particularly important in tire design. In this study, data were obtained for dynamic analysis such as finite element analysis. As a result, the coefficient of friction is higher when the wheel is stationary and when it moves due to the stretching of the coefficient of friction becomes smaller, changes in the tangential force were determined.

4. DISCUSSION

In this study, we enable us to generate dynamic loads for static analysis by using finite element method. It allowed us to see the effects of friction and vibration on the wheel's first launch and when it continued to drive.

REFERENCES

AKKURT, S. (1991), Plastic Materials Information, Birsen Publications, Istanbul, Turkey.

ALKAN, V. (2008), Prediction of Dynamic Force Characteristics of RadialTires Using Finite Element and Experimental Techniques, Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering, Pamukkale University, Denizli, Turkey, 92-105.

ELDOĞAN, O. (1995), Tire Wheel Models Used in Vehicle Dynamics Applications and Their Use in Vehicle Accident Simulations, Journal of Engineering Science, 1, 59-63.

ERDOĞMUŞ, A. (2007), Radial Tire Free Vibration Analysis, Graduate Thesis, Gazi University Institute of Science and Technology, Ankara, Turkey, 77-80.

GÖZEN, C. (2007), Araba Lastiklerinin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul, Türkiye.

KAM, M. (2016). Experimental Analysis of Dynamic Behaviors of Cryogenic Treated Shafts. Duzce University, Institue of Science, Deparment of Mechanical Engineering, Duzce, Turkey.

KAM, M. and SARUHAN, H. (2016), Experimental Vibration Analysis of Cryogenic Treated Rotating AISI 4140 Steel Shafts, *3. International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'16),* October 13-15, Karabük, Turkey.

KAM, M. and SARUHAN, H. (2019). Experimental Vibration Analysis of Cryogenic Treated Shafts Supported by Journal and Rolling Element Bearings, *Journal of Polytechnic*, 22(1), 129-134.

KAM, M. and SARUHAN, H. (2016), Dynamic Behaviors of Cryogenic Treated Shafts Supported By Defected Rolling Element Bearings, *17. International Conference on Machine Design and Production (UMTIK),* July 12-15, , Bursa, Turkiye.

KAM, M., SARUHAN, H. and KABASAKALOGLU U. (2016), Experimental Investigation of Vibration Generated from The Cryogenic Treated and Induction Surface Hardened Rotating Shafts, *3. International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'16),* October 13-15, Karabuk, Turkey.

PAY, E. (2009), Design and Production Technology of Vehicle Tires, M.Sc. Thesis, Yıldız Technical University Institute of Science, Istanbul, Turkey.

SARUHAN, H., KAM, M. and KARA, F. (2017), Dynamic Behavior Analysis of Rotor Supported by Damped Rolling Element Bearing Housing, *Journal of Polytechnic*, 20(1), 159-164.

SARUHAN, H. and KAM, M. (2016), Experimental Spectral Analysis of Split Sleeve Bearing Clearance Effect on a Rotating Shaft System. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 13(4), 1-8.

SHARE, E. (2011), Vehicle Tire Production and Design Technology [Tire Production and Desing Technology, Master Thesis, Yıldız Technical University Institute of Science, Istanbul, Turkey.

KAPAK ATMA RAMPASININ SONLU ELEMANLAR METODU İLE STATİK ANALİZİ

Ömer ŞENGÜL
Gebze PAGEV Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi / Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği ABD.
omersengullll@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM
Düzce Üniversitesi, Dr. Engin PAK Cumayeri Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Makine Programı
mendereskam@duzce.edu.tr

Özet

Kapak atma rampası, kara, deniz ve demiryolu araçlarının yüklerini boşaltmak amacıyla feribot üzerinden karaya çıkışları sırasında feribot ile liman arasında hareketli köprü oluşturur. Bu sayede oluşabilecek statik ve dinamik seviye farklarının birim mesafede azaltılması ve bu seviye farklarının özellikle demiryolu araçlarındaki rampa tırmanma açısının minimuma indirilmesi için kullanılan, hidrolik silindirler aracılığı ile yükseltilip alçaltılarak gemiye oturtulabilen köprüdür. Feribotlar demiryolu araçlarını taşımak için ray kanalları ve raylarla donatılmıştır. Bu çalışmada, kapak atma rampasının sonlu elemanlar metodu ile statik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dört adet dilimden oluşan rampa, her dilim üzerinden bir sıra vagon geçebilecek şekilde tasarlanmış ve her dilim üzerinden bir adet yüklü tır geçebilmektedir. Her bir vagonun teker kütlesi toplamı 100000 kg ve tırın tekerlek kütlesi toplamı ise 33500 kg'dır. Rampa dilimleri eşdeğer olacak şekilde tasarlandığı için üzerindeki rayların gemi üzerindekilerle çakışma zorunluluğu arada küçük farklılıkların oluşmasına neden olmuştur. Bunun da sonlu elemanlar analizi sonuçlarını etkilemeyecek nitelikte olduğu için her dilimin ayrı olarak hesaplanmasına gerek kalmamıştır. Model iki dilimi ve sabit kısmın yarısını kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. YZ düzlemine paralel simetri eksenine göre yarı model hazırlanmış ve sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Rampa kirişinin tamamı modellenmiş ve yapı olarak rampadan daha basit olduğu için yarı model kullanılmamıştır. Rampanın yalnız ağırlığını taşıdığı için ayrıca modellenmiş ve hesaplanmıştır. Sonuç olarak, bileşik gerilme değerlerinin tatmin edici, gerilme ve sehim değerlerinin beklentileri karşılamakta olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kapak Atma Rampası, Sonlu Elemanlar Analizi, Statik Analiz, Modelleme.

STATIC ANALYSIS BY FINITE ELEMENTS METHOD OF FERRY RAMP

Abstract

The ferry ramp forms a moving bridge between the ferry and the port during the ferry's landing through the ferry to unload the loads of land, sea and railway vehicles. This is the bridge that can be used to reduce static and dynamic level differences at the unit distance and to minimize the climbing angle of the ramp especially in railway vehicles, which can be raised and lowered by hydraulic cylinders. Ferries are equipped with rail channels and rails to carry rail vehicles. In this study, the static analysis of the ferry ramp with finite element method was performed. The study consists of four slices of ramp, each slice is designed to pass through a row of wagons and one loaded truck can pass through each slice. The total mass of each wagon is 100000 kg and the total weight of the tire wheel is 33500 kg. Since the ramp segments were designed to be equivalent, the necessity to overlap the rails on the ship caused minor differences. Since this does not affect the results of Finite Element Analysis, there is no need to calculate each slice separately. The model is designed to cover two slices and half of the fixed section. According to the symmetry axis parallel to the YZ plane, semi-model was prepared, and finite element analysis was performed. Since the entire ramp beam is modeled and simpler than the ramp as a structure, the semi-model has not been used. It is also modeled and calculated because it bears the weight of the ramp alone. As a result, composite stress values were found to meet the expectations of satisfactory stress and deflection values.

Key words: Ferry Ramp, Finite Element Analysis, Static Analysis, Modeling.

1. GİRİŞ

Kara, deniz ve demiryolu taşımacılığı ulusal ve uluslararası ulaştırmada en fazla kullanılan taşımacılık türleri arasındadır. Günümüzde dünyada taşımacılığın % 90'ı kara, deniz ve demiryolu ile gerçekleştirilmektedir. Bu sayede sanayi hammaddesini oluşturan çok miktarlardaki yüklerin tek seferde bir yerden diğer bir yere taşınmasına kolaylık sağlamaktadır. Bu taşımacılık türlerinin güvenilir olması ve mal kaybının minimum düzeyde ve daha ekonomik olduğu için dünyada en çok kullanılan ulaşım şeklidir (Yıldız, 2008). Kara, deniz ve demiryolu araçlarının yüklerini boşaltmak amacıyla feribot üzerinden karaya çıkışları sırasında feribot ile liman arasında hareketli köprü oluşturmak için kapak atma rampası kullanılmaktadır. Kapak atma rampası, oluşabilecek statik ve dinamik seviye farklarının birim mesafede azaltılması ve bu seviye farklarının özellikle demiryolu araçlarındaki rampa tırmanma açısının minimuma indirilmesi için kullanılan, hidrolik silindirler aracılığı ile yükseltilip alçaltılarak gemiye oturtulabilen köprüdür. Feribotlar demiryolu araçlarını taşımak için ray kanalları ve raylarla donatılmıştır. Bu bağlamda, kapak atma rampası ile ilgili yapılacak akademik çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda, deneysel çalışmalar ve üretime başlamadan önce, düzeneğin bir bilgisayar modelinin yapılması avantaj sağlayacaktır (M.A.K., 2008). Bir deneysel çalışmada, deney düzeneğine ve numunelere ait ölçü ve parametrelerin saptanması, deney esnasında verilerin elde edileceği kritik noktaların belirlenmesi gibi özellikler, sonlu eleman modellemeleri ve bu modellerin çözümlemeleri ile gerçekleştirilebilir (Ozer, 2006). Bu kapsamda, sonlu elemanlar yöntemi uygulamaları mevcut paket programları kullanılmaktadır. Sonlu eleman modellemeleri için ANSYS, SAP (Structural Analysis Program), ABAQUS gibi paket programlar kullanılmaktadır (Can, 2002). Bu tür paket programlar çok sayıda uzmanların uzun süre ortak çalışmaları sonucunda yapılmıştır (Hendry, 1998). Ayrıca, kişisel olarak hazırlanan programların hazırlanmasında ki ekonomiklik boyutu düşünüldüğünde mevcutta var olan paket programların kullanılması daha çok avantaj sağlamaktadır (Toker ve Ünay 2004). Literatürde, birçok deneysel çalışma yapılmıştır (Kam, 2016; Kam ve Saruhan 2016; Kam ve ark. 2016; Kam ve ark. 2017; Kam ve Saruhan 2019). Deneysel çalışmalar yapılmadan ve üretime başlamadan önce, düzeneğin bir bilgisayar modelinin yapılması ve sonlu elemanlar analizinin gerçekleştirilmesi büyük avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada deniz ve demiryolu kapak atma rampasının ANSYS 14.0 paket programı ile sonlu elemanlar analizi yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

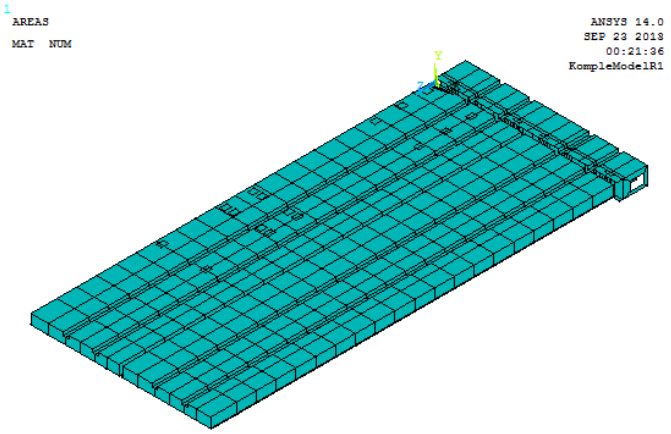
Bu çalışmada, deniz, kara ve demiryolu kapak atma rampasının statik analizde kullanılması gereken verilerin belirlenmesi için deneysel çalışma yapılmış ve sonlu elemanlar metodu analizi için ANSYS 14.0 paket programı kullanılmıştır. Çalışmada, AH36 standart çelik malzemesi kullanılmış, çelik malzemenin mekanik özellikleri Tablo 1'de ve kimyasal kompozisyonu ise Tablo 2'de belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan kapak atma rampası için rampa modeli Şekil 1'de, Rampa kiriş modeli (Şekil 2) ve Kapak atma rampası tüm modeli ise Şekil 3'de gösterilmiştir.

Tablo 1. AH36 Çeliğinin Mekanik Özellikleri (Yılmaz, 2012).

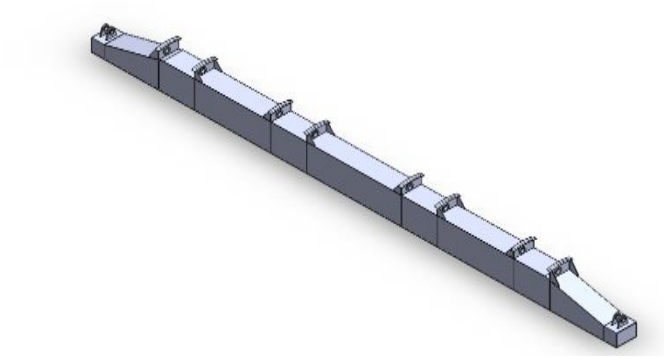
Malzeme	Akma Dayanımı (N/mm^2)	Çekme Dayanımı (N/mm^2)	Kopma Uzaması (%)
AH36	355	490-630	20

Tablo 2. AH36 Çeliğinin Kimyasal Kompozisyonu (Yılmaz, 2012).

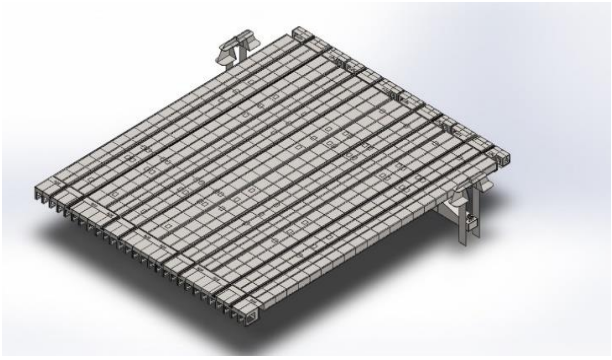
Malzeme (%)	C	Mn	Al	Cu	Cr	Ni	P	Si	S	Mo
AH36	0,149	1444	0,037	0,031	0,024	0,019	0,016	0,181	0,007	0,08



Şekil 1. Rampa modeli



Şekil 2. Rampa kiriş modeli



Şekil 3. Kapat atma rampası tüm modeli

2.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Modeli oluşturan taşıyıcı elemanlar, yapının geometrik boyutları, yapı üzerine oluşturulan yükler, mesnetlerin ve elemanların birleşim noktalarının hareket yetenekleri ve serbestlik derecesi göz önüne alınarak model içerisinde tanımlanır. Matematiksel modellemenin hedefi, yapının bütününü veya belli bir bölümünün taşıyıcı elemanların farklı yükler veya farklı fiziksel etkiler altında gerçek davranışının gözlenmesini sağlamaktır. Yapının gerçek davranışı oldukça komplekstir. Bu yüzden, yapıyı tasarlamak için birçok basitleştirme yönteminin yapılması zorunludur. Sade bir model yapmak için,

yapı elemanlarını oluşturan malzemenin fiziksel özelliklerinin de uygun şekilde belirlenmesi çok önemlidir (Hendry, 1998 ; Toker ve Unay, 2004).

Bu çalışmada, Sonlu elamanlar yöntemi için ANSYS 14.0 programı kullanılmıştır. Rampa dilimleri eşdeğer olacak şekilde tasarlandığı halde üzerindeki rayların gemi üzerindekiler ile çakışma zorunluluğu arada küçük farklılıklar oluşmasına sebep olmuştur. Bu farklılıklar sonlu elemanlar analizi sonuçlarını etkilemeyecek nitelikte olduğu için her dilimin ayrı ayrı hesaplanmasına gerek kalmamıştır. Model iki dilimi ve sabit kısmın yarısını kapsayacak boyutta oluşturulmuştur, yani YZ düzlemine paralel, simetri eksenine göre yarı model hazırlanmıştır. Çözümler aynı modelde yapıldığı halde, sabit şase ve her iki dilim menteşeleri birbirinden bağımsız tutulmuş ve menteşeler arasına kontak verilmemiştir. Dilimlerin menteşeleri sabitlenmiş ve bir dilime tır yükleri, diğerine vagon yükleri verilmiştir. Aynı model içinde çözüm ise modelleme ve inceleme kolaylığı için yapılmıştır. Kamyon yükü verilirken, tekerlek izleri kamyonun en ağır koşulları oluşturacağı iniş yönünde ve orta tekerlek grubu rampanın ortasında olduğu konum dikkate alınmıştır. Kamyonun rampanın kenarında gideceği ve rampa diliminin en fazla burulma yükü ile de karşılaşacağı ve vagon çiftinin ise tekerlek gruplarının ortada olduğu varsayılmıştır.

2.2. Yüklerin Belirlenmesi

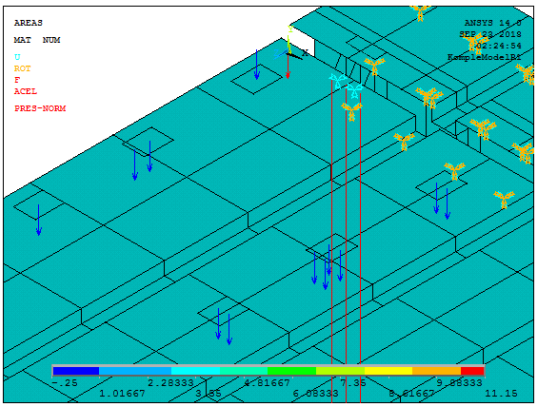
Kamyon yük değerleri Tablo 3'te ve teknik özellikler ise Tablo 4'te verilmiştir. Tır ve vagon yükleri, tekerlek izleri model üzerinde ayrı yüzeyler şeklinde modellenerek tekerlek grubu yük değerlerine göre alanlar üzerine gelen basınç yükleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Rampa ve sabit şase menteşeleri, gerçek ölçü ve kalınlıklarına uygun, fakat kuvvet ve mesnetlerin kolay verilebileceği şekilde modellenerek, rampa menteşelerine mesnet özelliği, sabit şase menteşelerine ise rampadan iletilebilecek kuvvet değerleri verilmiştir. Rampa dilimleri, sabit kısma bağlanan menteşelerden ve gemi üzerine oturan rampa uçlarından mesnetlenmiştir. Kiriş üzerindeki yükler, dilim taşıyıcıların üst yüzey merkezindeki keypointlere noktasal yük şeklinde atanmıştır. Silindir mapaları ise yine gerçek mapa kalınlığı ve ölçülerine uygun üçgen yapılar şeklinde modellenmiş ve uç noktalarından X, Y ve Z eksenlerindeki hareketleri sınırlanmıştır. Menteşe atama yükleri Şekil 5'te ve rampa kiriş yükleri ise Şekil 6'da gösterilmiştir.

Tablo 3. Kamyon yük değerleri

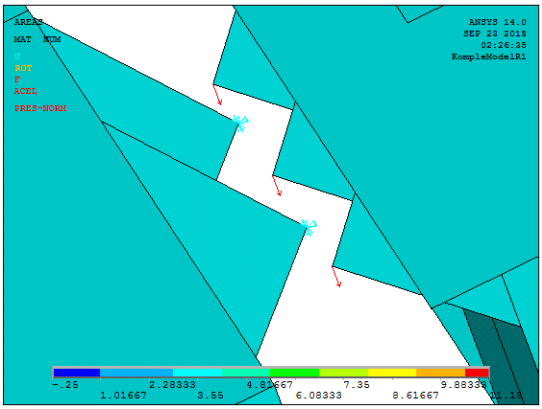
Kamyon ön tekerlek artırılmış basıncı (MPa)	Kamyon arka tekerlek artırılmış basıncı (MPa)	Kamyon arka tekerlek artırılmış basıncı (MPa)	Vagon artırılmış tekerlek yükü (MPa)
0,475	0,253	0,211	11,147

Tablo 4. Teknik özellikler

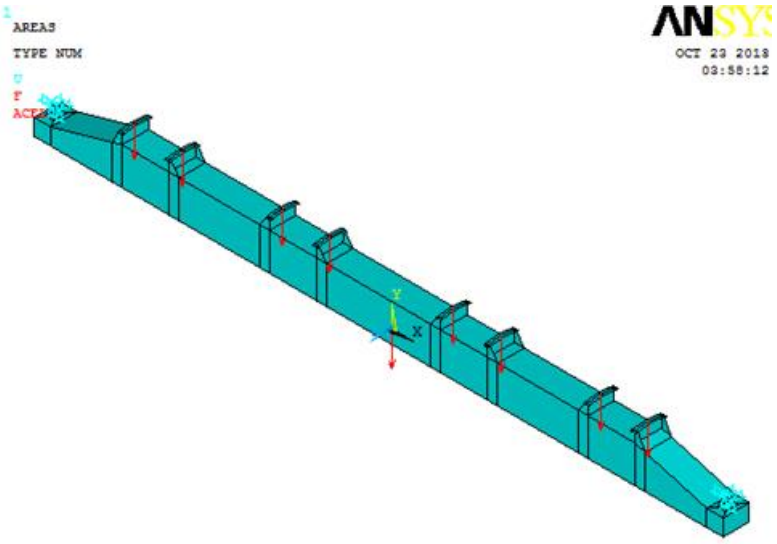
Dilim taşıyıcı yükü (Newton)	Rampa dilimi ağırlık merkezi (mm)	Rampa dilimi kütlesi (kg)	Kiriş merkezi (mm)	Dilim taşıyıcı adet
121 182,352	10 500	40 000	17 000	2



Şekil 4. Basınç yükleri



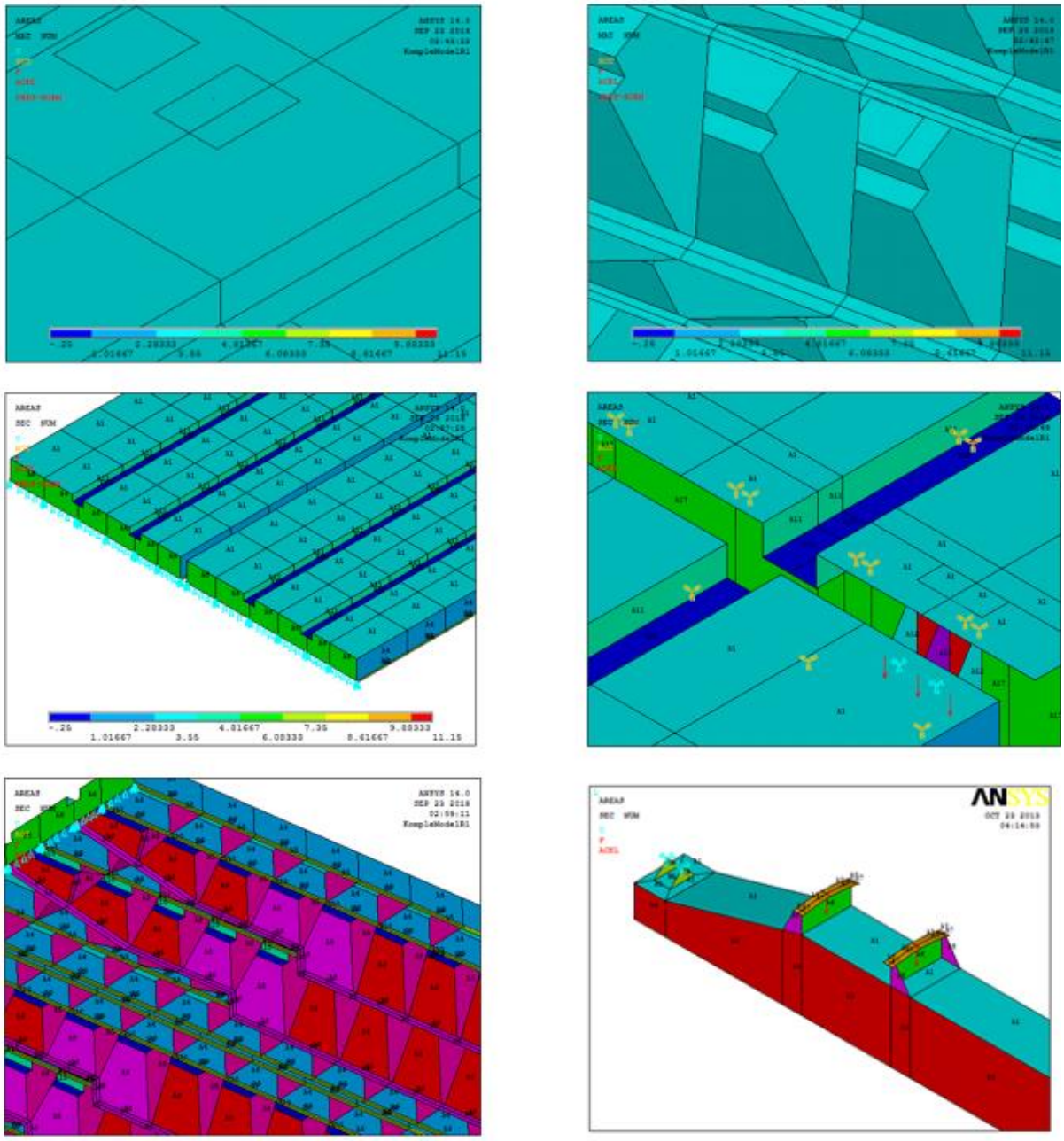
Şekil 5. Menteşe atama yükleri



Şekil 6. Kiriş basınç yükleri

2.3. Model

Model, gerçek rampanın yarısını kapsayacak şekilde modellemesi yapılmış ve Şekil 7'de gösterilmiştir. Kaynaklı sac yapıdan oluşan rampada; sacların birleşimi, nokta ve kenar çizgilerinin komşu yüzeylerde ortak olması prensibi ile modellenmiş ve modelleme sırasında bu yapının değişmemesi glue operasyonu yapılarak garantilenmiştir. Özellikle alt bayrak yapılarında ve kuvvetlerin verildiği alanlara komşu alanlarda çok kenarlı yüzeyler oluşturulmuş, bu yüzeylerin free mesh yapılabilmesi amacıyla eleman tipi SHELL181 seçilmiştir. Kirişin tamamı modellenmiştir. Yapı olarak rampadan daha basit olduğu için yarı model kullanılmamıştır, rampanın yalnız ağırlığını taşıdığı için ayrıca modellenmiş ve hesaplanmıştır. Modelleme tekniği rampa dilimleri sabit kısımda olduğu gibidir. Sac yapılar ortak nokta ve çizgilerin kullanımı glue operasyonu ile birleştirilmiş ve kontak kullanılmamıştır. Yine SHELL181 elemanı kullanılmış ve free mesh yapılmıştır. Rampa malzemesi akma dayanımı 360 MPa olan AH36 çeliği malzemesi olduğu için standart çelik malzeme özellikleri programa girilmiş ve malzeme özellikleri tanımlaması yapılmıştır. Sac kalınlıkları, modelleme çalışmaları tamamlandıktan sonra "Section properties" özelliği ile eklenmiştir.



Şekil 7. FEM Kapak atma rampa modelli

3. SONUÇ

Kapak atma rampasının ANSYS programı ile sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Analizde, çokgen yüzeylerin mesh yapılabilmesi amacıyla free mesh tipi kullanılmıştır. Toplam eleman sayısı 142 945'dir. Von Mises gerilme değeri en fazla 192,4 MPa olarak görülmüştür. Malzeme akma dayanımı 360 MPa ve akma dayanımına göre emniyet katsayısı 1,87 çıkmıştır. En büyük değer olan 192,4 MPa rampa dilimi menteşe sacları ile boyuna destek elemanlarının birleşim yerinde dikkate alınmayacak küçüklükte bir noktada çıkmıştır. Buna yakın 192,3 MPa değer ise rampa dilimi önünde kesit incelmesi bulunan bölgede çıkmıştır. Bu bölgede kesitin dairesel elemanlar kullanarak inceltilmesi durumunda gerilme değeri aynı boyuna elemanın alt flanşında çıkan 140 MPa gerilme değerine kadar indirilebilecektir. Bileşik gerilme değeri sonuçları tatmin edicidir. Kesme gerilme değerleri ise aynı bölgede yoğunlaşmakta ve 40 MPa civarında kalmaktadır. Kirişte de çokgen yüzeylerin mesh yapılabilmesi amacıyla free mesh tipi kullanılmıştır. Toplam eleman sayısı 123 92'dir. Von Mises gerilme değeri 540,8 MPa olarak görülmüştür. Mapa çevresinde incelenmesi gereken kısım, silindir

bağlantı mapalarının kiriş ile birleştiği bölgelerdir ki bu bölgelerde gerilme değeri 220 MPa ve en büyük gerilme değeri bu bölge bulunmuştur. Akma dayanımı 360 MPa olan malzeme için emniyet katsayısı 1,64 olarak elde edilmiştir. Kiriş ortasında ise kesme ve eğilmeden kaynaklanan bileşik gerilme değeri yaklaşık 100 MPa olarak bulunmuştur.

4. TARTIŞMA

Analizde, rampada 33 mm sehim görülmektedir. Bu sehim değeri en kötü şartlarda tırın rampa dilimi kenarında yürümesi durumunda gerçekleşmektedir. Vagondan kaynaklanan sehim ise 29 mm olmaktadır ve sehim oranı 1/700 olarak çıkmaktadır. Akma dayanımına göre emniyet katsayısı 1,87 çıkmaktadır. Kirişin kendi ağırlığı ve rampaların ağırlığı orta noktada 41,5 mm sehime neden olmaktadır ve kiriş boyuna göre sehim değeri 1/500 olarak çıkmaktadır. Kiriş emniyet katsayısı 1,64 çıkmaktadır. Kirişte gerilme ve sehim değerleri beklentileri karşılamakta olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

CAN, H. (2002). Çözümlü Örneklerle Yapı Statiği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

F.E.M. (1998), Rules For The Design of Hoisting Appliances, Booklet Federation europeenne de la Manutention.

HENDRY, A.W. (1998). Structural Masonry, MacMillan Publisher.

KAM, M. 2016. Kriyojenik İşlem Uygulanmış Millerin Dinamik Davranışlarının Deneysel Analizi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, Düzce.

KAM, M. and SARUHAN, H. (2016), Dynamic Behaviors of Cryogenic Treated Shafts Supported By Defected Rolling Element Bearings, 17. International Conference on Machine Design and Production (UMTIK), July 12-15, , Bursa, Turkiye.

KAM, M. and SARUHAN, H. (2016), Experimental Vibration Analysis of Cryogenic Treated Rotating AISI 4140 Steel Shafts, 3. International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'16), October 13-15, Karabük, Turkey.

KAM, M. and SARUHAN, H. (2019), Experimental Vibration Analysis of Cryogenic Treated Shafts Supported by Journal and Rolling Element Bearings, Journal of Polytechnic, 22(1), 129-134.

KAM, M., SARUHAN, H. and KABASAKALOGLU U. (2016), Experimental Investigation of Vibration Generated from The Cryogenic Treated and Induction Surface Hardened Rotating Shafts, 3. International Symposium on Railway Systems Engineering (ISERSE'16), October 13-15, Karabuk, Turkey.

LILLEY, J. University of Alberta–ANSYS tutorials. Dostopno na: https://sites. ualberta. ca/~ wmoussa/AnsysTutorial.

Meclis Araştırması Komisyonu, Tuzla raporu. (2008). Resmî Gazete, (26868), 8-85.

OZER, S. S. (2006), Geleneksel Yığma Yapılarda Strüktürel Elemanların Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

SARUHAN, H. and KAM, M. (2016). Experimental Spectral Analysis of Split Sleeve Bearing Clearance Effect on a Rotating Shaft System. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 13(4), 1-8.

SARUHAN, H. KAM, M. and KARA, F. (2017). Dynamic Behavior Analysis of Rotor Supported by Damped Rolling Element Bearing Housing, Journal of Polytechnic, 20(1), 159-164.

TOKER, S. ve UNAY, A. İ. (2004), Mathematical Modelling and Finite Element Analysis of Masonry Arch Bridges. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(2), 129-139.

YILDIZ, A. (2008), Türkiye'de Tersanelerin Tarihi ve Gemi İnşa Sanayisinin Gelişimi, Mühendis ve Makine Dergisi, 578(49), 23-47.

GÖRÜNTÜ AKTARIMI VE DEPOLANMASI İÇİN YÜKSEK BOYUTLU JPEG SIKIŞTIRMASI

Abdurrahim KERVANCI
Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
abdurrahimkervanci@gmail.com

Dr.Öğr.Üyesi Serdar BİROĞUL
Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
serdarbirogul@duzce.edu.tr

Özet

Yüksek boyutlu görüntü dosyası depolanırken veya aktarımı yapılırken daha az yer kaplaması beklenir. JPEG bir fotoğraf görüntüleme formatı değil fotoğraf sıkıştırma standardıdır. Kayıplı ve Kayıpsız olarak 2 tür görüntü sıkıştırma vardır (Koff ve ark., 2005). Kayıplı sıkıştırma, temelde kayıpsız sıkıştırmadan bir açıdan farklıdır. Sıkıştırmayı kolaylaştırmak ve daha yüksek boyutta sıkıştırma yapmak için az oranda veri kaybı söz konusudur (Setal, 2017). JPEG standardı kayıplı sıkıştırma olarak DCT (Ayrık Kosinüs Dönüşümü) algoritmasını kullanmaktadır. Çok az veya hiç bozulma olmadığında, yüzde 90-95'lik sıkıştırma oranları bulunmaktadır (Eldin ve ark., 2015, Nelson ve ark. 1996). Bu çalışmada veriyi aktarmak ve depolamak önceliğimiz olduğu için kayıplı teknik olan DCT dönüşümü ile çok az kayıp göze alınarak yüksek oranda sıkıştırmanın yapılması hedeflenmiştir. JPEG sıkıştırma standardı, görüntüyü sıkıştırırken insan biyolojisinden özellikle faydalanmaktadır. İnsan gözü görüntü de kromatrik değerlerinden ziyade, aydınlık hızına daha duyarlıdır ve en önemlisi de yüksek frekanslı değerlere duyarlı değildir. İnsan gözü yüksek frekansa duyarlı olmadığı için Niceleme (Quantinizasyon) tablosu ile 0'a yakın değerleri 0'a dönüştürüp diğer değerleri de 0'a büzülecek şekilde dönüştürülmüştür. JPEG standardından farklı olarak en yüksek sıkıştırmayı hedeflenen Quantinazsyon tablosu kullanılmıştır. Bu çalışma neticesinde JPEG standartlarında uygulanan sıkıştırma oranına nazaran daha büyük oranda sıkıştırma elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: JPEG, RGB, YCbCr, DCT, Quantinizasyon, Huffman

High-Size JPEG Compression For Transfer And Storage Images

Abstract

A high-size image file is expected to take up less space when storing or transferring. JPEG is not a photo display format, but a photo compression standard. There are 2 types of image compression as Lossy and Lossless. Lossy compression is fundamentally different from lossless compression. It accepts a slight loss of data to facilitate compression and to compress at higher dimensions. The JPEG standard uses the DCT (Discrete Cosine Transform) algorithm as a lossy compression. When there is little or no deterioration, 90-95 percent compression rates are available. Because we have priority to transfer and store the data, a high rate of compression was performed by taking the lossy technique into account with very little loss. The JPEG compression standard particularly benefited from human biology when compressing the image. The human eye image is more sensitive to the speed of illumination rather than the chromatographic values, and most importantly, it is not sensitive to high frequency values. Since the human eye is not sensitive to high frequency, it has been converted to 0 with the Quantification table and converted to 0 with other values. Unlike the JPEG standard, the Quantinazion table with the highest compression was used. Compared to the JPEG standard compression ratio, a greater compression was obtained.

Keywords: JPEG, RGB, YCbCr, DCT, Quantinizasyon, Huffman

1.Giriş

Bu çalışmada Bitmap uzantılı görüntünün daha hızlı aktarımı ve hafızada daha az yer tutması için jpeg standartların belirlediği algoritmalar kullanılarak daha yüksek bir sıkıştırma elde etmek hedeflenmiştir. Windows işletim sisteminde var sıkıştırmadan daha yüksek bir sıkıştırma yapılmıştır. Ancak bu kadar yüksek yüzdeli sıkıştırmaya karşılık görüntüde insan gözünün algılayamayacağı kadar küçük değerde kayıp meydana gelmektedir. Buna karşılık avantaj olarak da boyut daha az olacağından taşınması ve depolanmasında büyük bir avantaj sağlamasıdır. Kayıplı ve Kayıpsız olarak 2 tür görüntü sıkıştırma vardır (Koff ve ark. 2005). Kayıplı sıkıştırma, temelde kayıpsız sıkıştırmadan bir açıdan farklıdır. Sıkıştırmayı kolaylaştırmak ve daha yüksek boyutta sıkıştırma yapmak için az oranda veri kaybı söz konusudur. JPEG standardı kayıplı sıkıştırma olarak DCT (Discrete Cosine Transform - Ayrık Kosinüs Dönüşümü) algoritmasını kullanmaktadır. Çok az veya hiç bozulma olmadığında, yüzde 90-95'lik sıkıştırma oranları bulunmaktadır. Bu çalışmada veriyi aktarmak ve depolamak önceliğimiz olduğu için kayıplı teknik olan DCT dönüşümü ile çok az kayıp göze alınarak yüksek oranda sıkıştırmanın yapılması hedeflenmiştir. Çalışmada Bitmap formatındaki görüntü RGB verileri elde edilmiş ve dijital component videolarda kullanılan renk düzeyi (YCbCr, Y-parlaklık, Cb-yeşil renge göre mavi, Cr-yeşil renge göre kırmızı farkı) değerlerine dönüştürülmüştür. DCT dönüşümü yapmadan önce değerler 8x8 piksel bloklara ayrılmıştır. Ardından DCT dönüşümü yapılmıştır. Görüntü pikselleri farklı kosinüs dalgalarıyla temsil edilmiş ve bu sayede yüksel frekanslı değerler elde edilmiştir. İnsan gözü yüksek frekansa duyarlı olmadığı için Niceleme (Quantinizasyon) tablosu ile 0'a yakın değerleri 0'a dönüştürüp diğer değerleri de 0'a büzülecek şekilde dönüştürülmüştür. JPEG standardından farklı olarak en yüksek sıkıştırmayı hedeflenen Quantinazsyon tablosu kullanılmıştır. Bu çalışma neticesinde JPEG standartlarında uygulanan sıkıştırma oranına nazaran daha büyük oranda sıkıştırma elde edilmiştir. Ancak görüntüde insan gözünün ayırt edemeyeceği bir kayıp meydana geldiği için genel mantık sıkıştırma oranının daha fazla olması eğilimdedir. Çalışmada kullanılan kayıplı sıkıştırma yöntemi yanı sıra kayıpsız sıkıştırma algoritması olan Huffman algoritması da kullanılmıştır.

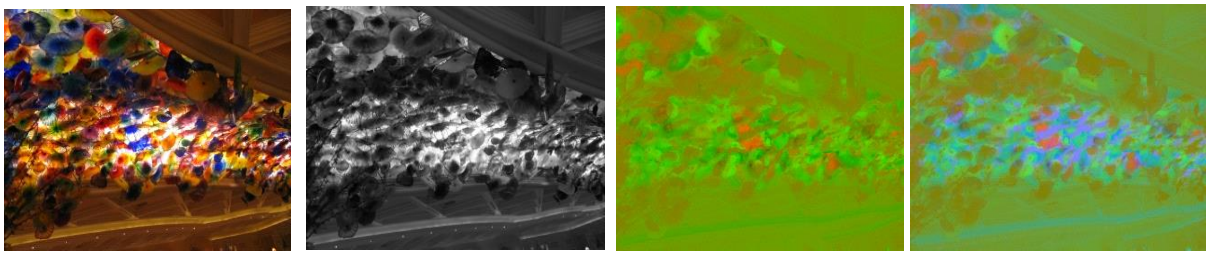
2. Metot

2.1. RGB Değerleri YCbCr Dönüştürme

Görüntü piksel değerleri RGB (Red , Green , Blue) formatı halinde tutulmaktadır. Bu format ile görüntü ekrana yansıtılabilir ancak aydınlık ve rengi yansıtılamaz. Görüntü sıkıştırmaya daha uygun olan YCbCr formatına dönüştürülür. Y , görüntünün parlaklığı , Cb ,yeşil renge göre mavi fark ve Cr , yeşil renge göre kırmızı farkıdır. Dönüşümün formülü aşağıdaki formül 1'de gösterilmiştir (Basilio ve ark. 2011).

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112 \\ 112 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

İnsan gözü bu format daha duyarlıdır ve görüntüde gereksiz ayrıntıları ortadan kaldırılır. Bu duruma ait örnek resimler resim 1'de verilmiştir.



Resim 1. a) Orjinal Görüntü b) Y Kanalı c)CbCr Kanalı d) RGB

2.2 DCT Dönüşümüne Hazırlık

DCT (Discrete Cosine Transform) yani Ayrık Kosinüs Dönüşümü yapmadan önce görüntü üzerinde bazı ön işlemler yapılmalıdır. İlk yapılması gereken her bir renk bileşeninin pikselleri, veri birimi adı verilen 8×8 piksellik gruplar halinde düzenlenir ve her veri birimi ayrı olarak sıkıştırılır (Artuğer ve ark., 2018). Fakat tüm resimler 8x8 oranlarında olmayabilir. Bu yüzden zaman zaman görüntünün sağ alt köşelerinde piksellerin sıkışmasından dolayı meydana gelen bozukluklar gözlenebilir**.** 240x240 boyutlarında bir görüntü olduğunu varsayıldığında bu görüntü 57.600 piksele eş değer olduğu anlamına gelir. Bir blok 64 piksel olduğundan dolayı 57.600/64 =900 bloktan görüntünün meydana geleceğini gösterir.

2.3. DCT Dönüşümü

Görüntü sıkıştırma için birçok dönüşüm vardır. Bunlardan bazıları FFT (Fast Fouirer Transform), DWT (Discrete Wavelet Transform), DCT (Discrete Cosine Transform)'dir. Bu standartlardan en büyük sıkıştırma oranı DCT standardıdır (İsmaili ve ark., 2013). DCT, görüntü işleme gibi birçok analitik olmayan uygulama tarafından kullanılır. Video konferans gibi sinyal işleme DSP uygulamalarında da kullanılır. DCT, veri sıkıştırma için kullanılan bir dönüşümdür. DCT, sabit bir kümeye sahip olan bir dikey dönüşümdür (Stephens 1996). Görüntüler farklı frekanslarda parçalara ayrılır ve Quantinizasyon aşaması daha az önemli frekansları atar. 8x8 piksellik bloklar tek tek soldan sağa, yukarıdan aşağıya doğru dönüşümü yapılır (Olver ve ark., 2006). Frekansların dönüşüm formülü aşağıdaki formül 2'de verilmiştir.

$$F(u) = \left(\frac{2}{N}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{i=0}^{N-1} \Delta(i).\cos\left[\frac{\pi.u}{2.N}(2i+1)\right] f(i) \qquad (2)$$

Karşılık gelen ters DCT dönüşümü $F^{-1}(u)$ için ;

$$\Delta(i) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & for = 0 \\ 1, & otherwise \end{cases} \qquad (3)$$

2.4. Quantinizasyon Tablo Uygulanması

DCT ile 8x8 piksellik bloklara dönüşüm uyguladıktan sonra Quantinizasyon işlemine tabii tutularak sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir. Sıkıştırma işleminde sıkıştırma oranı arttıkça görüntü kalitesi azalır, sıkıştırma oranı azaldıkça görüntü kalitesi artar. Quantinizasyon tabloları bu sıkıştırma oranını belirleyebilme rahatlığı sağlamaktadır. Bu uygulamada %50 oranını sağlayan tablo kullanılmıştır. DCT ile elde edilen 8x8 matrisi belirlenen Quantinizasyon tablosuna bölünmüştür. Quantinizasyon işlemi, daha az önemli olan yüksek frekanslı DCT katsayılarının çoğunu azaltmayı amaçlar. Ne kadar sıfır ve sıfıra yakın değerler olursa görüntü o kadar iyi sıkıştırılır. Düşük frekanslı değerler ile görüntü tekrar oluşturulacaktır. Çünkü insan gözü onlara karşı daha hassastır. Bu nedenle yüksek frekanslı değerler atılır (Russ, 2006, Watson, 1993, Smith ve ark., 1993). Parlaklık ve renklendirme Quantinizasyon tablosu aşağıdaki resim 2'de gösterilmiştir (Raid ve ark., 2017).

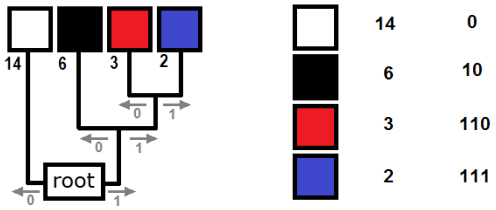
$$\begin{pmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 17 & 18 & 24 & 47 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 18 & 21 & 26 & 66 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 24 & 26 & 56 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 47 & 66 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \end{pmatrix}$$

Resim 2. a)Quantinizasyon parlaklık tablosu b) Quantinizasyon renklilik tablosu

Quantinizasyon işleminden sonra elde edilen matrisimizde bolca sıfır bulunur. Daha kolay ve daha hızlı sıkıştırma işleminin yapılması için zigzag işlemi uygulanır. Zigzag durumunda ilk önce düşük frekanslı değerler daha sonra yüksek frekanslı değerler sıralanır (Gonzalez ve ark., 2007).

2.5. Huffman Algoritması

Son işlem olarak görüntünün sıkıştırılmış DCT matris değerleri kayıpsız Huffman sıkıştırma kodlaması kullanılmıştır. Huffman kodlaması gibi birçok kayıpsız sıkıştırma algoritmaları vardır. En çok sıkıştırmayı Huffman algoritması sağladığı için Huffman kodlaması kullanılmıştır. Huffman kodlaması her türlü veriyi sıkıştırmak için kullanılabilir. Bir dizideki sembollerin sıklığının analizine dayanan entropi tabanlı bir algoritmadır (Pearlman, 2011). Huffman algoritması ilk olarak görüntüde kaç rengin olduğunu sayar ve azalan frekans sırasına göre renkleri sıralar. Örneğin; Beyaz 14, Siyah 6, Kırmızı 3, Mor 2 renk tekrar ettiğini varsayalım. Bir kök oluşturarak en uzaktaki renklerin en sık olduğu şekilde bir araya getirilir. Ağacın kökünden her bir renge geçerek kod oluşturulur. Bu düğüm sağa doğru giderse 1 sola doğru giderse 0 olarak kodlar (Şekil 1.a). En sık görülen rengin en ufak koda sahip olduğu şekilde bir bit kodu atandığı bir Huffman kod tablosu verir ve en az kullanılan renge en uzun kod verilir (Şekil 1.b) (Agostini ve ark., 2001, Gallager, 1978)



Şekil 1. a b

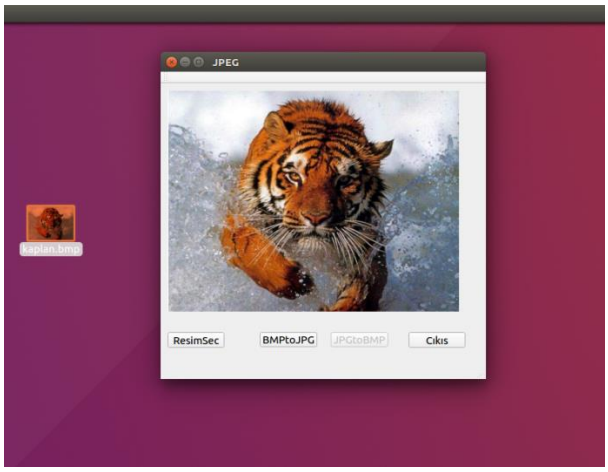
Oluşturulan Huffman ağacı ve kodlar sadece bu şekilde oluşturulmaz. Birçok şekilde ağaç oluşturulup sıkıştırılabilir ancak en büyük sıkıştırmayı örnekteki gibi yapıldığında elde edilir. Sıkıştırma oranı %20-%90 arasında değişmektedir. Bir karakteri bilgisayar 1 bayt olarak tutar. 1 bayt 8 bit değerine eşittir. Görüntümüzün renk değerlerinin her birinin karakter olarak tutmak yerine Huffman algoritması ile bit bit tutulmaktadır. Görüntüde en fazla kullanılan rengi, daha az kullanılan renkten daha az bit kullanarak kodlanmıştır. Bu sayede hafızada tasarrufu sağlanmıştır (Lakhani, 2003).

3. Ters Dönüşüm (inverse)

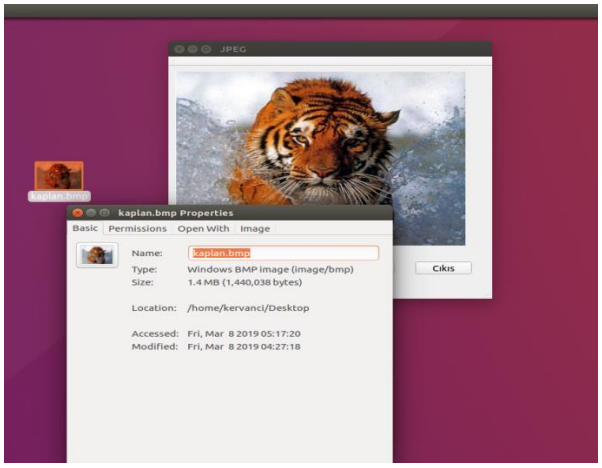
Son işlem olarak, görüntü açılacağı zaman tüm bu işlemler tersi bir şekilde uygulanır ve sıkıştırılma açılır. İlk başta Huffman kodlama tersine çalışır ve kodlanan değerler açılır, daha sonra DCT işlemi sırasıyla Quantinizasyon ve Zigzag işlemleri 8x8 bloklar halinde tersi uygulanıp 8x8 bloklar yeniden oluşturulur. Bu bloklar YCrCb piksel değerlerini elde eder, bu kez YCrCb formatından RGB formatına çevrilir. En baştaki Bitmap uzantılı görüntüyü elde edilir (Chang ve ark., 2014, Fan ve ark., 1994). Kayıplı bir sıkıştırma yapıldığından ters dönüşüm neticesinde yeniden oluşan resim, ilk görüntümüzden farklılık gösterebilir. Ancak bu farklılık insan gözüyle ayırt edilemeyecek kadar azdır. Fakat yüksek bir sıkıştırma elde edildiğinden kayıp, en başta göze alınmış bir kayıptır ve bu kayıp gözle görülecek bir kayıp değildir.

4.Uygulama

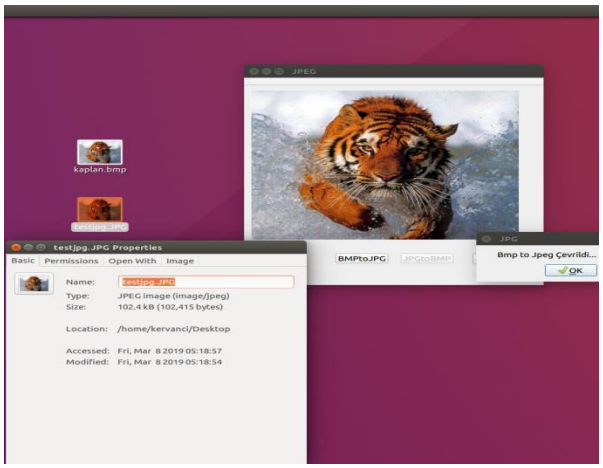
Yapılan uygulama da sıkıştırılacak görüntü seçilir. Görüntü Bitmap formatındadır (Resim 3.a). Seçilen görüntü hafızada 1.4 MB yer kaplamaktadır ve Bitmap formatındadır (Resim 3.b). Dönüştürme düğmesine basıldığında Jpeg formatında 102.4 KB yer kaplayan bir görüntü elde edilir. Yaklaşık %93 lük bir sıkıştırma elde edilir. Resim 3.c'de görüldüğü gibi sıkıştırılan Jpeg formatındaki görüntü tekrar ilk haline getirmek için inverse işlemi uygulanır. Jpeg formatından, Bitmap formatına dönüştürüldüğünde hafızada kapladığı yer tekrar 1,4 MB olur (Resim 3.d).



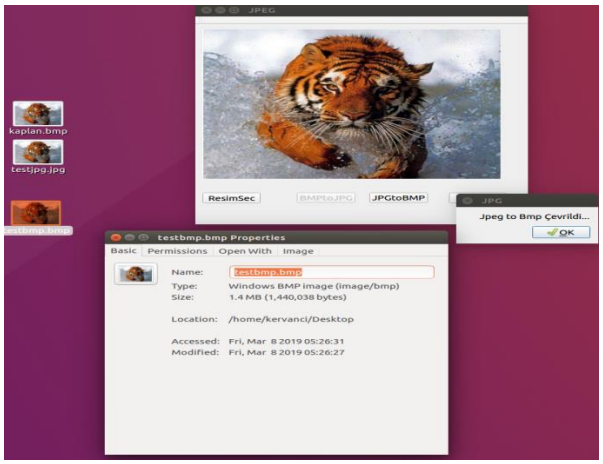
Resim 3. (a)



(b)



(c)



(d)

4. Sonuç

Bu çalışmadaki amaç, görüntü dosyasını bir platformdan başka bir platforma en hızlı biçimde aktarmak ve depolamaktır. Bu amaç uğruna hedeflenen işlem ise en yüksek ve bu doğrultuda en az veri kaybını elde eden bir sıkıştırma uygulaması yapmaktı. İnsan biyolojisi gereği JPEG standartlarında kullanılan sıkıştırma örnekleri üzerinde yapılan incelemeler sonucunda RGB değerlerine direk işlem uygulamak yerine YCbCr dönüşümü uygulandıktan sonra sıkıştırma yapmanın daha uygun olduğu görülmektedir. JPEG standartlarında belirtildiği gibi FFT, DWT gibi dönüşüm metotları yerine kullanılan DCT metodu daha efektif bir sonuç vermiştir (Aulakh 2015). Görüntüdeki kaybı en aza indirecek ve yüksek sıkıştırma oranını elde edecek Quantinizasyon tablosu oluşturulmuştur. Kayıpsız sıkıştırma oranlarında en yüksek oranı sağlayan algoritmanın Huffman algoritması olduğu belirlenip, kullanılmıştır. Hedeflenen yüksek sıkıştırma oranı, bu çalışmada %90 ve üzeri oranlar elde edilerek başarıyla sonuçlandırılmıştır. Sıkıştırma oranı ile görüntüdeki kayıp doğru orantılı olduğu için yüksek sıkıştırmanın sonucunda aktarım ve depolama da büyük avantaj sağlanmış olsa da görüntüde kayıp meydana gelmiştir. Grafiksel işlemler için tercih edilmemiş olsa da oluşan kayıp göz ile görülmeyecek bir kayıp olduğu için mantık, görüntü üzerinden yapılacak birçok işlem için faydalı, avantajlı bir uygulama oluşturulmuştur.

Teşekkür

Uygulama esnasında teknik yönlendirmelerde katkı sağlayan Elman Hamidli, Ömür Koca'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Agostini L. and Bampi S., (2001), "Pipelined Fast 2-D DCT Architecture for JPEG Image Compression" *Proceedings of the 14th Annual Symposium on Integrated Circuits and Systems*

Design, Pirenopolis, Brazil. IEEE Computer Society pp 226-231.

Artuğer F. and Özkaynak F. (2018) "JPEG Sıkıştırma Algoritmasının Dünü Bugünü ve Geleceği", *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 161-167.

Aulakh N. and Kaur Y. (2015) "Increasing image compression rate using (DWT + DCT) and steganography." *Int J Emerg Res Manage Technol* 4(5):253–260.

Basilio J.A.M., Torres G.A., Perez G.S., Medina L.K.T. and Meana H.M.P., (2011) "Explicit Image Detection using YCbCr Space Color Model as Skin Detection", *Application of Mathematics and Computer Engineering*, 123-128.

Chang H., Ng Michael K. and Zeng T. (2014), " Reducing Artifacts in JPEG Decompression Via a Learned Dictionary", *IEEE Transactions on Signal Processing* , Vol: 62(3), 718-728.

David A, Koff, Shulman H., (2005) "An Overview of Digital Compression of Medical Images: Can We Use Lossy Image Compression in Radiology?" *Sunnybrook and Women's College Health Science Centre*, Toronto.

Fan Z. and Eschbach R., (1994), "JPEG decompression with reduced artifacts", *Proc. SPIE 2186, Image and Video Compression*.

Gallager R., (1978), "Variations on a theme by Huffman", *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol: 24(6).

Gonzalez R.C. and Woods R.E., (2007), "Digital Image Processing", ISBN-10: 013168728X. ISBN-13: 978-0131687288, *Prentice Hall*, 3rd edition.

Hanaa Z.E., A.Elhosseini M., A.Ali H. (2015), "Image compression algorithms in wireless multimedia sensor networks: A survey" *Ain Shams Engineering Journal* Vol:6(2), 481-490.

Ismaili I.A., Khowaja S.A. And Soomro W.J. (2013), "Comparison between Discrete Cosine Transform and Fast Fourier Transform and the problems associated with DCT", *International Conference on Image Processing and Computer Vision*.

Lakhani G, (2003), "Modified JPEG huffman coding" *IEEE Transactions on image processing*,Vol:12(2), 159-169.

Nelson M. and Gailly J., (1996), "The Data Compression Book" *BPB Publications*.

Olver P.J. and Shakiban C., (2006), "Applied Linear Algebra." Upper Saddle River, NJ, Pearson Prentice-Hall.

Pearlman WA. and Said A. (2011), "Digital signal compression: principles and practice", *Cambridge University Press.*

Raid A.M., Khedr W.M., El-dosuky M.A. and Ahmed W. (2017) "Jpeg Image Copression Using Dicrate Cosine Transform –A Survey" *International Conference on Current Research in Computer Science and Information Technology (ICCIT).*

Russ J.C., (2006), "The Image Processing Handbook".,ISBN-10: 0849372542. ISBN-13: 978-0849372544, CRC Press,5thedition.

Setal D., (2017) "An improved DCT based image watermarking robust against JPEG compression and other attacks." *Int J Image Graph Sig Proc* 9:40–50.

Stephens B.L., (1996) Thesis on "Image Compression algorithms",*California State University*, 1996.

Smith B.C. and Rowe L.A., (1993) "Algorithms for manipulating Compressed images," *IEEE Trans. Comput. Graph. Appl., vol. 13*.

Watson A.B. (1993) "DCT quantization matrices visually optimizedfor individual images," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 1913–1914.

JAC270C VE JAC590R MALZEMELERİNİN NOKTA DİRENÇ KAYNAĞININ MUKAVEMET ANALİZLERİ

Ahmet Demirkesen
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
demirkesenahmet@gmail.com

Dr.Öğr.Üyesi. Hasan Kaya
Kocaeli Üniversitesi / Asım Kocabıyık Myo, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Dr.Öğr.Üyesi. Rıza Emre Ergün
Kocaeli Üniversitesi / Ford Otosan İhsaniye Myo, Motorlu Araçlar ve UlaşımTeknolojileri Bölümü
r.emreergun@gmail.com

Prof. Dr. Mehmet Uçar
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü
ucarm@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada ağırlıklı olarak otomotiv gövde üretiminde kullanılan JAC270C ve JAC590R galvaniz kaplı sac parçalarının nokta direnç kaynağı ile birleştirilmesi sonucunda kaynağın mukavemet analizleri yapılmıştır. Nokta direnç kaynağı uygulamasında; kaynak akımı, elektrot basıncı ve akım süresi deneysel parametreler olarak belirlenerek, kaynak mukavemetine olan etkileri incelenmiştir. Kaynaklı birleştirmeleri yapılan malzemelerin, çekme testi deneyleri yapılarak gerilme-birim uzama eğrileri elde edilmiş ve maksimum çekme kuvvetleri belirlenmiştir. Kaynaklı bölgelerin mekanik testlerinin ardından mikroyapı analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kaynak bölgesinden kesiti alınan malzemelerin optik mikroskop ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Kaynak çekirdek çapları ölçülerek değerler kayıt altına alınmıştır. Çalışmanın sonunda kaynak akımı, uygulanan basınç ve kaynak süresi gibi parametrelerin kaynak mukavemetine etkileri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: JAC270C, JAC590R, nokta direnç kaynağı, mukavemet analizi, kaynak parametreleri

STRENGTH ANALYSIS OF RESISTANCE SPOT WELDING OF JAC270C AND JAC590R MATERIALS

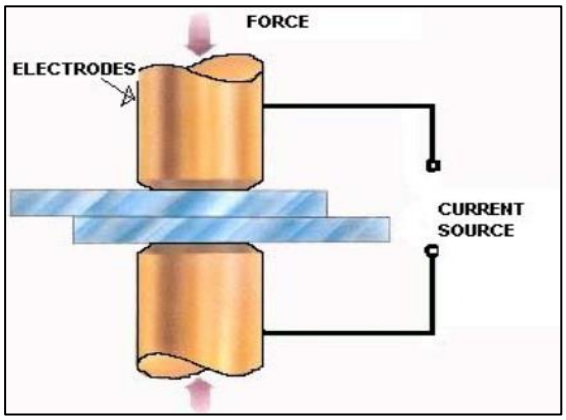
Abstract

In this study, JAC270C and JAC590R galvanized coated sheet metal parts which are mainly used automotive industry were welded together with spot resistance welding and strength analysis was performed. During spot resistance welding application; welding current, pressure applied during welding and the duration of the current were determined as experimental parameters and their effects on welding strength were investigated. Tensile-unit elongation curves were obtained by tensile testing of the materials which welded and maximum tensile forces were determined. Microstructure analysis of welded materials was carried out following mechanical tests. For this purpose, microstructure studies were carried out by optical microscopewhich materials taken from the welding zone. The nugget diameters were measured and the values were recorded. At the end of the study the effects of welding current, applied pressure and duration of welding on the welding strength were determined.

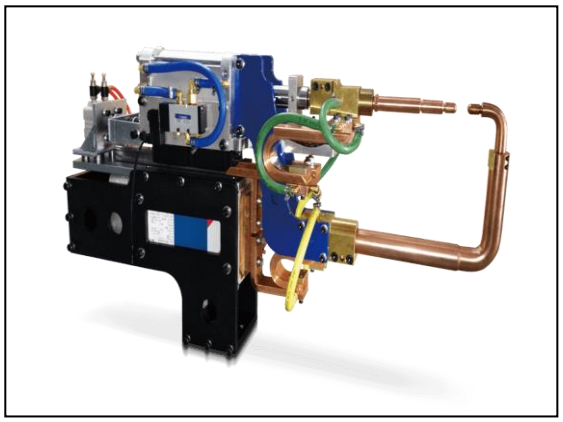
Keywords: JAC270C, JAC590R, spot resistance welding, strength analysis, welding parameters

1. GİRİŞ

Nokta direnç kaynağı otomotiv sektöründe sıkça kullanılan diğer ismi punta kaynağı olan bir kaynak yöntemidir. Birleştirilen metal malzemelerin dayanıklı bir şekilde birbirleri ile kaynatılmasında başarı oranı yüksektir. Nokta direnç kaynağının çalışma prensibinde kaynatılacak malzemeler iki adet bakır elektrodun arasına konulur ve üzerlerine basınç uygulanması ile elektrik akımının malzemenin kaynatılacak noktasından belirli bir süre içinde geçmesi sağlanır. Bu işlem sağlandıktan sonra kaynak makinası akımı keser ve malzemeler basınç altında soğuyarak ayrılmayacak şekilde birleştirilir[1]. Bir otomobilde ortalama 5000 adet nokta kaynağı bulunmaktadır ve diğer kaynak yöntemlerine göre kıyaslandığında otomobil gövdesi üretiminde %90 oranında nokta direnç kaynağı kullanılır. Yöntemin uygulanmasında nokta kaynak tabancası olarak bilinen makinalar kullanılmaktadır. Şekil 1'de nokta direnç kaynak uygulaması görülmektedir. Geçen akım nedeniyle ısınan metaller eriyerek birbirleri ile kaynaklı bağlantı oluştururlar. Şekil 2'de ise nokta kaynak tabancası görülmektedir. Kaynak tabancasının uçlarında yer alan bakır elektrotlar ile parçalara gereken baskı ve akım uygulanarak birleştirme sağlanır. Ayrıca nokta direnç kaynağı ekipmanı olan kaynak tabancası iki şekilde kullanılabilir. Bunlardan ilki şekil 2'de görülen ekipmanı olduğu gibi kullanmak diğer ise ekipmanı robotlara entegre ederek kullanmaktır[2].



Şekil 1. Nokta direnç kaynak uygulaması[3]



Şekil 2. Nokta kaynak tabancası[4]

Nokta direnç kaynağında üç temel önemli parametre vardır. Bunlar; elektrod kuvveti, akım şiddeti ve süredir. Bu parametrelerin birbirleri ile uyumlu olması ve belirli bir sırayı takip etmesi gerekir. Bu yüzden nokta kaynak makinelerinde kaynak değişkenlerini ayarlamak için elektronik kontrol üniteleri bulunur. Arzu edilen çekirdek çapı sadece ayarlanan akım şiddetinin belirli bir sürede uygulanması ile elde edilebilir[5].

Otomobillerde kullanılan saclarda yüksek dayanım, iyi kaynak edilebilirlik ve kolay şekillendirilebilme özelliği istenir. JAC270C ve JAC590R malzemeleri dayanım, kaynak edilebilirlik ve şekillendirilebilme kabiliyetlerinden dolayı otomotiv sektöründe tercih edilmektedir. Bahsedilen sebeplerden ötürü bu çalışmada JAC270C ve JAC590R malzemelerinin birbirleriyle aynı ve farklı kalınlıklarda, değişken kaynak parametreleri kullanılarak, nokta direnç kaynağı ile kaynatılması , kaynağın görsel incelemesi ve mekanik testleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada optimum kaynak parametrelerini belirlemek,kaynaklı bağlantıların çekme testi yapmak suretiyle mukavemet analizlerini yapabilmek amacıyla JAC270C ve JAC590R malzemeleri 0,6 mm ve 1,2 mm kalınlıklarında olacak şekilde hazırlanmış ve birbirleri ile nokta direnç kaynağı yönetmi ile birleştirilmiştir.Çekme testi sonuçlarını daha doğru bir şekilde yorumlayabilmek için öncelikle

malzemelerin mekeanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Şekil 3'te JAC270C ve JAC590R malzemelerinin çekme, akma mukavemetleri ve birim uzama yüzdeleri kalınlıklarına göre gösterilmiştir.

Designation	Tensile strength (N/mm^2)	Yield strength (N/mm^2)			Elongation (%)	Mean plastic strain ratio r value	
		$0.4 \le t < 0.8$	$0.8 \le t < 1.0$	$1.0 \le t \le 2.4$	$0.4 \le t \le 2.4$	$0.5 \le t \le 1.0$	$1.0 \le t \le 1.6$
JAC270C	270 min.	185~305	175~295	165~285	34~53	-	-
JAC270D	270 min.	135~225	125~215	115~205	39~57	1.2 min	1.1 min
JAC270E	270 min.	130~205	120~195	110~185	41~58	1.4 min	1.3 min
JAC270F	270 min.	120~185	110~175	100~185	43~60	1.5 min	1.4 min
JAC340W	340 min.	215~235	205~305	195~295	32~46	-	-
JAC390W	390 min.	255~365	245~355	235~345	28~43	-	-
JAC440W	440 min.	295~400	285~390	275~380	25~41	-	-
JAC340P	340 min.	175~265	165~255	155~245	34~48	-	-
JAC390P	390 min.	215~315	205~305	195~295	30~45	-	-
JAC440R	440 min.	365~470	355~460	345~450	22~38	-	-
JAC590R	590 min.	440~590	430~580	420~570	14~32	-	-
JAC590Y	590 min.	325~470	315~460	305~450	16~34	-	-

Şekil 3. Malzemelerin mekanik özellikleri[6]

2.1 Çekme Testi

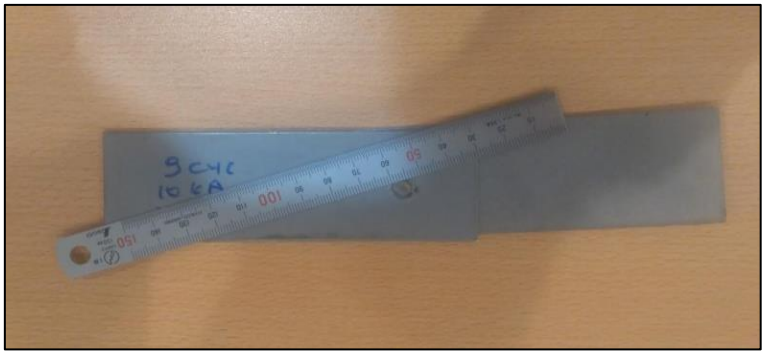
Malzemeler kendi aralarında aynı ve farklı kalınlıkta olacak şekilde kaynatılmış, akım,süre,basınç gibi parametreleri değiştirilerek bu parametrelerin kaynak mukavemetine olan etkileri çekme testine tabi tutularak incelenmiştir. Çekme testi sonucunda maksimum çekme kuvvetleri belirlenmiştir.Çekme testi kaynak parametreleri değiştirilmiş olan tüm parçalara ayrı ayrı uygulanmıştır. Şekil 4'te çekme testi yapılan bir numune görülmektedir.



Şekil 4. Çekme testi numunesi

2.2. Çekirdek Çapı Ölçümü

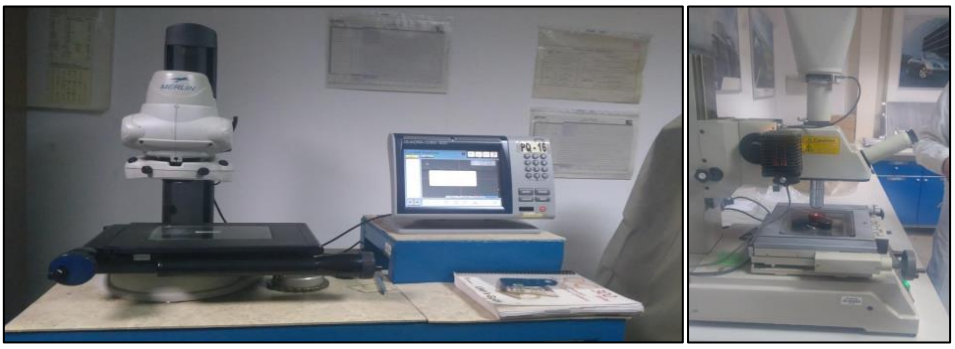
Çekirdeğin oluşumu ve çapının boyutu kaynak dayanımını etkileyen önemli faktörlerdendir.Çekirdek çapı belirli bir değerin altında kalır ise kaynak istenen mukavemeti sağlayamamaktadır. Bu sebeple kaynatılan malzemelerin çekirdek çapları ölçülür. Şekil 5'te kaynatılan parçaların çekirdek çapları ölçümü görülmektedir.



Şekil 5. Çekirdek çapı ölçümü

2.3 Metalografik İnceleme

Ayrıca tüm numuneler için kaynak bölgesi kesilip, optik mikroskop yardımı ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Şekil 6'da bu mikro yapı incelemelerinin yapıldığı optik mikroskoplar görülmektedir.



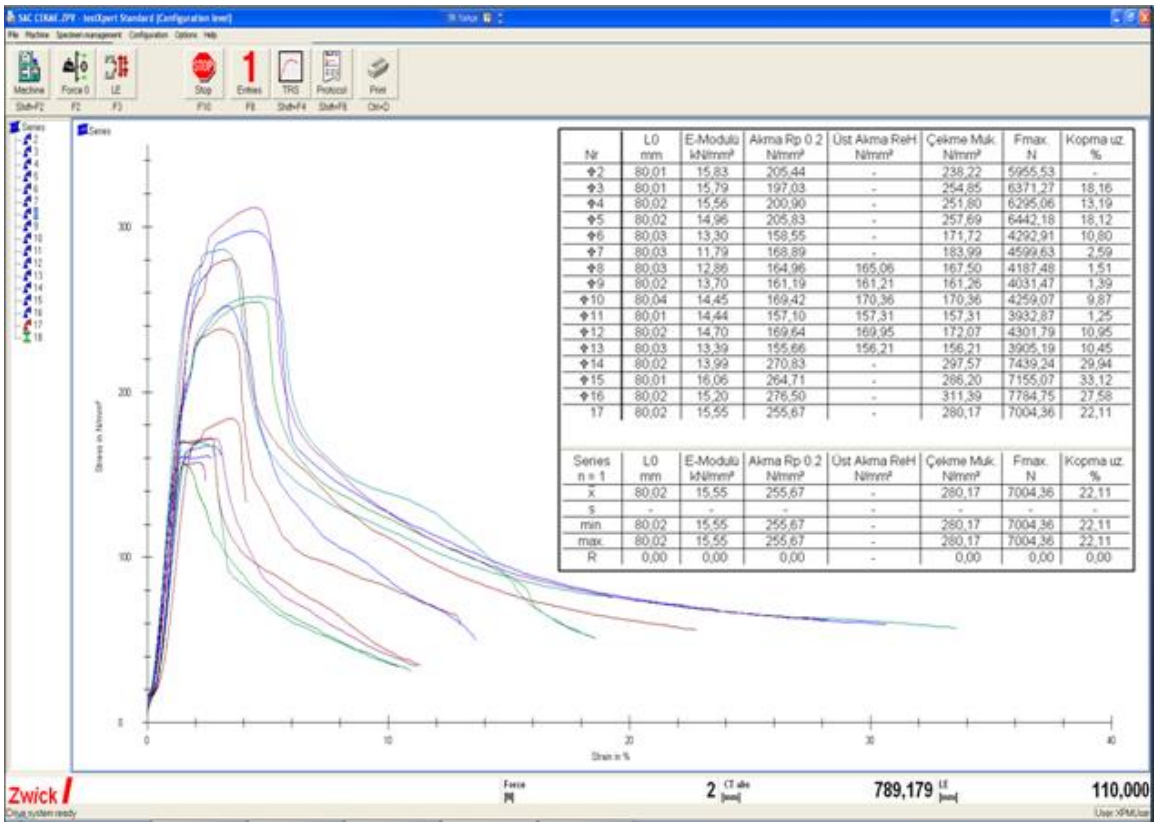
Şekil 6. Mikroyapı incelemesi yapılan optik mikroskoplar

3. SONUÇ

Yapılan deneyler sonucunda çekirdek çaplarının ölçüm değerleri kaydedilmiştir. Çekme testi sonucunda hangi kaynaklı yapının ne kadar çekme kuvvetine dayanabildiği belirlenmiştir. Kaynak parametreleri olan akım, basınç, süre gibi değerlerin kaynaklı bağlantıya olan mukavemet etkileri tespit edilmiştir. Tablo 1'de birleştirilen malzeme cinsleri ve kalınlıkları ile kaynak parametreleri olan akım, basınç ve süre değerlerine göre ölçülen çekirdek çapları, maksimum çekme kuvvetleri değerleri belirtilmiştir. Şekil 7'de ise numunelerin çekme testi grafikleri görülmektedir.

Tablo 1. Birleştirilen Malzemelere Göre Ölçülen Çekirdek Çapları ve Çekme Kuvvetleri

BİRLEŞTİRİLEN MALZEMELER	AKIM (kA)	BASINÇ (kgf)	SÜRE (cyc)	ÇEKİRDEK ÇAPI (mm)	MAKSİMUM ÇEKME KUVVETİ (N)
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(1,2mm)	10	300	12	5,1	5956
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(1,2mm)	10	300	10	5,2	6371
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(1,2mm)	8	300	12	5,1	6295
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(1,2mm)	10	250	12	5,2	6442
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(0,6mm)	10	300	9	4,8	4293
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(0,6mm)	10	300	12	4,9	4600
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(0,6mm)	10,5	300	9	4,8	4187
JAC270C(1,2mm)-JAC270C(0,6mm)	10	250	9	4,7	4031
JAC270C(1,2mm)-JAC590R(1,2mm)	9,3	300	12	5,1	7155
JAC270C(1,2mm)-JAC590R(1,2mm)	9,8	300	12	5,2	7439
JAC270C(1,2mm)-JAC590R(1,2mm)	9,3	300	16	5,4	7785
JAC270C(1,2mm)-JAC590R(1,2mm)	9,3	250	12	5	7004
JAC270C(0,6mm)-JAC590R(1,2mm)	10	300	9	4,8	4259
JAC270C(0,6mm)-JAC590R(1,2mm)	10,5	300	9	4,6	3933
JAC270C(0,6mm)-JAC590R(1,2mm)	10	250	9	4,9	4302
JAC270C(0,6mm)-JAC590R(1,2mm)	10	300	12	4,6	3905

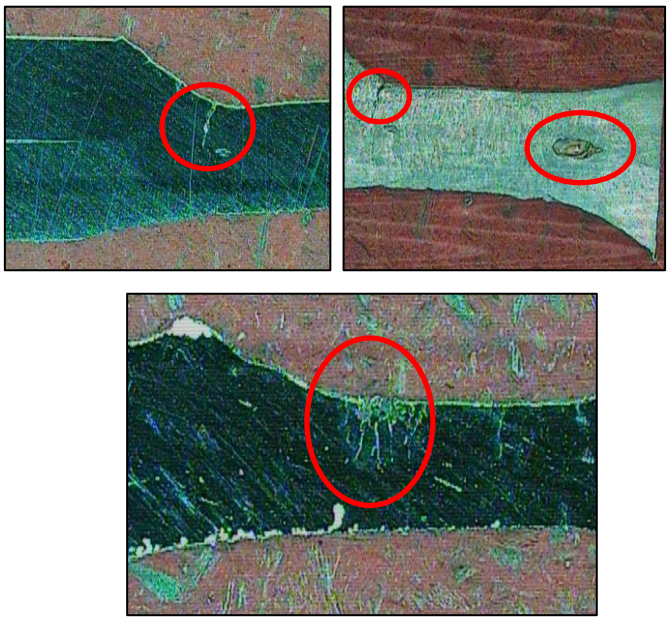


Nr	L0 mm	E-Modulu kN/mm²	Akma Rp 0,2 N/mm²	Üst Akma ReH N/mm²	Çekme Muk. N/mm²	Fmax. N	Kopma uz. %
2	80,01	15,83	205,44	-	238,22	5955,53	-
3	80,01	15,79	197,03	-	254,85	6371,27	18,16
4	80,02	15,56	200,90	-	251,80	6295,06	13,19
5	80,02	14,96	205,83	-	257,69	6442,18	18,12
6	80,03	13,30	158,55	-	171,72	4292,91	10,80
7	80,03	11,79	168,89	-	183,99	4599,63	2,59
8	80,03	12,86	164,96	165,06	167,50	4187,48	1,51
9	80,02	13,70	161,19	161,21	161,26	4031,47	1,39
10	80,04	14,45	169,42	170,36	170,36	4259,07	9,87
11	80,01	14,44	157,10	157,31	157,31	3932,87	1,25
12	80,02	14,70	169,64	169,95	172,07	4301,79	10,95
13	80,03	13,39	155,66	156,21	156,21	3905,19	10,45
14	80,02	13,99	270,83	-	297,57	7439,24	29,94
15	80,01	16,06	264,71	-	286,20	7155,07	33,12
16	80,02	15,20	276,50	-	311,39	7784,75	27,58
17	80,02	15,55	255,67	-	280,17	7004,36	22,11

Series n = 1	L0 mm	E-Modulu kN/mm²	Akma Rp 0,2 N/mm²	Üst Akma ReH N/mm²	Çekme Muk. N/mm²	Fmax. N	Kopma uz. %
x	80,02	15,55	255,67	-	280,17	7004,36	22,11
s	-	-	-	-	-	-	-
min	80,02	15,55	255,67	-	280,17	7004,36	22,11
max	80,02	15,55	255,67	-	280,17	7004,36	22,11
R	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00

Şekil 7. Çekme testi sonuçları

Optik mikroskop incelemeleri sonucunda bazı kaynaklı bağlantılarda çatlaklar ve uygunsuzluklar tespit edilmiştir. Çatlak tespit edilen kaynaklı bağlantıların çekme kuvvetlerinin de düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 8'de kaynaklı yapıların optik mikroskop ile incelenmesinin sonuçları görülmektedir.



Şekil 8. Optik mikroskop incelemelerinin sonuçları

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada otomotiv sektöründe kullanılan JAC270C ve JAC590R çeliklerinin nokta direnç kaynağı ile farklı kombinasyonlarda kaynatılması ile oluşturulan yapıların mukavemet analizleri yapılmıştır. Kaynak parametreleri değişken olarak belirlenip çekme testleri yapılmış ve mikro yapıları incelenmiştir. Mukavemeti en yüksek kaynaklı yapının hangi parametrelerde oluşturulduğunun tespiti yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Birleştirilen malzeme kalınlıkları artırıldığında kaynağın dayanımı artmaktadır.

- Farklı çeliklerin nokta kaynağı mukavemeti aynı çeliklerin kaynağına oranla daha yüksektir.

- Çekme mukavemetinin en yüksek olduğu değere JAC270C ve JAC590R malzemelerinin 1,2 mm kalınlıklarında olanları kullanılarak ulaşılmıştır.

- Mikro yapısında çatlak görülen kaynaklı bağlantıların çekme mukavemetleri diğer numunelerden daha düşük çıkmıştır.

KAYNAKLAR

1- 1 Mayıs 2019 tarihinde https://www.tekniktrend.com/nokta-direnc-kaynagi/ adresinden alındı.

2- HONG,T.S,KHAKSAR,W.,GHOBAKHLOO,M.(2014),Robotic Welding Technology,S.HASHMI içinde, *Comprehensive Materials* Processing(s.77-99), Elsevier.

3- 30 Nisan 2019 tarihinde http://www.robot-welding.com/spot_welding.htm adresinden alındı.

4- 30 Nisan 2019 tarihinde https://www.wpitaiwan.com/product/suspended-portable-spot-welding/robotic-gun.html adresinden alındı.

5- ÖZER, M.,KAYA,H.,UCAR,M.(2015),Çift fazlı çelikler ve nokta direnç kaynağı uygulamaları,*Metal Dünyası.*

6- 2 Mayıs 2019 tarihinde https://www.csvc.com.vn/products.html#catalogue adresinden alındı.

CURRENT SITUATION OF SOLAR ENERGY IN TURKEY: UPDATED DATA

Cihan Gökçöl
Kırklareli University, Luleburgaz Vocational College, Automotive Program
cihan.gokcol@klu.edu.tr

Abstract

In the passing three or four years from 2015 to now, solar energy has initiated to gain more popularity along with attracting more investment in Turkey, compared to other renewables. But, solar energy utilization in Turkey has not been at the desired level, yet. That is, its utilization capacity can be still accepted too less according to the huge amount of solar energy potential in Turkey. In this study, firstly the solar energy potential of Turkey will be explained . And then, the up-to-date facts, received from some Turkish official institutions operating on renewable energy, about the solar energy utilization in Turkey will be presented in detail. Finally, the recent spectacular developments about solar energy utilization in Turkey will be emphasized by being made a comprasion with the last development values for other popular renewables over years.

Keywords: Renewable energy, Solar, Electricity, Turkey

1. INTRODUCTION

It is a fact that the understanding of renewable energy use and the inclusion of indigenous energy resources in the economy has been adopted by many countries including also Turkey. Many countries that Therefore, they have accelerated their efforts to eliminate this dependence and have identified their natural energy resources and increased the intensity of their use (Gökçöl, et al., 2016).

In recent times renewable energy technology has developed so much all around the world and now it is definitely possible to generate fairly cheap electricity through current renewable energy technologies. That's why investment costs, unit cost of electricity and power plant capacity values for renewables has been enhanced and now renewables has been competing with fossil based energy sources (IRENA, 2018). Figure 1 shows the evolution process of solar energy technology in terms of capacity factors, installation costs and electricity generation unit costs.

Turkey is a very rich country in terms of renewable energy sources such as wind, solar, geothermal and biomass. With the renewable energy law, which has entered into force and other related laws, Turkey has started to benefit much more from energy sources. Turkey increased its performance considerably on renewable energy utilization as well as its contribution to the total electricity generation capacity. Thus, while the amount of renewable (excluding hydro) in Turkey was nearly zero (only a 20 MW power plant capacity), today it has reached by 14355.7 MW corresponding to 16% of Turkey's total installed power plant capacity, with the help of a lot of renewable projects (TEIAS, 2019; Gökçöl, et al., 2016). However, considering the renewable energy potentials, the current point that is reached till now is not enough.

It is useful to draw attention to especially solar energy from renewable energy sources in Turkey. In recent years, solar energy investments and the total installed capacity of solar energy have increased considerably due to the legal regulations introduced in 2014. Thus, the grown rate of solar energy in Turkey has passed the wind and then taken the first place. Note that the wind was always leader from the aspect of development rates till 2014 and also solar energy activities have increased much more and in recent years it was the first one at the end of 2017 in terms of annual power plant capacity addition. In a word, in the world, of course, in Turkey solar energy has been a pioneer and dominant energy source in electricity generation and is the fastest growing power generation source (IRENA, 2018).

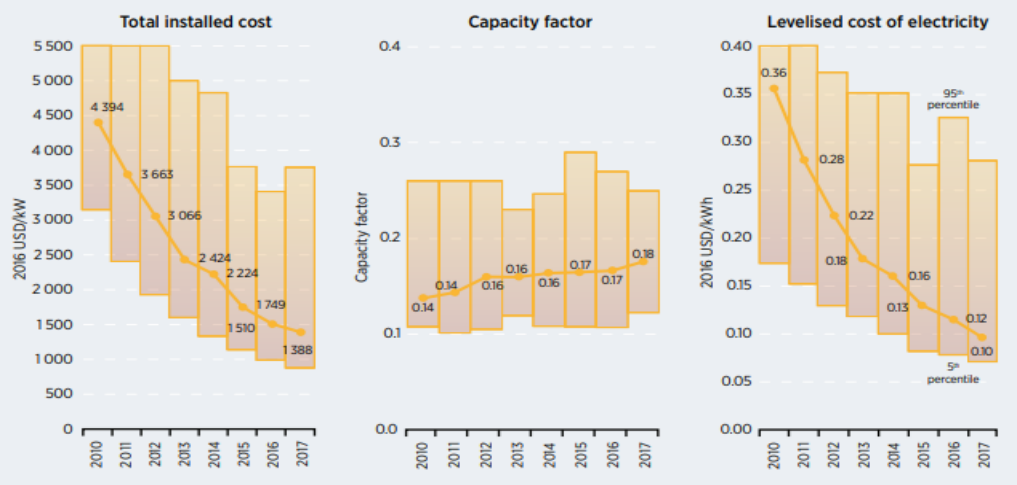


Figure 1. The global evolution process of solar energy technology in terms of capacity factors, installation costs and unit costs of electricity generation (IRENA, 2018)

Furthermore, Turkey has tried to achieve its renewable energy targets for the year 2023. According to these targets, Turkey would like hit the following targets till the end of 2023: meeting at least 30% of its total electricity generation from renewable and increasing the installed wind power plant capacity to 20000MW, and rising up the solar power plant capacity at least 5000MW. About the solar energy target, Turkey has just achieved it before 2023 (Uğurlu, et al., 2017; YEGM, 2019). Thus, solar energy has been the second one after geothermal energy in accordance with the speed of reaching the target (Gökçöl, 2018). Because Turkey has just hit the 2023 solar energy target, solar energy targets were revised by Energy Ministry: it is targeted as 15 GW till the end of 2027. Out of this, the solar energy organization which is called as GÜNDER made an explanation dealing with their estimations on Turkey's installed solar power plant capacity values in the near future: It is foreseen to increase to 14 GW by 2023 and 38 GW by 2030 (Ministry of Energy and Natural Resources, 2018; GÜNDER, 2018).

In this study, firstly the solar energy potential of Turkey will be explained. And then, the up-to-date facts, received from some Turkish official institutions operating on renewable energy, about the solar energy utilization in Turkey will be presented in detail. Finally, the recent spectacular developments about solar energy utilization in Turkey will be emphasized by being made a comparison with the last development values for other popular renewables over years.

2. SOLAR ENERGY POTENTIAL OF TURKEY

Turkey has so high solar energy potential due to its geographical position. According to the Solar Energy Potential Map (GEPA) of Turkey, the total annual sunshine duration and total annual solar irradiation values of Turkey are 2741 hours (7.5 hours per day), 1527 kWh/m^2 (4.18 kWh/m^2 per day), respectively (GEPA, 2019).

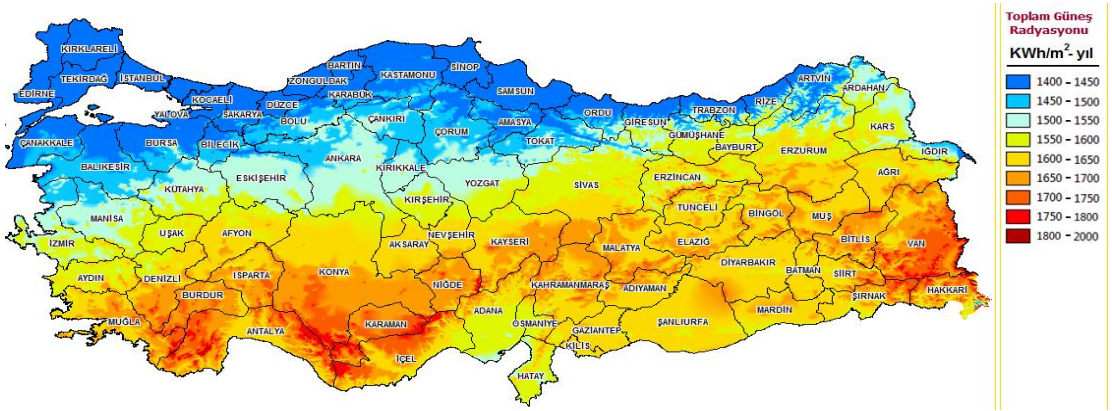


Figure 2. Solar potential capacity map of Turkey (GEPA, 2019)

According to Figure 2, the Southern region and south-west side of Turkey appears to have fairly high solar energy potential whereas the Northern region (the remaining side) of Turkey has relatively low solar energy potential. The regions with low solar energy potential is still accepted high taking into consideration other many districts, for example Germany.

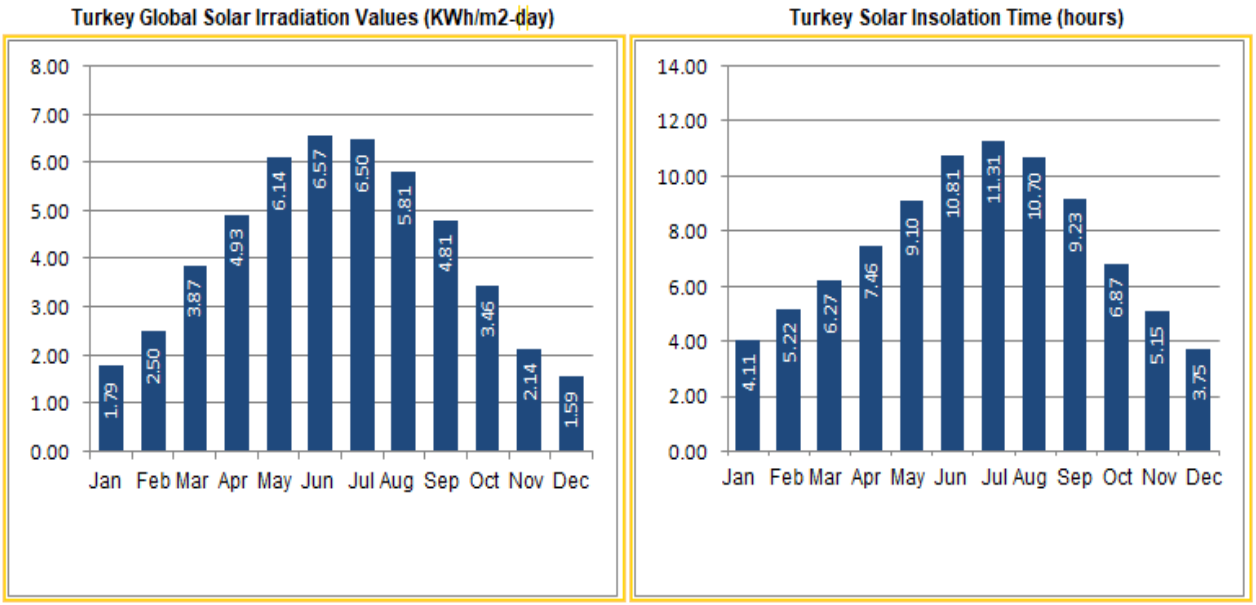


Figure 3. Monthly average values of solar irradiation and solar duration in Turkey (GEPA, 2019)

According to Figure 3, in the months of June, July and August, solar irradiation values are higher than 6kWh/m^2-day while sunshine duration values are greater than 10 hours per day. Besides solar irradiation and sunshine duration have the lowest values in the month of December.

4. SOLAR ENERGY UTILIZATION IN TURKEY: UPDATED DATA (MARCH 2019)

According to the report by TEIAS in March 2019, the installed solar power plant capacity of Turkey has reached to 5316.1 MW as indicated in Table 1 and the total number of solar power plant is 6184 made up of 6175 unlicensed and 9 licensed power plants (TEIAS, 2019).

As a part of the YEKA competition, which was held on 20/03/2017, a solar power plant with a capacity of 1.000 MWe, that is one of the largest solar power plants in the world, will be established in Konya-Karapınar and it is now under construction. In the framework of this big project, a factory

where the solar panels with the minimum domestic contribution of 60%, that will meet the solar panel demand of the plant, will be produced, and also a R&D center on solar energy technologies will be established. (Gökçöl, 2018; YEGM, 2019)

Table 3. Turkey's annual installed power plant capacity values of solar energy as of 2014 (Enerji Atlası, 2019; Gökçöl, 2018; TEIAS, 2019)

Years	Installed Solar Power Capacity (MW)
2014	40.2
2015	248.8
2016	832.5
2017	2647
***2018**	4723
****Present**	5316.1

* As of July 2018
** As of March 2019.

It is understood from Table 3 that between 2014 and 2018, the solar based power plant capacity has more than 130 folds increased. Just after the high development in solar energy utilization in the last four years, Turkey has globally jumped to the top places in the world in terms of the criteria of solar energy utilization. In the present time, Turkey is placed in the fifth after the four countries (China, the USA, Japan and India) in terms of the installed solar power capacity addition at the end of 2017. Hence, I think that it is not wrong to describe the spectacular solar energy development in Turkey during this time period as being an energy revolution (YEGM, 2019; IEA PVPS, 2018; GÜNDER, 2018; Gökçöl, 2018).

In spite of the positive development in the field of solar energy, the current installed solar power plant capacity and the amount of electricity from solar energy is still considered too less due to Turkey's huge solar energy potential.

5. CONCLUSION

Due to its geographical position Turkey is a very rich country in terms of solar energy. Turkey has a high solar energy potential, with the total annual sunshine duration of 2,741 hours and the total solar energy irradiation value of 1,527 kWh/m^2 per year. Today the total installed capacity of the PV solar power plant is 5316 MW. Note that it was at an ignorable amount in 2014, only 40.2 MW. In this study, it was also determined that wind energy was a pioneer and a leader until 2014, and as of today, the activities on solar energy have increased considerably and it has taken the place of wind energy from its leader seat. In the last four years the solar power plant capacity of Turkey has risen up almost 130 folds. All these things indicate how well solar energy utilization has developed in Turkey, but considering Turkey's high solar energy potential, the level that is reached at the moment in terms of solar energy exploitation is still too insufficient. Briefly, a major portion of this huge amount solar energy reserve that is staying without making any benefit should be definitely processed for electricity generation in the pioneer of new and big projects financed by private sector and investors so that Turkey avoids a high amount of energy expenditure.

REFERENCES

Enerji Atlası. 2019. Enerji Atlası, http://www.enerjiatlasi.com [Access Date: 01.04.2019].

GEPA. 2019. Renewable Energy General Directorate of the Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources, Available at: http://www.eie.gov.tr/mycalculator/pages/54.aspx [Access Date: 14.03.2019].

Gökçöl C. 2018. Potential and Utilization of Geothermal Energy in Turkey: Turkey's 2023 Targets, International Symposion on Multidisciplinary Studies, Ankara-Turkey, 449-456.

Gökçöl C. 2018. Solar Energy in Turkey: 2018 Update, International Symposion on Multidisciplinary Studies, Ankara-Turkey, 151-158.

Gokcol C. and Uğurlu A. 2016. Current situation of wind energy in Turkey and assesment of Yalova's wind energy, Electronic Journal of Vocational Colleges 3(6), 49-59.

Gökçöl C., Uğurlu A., and Şuva M. 2016. Can Turkey achieve the wind energy targets in 2023?, 8th Ege Energy Symposium. Afyon-Turkey.

GÜNDER. 2018. *Güneş Enerjisi Yol Haritası*, Available at: https://gunder.org.tr/wp-content/uploads/G%C3%BCne%C5%9Fin-Yol-Haritas%C4%B1-Rapor-KAPAK.pdf [Access Date: 17.02.2019].

IEA PVPS. 2018. Available at: http://www.iea-pvps.org. - 2018. - http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_ [Access Date: 12.03.2018].

IRENA. 2018. Renewable Power Generation Costs in 2017. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

Ministry of Energy and Natural Resources. 2018. *Investor's Guide For Electricity Sector in Turkey*, Available at: https://enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%252f1%252fDocuments%252fAnnouncement%252fINVESTOR%2527S%2BGUIDE%2BFOR%2BELECTRICITY%2BSECTOR%2BIN%2BTURKEY.pdf [Access Date: 23.02.2019].

TEIAS. 2019. *Kurulu Güç Raporu*, Available at: http://www.teias.gov.tr [Access Date: 10.02.2019].

Uğurlu A, and Gokcol C. 2017. An overview of Turkey's renewable energy trend, Journal of Energy Systems 1(4), 148-158.

YEGM. 2019. Yenilenebilir İşleri Genel Müdürlüğü. Available at: https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes [Access Date: 01.04.2019].

A NOVEL POLYOXOMETALATE/CARBON NITRIDE NANOTUBES NANOCOMPOSITE FOR FUEL-CELL APPLICATION

Canan Onac[1*], Mehmet Lütfi Yola[2], Necip Atar[3], Ahmet Kaya[1]

[*1] Pamukkale University, Faculty of Science and Art, Department of Chemistry, Denizli, Turkey
[2] Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Biomedical Engineering, Hatay,Turkey
[3] Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Chemistry Engineering, Denizli, Turkey

conac@pau.edu.tr

Abstract

Graphitic carbon nitride (g- C_3N_4) is the most stable allotrope of carbon nitride materials. The ideal g-C_3N_4 consists solely of an assembly of C−N bonds without electron localization in the π state (this material is a π-conjugated polymer). Polyoxometalates (POMs) are highly redox-active molecular components with great potential for electrochemical energy storage and sensors. Because POMs are a class of anionic metal oxides based on high-valent transition metals, the structure and reactivity of POMs can be tuned over a wide range. In this report, a novel polyoxometalate/carbon nitride nanotubes nanocomposite for fuel-cell application was developed. The effective surface areas of POM- C_3N_4 NTs/GCE and POM/GCE were calculated to be 743 cm^2/mg and 398 cm^2/mg, respectively. The POM-C C_3N_4 NTs/GCE also exhibited a higher peak current for methanol oxidation than those of comparable GCE and POM/GCE, providing evidence for its higher electro-catalytic activity.

Keywords: Carbon nitride nanotubes, Polyoxometalates, Direct Fuel Cell

1. INTRODUCTION

The direct-methanol fuel cell (DMFC) is a promising power source for clean energy and is expected to be used as a portable power source. Methanol is in liquid form at room temperature, has high energy density, and is inexpensive. A methanol fuel cell wherein a positive electrode and a negative electrode are disposed in contact with a solid film which exhibits a hydrogen ion and / or hydronium ion-conductivity (Akyıldırım et al., 2016, Yola et al., 2016).

Graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) is one of the most stable carbon nitride materials. It has layered structure. There are van der waals interactions between C-N layers. Like graphene/graphene oxide, it is utilized for various nanotechnology applications such as photocatalysis or biosensing. Especially, carbon nitride nanotubes can increase electron transfer and reduce mass transfer resistance due to the active sites.
Polyoxometalates (POMs) are highly redox-active molecular components with great potential for electrochemical energy storage and sensors. Because POMs are a class of anionic metal oxides based on high-valent transition metals, the structure and reactivity of POMs can be tuned over a wide range (Atar et al., 2016, Eren et al., 2015).

In the present report, the preparation and characterization of nanocomposites such as POM/ C_3N_4 NTs and C_3N_4 NTs were performed. After that, glassy carbon electrode (GCE) surfaces were modified with these nanomaterials by using infrared heat lamp. The developed materials were characterized by transmission electron microscope (TEM), x-ray photo electron spectroscopy (XPS) and scanning electron microscope (SEM).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

All chemicals that used in the experiments were reagent grade and were used as received following; H3PW12O40 (POM, Merck, Germany), melamine (Sigma-Aldrich, USA), ethanol (Sigma-Aldrich, USA), isopropyl alcohol (IPA, Sigma-Aldrich, USA), methanol (Merck, Germany), HPLC grade acetonitrile (MeCN, Sigma-Aldrich, USA), perchloric acid (HClO4, Sigma-Aldrich, USA), and other chemicals were reagent grade quality and were used as received. The ultra-pure water with resistance of 18.3 MU cm (Human Power 1+ Scholar purification system) was used in the experiments of aqueous media.

2.2 Instrumentation

All electrochemical experiments were performed using out Ivium Stat (U.S) equipped with C3 cell stand. Argon gas was passed through the solutions during experiments for about 10 min. PHI 5000 Versa Probe (Φ ULVAC-PHI, Inc., Japan/USA) was utilized for XPS analysis with monochromatized Al Kα radiation (1486.6 eV) as an x-ray anode operated at 50 W. JEOL 2100 HRTEM (JEOL Ltd., Tokyo, Japan) and ZEISS EVO 50 SEM (GERMANY) analytic microscopies were utilized for the characterization of nanocomposites.

2.3 Synthesis of utg-C_3N_4, C_3N_4 NTs and $H_3PW_{12}O_{40}$/ C_3N_4 NTs

The utg-$C_3N_4$and C_3N_4 NTs were prepared according to our previous report (Yola et al., 2016). 0.1 g of $H_3PW_{12}O_{40}$ was dissolved in 20 mL HCl (2.0 mol L-1). The 0.1 g solution of $H_3PW_{12}O_{40}$ added into 1.0 g of utg-C3N4. After the stirring for 1 h, the suspension was subject to hydrothermal treatment at 150 ◦C. The suspension was dried at 60 ◦C and $H_3PW_{12}O_{40}/C_3N_4$ NTs (1:10) was obtained (li et al., 2014).

2.4 Procedure for the electrode preparation

GCE was cleaned according to our previous reports (Yola et al., 2015). After that, the catalyst inks were prepared by dispersing 1 mg of catalyst into 1 mL of ethanol via 20 min agitation. 15 µL of catalyst suspensions were dropped onto the clean GCE surfaces. Then, the solvent was evaporated by an infrared lamp.

2.5 Electrochemical measurements

Electrocatalytic oxidation of 0.5 mol L-1 methanol on bare GCE, POM/C_3N_4 NTs/GCE and C_3N_4 NTs/GCE was performed in 0.1 mol L-1 $HClO_4$. The Ag/AgCl and Pt wire electrodes were utilized as reference and counter electrode, respectively.

3. RESULTS

3.1 Characterization of nanomaterial

Fig. 1A demonstrates the bulk structure of graphitic carbon nitride. After the ultrasonication, the ultra-thin graphitic carbon nitride (utg-C_3N_4) was successfully formed (Fig. 1B). After the hydrothermal treatment of ultra-thin graphitic carbon nitride at 150◦C, the formation of tubular carbon nitride occurred. Fig. 1C confirms the carbon nitride nanotubes. Fig. 1D shows the TEM image of POM/C_3N_4 NTs nanostructure. According to the TEM image, the clouds of POM stick to the inner and outer surfaces of carbon nitride nanotubes. Hence, we can say that the interfacial interaction between POM and C_3N_4 NTs provides the formation of POM/ C_3N_4 NTs nanostructure.

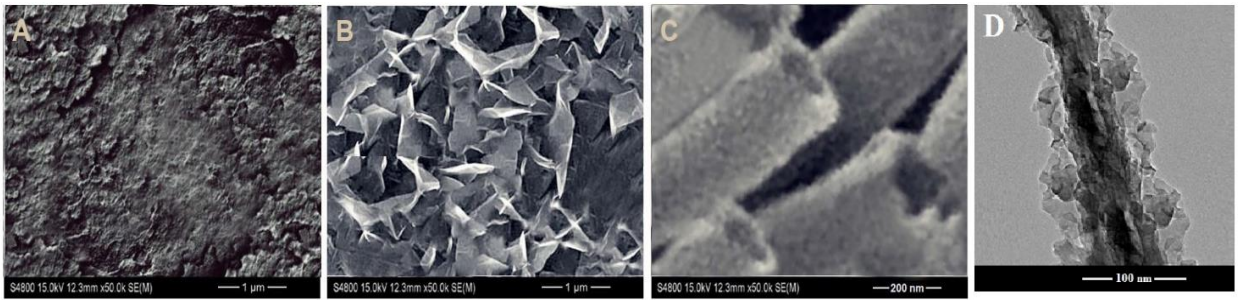


Figure 1. SEM images of (A) g- C_3N_4; (B) utg- C_3N_4 nanolayers; (C) carbon nitride nanotubes; TEM image of $H_3PW_{12}O_{40}$ / C_3N_4 NTs (1:10)

The formation of POM/C_3N_4 NTs nanostructure was further examined by XPS. The peaks of C1s, N1s, P2s, W4f and O1s confirmed the formation of $H_3PW_{12}O_{40}/C_3N_4$ NTs (Fig. 2). These bands confirmed the formation of $H_3PW_{12}O_{40}/C_3N_4$ NTs (Sun et al., 2004).

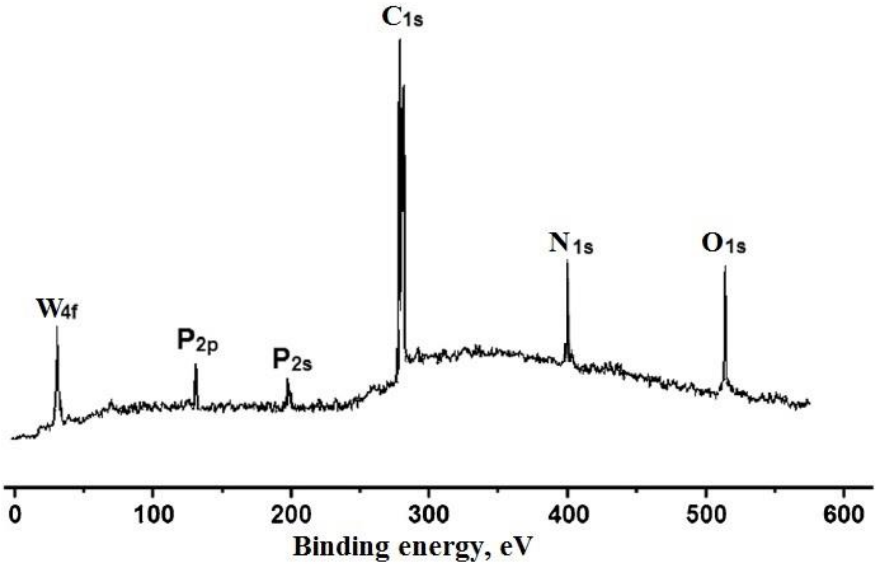


Figure 2. XPS image of $H_3PW_{12}O_{40}/C_3N_4$ NTs

3.2 Electrochemical Performances of AgNPs/POM and POM/GCE

The effective surface areas (ESA) of different modified electrodes was obtained by CV with 1.0 mM $[Fe(CN)_6]^{3-}$ solution containing 0.1 M KCl as a probe at different scan rates according to the equation: $ip = 2.69\times10^5\ A\ n^{3/2}\ D^{1/2}\ C\ v^{1/2}$, where ip refers to the peak current and A is the electrode area (cm^2). For 1.0 mM $[Fe(CN)_6]^{3-}$, n = 1, $D = 7.6\times10^{-6}\ cm^2\ s^{-1}$ (0.1 M KCl), C is the concentration of $[Fe(CN)_6]^{3-}$, v is the scan rate. The ESA of POM/C_3N_4 NTs/GCE and C_3N_4 NTs/GCE were calculated from the slope of the ip versus $v^{1/2}$ plot to be 743cm^2/mg and 398 cm^2/mg, respectively.

The electrocatalytic activities of the modified electrodes were also evaluated for 0.5 M methanol by CV in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ at 50 mV s^{-1}. In the case of the POM/C_3N_4 NTs/GCE, a current peak of 10.1±0.09 A cm^{-2} was observed during a forward anodic scan (If) at a potential of 0.85 V, while the reverse scan (Ib) showed a current peak of 6.17±0.03 A cm^{-2} at 0.68 V. The forward peak of POM/C_3N_4 NTs/GCE was 2.97 times higher than that of C_3N_4 NTs/GCE, respectively. The efficiencies of the POM/C_3N_4 NTs/GCE and C_3N_4 NTs/GCE on methanol oxidation were given in Table 1.

Table 1. Comparison of methanol oxidation on modified electrodes in this study (Scan rate:100 mV s^{-1})

Electrode	If ($A\ cm^{-2}$)	E (V)	Ib ($A\ cm^{-2}$)	E (V)	If/Ib
POM/C_3N_4 NTs/GCE	10.1±0.09	0.85	6.17±0.03	0.68	1.64
C_3N_4 NTs/GCE	3.40±0.02	0.99	2.74±0.09	0.81	1.24

The constant-current discharge experiments with two different nanomaterials in 0.1 M phosphate buffer were conducted at 50 mA m^{-2}. The anode potential versus time data (Fig. 3) show different discharge profiles for the two anodes. Within 200 min, the discharge potentials for POM/C_3N_4 NTs/GCE and C_3N_4 NTs/GCE are -0.30 and -0.45 V, respectively. For a fuel cell system, if the anode discharge potential is the more negative, the operational voltage of the fuel cell is the higher. The discharge results show that the composite anode can provide a higher power density due to its lower polarization, which further indicates that the POM/C_3N_4 NTs nanocomposite has a faster reaction rate.

.

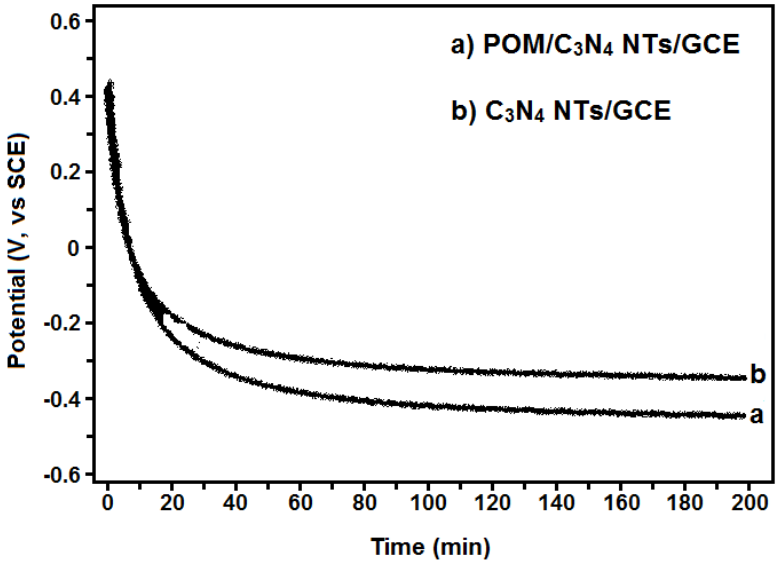


Figure 3. Potential-time curve of POM/C_3N_4 NTs/GCE and C_3N_4 NTs/GCE nanocomposite electrodes in 0.1 M phosphate buffer

4. CONCLUSION

In this study, the polyoxometalate/carbon nitride nanotubes nanocomposite for fuel-cell application was developed for methanol oxidation. The developed nanomaterials were successfully characterized by XPS, TEM and SEM. According to the results, the discharge results show that the composite anode can provide a higher power density due to its lower polarization, which further indicates that the POM/C_3N_4 NTs nanocomposite has a faster reaction rate.

REFERENCES

Akyıldırım O, Yüksek H, Saral H, Ermiş İ, Eren T, Yola ML, 2016. Platinum nanoparticles supported on nitrogen and sulfur-doped reduced graphene oxide nanomaterial as highly active electrocatalysts for methanol oxidation. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 27, 8559-8566.

Atar N, Yola ML, Eren T, 2016. Sensitive determination of citrinin based on molecular imprinted electrochemical sensor. Applied Surface Science, 362, 315.

Eren T, Atar N, Yola ML, Karimi-Maleh H, Çolak A.T, Olgun A, 2015. Facile and green fabrication of silver nanoparticles on a polyoxometalate for Li-ion battery. Ionics, 21, 2193.

Sun X, Dong S and Wang E, 2004. One-Step Preparation and Characterization of Poly(propyleneimine) Dendrimer-Protected Silver Nanoclusters. Macromolecules 37(19) 7105–7108.

Yola ML, Eren T, Atar N, Saral H, Ermiş İ, 2016. Direct-methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-metallic and Bi-metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation. Electroanalysis, 28, 570-579.

Yola ML, Eren T, Atar N, 2015. A sensitive molecular imprinted electrochemical sensor based on gold nanoparticles decorated graphene oxide: Application to selective determination of tyrosine in milk. Sensors and Actuators B: Chemical 210:149-157.

KİMYA SEKTÖRÜNDE PAZARLAMA ARAŞTIRMASI UYGULAMASI

Beyza Dilli
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
beyzadilli333@gmail.com

Arş. Gör. Selen Avcı
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
selen.avci@kocaeli.edu.tr

Prof. Dr. Zerrin Aladağ
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
zaladag@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüz koşullarında firmalar rekabet güçlerini koruyabilmek için pazar koşullarının hızlı değişimine cevap verebilmek ve pazar dinamiklerini stratejik olarak incelemek durumundadır. Pazarlama araştırması; pazarlama sürecindeki fırsat ve tehditlerin tanımlanmasından başlayarak pazarlama faaliyetlerinin oluşturulması, değerlendirilmesi, pazarlama performansının ölçülmesi ile devam eden ve bilimsel yöntemlerle yönetilmesi gereken bir süreçtir. Bu çalışmada, kimyasal ürün satışı yapılan bir firmada, ele alınan proje bazında müşteri portföyünün belirlenmesinde izlenecek sistematik yol aşamalı olarak anlatılarak bir pazarlama araştırması yapılmıştır. Çalışmada öncelikle Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak satışı yapılan ürünlerde "stok hacmi", "pazar talep edilirliği" ve "ürün fiyatının rekabet oranı" kriterler göz önüne alınarak hangi ürünler üzerinde çalışılması gerektiği belirlenmiştir. Sonrasında, seçilen ürünün pazar bulabileceği sektörler çeşitli analizler ile belirlenmiş ve listelenen sektörlerdeki firmalar "Yönlendirici Politika Matrisi" yöntemiyle sıralanmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve araştırmanın etkinliği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), kimya sektörü, pazarlama araştırması, yönlendirici politika matrisi.

MARKETING RESEARCH APPLICATION IN CHEMISTRY SECTOR

Abstract

In today's conditions, companies need to respond to the rapid changes in market conditions and strategically review the market dynamics in order to maintain their competitive edge. Marketing research; starts with the identification of opportunities and threats in the marketing process. It continues with the creation and evaluation of marketing activities and the measurement of marketing performance. It is a process that must be managed by scientific methods. In this study, a marketing research has been conducted in a company where chemical products have been sold and the systematic route to be followed to determine the customer portfolio has been explained progressively. In the study, firstly, it has been determined that which product should be chosen by using Analytical Hierarchy Process (AHP) which is one of the Multi Criteria Decision Making (MCDM) methods. The criteria handled are the "stock volume", the "market demand ability" and "competitiveness of the product price". Then, the sectors where the selected product could find a market have been determined by various analyses and companies in the listed sectors are arrayed by the "Guidance Policy Matrix" method. The results have been interpreted and the effectiveness of the study has been discussed.

Keywords: Analytical hierarchy process (AHP), chemical sector, marketing research, guidance policy matrix.

1. GİRİŞ

Bir pazar hakkında bilgi toplamak, analiz yapmak ve pazar durumunu değerlendirmek amacıyla, pazarda satışa sunulacak bir ürün veya hizmet için şimdiki ve potansiyel müşteriler hakkında, işletmenin yaptığı çalışmaların toplamına pazarlama araştırması denir. İşletmeler pazarlama araştırması gerçekleştirdikleri takdirde, ürünlerinin en çok hangi firmalara satılacağını belirleyebilmekte ve hedef pazarı buna göre tayin edebilmektedir. Bu araştırmaların temel amacı, potansiyel müşterilerin satın alma güçlerinin göz önüne serilmesidir (Çikler, 2008).

Pazarlama araştırmasının işletmeye birçok katkısı bulunmaktadır. Araştırmalar sonucunda işletmenin veri tabanında firmalar ve pazarlar hakkında detaylı bilgiler depolanmış olur. Bu bilgiler mevcut müşteriler ve potansiyel müşteriler ile kurulan iletişimin kuvvetli olmasına yardım eder. Müşteri ve pazarın ne istediğini ve neye ihtiyacı olduğunu bilmek oluşturulacak stratejik adımları destekler ve riskleri azaltarak doğru karar verilmesine yardımcı olur. Aynı zamanda sahip olunan bu bilgiler fırsatların öngörülebilir olmasına yardımcı olmaktadır. Kısaca bu araştırma; doğru pazarlama, satışta artış sonucu büyüme, pazar payı artışı ve yüksek kar fırsatı sunmaktadır. Tüm bunlar göz önüne alındığında varılmak istenen hedefe çok daha kolay, etkili ve sistematik bir şekilde ulaşılabileceği söylenebilir (Tokol, 2010).

Bu çalışmada kimya sektöründe faaliyet gösteren bir ticaret firmasında, uzun süredir stoklarında hareketsizlik yaşanan ürünlerin satışlarının arttırılmak istenmesi sebebiyle "teknik kimyasal departmanı"nda araştırma planlaması gerçekleştirilmiştir. Ürünlerin satışlarının yapılabileceği yeni sektörlerin keşfedilmesi ve çeşitli değerlendirmeler sonucunda yeni müşteri ilişkileri kurulması amaçlanmıştır.

Pazarlama araştırması yapılırken hareketsiz ürünler listesinde en kritik durumda olan ürünü belirleyebilmek amacıyla bir Çok Kriterli Karar Verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) "ürünün stok miktarı", "pazar talep edilebilirliği" ve "ürün fiyatının rekabet oranı" kriterleri göz önüne alınarak uygulanmıştır. Kritik durumdaki ürünün belirlenmesinin ardından bu ürünün potansiyel alıcısı olabilecek tüm sektörler araştırılmış ve bu sektörlerden hangileri üzerinde durulması gerektiğine karar verilmiştir. Bu karar verilirken, temelde bir yöneticinin farklı iş alanlarındaki firmalara yatırım yapma veya tasfiye etme kararını kolaylaştırmak için geliştirilmiş bir yöntem olan Yönlendirici Politikalar Matrisi (YPM) mevcut probleme uyarlanarak kullanılmıştır. YPM ile iki ana kriter ve onların alt kriterleri ile firmalar değerlendirilmiştir. Bir dizi işlem sonunda "işletmenin gücü" ve "pazar çekiciliği" kriterlerine göre firmalar YPM'de konumlandırılarak önem listesi oluşturulmuştur. Firma önem listesine göre firmalar ile iletişime geçilerek kuvvetli ilişkilerin kurulması sağlanmıştır. Böylelikle stoklarında hareketsizlik yaşanan ürünler için yeni pazarlar, yeni müşteriler bulunmuş ve hareketlilik sağlamak fırsatlar oluşturulmuştur.

2. MATERYAL VE METOD

Pazarlama araştırması gerçekleştirilirken AHP ve YPM bütünleşik olarak kullanılarak araştırmaya sistematik bir boyut katılmıştır. Bu bölümde yöntemlerin adımları kısaca açıklanmaktadır.

2.1. AHP ve Uygulama Adımları

1.Adım: Karar verme probleminin tanımlanması. Problem tanımlanması iki aşamadan oluşur. İlk aşama karar noktalarının -yani alternatiflerin- saptanmasıdır. İkinci aşamada ise karar noktalarını etkileyen faktörler saptanır.

2.Adım: Karşılaştırma matrislerinin oluşturulması. Birinci adımda ortaya konan kriterler birebir karşılaştırılarak birbirine göre sahip oldukları önem değerleri belirlenir ve karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırmalar matrisin köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılırken köşegenin altında kalan değerler Denklem 1'de gösterilen formül ile hesaplanır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \tag{1}$$

3.Adım: Kriterlerin yüzde önem dağılımlarının belirlenmesi. Karşılaştırma matrisi, kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerini belirli bir mantık içerinde gösterirken, kriterlerin bütün içerisindeki ağırlıklarının bilgisini veremez. Bunun için kriter sayısı kadar B vektörü oluşturulur. B vektörü oluşturulurken Denklem 2 kullanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{2}$$

Formül yardımıyla kriter sayısı kadar B vektörü hesaplanır ve vektörler bir matris formatında bir araya getirilerek C matrisi oluşturulur. C matrisinden yararlanarak faktörlerin önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilir. Bu işlem için Denklem 3'ten faydalanılır ve öncelik vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \tag{3}$$

4.Adım: Karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının belirlenmesi. Kriterlerin birbirine göre önem dereceleri karar verici tarafından subjektif olarak belirlendiği için tutarlılığın ölçülmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranı (CR) hesaplanırken A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörü matrisi çarpımından D sütun vektörü elde edilir. Ardından, Denklem 4 ve Denklem 5 kullanılarak özdeğer (λ) hesaplanır.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \tag{4}$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \tag{5}$$

λ Hesaplandıktan sonra Denklem 6'dan yararlanılarak Tutarlılık Göstergesi (CI) hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \tag{6}$$

Son aşamada ise CI, Random Gösterge (RI) tablosunda kriter sayısına karşılık gelen değere bölünerek CR hesaplanır. Hesaplanan CR değeri 0,10 değerinden küçük olduğu durumlarda karşılaştırmalar tutarlı bir şekilde yapılmıştır denebilir.

5.Adım: Her bir kriter için yüzde önem dağılımlarının bulunması. Karar noktaları birbiri içinde karşılaştırtılırken faktörlerin karşılaştırılmasındaki işlemler tekrarlanır. Kriter sayısı kadar, mxm boyutunda G karşılaştırma matrisi oluşturulur. Sonuç olarak, mx1 boyutlu S sütun vektörleri elde edilir.

6.Adım: Karar noktalarındaki sonuç dağılımlarının bulunması. Öncelikle n tane S vektörü kullanılarak mxn boyutlu K karar matrisi oluşturulur. K karar matrisi ile W öncelik vektörü çarpıldığında m elemanı olan L sütun vektörü elde edilir ve bu elemanların toplamı 1'dir. L vektörü önem sırasını göstermektedir (Dündar, 2008).

2.2. YPM ve Uygulama Adımları

1970'li yıllara dayanan YPM yönteminin temel amacı üst yönetimin farklı iş gruplarındaki firmalar hakkında karar vermesini kolaylaştırmaktır. Bu yöntemin aşamaları aşağıda sıralanmıştır:

1.Adım: Ana kriterlerin belirlenmesi. Bu adımda belirlenen kriterler YPM'nin satır ve sütunlarını oluşturur.

2.Adım: Ana kriterlerin alt kriterlerinin belirlenmesi. Bu aşamada, alt kriterler firma değerlendirmesini gerçekleştirilen ekip tarafından özenle seçilmelidir.

3.Adım: Alt kriterlerin ağırlık faktörlerinin belirlenmesi. Kriterler karşılaştırılarak önem derecesine göre puanlama yapılır.

4.Adım: Alt kriterler bazında firmaların puanlandırılması. Bu adım yöntemin en önemli ve uzun adımı olup firmalar hakkında çeşitli bilgilere ulaşmayı gerektirir. Bu aşamada firma içi bilgiler yetersiz kalabileceğinden dış kaynaklardan yararlanılmalıdır. En önemli dış kaynaklar, araştırılan firmalar ile daha önce çalışmış veya çalışmakta olan kişi ve kurumlardır.

5.Adım: Kriterler bazında belirlenen ağırlık faktörlerinin puanlar ile çarpılarak ağırlık puanlarının elde edilmesi. Kriterler bazında yapılan işlemler sonucunda ağırlık puanları hesaplanır ve firmaların toplam ağırlık puanı bulunur. Toplam ağırlık faktörünün toplam ağırlık puanına bölünmesi ile firmalar için koordinat bilgisi elde edilir.

6.Adım: Yönlendirici politikalar matrisinin oluşturulması ve değerlendirilmesi. Bu aşamada elde edilen koordinat bilgileri 9x9'luk bir grafiğe yerleştirilir. Firmaların grafikteki konumuna göre değerlendirme yapılır (Dinçer, 1998).

3. UYGULAMA

Bu adımda, pazarlama araştırması sistematik olarak gerçekleştirilerek karar problemi karmaşıklıktan uzak kolay rapor edilebilir bir şekilde sunulmuştur.

1.Adım: Problemin tanımlanması. Bir kimya işletmesinin teknik kimyasal departmanında, mevcut müşterilerden bazılarının üretimi durdurması veya üretime ara vermesi nedeniyle çeşitli ürünlerde stok hareketsizliği yaşanmaktadır. Ürünün stokta bekleme süresi doğrudan işletmenin elde bulundurma maliyetlerini arttırmaktadır. Ürünlerin elden çıkarılması adına farklı sektörlerde yer alan farklı firmalar ile yeni ilişkiler kurulması ve uzun süredir iletişime geçilmeyen eski müşterilerin yeniden değerlendirmeye alınması istenmektedir.

2.Adım: Mevcut durum analizinin yapılması. Stok hareketsizlikleri yaşanan ürünlerin listelenerek nedenlerinin sorgulandığı aşamadır. Sevkiyat ve satış ekibinden yardım alınarak en uzun süre stokta bekleyen 4 ürün sırasıyla; "potasyum hidroksit", "mono etilen glikol", "gliserin" ve "boncuk kostik" olarak belirlenmiştir. Bu 4 ürün arasından hangi ürünün inceleneceğinin belirlenmesi için AHP yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

3.Adım: AHP yönteminin uygulanması. Dört alternatif üç farklı kritere göre değerlendirilmiştir. Kriterler; "stok miktarı", "ürünün rekabet oranı" ve" pazar talep edilirliği" şeklinde belirlenmiştir. Kriterler ve kriterlerin birbirine göre önem dereceleri belirlenirken satış ekibinde yer alan uzman kişilerin görüşleri alınmıştır. Kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması sonucunda oluşturulan karşılaştırma matrisi (A) Tablo 1'de gösterilmektedir:

Tablo 1: İkili Karşılaştırma Matrisi (A)

Kriterler	Stok Miktarı	Rekabet Oranı	Pazar Talep Edilirliği
Stok Miktarı	1	1/5	1/3
Rekabet Oranı	5	1	4
Pazar Talep Edebilirliği	3	1/4	1

A matrisinden yararlanılarak üç kriterin birbiri üzerindeki yüzde önem derecelerini veren W öncelik vektörü Tablo 2'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Tutarlılık Oranı 0,079 bulunarak matrisin tutarlı olduğu saptanmıştır. L karar vektörü ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2: Öncelik Vektörü (W)

$$w = \begin{bmatrix} 0{,}11 \\ 0{,}66 \\ 0{,}23 \end{bmatrix}$$

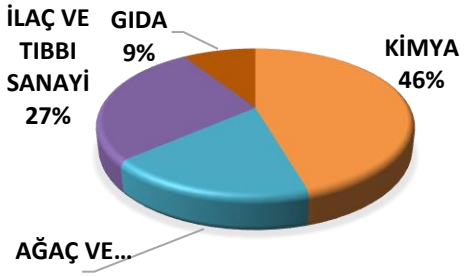
Tablo 3: Karar Vektörü (L)

$$L = \begin{bmatrix} 0{,}44 \\ 0{,}18 \\ 0{,}14 \\ 0{,}24 \end{bmatrix}$$

Karar vektöründe görüldüğü üzere, pazarlama araştırması yapılması gereken öncelikli ürün Potasyum Hidroksit olarak belirlenmiştir.

4.Adım: Önceliği belirlenen ürünün kullanım alanları araştırması. Potasyum Hidroksitin kullanılabilecek olduğu tüm alanların listelenmesi aşamasıdır.

5.Adım: Mevcut satışı olan sektörler ve olası sektörlerin karşılaştırılması. Potasyum hidroksit için işletmenin satış yaptığı sektörler Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Potasyum Hidroksit için Potansiyel Sektörlerin Belirlenmesi

Şekil 1 incelendiğinde gıda sektörünün geliştirilebilir pazar olduğu görülmektedir. Burada izlenebilecek 2 strateji söz konusudur. İlki, gıda sektörüne ağırlık verilmesi ikincisi ise bu 4 sektör dışında yeni bir pazar oluşturulmasıdır. Uzman görüşü ile belirlenen sektörler "kauçuk üretimi", "geri dönüşümlü kâğıt üretimi", "gübre üretimi" ve "akü üretimi" dir.

6.Adım: Potansiyel pazarlar hakkında firma araştırmaları yapılması. Firmalar bölgesel bazda kümelenerek öncelikle işletmenin de içinde bulunduğu Kocaeli ili daha sonra Marmara Bölgesi ve tüm Türkiye olarak kademelendirilmiştir. Araştırmalar yakın çevrelere ağırlık verilerek yapılmıştır. Bu listelerin hazırlanması işletme için firma bilgisi veri tabanını oluşturmaktadır. Listede yer alan tüm

firmalara tanıtım için potasyum hidroksitin vurgulandığı bir elektronik posta gönderilmiştir. Tanıtım postası ile yapılan reklam zaman zaman kullanılan bir yöntemdir. Kullanılan bir diğer yöntem ise listedeki tüm firmalar ile doğrudan sözlü iletişime geçmektir. Ancak firmaları daha hızlı ve doğru şekilde değerlendirmek amacıyla YPM yöntemi uygulanmasına karar verilmiştir.

7.Adım: YPM'nin oluşturulması. YPM oluşturulurken öncelikle matrisin satır ve sütunlarını oluşturacak iki ana kriter "işletmenin gücü" ve "pazar çekiciliği" olarak belirlenmiştir. Ana kriterler, daha detaylı incelenebilmesi için alt kriterler ile ifade edilmiştir. İşletmenin gücü; "göreceli pazar payı", "gerekli karlılık durumu", "kapasite kullanım derecesi", "üretim yeterlikleri" ve "üretim tesisi kalitesi" alt kriterlerine ayrılmıştır. Pazar çekiciliği ise "pazarın büyüme hızı", "pazarın karlılığı", "müşterilerin gücü", "karlılığın değişim derecesi" ve "yenilikçi potansiyeli" alt kriterleri ile ifade edilmiştir. Ana ve alt kriterler çalışmayı gerçekleştiren uzman ekip tarafından belirlenmiştir. Şekil 2'de belirlenen kriterlerin etki derecelerine göre ağırlık faktörleri belirlenmiştir.

YPM, başta Kocaeli ilindeki firmalar olmak üzere tüm firmalara uygulanmış olup metinde 3 firma için hesaplanan değerler örnek olarak verilmiştir.



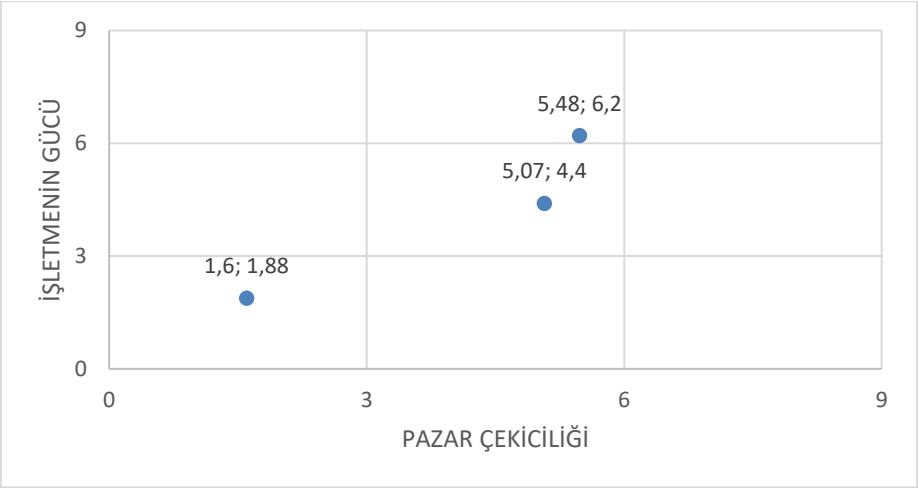
Şekil 2. İşletmenin Gücü ve Pazar Çekiciliği Kriterleri için Puan Değerleme Sistemi

Her firma bu kriterler bazında bir puanlamaya tabi tutulmuştur. Subjektif kriterler değerlendirilirken işletme içi bilgiler ile yetinilmemeli araştırılan firma ile hali hazırda çalışan müşterilerden fikir edinilmelidir. Firmanın web sayfası, yaptığı işler hakkında medyada yer alan haberler, verdikleri reklamlar vb. göz önüne alınmalıdır. Belirlen bu puanlar ile ağırlık faktörünün çarpılması ile ağırlık puanı oluşur. Ağırlık puanları toplam ağırlık faktörüne bölünerek her firma için pazar çekiciliği ve işletme gücü açısından bir değer elde edilir. Şekil 3'te bu değerlerin hesaplama adımları gösterilmiştir. Bu değerler koordinat sistemine yerleştirilerek YPM örnek olarak belirlenen üç firma için Şekil 4'te gösterildiği gibi elde edilir.

PAZAR ÇEKİCİLİĞİ KRİTERİ					
X		Y		Z	
PUAN	AĞIRLIK PUANI	PUAN	AĞIRLIK PUANI	PUAN	AĞIRLIK PUANI
5	35	2	14	6	42
7	63	1	9	2	18
4	16	1	4	8	32
2	4	3	6	5	10
6	30	2	10	7	35
	148		43		137
	148/27=5,48		43/27=1,6		137/27=5,07

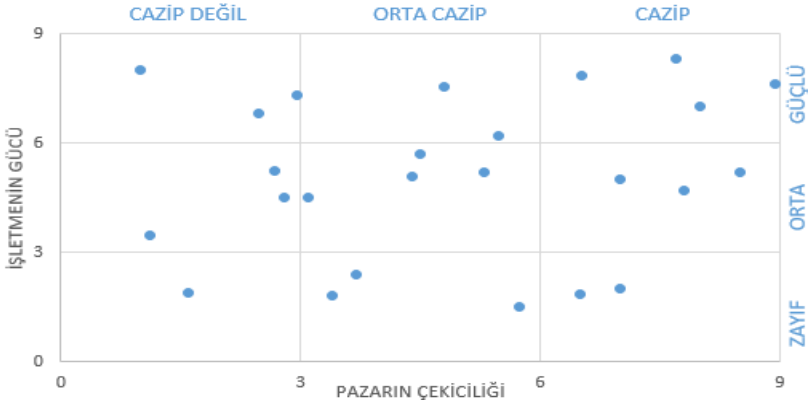
İŞLETMENİN GÜCÜ KRİTERİ					
X		Y		Z	
PUAN	AĞIRLIK PUANI	PUAN	AĞIRLIK PUANI	PUAN	AĞIRLIK PUANI
8	40	3	15	5	25
6	36	1	6	1	6
7	21	2	6	3	9
7	42	2	18	6	54
8	16	1	2	8	16
	155		47		110
	155/25=6,2		47/25=1,88		110/25=4.4

Şekil 3. Pazar Çekiciliği ve İşletmenin Gücü Kriterlerince Firmaların Değerlendirilmesi



Şekil 4. Yönlendirici Politikalar Matrisi

YPM matrisinde sağa ve yukarı gidildikçe firma, iletişime geçme sıralaması bakımından ön plana çıkmaktadır. Firmaların tamamı için bu değerlendirmeler yapılarak matriste yerlerine yerleştirilmiş ve öncelikli firmalar belirlenmiştir. Şekil 4'te verilen örnekte öncelikli firma X (5,48, 6,2) firmasıdır. Şekil 5'te ise araştırmada değerlendirilen firmaların tamamı için YPM matrisi basit olarak gösterilmiştir.



Şekil 5: Tüm Firmalar için Yönlendirici Politikalar Matrisi

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRMELER

Dünyadaki hızlı değişim ve küreselleşme, iş dünyasında yer alan firmalar için çetin bir rekabet ortamının doğmasına neden olmuştur. Günümüzde işletmeler, başarılı olabilmek için mevcut müşterilerini kaybetmemek hatta yeni pazarlar araştırmak mecburiyetindedir. Bu nedenle ürün ve hizmet bakımından rakiplerinden farklı olarak müşterileri için değer yaratabilmeli ve bunu sürdürülebilir hale getirmelidir.

Bu çalışmada, bir kimya işletmesinde stok hareketsizlikleri yaşanan ürünler için sistematik olarak pazarlama araştırması yapılmıştır. Araştırmanın hangi ürün ile başlaması gerektiğini belirlemek amacıyla AHP uygulanmıştır. Kriterler; stok miktarı, ürün fiyatının rekabet oranı ve pazar talep edilebilirliği olarak belirlenmiştir. Seçilen ürün için sektör araştırılması yapılarak ortaya konan sonuçlar mevcut durum ile karşılaştırılmış ve potansiyel sektörler arasında ürünün satışının az olduğu sektörler belirlenmiştir. Bu sektörde faaliyet gösteren firmalar bölgesel bazda bulunarak listelenmiştir. Tüm firmalar arasında hangi firmaların ürün satın alma potansiyellerinin daha yüksek olduğunu saptamak için Yönlendirici Politikalar Matrisi oluşturularak firmalar hakkında sayısal veriler ile bilgi

sahibi olunmaya çalışılmıştır. YPM ile, firma hakkında klasik yöntemler ile edinilen bilgiler sayısal olarak desteklenmiştir. Atılacak olan adımlar için risk derecesi düşürülerek fırsatların öngörülebilirliği arttırılmıştır. Sistematik bir şekilde yapılan bu çalışma işletme için veri tabanı özelliği de göstermektedir. Sonuç olarak, çalışma sonunda belirlenen firmalardan geri dönüş alarak karşılıklı ziyaretler sonucunda ticari ilişkiler başarılı bir şekilde kurulmuştur.

KAYNAKLAR

ÇİKLER, Y. (2008), Emlak Sektöründe Pazarlama Planının Değerlendirilmesi ve Alternatif Pazar Araştırması Sistematiği Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DİNÇER, Ö. (1998). *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

DÜNDAR, S. (2008), Ders Seçiminde Analitik Hiyerarşi Proses Uygulaması, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 13(2), 217-226.

TOKOL, T. (2010), *Pazarlama Araştırması*. Bursa: Dora Yayın Dağıtım.

DIRECT-METHANOL OXIDATION ON CARBON NITRIDE NANOTUBES MODIFIED GLASSY CARBON ELECTRODE

Canan Onac[1*], Mehmet Lütfi Yola[2], Necip Atar[3], Ahmet Kaya[1]

[*1] Pamukkale University, Faculty of Science and Art, Department of Chemistry, Denizli, Turkey
[2] Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Biomedical Engineering, Hatay,Turkey
[3] Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Chemistry Engineering, Denizli, Turkey
conac@pau.edu.tr

Abstract

In this report, a novel carbon nitride nanotubes (C_3N_4 NTs) modified glassy carbon electrode (GCE) was presented for methanol oxidation. Graphitic carbon nitride (g-C_3N_4), the most stable allotrope of carbon nitride materials in ambient environment, has recently attracted great attention. The g-C_3N_4 has a layered structure involving weak van der waals interaction between the adjacent C-N layers. Therefore, inspired by the research of graphene, much work has been conducted for the achievement of the ultra-thin g-C_3N_4 (utg-C_3N_4) nanosheets for catalytic studies. The developed surfaces were characterized using scanning electron microscope (SEM) and x-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The C_3N_4 NTs modified GCE also exhibited a higher peak current for methanol oxidation than those of comparable ultra-thin g-C_3N_4 modified GCE.

Keywords: Carbon nitride nanotubes, Characterization, Direct Fuel Cell

1. INTRODUCTION

A methanol fuel cell wherein a positive electrode and a negative electrode are disposed in contact with a solid film which exhibits a hydrogen ion-and/or hydronium ion-conductivity. Fuel cells have been attracting more and more attention in recent decades due to high-energy demands, fossil fuel depletions, and environmental pollution throughout world (Akyıldırım et al., 2016, Yola et al., 2016).

Graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) is one of the most stable carbon nitride materials. It has layered structure. There are van der waals interactions between C-N layers. Like graphene/graphene oxide, it is utilized for various nanotechnology applications such as photocatalysis or biosensing. Especially, carbon nitride nanotubes can increase electron transfer and reduce mass transfer resistance due to the active sites (Atar et al., 2016, Eren et al., 2015).

In the present report, the preparation and characterization of nanocomposites such as g-C_3N_4, utg-C_3N_4 and C_3N_4 NTs were performed. After that, glassy carbon electrode (GCE) surfaces were modified with these nanomaterials by using infrared heat lamp. The developed surfaces were characterized by cyclic voltammetry (CV) and chronoamperometry (CA) measurements.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

All chemicals that used in the experiments were reagent grade and were used as received following; melamine (Sigma-Aldrich, USA), ethanol (Sigma-Aldrich, USA), isopropyl alcohol (IPA, Sigma-Aldrich, USA), methanol (Merck, Germany), HPLC grade acetonitrile (MeCN, Sigma-Aldrich, USA), perchloric acid ($HClO_4$, Sigma-Aldrich, USA), and other chemicals were reagent grade quality and were used as received. The ultra-pure water with resistance of 18.3 MU cm (Human Power 1+ Scholar purification system) was used in the experiments of aqueous media.

2.2. Instrumentation

All electrochemical experiments (EIS, CV and CA) were performed using out IviumStat (U.S) equipped with C3 cell stand. Argon gas was passed through the solutions during experiments for about 10 min. PHI 5000 Versa Probe (Φ ULVAC-PHI, Inc., Japan/USA) was utilized for XPS analysis with monochromatized Al Kα radiation (1486.6 eV) as an x-ray anode operated at 50 W. ZEISS EVO 50 SEM (GERMANY) analytic microscopies were utilized for the characterization of nanocomposites.

2.3. Synthesis of utg-C_3N_4 and C_3N_4 NTs

The utg-$C_3N_4$and C_3N_4 NTs were prepared according to our previous report (Yola et al., 2016).

2.4. Procedure for the electrode preparation

GCE was cleaned according to our previous reports (Yola et al., 2015). After that, the catalyst inks were prepared by dispersing 1 mg of catalyst into 1 mL of ethanol via 20 min agitation. 15 µL of catalyst suspensions were dropped onto the clean GCE surfaces. Then, the solvent was evaporated by an infrared lamp.

2.5. Electrochemical measurements

Electrocatalytic oxidation of 0.5 mol L^{-1} methanol on bare GCE, g-C_3N_4/GCE, utg-C_3N_4/GCE and C_3N_4 NTs/GCE was performed in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ by CV between -0.5 and +1.5 V. The Ag/AgCl and Pt wire electrodes were utilized as reference and counter electrode, respectively.

3. RESULTS

3.1. Characterization of nanomaterial

Fig. 1A demonstrates the bulk structure of graphitic carbon nitride. After the ultrasonication, the ultra-thin graphitic carbon nitride (utg-C_3N_4) was successfully formed (Fig. 1B). After the hydrothermal treatment of ultra-thin graphitic carbon nitride at 150°C, the formation of tubular carbon nitride occurred. Fig. 1C confirms the carbon nitride nanotubes.

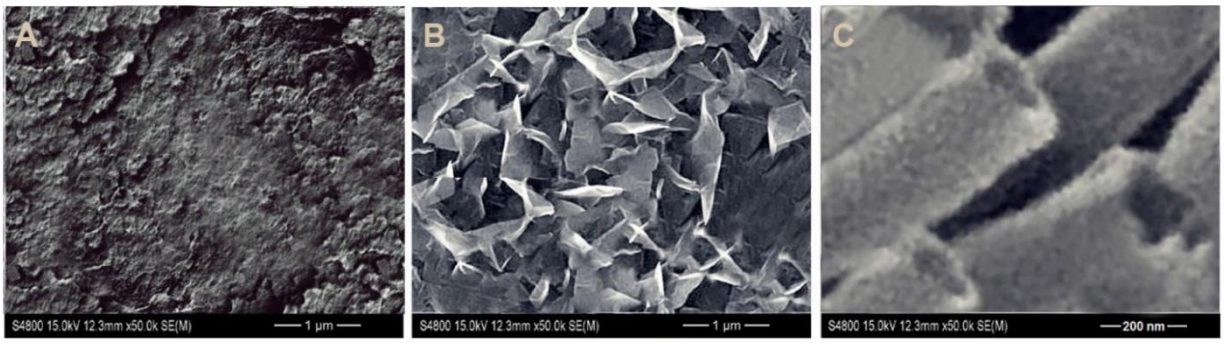


Figure 1. SEM images of (A) g-C_3N_4; (B) utg-C_3N_4 nanolayers; (C) carbon nitride nanotubes

To verify the chemical transformation from melamine to carbon nitride, the high-resolution C_{1s} and N_{1s} spectra of C_3N_4 NTs were measured, as shown in Fig. 2. In the case of C_{1s} spectrum (Fig. 2A), two distinct peaks occur at the binding energies of 287.94 and 284.83 eV, respectively. The C_{1s} peak centered 287.94 eV is assigned to the carbon atom bonded to three nitrogen atoms in the C_3N_4 NTs, whereas the 284.83 eV peak corresponds to C-C bond. The N_{1s} spectrum (Fig. 2B) can be well

deconvoluted into three different peaks at binding energies of 400.08, 399.14 and 398.27eV, respectively (Sun et al., 2004).

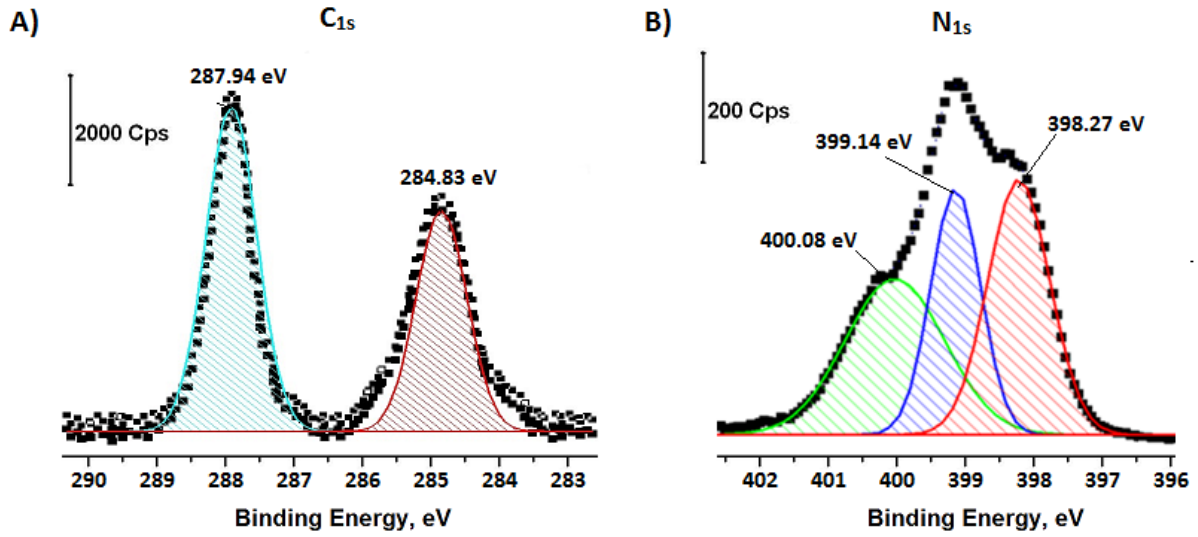


Figure 2. The narrow region XPS spectra of C_3N_4 NTs for the deconvolution spectra of the C1s and N1s

3.2. Electrochemical Performances of g-C_3N_4/GCE, utg-C_3N_4/GCE and C_3N_4 NTs/GCE

The chronoamperometry measurements were carried out to investigate the electrochemical performances of the prepared electrodes at 0.6 V in the presence of methanol. As shown in Fig. 3, all electrodes present current decay before steady current status is attained. The decay is possibly attributed to the fact that once the methanol oxidation reaction begins, some incomplete oxidation products adsorb on the catalyst surface and poison it towards further methanol oxidation, which can also been observed in other studies. In the steady-state region, the current density of methanol oxidation on the C_3N_4 NTs/GCE is highest than that of methanol oxidation on the other electrodes. This indicates that the C_3N_4 NTs is a stable and poisoning-tolerance electrocatalyst for methanol oxidation.

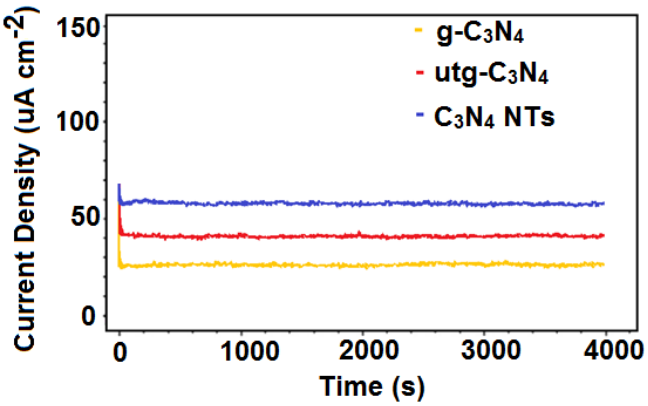


Figure 3. Chronoamperometry results of 0.5 mol L^{-1} methanol in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ at g-C_3N_4/GCE, utg-C_3N_4/GCE and C_3N_4 NTs/GCE

4. CONCLUSION

In this report, carbon nitride nanotubes modified glassy carbon surfaces were prepared for methanol oxidation. The developed nanomaterials were successfully characterized by XPS and SEM. According to the results, the current density of methanol oxidation on the C_3N_4 NTs/GCE is highest than that of methanol oxidation on the other electrodes. Especially, the C_3N_4 NTs/GCE catalyst provides promising electrode and superior CO tolerance.

REFERENCES

Akyıldırım O, Yüksek H, Saral H, Ermiş İ, Eren T, Yola ML, 2016. Platinum nanoparticles supported on nitrogen and sulfur-doped reduced graphene oxide nanomaterial as highly active electrocatalysts for methanol oxidation. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 27, 8559-8566.

Atar N, Yola ML, Eren T, 2016. Sensitive determination of citrinin based on molecular imprinted electrochemical sensor. Applied Surface Science, 362, 315.

Eren T, Atar N, Yola ML, Karimi-Maleh H, Çolak A.T, Olgun A, 2015. Facile and green fabrication of silver nanoparticles on a polyoxometalate for Li-ion battery. Ionics, 21, 2193.

Sun X, Dong S and Wang E, 2004. One-Step Preparation and Characterization of Poly(propyleneimine) Dendrimer-Protected Silver Nanoclusters. Macromolecules 37(19) 7105–7108.

Yola ML, Eren T, Atar N, Saral H, Ermiş İ, 2016. Direct-methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-metallic and Bi-metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation. Electroanalysis, 28, 570-579.

Yola ML, Eren T, Atar N, 2015. A sensitive molecular imprinted electrochemical sensor based on gold nanoparticles decorated graphene oxide: Application to selective determination of tyrosine in milk. Sensors and Actuators B: Chemical 210:149-157.

HİBRİT PANEL İLE OTONOM ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Prof. Dr. Ali Öztürk
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
aliozturk@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. Beytullah Bozali
Düzce Üniversitesi/Düzce Meslek Yüksekokulu/Elektrik ve Enerji Bölümü
beytullahbozali@duzce.edu.tr

Fatih Keser
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
fatih.keser.38@gmail.com

Abdullah Küçüker
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
abdullahkucukerr@gmail.com

Hacı Nebi Mencik
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
hacinebimencik@gmail.com

Hurşit Taşcı
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
hursittasciii@gmail.com

Özet

Güneş panellerinde verimi olumsuz etkileyen önemli faktörlerden biriside sıcaklıktır. Verim düşümünü önlemek için sıvı soğutma ya da hava ile soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. Hava ile yapılan soğutmanın dezavantajları olduğu için sıvı ile soğutmak daha avantajlıdır. Prototipimi oluştururken panelleri sıvı ile soğutma yöntemi tercih edilmiştir. Panel verimi sıvı soğutma ile dengelenirken, ısınan sıvıyı ise farklı şekillerde kullanılarak verimi artırıldı. Prototipte ısınan sıvıyı serayı ısıtmak için kullanarak örnek bir çalışma yapıldı. Tek sistem üzerinden hem elektrik hem de ısı enerjisi sağlanırken sistemin verimliliği artmış ve fotovoltaik sistemin daha stabil çalışmasını sağlanmıştır. Çalışmamızda sistem kontrolünü arduino tabanlı yazılım kullanılmıştır. Panelden üretilen anlık elektrik verileri ve prototipte bulunan sensörler yardımıyla lcd ekran üzerinden gözlemlenerek kontrol sağlanmıştır. Panellerden üretilen elektrik enerjisi ilk aşamada akülerde depolanarak, enerji daha sonra kullanılabilir şekle gelmiştir. Akülerde depolanamayan fazla enerjiyi ise sera prototipine entegre edilen, sulama depolarına su pompalama yaparak enerjinin daha verimli kullanılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sera, hibrit panel, uzaktan kontol, güneş paneli, enerji verimliliği.

HYBRID PANEL WITH AUTONOMOUS ENERGY EFFICIENCY

Abstract

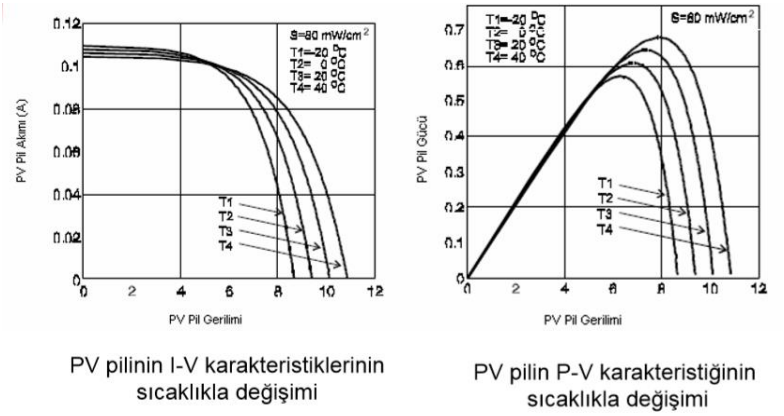
Some materials could make a negative effect on Solar Panels, such as Temperature. Temperature is very important and also it could make a negative effect on the Solar Panel. In such a way that, our aim was to learn Solar Panel ’s productivity while high temperature. As a result, we learned some information for Solar Panel’s productivity which are liquid cooling and air cooling. We can use liquid cooling and air cooling to preventing Solar Panel’s productivity, If Temperature makes a negative

effect on Solar Panels. Liquid Cooling has advantages, but Air Cooling has disadvantages. So, we should use Liquid Cooling rather than Air Cooling. When we made our prototype, we used Liquid Cooling. We provide the liquid through the channels behind the panel on our Solar Panel Prototype. When the panel productivity is balance with liquid cooling, the heated liquid can be evaluated in different ways. We can use the heated liquid for warm and plant watering in some places, such as at Home and in the Greenhouse. We used the heated liquid on our Solar Panel Prototype for warming to our Greenhouse. When providing both electricity and heat energy through a single system, the efficiency of the system has increased and we can aim at the more stable operation of the photovoltaic system. Firstly, when we electrical energy generated in panels, it to be stored in the battery. After that, Electrical Energy has become available. The energy that cannot be stored in the batteries is used more efficiently by pumping water into irrigation tanks integrated into the sera prototype. We can take system control with Arduino Software. We can also take control of Solar Panel Prototype with the sensor. When we electrical energy generated in panels and the sensor which in panels can take control of LCD Display. Furthermore, we are also able to control the sensor data through the mobile application.

Keywords: Greenhouse, Hybrid Panel, Remote Control, Solar Panel, Cooling, Heating

1. GİRİŞ

Artan nüfusun ve gelişen sanayinin enerji gereksinimi hızla artmakta, bu enerji gereksinimi mevcut kısıtlı kaynaklarla karşılanamamaktadır (Kandilli ve ark. ,2013). Enerji, gelişen dünyanın ve hayatımızın vazgeçilmezi haline gelmiştir. Tüketmekte olduğumuz enerjinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlar, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Enerji üretiminin yüksek maliyetlere ulaşması verimli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Fotovoltaik (PV) sistemlerde elektriğin yanı sıra ısı enerjisinin de kullanmayı amaçlayan PVT sistemleri üzerinde 1970'lerden bu yana çalışılmaktadır. Bu sistemlerde PV ve ısıl sistemlerin beraber kullanılması temeline dayanmaktadır Literatürde, PVT sistemlerin tasarımı, termodinamik analizi ve performanslarının değerlendirilmesi üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Tripanagnostopoulos, 2017) (Hendrie, 1979). Bu çalışmanın amacı PV panellerde verimi olumsuz etkileyen sıcaklığın etkisini azaltmaktır. Sıcaklık etkisini tasarlanan PV-T sistem ile azaltarak verim artışı hedeflenmiştir. Tasarlanan bu sistem ile eş zamanlı olarak elektrik ve ısı enerjisi üretilmiştir. PV-T sistemden elde edilen ısı enerjisini konut ve işyerlerinde ısınma ya da sıcak su olarak kullanılabilir (Duran, 2014).



PV pilinin I-V karakteristiklerinin sıcaklıkla değişimi

PV pilin P-V karakteristiğinin sıcaklıkla değişimi

Şekil 1. Çalışma Sıcaklığının PV paneline etkisi grafikleri (Kıncay ve ark. , 2019).

PV-T sistemler 3 farklı şekilde olabilir;

1.Sıvı tip düz PV/T kolektörler : Bu tip PV/T sistemlerde, su veya kullanılan akışkan toplayıcı plaka içerisinde dolaştırılarak ısıyı toplar. Sıcak su talebi olması durumunda bu tip bir sistemin kullanılması avantajdır.

2.Hava tipi düz - PV/T kolektörler : Hava tipi düz PV/T kolektörlerde, toplayıcıda sıvı akışkan yerine hava dolaştırılarak havanın ısıtılması sağlanır. Bu tip kolektörler ısıtılmış havaya ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılmalıdır
3.Konsantre PV/T kolektörleri: Konsantre PV/T kolektörlerinde güneş ışınları toplanarak PV/T modülünün bulunduğu merkezi bir noktaya yansıtılır (Koç ve Başaran, 2019).
Bu çalışmada Sıvı tip düz PV-T kollektör sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem, sıcak su ihtiyacı olması durumunda tercih edilen bir sistemdir. Sistem kurulumu yapılacak alanın düz bir yapıya sahip olması önemlidir. Sistemden elde edilen sıcaklık su, sıcak su tanklarında depolanır. Depolamanın dezavantajı kış aylarında donma, uzun vadede sızıntı ve sis kanallarında kireçlenmedir. Sıvı tip PV-T Sistemlerde elektriksel verim daha yüksektir. Bunun en önemlisi sebebi ise PV-T sistemlerde ısı kayıplarının fazla olmasıdır.

Yapılan çalışmada üretilen elektrik ve ısı enerjisi tasarlanan sera prototipinde kullanılmıştır. Projedeki sera prototipinde bir bitkinin yetişmesi için gerekli optimum koşullar sensör ağı ile kontrol edilmektedir. sensör ağını kullanarak gerçek zamanlı ölçüm yapabilen, verileri saklayabilen, aldığı verilere göre yetiştirilecek ürün için uygun koşulları sağlayan, bu verileri kullanıcının gözlemine sunan, kullanıcaya müdahale yetkisi veren bir sistem oluşturulmuştur. Sensör ağının kontrolünü prototipteki kumanda panosundan manuel olarak ve uzaktan mobil uygulama ile kontrol edilebilmektedir.

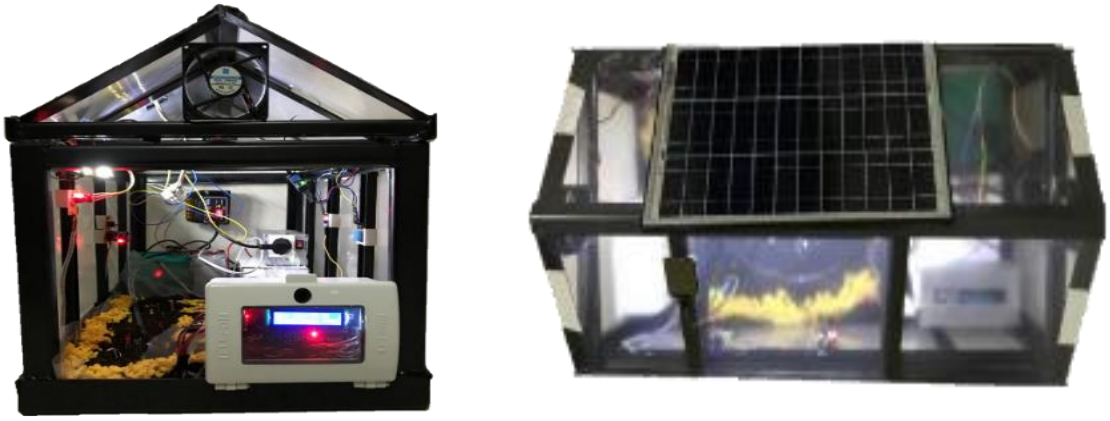
2. MATERYAL VE METOD

Projenin prototipinde polikristal güneş paneli, invertör, akü şarj kontrol cihazı, akü, arduino uno, arduino mega, arduino lcd ekran, toprak nem sensörü, su seviye sensörü, gaz sensörü, sıcaklık-nem sensörü, yağmur sensörü, ldr, dalgıç su pompası, motor sürücü devresi, fan ve aydınlatma ledi kullanıldı. Sistemde bulunan polikristal güneş panelini; sıcak su(ısı) ve elektrik enerjisi üreten hibrit panel çalışma prensibine uyarlandı. Kullanılan polikristal güneş panelinin arka bölümüne soğutma boruları yerleştirilerek panel hibrit panele çevrilmiş olundu. Böylece hibrit panele çevrilen yeni panel ile sıcaklığı düşürerek panelin soğutulması sağladı. PV-T Sistemlerde panel soğutulması sağlanırken ısı enerjisi elde edilir. PV panelin arkasına bakır boru ve fonksiyonel olarak derecelendirilmiş malzemenin (FDM) kullanıldığı yeni bir tip PVT tasarlamışlar, geliştirdikleri PVT tasarımını hem laboratuvar ortamında deneysel olarak, hem de sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile modellemişler ve bulguları karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri simülasyon sonuçları ile deney sonuçlarının uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır. (Yang ve ark. ,2012). PV Modülün soğutulması için panel arkasında kullanılacak olan malzemenin türü olarak bakır seçilmiştir (Kandilli, 2017).

Tablo 1. Bazı maddelerin elektrik iletkenliği ve ısı iletkenliği (İnternet, 2019).

Metal	Elektriksel İletkenliği (mega – Siemens/m)	Isı İletkenliği (W /Mk)
Gümüş (Ag)	63	406
Bakır (Cu)	59	385
Altın (Au)	43	314
Alüminyum (Al)	36	205

Bu sistemde ısı verimliliğini optimum seviyede elde etmek için sıvı kanallarının türü önemlidir. Maddelerin türü elektrik iletkenliği ve ısı iletkenliği baz alınarak incelendiğinde en verimli malzeme gümüştür. Sırasıyla bakır, altın, alüminyum gelmektedir. Maliyet olarak gümüş ve altın pahalı olduğundan tercih sebebi değildir. Bu nedenle maliyet ve verimlilik esas alınarak bakır tercih edilmesi uygundur. Projede PV-T sistemden gelen sıcak su, ortam ısıtması için tasarlanan sisteme giriş yapar. Enerji aktarımı yapan su ise soğuk su tankında depolanır. Depolanan su tekrardan panel arkasına



Şekil 2. Prototipinin genel görüntüsü

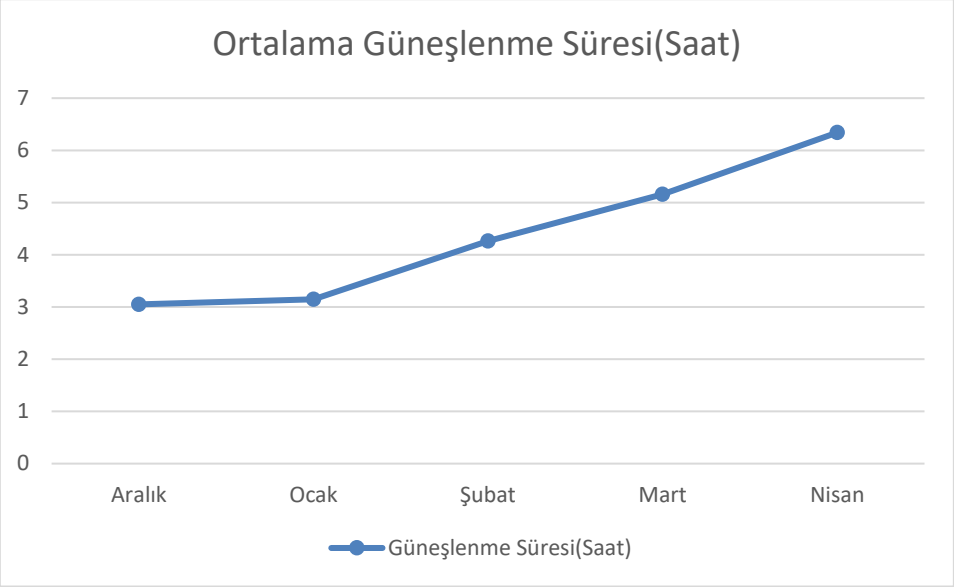
gönderilerek sirkülasyon sağlanır. Bu şekilde bir sistem kurulmasının sebebi şebekeden devamlı çekilen suyun kireçlenmeye sebep olacak ve daha sonraki sirkülasyonlarda aynı su kullanılacağı için tekrar kireçlenmeye sebep olmayacaktır. Böylece verimin arttırılması sağlanmıştır.

Güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisi ise şarj kontrol cihazı ile aküye depolandı. Depolanan enerji invertör yardımıyla 220V AC'ye çevrildi. Dönüştürülen bu enerji ile seranın elektrik ihtiyacı karşılandı. Böylece şebekeden bağımsız bir sistem kurularak enerji verimliliği sağlandı. Işık şiddeti sensörü ldr ile panel üzerine düşen ışık şiddeti ölçüldü. Ölçülen verileri arduino uno üzerinden seri port ekranına yazdırıldı. Ayrıca tasarladığımız ldr kartı ile ışık şiddetini anlık olarak düşük ve yüksek ışık seviyesi olarak led'ler üzerinden gözlemlendi. Sera sisteminin otomasyonunu yapmak için 7 adet sensör, 1 adet lcd ekran, 1 adet dalgıç pompa, 1 adet motor sürücü, fan ve aydınlatma led ile sistemin otomasyon kısmı tamamlandı. Kullandığımız yağmur sensörü ile havanın yağış durumunu kontrol edildi. Yağmur durumuna göre sera çatısı açılıp kapatılabilir şekilde tasarlandı. Çatısı açılabilen seralarda yetiştirilecek ürünlerin yağış durumundan zarar görmemesi için önlem alınması kolaylaştırıldı. Sıcaklık-nem sensörü seranın sıcaklık ve nem oranının ideal seviyede tutulması için ölçüm verisi elde ediliyor. Çatıya yerleştirilen fanlar ile sıcaklık-nem oranının optimum düzeyde tutulması sağlandı. Toprak nem sensörü ile toprağın nem durumunu takip edildi. Bu sensörden alınan veriler bitkilerin doğru aralıklarla sulanması imkanını sağladı. Sulama sistemi kullanılan motor sürücü ve dalgıç pompa yardımıyla yapıldı. Motor sürücü, toprak nem sensöründen gelen verilere göre dalgıç pompayı çalıştırarak sulama işi gerçekleştirilir. Böylece bitkilerin doğru zamanda sulanmasını sağlıyor. Su seviye sensörü ile seranın deposundaki bulunan suyun seviyesini kontrol edildi. Su seviyesi düşük ise sulama yapılmayacağını ve teknik sorun olamaması için motor çalışmayacağını kullanıcıya iletildi. Genel olarak ise sıcaklık-nem sensörü, yağmur sensörü, su seviye sensörü ve toprak nem sensöründen alınan veriler lcd ekran üzerinden bilgilendirme sağlandı. Böylelikle kullanıcıya gerekli bilgiler verildi. Gaz sensörü ile ortamın karbondioksit miktarını ölçerek sera içindeki karbondioksit miktarının yükselmesi durumunda tasarlanılan bildirim sistemi ile erken uyarı bilgisi verildi.

Sistem kontrolünü arduino tabanlı yazılım ile sağlandı. Panelden üretilen anlık elektrik verileri lcd ekran üzerinden izlenildi. Alternatif olarak mobil uygulama üzerinden veri kontrolü yapıldı. Bu proje ile güneş panelinin verimini olumsuz yönde etkileyen sıcaklığı ortadan kaldırıldı ve verimli elektrik enerjisi elde edildi. Sera otomasyonu ile bitkiler için uygun yetiştirme koşullarını sağlayan kontrol edilebilir bir sistem oluşturuldu. Oluşturulan sistem ile kullanıcıya gerekli bilgiler verilerek kolaylık sağlandı.

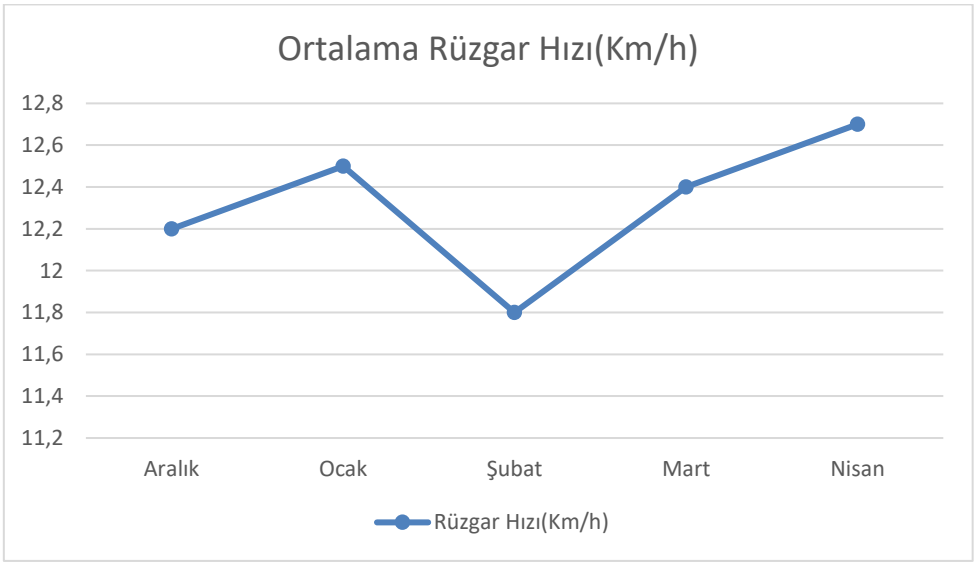
3. SONUÇ

Yapılan prototip deney çalışmalarında prototip üzerine sabitlenen PV/T sistem Düzce ili Konuralp bölgesi referans alınarak konum değiştirilmeden, 5 aylık üretilen enerji rüzgar hızı, güneşlenme süresi dikkate alınarak yapılan ölçümler yorumlanmıştır.



Şekil 3. Ortalama güneşlenme süresi (Saat)

Şekil 3'te Güneşlenme süresi Aralık, Nisan aralığındaki ortalama saat verisi grafikte verilmiştir. Ocak ayından itibaren güneşlenme süresi yaklaşık olarak doğrusal bir artış göstermiştir. Güneşlenme süresindeki artış elektrik üretimindeki artışı doğrudan etkilemiştir.



Şekil 4. Ortalama rüzgar hızı (Km/h)

Şekil 4'te Rüzgar hızı 5 aylık periyotta incelediğinde 12 km/h hızıyla etkili olmuştur. Rüzgarın olması elektrik enerjisi üretimini olumlu etkiler iken, sıcak sıvı üretimini olumsuz etkilemiştir. Kış aylarında PV/T sistemden elde edilmesi planlanan sıcak sıvı ile ısıtma karşılanamamıştır. Bu durum dezavantaj doğurmuştur.

Sıvı ile yapılan soğutma kış aylarında prototip üzerinde beklenen verimi sağlayamamıştır. Düzce bölgesinde yapılan seracılıkta sistemin beklentiyi karşılayamadığı öngörülmüştür. Akdeniz ve Ege bölgesinde yapılan seracılık faaliyetlerinde sistem veriminin artacağı ve uygulanabilirliği öngörülmektedir. Düzce ilinde ise PV/T sistem ısınma amaçlı değil, kullanılabilir sıcak su olarak tercih edilebilir.

4. TARTIŞMA

Projemizde kullandığımız Sıvı tip düz- PV/T kolektör yerine hava tipi düz PV/T kolektörler kullanılmıştır. Sıvı tip düz PV-T kolektöre göre maliyetleri daha düşüktür ve sızıntı durumunda donma kaynama veya sistemin zarar görmesi gibi bir risk olmadığından daha avantajlıdır. Ancak, hava tipi PV/T kolektörlerinin, sıvı tip PV/T kolektöre kıyasla daha düşük termal performansa sahip olması gibi bazı büyük dezavantajları vardır. Sirkülasyon akışkanı düşük ısı kapasitesine sahip olduğundan, daha düşük ısı transferine sahiptir. Dolayısıyla düşük hacimli uygulamalar için uygun değildir ve kurulumunda estetik açıdan hoş olmayan daha büyük hacimli borulara ihtiyaç duyulur. Yapılan projede öncelik büyük PV/T sistemleri yapmak değil, günlük hayatta kullanılabilen herkesin ulaşabileceği bir sistem oluşturmaktır.

KAYNAKLAR

DURAN, F. (2014), PV/T hibrit sistemlerin termodinamik ve performans analizi, 03 Mayıs 2019, http://tez.sdu.edu.tr/Tezler/TF02586.pdf.

http://diyot.net/metallerin-iletkenlik-ve-diger-ozellikleri/, 03 Mayıs 2019 .

Hendrie, S.D. (1979), 'Evaluation of combined Photovoltaic/Thermal collectors. In: Proceedings of International Conference ISES', Atlanta, Georgia, USA, May 28 – June 1, vol. 3, pp. 1865–1869.

KANDİLLİ, C. (2017), Faz değiştiren malzemelerle bütünleştiren fotovoltaik termal sistemlerin (PVT) termodinamik ve İekonomik performansının incelenmesi, 03 Nisan 2019, http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2017/05/2017-086.pdf .

KANDİLLİ, C. Ve KÜLAHLI, G. ve SAVCI, G. (2013), Fotovoltaik Termal (PVT) Sistem 2D termodinamik modellemesi ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılması, 03 Mayıs 2019, http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/09/2013-83.pdf.

KINCAY, O. ve BEKİROĞLU, N. ve YUMURTACI, Z. (2019), Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller), 20 Nisan 2019 tarihinde http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/gunespilleri1bolum.pdf.

KOÇ, İ. ve BAŞARAN, K. (2019), PV/T tabanlı bir sistemde MATLAB/Simulink kullanılarak yapılan performans analizi, 23 Nisan 2019, Tarihinde http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive.

Tripanagnostopoulos, Y. (2017) , 'Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems', Solar Energy 81 1117–1131.

Yang DJ, Yuan Z.F., Lee P.H., Yin H.M. (2012), 'Simulation and experimental validation of heat transfer in a novel hybrid solar panel', Heat and Mass Transfer 55 1076-1082.

DEVELOPMENT OF PALLADİUM NANOPARTİCLES ON 2-THİOLBENZİMİDAZOLE FUNCTİONALİZED GRAPHENE OXİDE FOR METHANOL OXİDATİON

Necip Atar[1*] , Canan Onac[2*], Mehmet Lütfi Yola[3], Ahmet Kaya[2]

[*1] Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Chemistry Engineering, Denizli, Turkey

[2] Pamukkale University, Faculty of Science and Art, Department of Chemistry, Denizli, Turkey

[3] Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Biomedical Engineering, Hatay,Turkey

necipatar@gmail.com

Abstract

In this study, an electrocatalyst based on 2-thiolbenzimidazole (TBI) functionalized graphene oxide (GO) with palladium nanoparticles (PdNPs) was synthesized. The successful synthesis of nanomaterials and the prepared glassy carbon electrode (GCE) surfaces were confirmed by transmission electron microscope and x-ray photo electron spectroscopy. The effective surface areas of TBIGO/GCE and PdNPs/TBIGO/GCE, were calculated to be 287 cm^2/mg and 861 cm^2/mg, respectively. According to the results, the electrochemical surface area of the PdNPs/TBIGO is 3.0 times higher than that of TBIGO.

Keywords: Graphene oxide, Palladium nanoparticles, Fuel Cell

1. INTRODUCTION

Fuel cells can generate energy from various fuels and they have been important method in terms of electricity production. Especially, direct-methanol fuel cells (DMFCs) are proton-exchange fuel cell in which methanol is used as the fuel. Their important advantages are the simplicity of transport of methanol. Methanol as fuel has several advantages such as transport and storage (Akyıldırım et al., 2016, Yola et al., 2016).

Especially, various nanomaterials and nanoparticles can been used for the development of energy, sensor and catalytic effect. In addition, significant progress has been performed in the production of carbon-supported catalysts for fuel cells with suitable cost. Nevertheless, there are some important problems such as low catalytic performance for methanol and ethanol oxidation. Hence, in order to increase this performance, the novel nanomaterials such as graphene/graphene oxide and carbon nanotubes become very significant (Atar et al., 2016, Eren et al., 2015).

In the present report, the preparation and characterization of nanocomposites such as TBIGO, and PdNPs/TBIGO were performed. After that, GCE surfaces were modified with these nanomaterials by using infrared heat lamp. The developed surfaces were characterized by cyclic voltammetry (CV) and chronoamperometry (CA) measurements. After the characterizations of the glassy carbon surfaces, these catalysts were investigated their effects in fuel cell applications.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

All chemicals that used in the experiments were reagent grade and were used as received following; graphite powder (Merck, Germany), 2-thiolbenzimidazole (Merck, Germany), sodium tetrachloropalladate (Na_2PdCl_4, Merck, Germany), sulfuric acid (H_2SO_4, Merck, Germany), potassium persulfate ($K_2S_2O_8$, Merck, Germany), phosphorus pentoxide (P_2O_5, Merck, Germany), potassium permanganate ($KMnO_4$, Merck, Germany), hydrogen peroxide (H_2O_2, Merck, Germany), ethanol (Merck, Germany), N-(3-dimethylaminopropyl)-N-ethylcarbodiimidehydrochloride (EDC, Sigma-

Aldrich, USA), ethanol (Sigma-Aldrich, USA), isopropyl alcohol (IPA, Sigma-Aldrich, USA), methanol (Merck, Germany), HPLC grade acetonitrile (MeCN, Sigma-Aldrich, USA), $NaBH_4$ (Merck, Germany), perchloric acid ($HClO_4$, Sigma-Aldrich, USA), and other chemicals were reagent grade quality and were used as received. The ultra-pure water with resistance of 18.3 MU cm (Human Power 1+ Scholar purification system) was used in the experiments of aqueous media.

2.2 Instrumentation

All electrochemical experiments (CV and CA) were performed using out IviumStat (U.S) equipped with C3 cell stand. Argon gas was passed through the solutions during experiments for about 10 min. JEOL 2100 transmission electron microscope (TEM) (JEOL Ltd., Tokyo, Japan). X-ray photo electron spectroscopy (XPS) analysis were performed on a PHI 5000 Versa Probe (F ULVAC-PHI, Inc., Japan/USA) model with monochromatized Al Ka radiation (1486.6 eV) as an X-ray anode operated at 50 W.

2.3 Synthesis of GO and TBIGO

Graphene oxide was synthesized according to our previous report (Yola et al., 2016). To carry out the surface activation of carboxylate groups of GO, the GO suspension was interacted with 0.2 M EDC solution for 8 h. Activated GO suspension was mixed well with 1.0 mM TBI at a 1:1 volume ratio for 2 h (TBIGO).

2.4 Synthesis of PdNPs and Pd NPs/TBIGO

PdNPs were prepared by mixing 250 μL of 0.1 M Na_2PdCl_4 solution with 20 mg $NaBH_4$ solution (Yang et. all 2016). To prepare PdNPs/TBIGO nanocomposites, each of 1 mg mL^{-1} PdNPs solution was dispersed homogenously in ultre-pure water were mixed with 0.1 mg mL^{-1} of TBIGO with volume ratio of 1:1. After that the mixtures were kept in ultra-sonicated bath for 15 mins. Finally, the PdNPs/TBIGO nanocomposite was kept under room temperature.

2.5. Procedure for the electrode preparation

GCE was cleaned according to our previous reports (Yola et. all 2015). After that, the catalyst ink was prepared by dispersing 1 mg of catalyst (PdNPs/TBIGO) into 1 mL of ethanol via 20 min agitation. 15 μL of TBIGO and PdNPs/TBIGO suspensions were dropped onto the clean GCE surfaces. Then, the solvent was evaporated by an infrared lamp.

2.6 Electrochemical measurements

Electrocatalytic oxidation of 0.5 mol L^{-1} methanol on bare GCE, TBIGO/GCE and PdNPs/TBIGO/GCE was performed in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ by CV between -0.5 and +1.5 V. The Ag/AgCl and Pt wire electrodes were utilized as reference and counter electrode, respectively.

3. RESULTS

3.1 Characterization of nanomaterial

Fig. 1 shows the TEM image of the PdNPs/TBIGO nanocomposite which clearly demonstrates that dark PdNPs are well dispersed and attached on the sidewall of the TBIGO. The average particle sizes of the PdNPs are very similar and the average lengths of the nanoparticles are 15-20 nm.

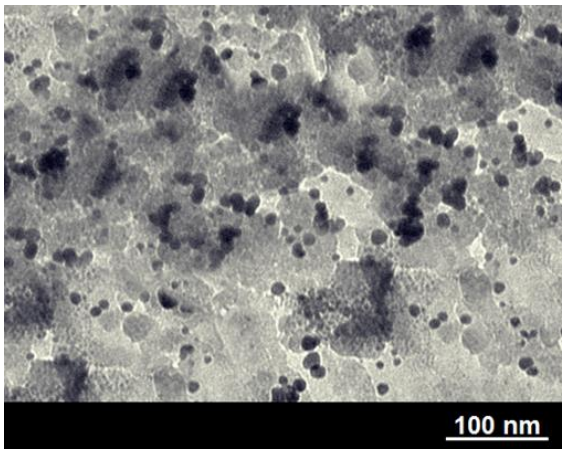


Figure 1. TEM image of PdNPs/TBIGO

Fig. 2 shows the XPS spectrum of PdNPs/TBIGO nanocomposites. As seen in Fig. 2, C1s, N1s, S2p peaks (Fig. 2A), and Pd3d peaks of PdNPs/TBIGO (Fig. 2B) confirmed that TBIGO sheets were functionalized with PdNPs. As seen in Fig. 2A, the peaks at 284.3, 285.2 and 287.5 eV are related to C=C and C-N and C=O, respectively. The peak at 398.2 eV in the N1s narrow region XPS spectrum is corresponded to C-N groups in the covalent attachment of the carboxyl group of the GO with the amino group of TBI. The peak at 400.8 eV is corresponded to the N-H group in unreacted TBI molecules. The peak at 162.4 eV shows that the sulfur atom of the nanocomposite was grafted to the nanoparticles. The peak at 163.3 eV can be assigned to free mercapto group in unreacted TBI (Atar et. All 2015). The signals of doublet 3d3/2 and 3d5/2 of Pd3d at 340.1 and 335.6 eV, respectively, indicated the presence of PdNPs on PdNPs/TBIGO (Fig. 2B).

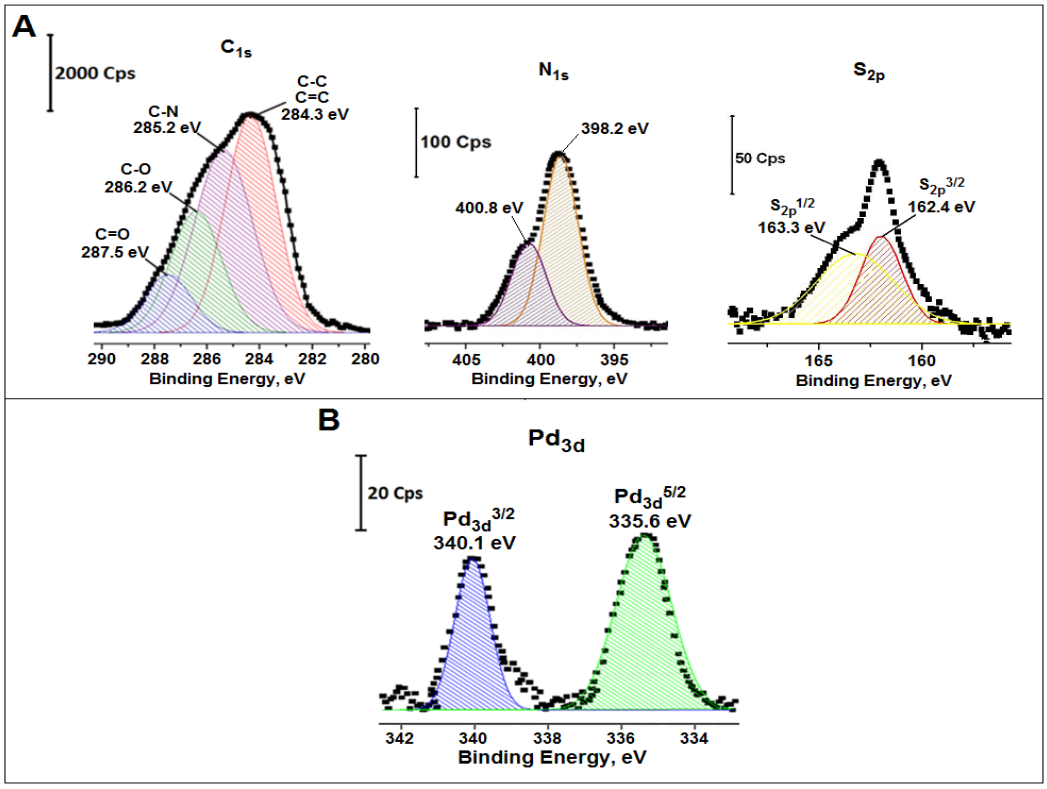


Figure 2. The narrow region XPS spectra of (A) C1s, N1s and S2p of TBIGO, (B) Pd3d of PdNPs/TBIGO

3.2 Electrochemical Performances of PdNPs/TBIGO/GCE and TBIGO/GCE

The effective surface areas (ESA) of different modified electrodes was obtained by CV with 1.0 mM $[Fe(CN)_6]^{3-}$ solution containing 0.1 M KCl as a probe at different scan rates according to the equation: $ip = 2.69\times10^5\ A\ n^{3/2}\ D^{1/2}\ C\ v^{1/2}$, where ip refers to the peak current and A is the electrode area (cm^2). For 1.0 mM $[Fe(CN)_6]^{3-}$, n = 1, $D = 7.6\times10^{-6}\ cm^2\ s^{-1}$ (0.1 M KCl), C is the concentration of $[Fe(CN)_6]^{3-}$, v is the scan rate. The ESA of TBIGO/GCE and PdNPs/TBIGO/GCE were calculated from the slope of the ip versus $v^{1/2}$ plot to be 287 cm^2/mg and 861 cm^2/mg, respectively.

The electrocatalytic activities of the modified electrodes were also evaluated for 0.5 M methanol by CV in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ at 50 mV s^{-1}. In the case of the PdNPs/TBIGO/GCE, a current peak of 12.5±0.07 A cm^{-2} was observed during a forward anodic scan (If) at a potential of 0.83 V, while the reverse scan (Ib) showed a current peak of 7.35±0.04 A cm^{-2} at 0.65 V. The forward peak of PdNPs/TBIGO/GCE was 2.91 times higher than that of TBIGO/GCE, respectively. The efficiencies of the PdNPs/TBIGO/GCE and TBIGO/GCE on methanol oxidation were given in Table 1.

Table 1. Comparison of methanol oxidation on modified electrodes in this study (Scan rate: 50 mV s^{-1})

Electrode	If (A cm^{-2})	E (V)	Ib (A cm^{-2})	E (V)	If/Ib
PdNPs/TBIGO/GCE	12.5±0.07	0.83	7.35±0.04	0.65	1.70
TBIGO/GCE	4.3±0.06	0.95	3.3±0.02	0.78	1.30

The chronoamperometry measurements were carried out to investigate the electrochemical performances of the prepared electrodes at 0.6 V in the presence of methanol. As shown in Fig. 3, all electrodes present current decay before steady current status is attained. The decay is possibly attributed to the fact that once the methanol oxidation reaction begins, some incomplete oxidation products adsorb on the catalyst surface and poison it towards further methanol oxidation, which can also been observed in other studies (Tong et. all 2015, Atar et. all 2015). In the steady-state region, the current density of methanol oxidation on the PdNPs/TBIGO/GCE is highest than that of methanol oxidation on the other electrodes. This indicates that the PdNPs/TBIGO/GCE is a stable and poisoning-tolerance electrocatalyst for methanol oxidation.

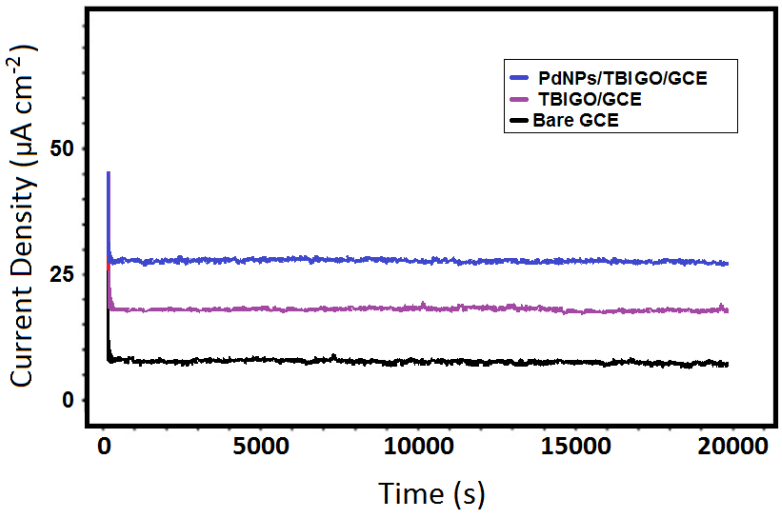


Figure 3. Chronoamperometry results of 0.5 mol L^{-1} methanol in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ at bare GCE; TBIGO/GCE and PdNPs/TBGO/GCE at 0.6 V for 20000s

4. CONCLUSION

The catalysts based on nanocomposite were successfully prepared and modified on GCE surfaces in the present study. According to the results of CA and CV, the prepared nanocomposites based showed catalytic activity towards methanol as the fuel. Especially, the PdNPs/TBIGO catalyst provides an opportunity to prepare a promising electrode with a large active surface area of 861 cm^2/mg, high electro-oxidative activity and superior CO tolerance than the TBIGO catalysts.

REFERENCES

Yang G, Zhou Y, Pan H-B, Zhu C, Fu S, Wai CM, Du D, Zhu J-J, Lin Y, 2016. Ultrasonic-assisted synthesis of Pd-Pt/carbon nanotubes nanocomposites for enhanced electro-oxidation of ethanol and methanol in alkaline medium. Ultrasonics Sonochemistry 28:192-198.

Atar N, Eren T, Yola ML, Karimi-Maleh H, Demirdogen B, 2015. Magnetic iron oxide and iron oxide@gold nanoparticle anchored nitrogen and sulfur-functionalized reduced graphene oxide electrocatalyst for methanol oxidation. RSC Advances 5 (33):26402-26409.

Tong YY, Gu CD, Zhang JL, Huang ML, Tang H, Wang XL, Tu JP, 2015. Three-dimensional astrocyte-network Ni–P–O compound with superior electrocatalytic activity and stability for methanol oxidation in alkaline environments. Journal of Materials Chemistry A 3 (8):4669-4678.

Atar N, Eren T, Demirdögen B, Yola ML, Çağlayan MO, 2015. Silver, gold, and silver@ gold nanoparticle-anchored l-cysteine-functionalized reduced graphene oxide as electrocatalyst for methanol oxidation. Ionics 21 (8):2285-2293

Akyıldırım O, Yüksek H, Saral H, Ermiş İ, Eren T, Yola ML, 2016. Platinum nanoparticles supported on nitrogen and sulfur-doped reduced graphene oxide nanomaterial as highly active electrocatalysts for methanol oxidation. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 27, 8559-8566.

Atar N, Yola ML, Eren T, 2016. Sensitive determination of citrinin based on molecular imprinted electrochemical sensor. Applied Surface Science, 362, 315.

Eren T, Atar N, Yola ML, Karimi-Maleh H, Çolak A.T, Olgun A, 2015. Facile and green fabrication of silver nanoparticles on a polyoxometalate for Li-ion battery. Ionics, 21, 2193.

Sun X, Dong S and Wang E, 2004. One-Step Preparation and Characterization of Poly(propyleneimine) Dendrimer-Protected Silver Nanoclusters. Macromolecules 37(19) 7105–7108.

Yola ML, Eren T, Atar N, Saral H, Ermiş İ, 2016. Direct-methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-metallic and Bi-metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation. Electroanalysis, 28, 570-579.

Yola ML, Eren T, Atar N, 2015. A sensitive molecular imprinted electrochemical sensor based on gold nanoparticles decorated graphene oxide: Application to selective determination of tyrosine in milk. Sensors and Actuators B: Chemical 210:149-157.

POLYOXOMETALATE-FUNCTIONALIZED GRAPHENE QUANTUM DOTS WITH MONO-METALLIC NANOPARTİCLES IN DIRECT METHANOL FUEL CELLS

Necip Atar[1*] , Canan Onac[2*], Mehmet Lütfi Yola[3], Ahmet Kaya[2]

[*1] Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Chemistry Engineering, Denizli, Turkey

[2] Pamukkale University, Faculty of Science and Art, Department of Chemistry, Denizli, Turkey

[3] Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Biomedical Engineering, Hatay,Turkey

necipatar@gmail.com

Abstract

A facile and cost-effective catalysts have been developed on polyoxometalate (POM) functionalized graphene quantum dots (GQDs) with several mono-metallic nanoparticles such as platinum nanoparticles (PtNPs) and palladium nanoparticles (PdNPs). The successful synthesis of nanomaterials and the prepared glassy carbon electrode (GCE) surfaces were confirmed by transmission electron microscope (TEM) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). According to TEM images, the average particle sizes of PtNPs and PdNPs were found to be approximately 15-20 nm. The PtNPs / POM / GQDs also exhibited a higher peak current for methanol oxidation than those of comparable PdNPs / POM / GQDs, thus providing evidence for its higher electro-catalytic activity.

Keywords: Polyoxometalate, Graphene quantum dots, Fuel Cell

1. INTRODUCTION

A fuel cell is an electrochemical cell that converts a source fuel into an electrical current. It generates electricity inside a cell through reactions between a fuel and an oxidant, triggered in the presence of an electrolyte. Fuel cells have been attracting more and more attention in recent decades due to high-energy demands, fossil fuel depletions, and environmental pollution throughout world (Akyıldırım et al., 2016, Yola et al., 2016).

Recently, graphene/graphene oxide has been considered as ‘‘rising star” carbon material because of its unique properties, including superior mechanical strength, low density and high heat conductance. Graphene sheets, which are smaller than 100 nm, are called as GQDs. The quantum confinement and edge effects of GQDs lead to various electronic, optoelectronic properties, large surface area and high conductivity. In addition, GQDs, consisting of a single atomic layer of nano-sized graphite, have the excellent performances such as large diameter and better surface grafting using π-π conjugation and surface groups (Atar et al., 2016, Eren et al., 2015).

Polyoxometalates (POMs) are highly redox-active molecular components with great potential for electrochemical energy storage and sensors. Because POMs are a class of anionic metal oxides based on high-valent transition metals, the structure and reactivity of POMs can be tuned over a wide range.

In the present report, the preparation and characterization of nanocomposites such as GQDs, POM/GQDs, PdNPs/POM/GQDs and PtNPs/POM/GQDs were firstly performed. After that, glassy carbon electrode (GCE) surfaces were modified with these nanomaterials by using infrared heat lamp. The developed surfaces were characterized by chronoamperometry (CA) measurements.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

All chemicals that used in the experiments were reagent grade and were used as received following; $H_3PW_{12}O_{40}$ (POM, Merck, Germany), graphite powder (Merck, Germany), 2-thiolbenzimidazole (Merck, Germany), sodium tetrachloropalladate (Na_2PdCl_4, Merck, Germany), chloroplatinic acid (H_2PtCl_6, Merck, Germany), sulfuric acid (H_2SO_4, Merck, Germany), potassium persulfate ($K_2S_2O_8$, Merck, Germany), phosphorus pentoxide (P_2O_5, Merck, Germany), potassium permanganate ($KMnO_4$, Merck, Germany), hydrogen peroxide (H_2O_2, Merck, Germany), ethanol (Merck, Germany), N-(3-dimethylaminopropyl)-N-ethylcarbodiimidehydrochloride (EDC, Sigma-Aldrich, USA), ethanol (Sigma-Aldrich, USA), isopropyl alcohol (IPA, Sigma-Aldrich, USA), methanol (Merck, Germany), HPLC grade acetonitrile (MeCN, Sigma-Aldrich, USA), $NaBH_4$ (Merck, Germany), perchloric acid ($HClO_4$, Sigma-Aldrich, USA), and other chemicals were reagent grade quality and were used as received. The ultra-pure water with resistance of 18.3 MU cm (Human Power 1+ Scholar purification system) was used in the experiments of aqueous media.

2.2 Instrumentation

All electrochemical experiments (EIS, CV and CA) were performed using out IviumStat (U.S) equipped with C3 cell stand. Argon gas was passed through the solutions during experiments for about 10 min. JEOL 2100 transmission electron microscope (TEM) (JEOL Ltd., Tokyo, Japan).

2.3 Synthesis of GQDs, POM/GQDs, PdNPs/POM/GQDs and PtNPs/POM/GQDs

Graphene oxide was synthesized according to our previous report (Yola et al., 2016). Micrometer-sized graphene sheets were gained by thermal deoxidization of graphene oxide sheets in a tube furnace at 300 ^{0}C for 2 h. After that, 0.1 g of graphene sheets were oxidized in a solution of concentrated H_2SO_4 (20 mL) and HNO_3 (35 mL) for 15 h. The oxidized graphene sheets were diluted. The resulting black suspension was filtered with microporous membrane and GQDs were obtained. The POM (1 mL, 1.0 mM) was reduced by using a ultra-violet light source. The GQDs suspension was well mixed with the reduced POM at a 1:1 volume ratio for 2 h (POM/GQDs).

H_2PtCl_6 solution (1.0 mM) was added to the POM/GQDs solution (0.4 mg mL^{-1}) at a 1:1 volume ratio in a quartz bottle. The solution was sonicated to form a homogeneous suspension. The prepared solution was stirred under the UV light for 40 min. Finally, 20 µL of PtNPs/POM/GQDs (0.4 mg mL^{-1}) was dropped on the GCE and then the modified electrode (PtNPs/POM/GQDs/GCE) was dried under an infrared heat lamp.

Na_2PdCl_4 (0.1 M) solution with 20 mg $NaBH_4$ solution was added to the POM/GQDs solution (0.4 mg mL^{-1}) at a 1:1 volume ratio in a quartz bottle. The prepared solution was stirred under the UV light for 40 min. Finally, 20 µL of PdNPs/POM/GQDs (0.4 mg mL^{-1}) was dropped and then the modified electrode (PdNPs/POM/GQDs/GCE) was dried under an infrared heat lamp.

2.4. Procedure for the electrode preparation

GCE was cleaned according to our previous reports (Yola et. all 2015). After that, the catalyst inks were prepared by dispersing 1 mg of catalyst into 1 mL of ethanol via 20 min agitation. 15 µL of catalyst suspensions were dropped onto the clean GCE surfaces. Then, the solvent was evaporated by an infrared lamp.

2.5 Electrochemical measurements

Electrocatalytic oxidation of 0.5 mol L^{-1} methanol on bare GCE, POM/GQDs/GCE, PdNPs/POM/GQDs/GCE and PtNPs/POM/GQDs/GCE was performed in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ by CV

between -0.5 and +1.5 V. The Ag/AgCl and Pt wire electrodes were utilized as reference and counter electrode, respectively.

3. RESULTS

3.1 Characterization of nanomaterial

Fig. 1 shows the TEM image of PtNPs/POM/GQDs and PdNPs/POM/GQDs nanocomposites which clearly demonstrates that dark PtNPs and PdNPs are well dispersed and attached on the layered structure of POM/GQDs. The average particle sizes of the PtNPs and PdNPs are very similar and the average lengths of the nanoparticles are 15-25 nm.

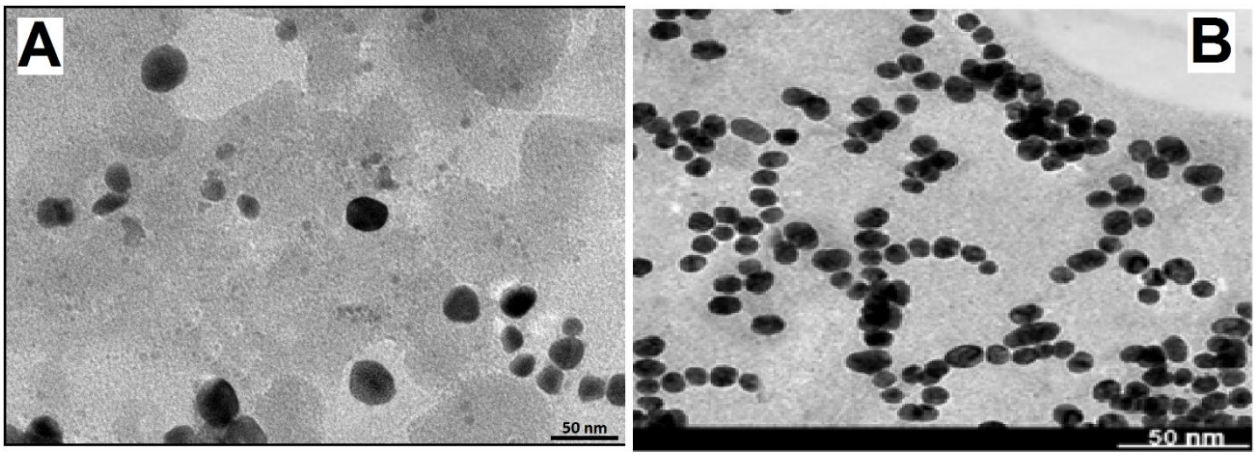


Figure 1. TEM image of (A) PtNPs/POM/GQDs and (B) PdNPs/POM/GQDs

EIS is an effective method for probing the features of surface modified electrodes. It is capable of giving useful information about defects/holes exist on the modified surfaces, the kinetics and mechanism of the film formation processes and surface coverage.

Fig. 2 shows the impedance plot (Nyquist diagram) of bare GCE, GQDs/GCE, POM/GQDs/GCE, PdNPs/POM/GQDs/GCE and PtNPs/POM/GQDs/GCE. In addition, the inset of Fig. 2 shows the experimental data that are fitted to standard Randles equivalent circuits for PtNPs/POM/GQDs/GCE surface analysis, which comprizes the solution resistance (Rs), the charge transfer resistance (Rct) and the constant phase element (CPE).

The experimental impedance values are matched with Randles equivalent circuit simulation using Gamry software (EIS 300 Electrochemical Impedance Spectroscopy Software). The EIS graph (Fig. 2) demonstrated that the value of charge transfer resistance (Rct) of bare GCE was calculated as 260 ohm for $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$ redox couple solution. When the bare GCE was modified with GQDs, the value of Rct was lower. Because of the lower value, we can say that the GQDs facilitated the rate of electron transfer between surface and solution.

When GQDs nanocomposite was modified with POM, the value of Rct of POM/GQDs/GCE were lower than that of GQDs/GCE. According to the lower values of Rct, POM/GQDs facilitated the rate of electron transfer in comparison to only GQDs film. The values of Rct of PtNPs/POM/GQDs/GCE and PdNPs/POM/GQDs/GCE were obtained as 130 ohm and 170 ohm.

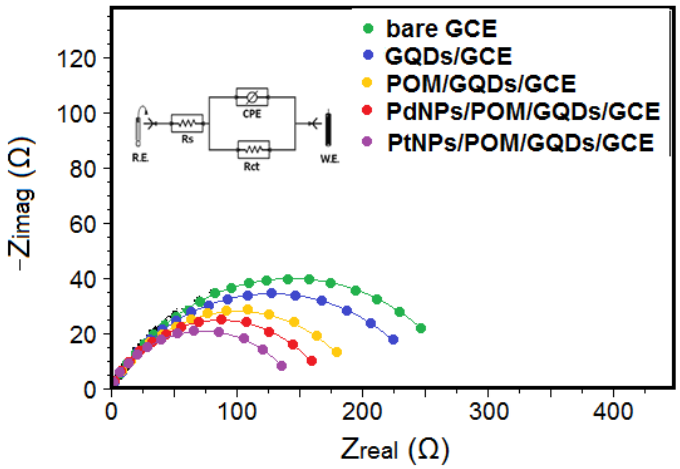


Figure 2. Fitting of impedance spectrum for 1.0 mM $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$ (1:1) in 0.1 M KCl at bare GCE,GQDs/GCE, POM/GQDs/GCE, PdNPs/POM/GQDs/GCE and PtNPs/POM/GQDs/GCE: Inset is the Randles equivalent circuit for PtNPs/POM/GQDs/GCE. Dotted curve is the experimental Nyquist plot while the solid one is Nyquist plot for the Randles equivalent circuit. Frequency range is 100000 – 0.1 Hz with 10 mV wave amplitude at a formal potential of 0.165 V. RE stands for reference electrode and WE for working electrode.

3.2 Electrochemical Performances of POM/GQDs/GCE, PdNPs/POM/GQDs/GCE and PtNPs/POM/GQDs/GCE

The chronoamperometry measurements were carried out to investigate the electrochemical performances of the prepared electrodes at 0.6 V in the presence of methanol. As shown in Fig. 3, all electrodes present current decay before steady current status is attained.

The decay is possibly attributed to the fact that once the methanol oxidation reaction begins, some incomplete oxidation products adsorb on the catalyst surface and poison it towards further methanol oxidation, which can also been observed in other studies. In the steady-state region, the current density of methanol oxidation on the PtNPs/POM/GQDs is highest than that of methanol oxidation on the other electrodes. This indicates that the PtNPs/POM/GQDs is a stable and poisoning-tolerance electrocatalyst for methanol oxidation (Tong et. all 2015, Atar et. all 2015).

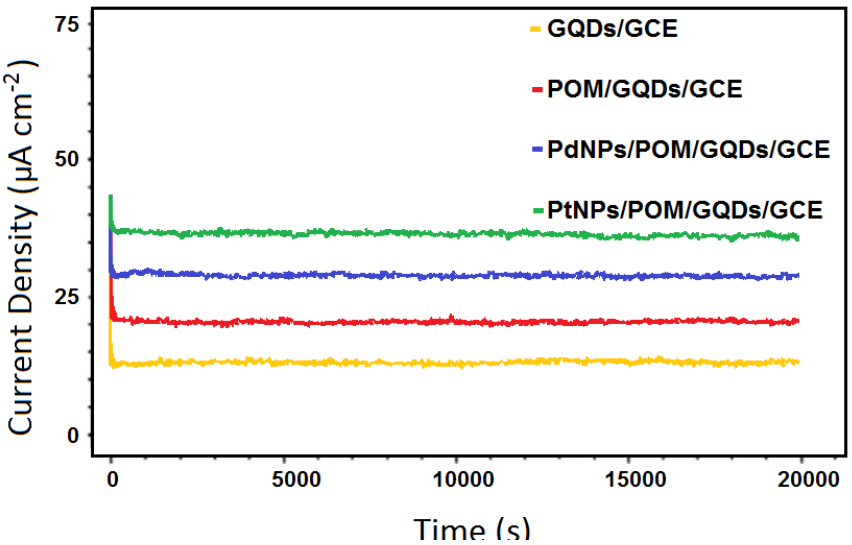


Figure 3. Chronoamperometry results of 0.5 mol L^{-1} methanol in 0.1 mol L^{-1} $HClO_4$ at GQDs/GCE, POM/GQDs/GCE, PdNPs/POM/GQDs/GCE and PtNPs/POM/GQDs/GCE

4. CONCLUSION

A new and cost-effective catalysts based on polyoxometalate functionalized graphene quantum dots with several mono-metallic were developed for the production of a working electrode that can be utilized in methanol fuel cell. The catalysts were successfully prepared and modified on GCE surfaces in the present study. According to the results of EIS, the prepared nanocomposites based on PtNPs showed catalytic activity towards methanol as the fuel. Especially, the PtNPs/POM/GQDs catalyst provides an opportunity to prepare a promising electrode with high electro-oxidative activity and superior CO tolerance.

REFERENCES

Yang G, Zhou Y, Pan H-B, Zhu C, Fu S, Wai CM, Du D, Zhu J-J, Lin Y, 2016. Ultrasonic-assisted synthesis of Pd-Pt/carbon nanotubes nanocomposites for enhanced electro-oxidation of ethanol and methanol in alkaline medium. Ultrasonics Sonochemistry 28:192-198.

Atar N, Eren T, Yola ML, Karimi-Maleh H, Demirdogen B, 2015. Magnetic iron oxide and iron oxide@gold nanoparticle anchored nitrogen and sulfur-functionalized reduced graphene oxide electrocatalyst for methanol oxidation. RSC Advances 5 (33):26402-26409.

Tong YY, Gu CD, Zhang JL, Huang ML, Tang H, Wang XL, Tu JP, 2015. Three-dimensional astrocyte-network Ni–P–O compound with superior electrocatalytic activity and stability for methanol oxidation in alkaline environments. Journal of Materials Chemistry A 3 (8):4669-4678.

Atar N, Eren T, Demirdögen B, Yola ML, Çağlayan MO, 2015. Silver, gold, and silver@ gold nanoparticle-anchored l-cysteine-functionalized reduced graphene oxide as electrocatalyst for methanol oxidation. Ionics 21 (8):2285-2293

Akyıldırım O, Yüksek H, Saral H, Ermiş İ, Eren T, Yola ML, 2016. Platinum nanoparticles supported on nitrogen and sulfur-doped reduced graphene oxide nanomaterial as highly active electrocatalysts for methanol oxidation. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 27, 8559-8566.

Atar N, Yola ML, Eren T, 2016. Sensitive determination of citrinin based on molecular imprinted electrochemical sensor. Applied Surface Science, 362, 315.

Eren T, Atar N, Yola ML, Karimi-Maleh H, Çolak A.T, Olgun A, 2015. Facile and green fabrication of silver nanoparticles on a polyoxometalate for Li-ion battery. Ionics, 21, 2193.

Sun X, Dong S and Wang E, 2004. One-Step Preparation and Characterization of Poly(propyleneimine) Dendrimer-Protected Silver Nanoclusters. Macromolecules 37(19) 7105–7108.

Yola ML, Eren T, Atar N, Saral H, Ermiş İ, 2016. Direct-methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-metallic and Bi-metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation. Electroanalysis, 28, 570-579.

Yola ML, Eren T, Atar N, 2015. A sensitive molecular imprinted electrochemical sensor based on gold nanoparticles decorated graphene oxide: Application to selective determination of tyrosine in milk. Sensors and Actuators B: Chemical 210:149-157.

TİG KAYNAĞINDA AKIM TÜRÜ VE KAYNAK PARAMETRELERİNİN ISIDAN ETKİLENEN BÖLGEYE ETKİSİ VE TAHRİBATSIZ MUAYENESİ

Sergen DİK
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
sergendik1@gmail.com

Prof. Dr. Muzaffer ZEREN
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
zeren@kocaeli.edu.tr

Özet
TIG kaynağı demir esaslı ve demir dışı 0,4 mm-5 mm arası kalınlığa sahip malzemelerin kaynağında avantajlı bir yöntemdir. Günümüzde darbeli akım üreten kaynak makinelerinin gelişmesiyle ince malzemeler daha kontrollü kaynak yapılabilmektedir. Bu çalışmada inşaat ve makine imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan 1,5 mm kalınlığındaki S 235 çelik levhalar yatay pozisyonda kaynak ağzı açılmadan SG2 ilave tel kullanılarak doğru akım (negatif) ve farklı ilave tel çapları ile darbeli akımda kaynak edilerek akım türü ve kaynak parametrelerinin ısı tesiri altındaki bölgeye ve kaynak nüfuziyetine etkisi incelenmiştir. Tahribatsız muayene yöntemlerinden görsel, radyografik ve manyetik parçacık muayene yöntemleri kullanılarak kaynak dikişindeki süreksizlikler tespit edilip ilgili kabul standartlarına göre değerlendirilmiştir. Ayrıca mikro dağlama yapılarak ısı tesiri altındaki bölgenin genişliği ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: TIG kaynağı, Darbeli akım, Tahribatsız muayene, Isıdan etkilenen bölge

THE EFFECT OF WELDING PARAMETERS AND CURRENT TYPE ON HEAT AFFECTED ZONE IN TIG WELDING AND NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION

Abstract
TIG welding is an advantageous method for welding iron-based and non-ferrous materials with a thickness of 0.4 mm-5 mm. With the development of pulsed-current welding machines, fine materials can be welded more controlled. In this study, S 235 steel plates, which are widely used in the construction and machinery manufacturing sector, are welded in pulsed current with direct current (negative) and different additional wire diameters by using SG2 additional wire in horizontal position without opening the welding groove . Then, the effect of current type and welding parameters on the heat affected zone and weld penetration were analyzed. From non-destructive testing methods visual, radiographic and magnetic particle inspection methods were used to determine the discontinuities in welding seam and evaluated according to the relevant acceptance standards. In addition, width of heat affected zone with micro etching were measured.

Keywords: TIG welding, Pulsed current, Non-destructive testing, Heat affected zone

1.GİRİŞ

Metal malzemelerin kaynağı, ısı, basınç ya da ikisini birden kullanılarak, çoğunlukla kaynak edilecek metalik malzeme ile aynı ya da çok yakın sıcaklıkta ergiyebilen ilave metal kullanarak veya kullanmadan yapılan, ana malzemenin ergimesi esasına dayanan birleştirme veya dolgu işlemidir.[1] Kaynak işlemi, imalat ve montaj süreçlerinde önemli bir birleştirme yöntemidir. Kaynağın gelişmesinde özellikle savaş yıllarında birbirlerine üstünlük kurmak isteyen ülkeler metallerin kaynağı konularında ciddi araştırma ve uygulamalar yapmışlardır. Ancak metal kaynaklarında asıl gelişme ikinci dünya savaşı döneminde savaş gemileri üzerinde olmuştur.[1]

S 235 yapı çeliği makine imalat ve inşaat sektöründe oldukça yaygın bir biçimde kullanılan kaynak kabiliyeti oldukça iyi bir malzeme türüdür.[3] Genellikle 3 mm'den daha küçük kalınlığa sahip malzemelerin kaynağında diğer ergitme kaynaklarına göre daha düşük ısı girdisiyle kaynak imkanı sağladığından, kaynak banyosu daha kolay kontrol edildiğinden ve daha az hataya rastlandığından Tungsten İnert Gaz (TIG) yöntemi kullanılmaktadır. TIG kaynağında kaynak için gerekli ısı enerjisi bir tungsten elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark tarafından sağlanır ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir nozuldan gönderilen asal gaz tarafından korunmaktadır.[4]

Bir kaynaklı bağlantıda kaynak bölgesi; ergime sınırından kaynak dolgu metali içerisine doğru uzanan ve döküm yapısını andıran dentritik bölgeden ve kaynak esnasında oluşan ısının etkisiyle tanelerin kabalaştığı ITAB'dan (Isı Tesiri Altındaki Bölge) oluşmaktadır.[7] Kaynak bölgesinin yapısını akım türü ve kaynağın gerçekleştirildiği kaynak hızı, akım, ilave tel çapı, gerilim gibi parametreler etkilemektedir. TIG kaynağında son zamanlarda gelişen darbeli akım teknolojisi ile özellikle ince levhalarda daha düşük ısı girdisiyle kaynak yapma imkanı doğmuştur. Yüksek ve düşük akım değerleri, bu değerlerin süresi ve darbe frekansından oluşan darbeli akım parametreleri, arkın kararlılığını, kaynak kalitesini, kaynak dikişi görünümünü ve kaynak dikiş geometrisini önemli ölçüde etkilemektedir.[6]

Kaynaklı imalat süreçlerinde kaynak yönteminin yanında istenen kaliteyi sağlamak ve güvence altına almak için tahribatsız muayene yöntemleri de çok büyük bir öneme sahiptir. Özellikle kalite kontrol ile tahribatsız muayene yöntemleri birbirini tamamlayan imalat süreçlerini oluşturur. Tahribatsız muayene, bir malzeme veya ürüne zarar vermeden veya kullanımını etkilemeksizin, malzeme özellikleri hakkında bilgi veren malzeme test yöntemlerini tanımlamak için kullanıl maktadır.[9]
Bu çalışmada TIG kaynak yönteminde farklı akım türü ve parametreleri kullanarak kaynak edilen düşük karbonlu S235JR çelik plakalarda akım türü ve parametrelerinin kaynak dikişi formuna etkisinin görsel muayene ile belirlenmesi ve oluşabilecek hacimsel süreksizliklerin radyografik muayene ile tespiti incelenmiştir. Ayrıca darbe parametrelerinin etkisini incelemek amacıyla kaynaklı bağlantılarının mikroyapı çalışmaları yapılarak ITAB genişlikleri ölçülmüştür.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada 1.5 mm kalınlığındaki kimyasal bileşimi tablo 1'de verilen hadde mamulü ticari S 235 çelik levhalar aşağıda tablo 2'de gösterildiği gibi farklı akım türlerinde (DC negatif ve Darbeli Akım) ve darbeli akımda farklı kalınlıktaki ilave tel kullanılarak kaynak TIG kaynak yöntemiyle kaynak edilmiştir. Çalışmada ilave tel olarak Kaynak işlemlerinde, kimyasal bileşimi ana metale yakın olmasından dolayı AWS A5. 18 standardına göre 1.2 ve 2.4 çapında ER70 S-6 (SG 2) kaynak teli kullanılmıştır. Aşağıda tablo 3'te ilave kaynak telinin tedarikçi firma tarafından verilen kimyasal özellikleri verilmektedir. S 235 çeliği kaynatılırken bu çeliğe ve akım türüne uygun olarak AWS A5.12 standardına uygun olarak 2.4 mm çaplı gri uçlu seryum alaşımlı (EWCe-2) tungsten elektrod kullanılmıştır. Birleştirilecek çelik parçalar 200x15 mm ebatlarında kesildikten sonra yüzeyleri taşlanmıştır. Levhalar kaynak ağzı açılmadan ve kök aralığı bırakılmadan altı noktadan uygun sıralama ile alın alına puntalanmıştır. Kaynak işlemi manuel olarak GeKaMac Power TIG 3000 AC/DC marka invertör tipi kaynak makinası ile alın alına oluk pozisyonunda (PA) tek pasoda gerçekleştirilmiştir ve birleştirilen parçalar açık havada soğumaya bırakılmıştır. Kaynaklar %100 saf Argon koruyucu gaz atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Torç ucunda gazı homojen yönlendirmesi amacıyla 6 numaralı nozul kullanılmıştır.

Tablo 1. S235 Çeliğinin Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Bileşim %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Al
S 235	0,0752	0,0396	0,207	0,0635	0,0247	0,0829	0,215	0,0574	0,0353

Tablo 2. TIG Kaynak Parametreleri

Numune	1	2	3	4	5	6
Elektrod Çapı (mm)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
İlave metal çapı (mm)	1,2	1,2	2,4	2,4	2,4	2,4
Malzeme Kalınlığı (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Amper (A)	-	-	-	-	50	70
Üst Amper (A)	50	70	50	70	-	-
Alt Amper (A)	25	30	25	30	-	-
Darbe frekansı (Hz)	240	240	240	240	-	-
Gaz Debisi (L/dk)	10	10	10	10	10	10
Koruyucu Gaz Türü	Argon	Argon	Argon	Argon	Argon	Argon
Akım Türü	Darbeli Akım	Darbeli Akım	Darbeli Akım	Darbeli Akım	Doğru Akım (-)	Doğru Akım (-)

Tablo 3. SG2 İlave Tel Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Bileşim %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Al
S 235	0,0752	0,0396	0,207	0,0635	0,0247	0,0829	0,215	0,0574	0,0353

TIG kaynak yöntemi ile alın alına birleştirilen 1.5 mm kalınlığındaki S 235 çelik levhalar, radyografik ve manyetik parçacık muayene öncesi gözle görünür hataların tespiti için TS EN ISO 17637 test standardına göre gözle muayeneye tabi tutulmuştur. Muayene kaynaklı bağlantının %100 kaynak bölgesi + ısı tesiri etkisinde kalan bölgeyi kapsamaktadır. Muayene yapılmadan önce parça yüzeyi solvent ve bez ile temizlenmiştir. Ardından muayene işlemi yardımcı ekipman kullanmadan doğrudan göz ile oda sıcaklığında 850 lüx aydınlatma şiddeti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gözle muayene sonrası elde edilen hata bulguları TS EN ISO 5817 değerlendirme standardının kalite 2 seviyesine göre değerlendirilmiştir.[11] TIG kaynak yöntemi ile alın alına birleştirilen 1,5 mm kalınlığındaki S 235 çelik levhalar, gerçekleştirilen görsel muayene sonuçlarını teyit etmek açısından TS EN ISO 17638 kaynaklı bağlantıların manyetik parçacık muayenesi standardına uygun teste tabi tutulmuştur. Öncelikle çelik levhalarda gaussmetre kullanılarak kalıcı manyetiklik olup olmadığı ölçülmüştür. Ardından levhaların kaynak bölgesine kimyasal solvent püskürtülüp temiz bir bez yardımıyla kirlerden arındırılmıştır. Daha sonra yoke kullanılarak %100 hassasiyette muayene yapabilmek için enine ve boyuna kesitte bir dakika boyunca mıknatıslama yapılmıştır. Bu işlemden sonra süspansiyon halde bulunan floresan ışıkta görünen demir tozları 45° lik açıyla uygun mesafeden yüzeye uygulanmıştır. Ardından bir süre daha mıknatıslama işlemi gerçekleştirilip karanlık ortamda UV ışık altında incelemeler yapılmıştır. Görsel ve manyetik parçacık muayene sonrasında herhangi bir hata saptanmayan 3, 5 ve 6 no'lu kaynaklı S 235 çelik levhalarda gözle görülemeyen hacimsel hataların tespit edilmesi için TS EN ISO 17636-1 standardına uygun olarak x ışınları radyografisi kullanılarak radyografik muayene yapılmıştır.[2] Muayene sonuçları TS EN ISO 10675-1 hata kabul standardına göre gerçekleştirilmiştir. Tek cidar tek görüntü radyografi tekniği kullanılarak yapılan muayenede

banyo işlemi el ile gerçekleştirilmiştir. Mikroskobik incelemeye hazırlık için ilk olarak kaynaklı parçaların başından ve sonundan 25 mm kesildi. Ardından her parçadan kaynağın her iki tarafında ısıdan etkilenen bölge ve kaynak metalini de kapsayacak şekilde kaynak eksenine yatay yöndeki (enine kesitte) 3 adet numune spiral ile kesilerek çıkartıldı. Daha sonra dikkatli bir şekilde çıkarılan numunelerin çapakları temizlendi. Ardından Metkon FORCIPOL 2V zımparalama cihazında 128 dönme hızıyla sırasıyla 120, 320, 600, 1000, 2000 numaralı zımpara kağıtları kullanılarak zımparalama işlemi gerçekleştirildi. Zımparalama kademesinin ardından parlatma işlemi yapılmıştır. Parlatma işlemi 240 dönme hızında çuhanın üzerine elmas pasta ilave ederek gerçekleştirildi ve parçanın yüzeyinde çizikler görünmeyene kadar devam edildi. Parlatma işleminin ardından numuneler nital çözeltisine daldırılarak kaynak bölgesi gözle görünene kadar dağlandı ve Olympus marka ışık mikroskobunda 5x ve 10x büyütmelerde incelendi. Aşağıda elde edilen metalografi görüntüleri incelenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1 Görsel Muayene

Şekil 1, 2, 3'te TIG kaynağıyla farklı akım türünde ve kaynak parametrelerinde kaynağı gerçekleştirilen S 235 levhaların kaynak dikişi görsel muayene sonuçları görülmektedir.



(a) (b)

Şekil 1. 1 ve 2 no'lu levhaların (a)önden (b) kökten görsel muayenesi

Görsel muayene sonucunda Şekil 1'de görüldüğü gibi 1 no'lu ve 2 no'lu parçalarda kaynak dikişi kökünde ok ile gösterilen bölgelerde sırasıyla 5 mm ve 7mm büyüklüğünde lineer hata tespit edilmiştir. Muhtemelen ilave tel kalınlığının düşük olmasından dolayı dolgu ilavesi iyi gerçekleşmeyip kökte nüfuziyet eksikliğine neden olmuştur. Bu hata TS EN ISO 5817 standardı kalite 2 seviyesine göre müsaade edilmediğinden parça red almıştır.



(a) (b)

Şekil 2. 3ve 5 no'lu levhaların (a)önden (b) kökten görsel muayenesi



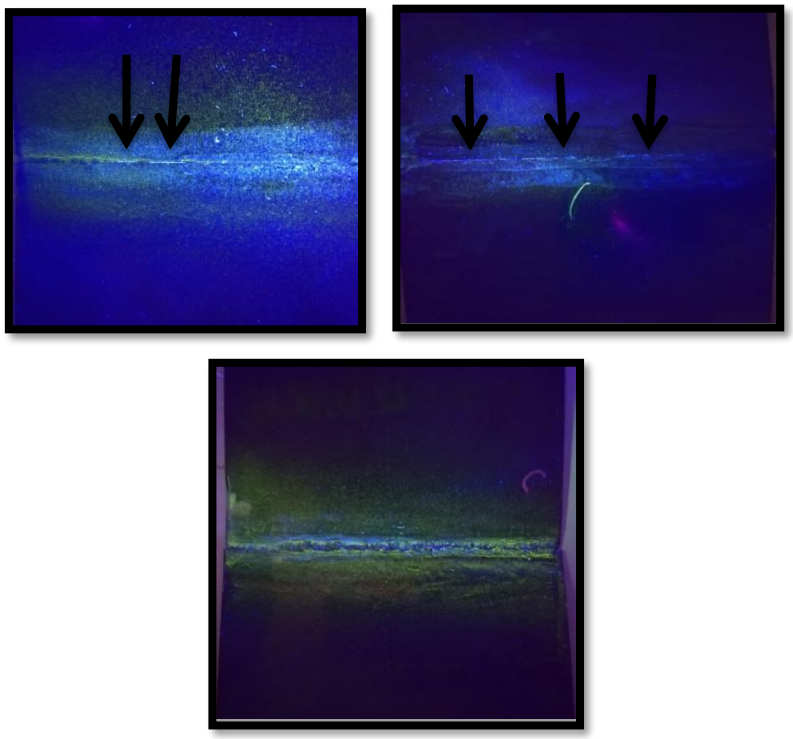
(a) (b)

Şekil 3. 4 ve 6 no'lu levhaların (a)önden (b) kökten görsel muayenesi

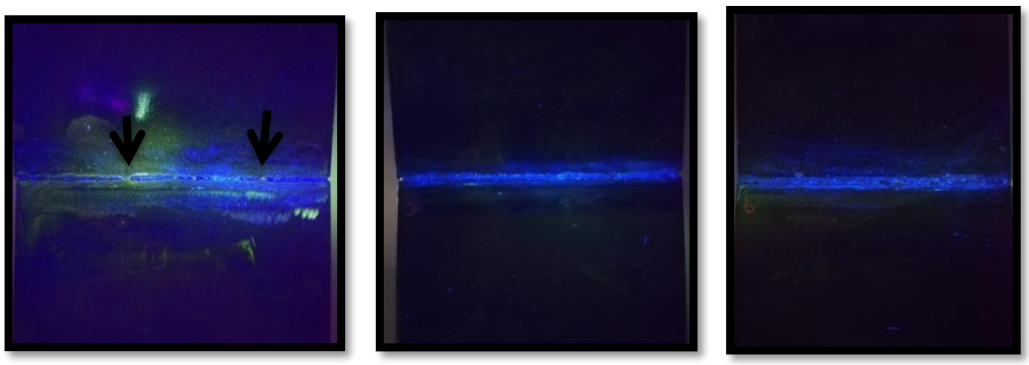
Görsel muayene sonucunda Şekil 2'de görüldüğü gibi 3 ve 5 no'lu parçalarda kaynak dikişinde herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Fakat Şekil 3'te görüldüğü gibi 4 no'lu parçada işaretlenen bölgelerde lineer 4 mm hata tespit edilmiştir. 4 no'lu parça 70 A akım ile DC – akımda kaynak edildiğinden 6 no'lu parçaya kıyasla yüksek ısı girdisinden dolayı parçanın delinmemesi açısından kaynak hızı arttırıldığından işaretlenen bölgelerde yüksek kaynak hızından dolayı yeterli ergime gerçekleşememiştir.[8] Nüfuziyet eksikliği olarak tanımlanan bu hata TS EN ISO 5817 standardı kalite 2 seviyesine göre müsaade edilmediğinden red almıştır. 6 no'lu parçada ise herhangi bir hataya rastlanmamıştır.

3.2 Manyetik Parçaçık Muayenesi

Görsel muayene sonuçlarını teyit etmek amacıyla kaynak dikişi köklerinde gerçekleştirilen manyetik parçacık muayenesinde Şekil 4 ve Şekil 5'te görüldüğü gibi 1 ve 2 no'lu parçalarda kaynak dikişinde ok ile gösterilen bölgelerde manyetik parçacık yöntemi kullanılarak yapılan tahribatsız muayene sonucu görsel muayenede tespit edilen lineer hatalarla uyumlu beyaz parlak kontrast olarak kendini gösteren hatalar (eksik nüfuziyet) tespit edilmiştir. 3, 5, 6 no'lu kaynaklı parçada gerçekleştirilen manyetik parçacık muayenesi sonucu kaynak dikişinde herhangi bir süreksizlik tespit edilmemiştir. Fakat 4 no'lu parçanın kaynak dikişinde ise ok ile gösterilen iki ayrı noktada lineer süreksizlik tespit edilmiştir.



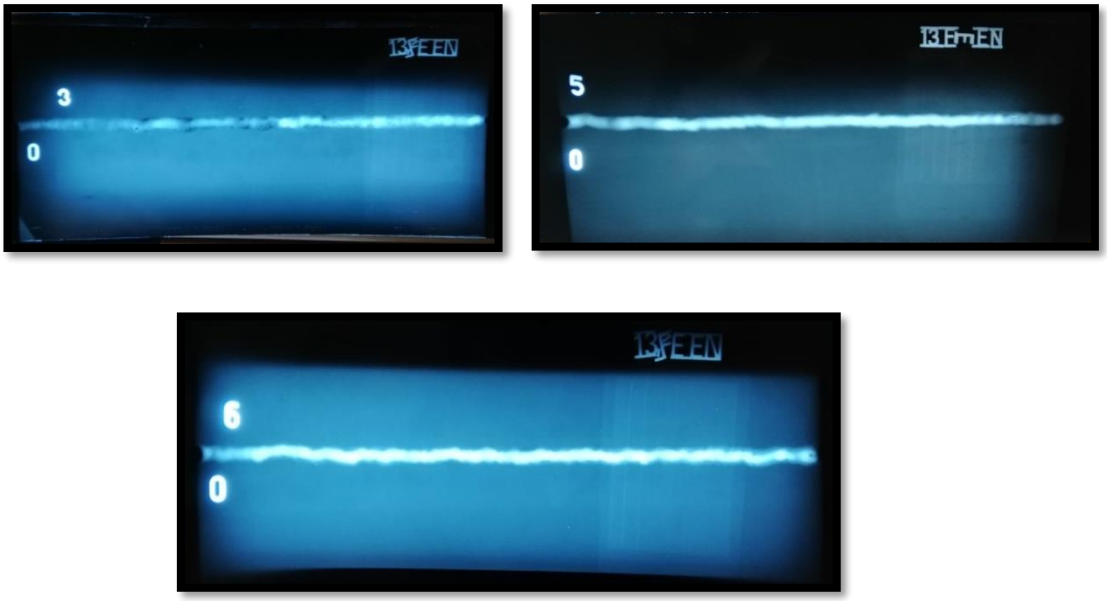
Şekil 4. 1 (Sol üst), 2 (Sağ üst),3 (Ortadaki) Numaralı Levhaların Manyetik Parçacık Muayenesi



Şekil 5. 4 (Soldaki), 5 (Ortadaki), 6 (Sağdaki) Numaralı Levhaların Manyetik Parçacık Muayenesi

3.3 Radyografik Muayene

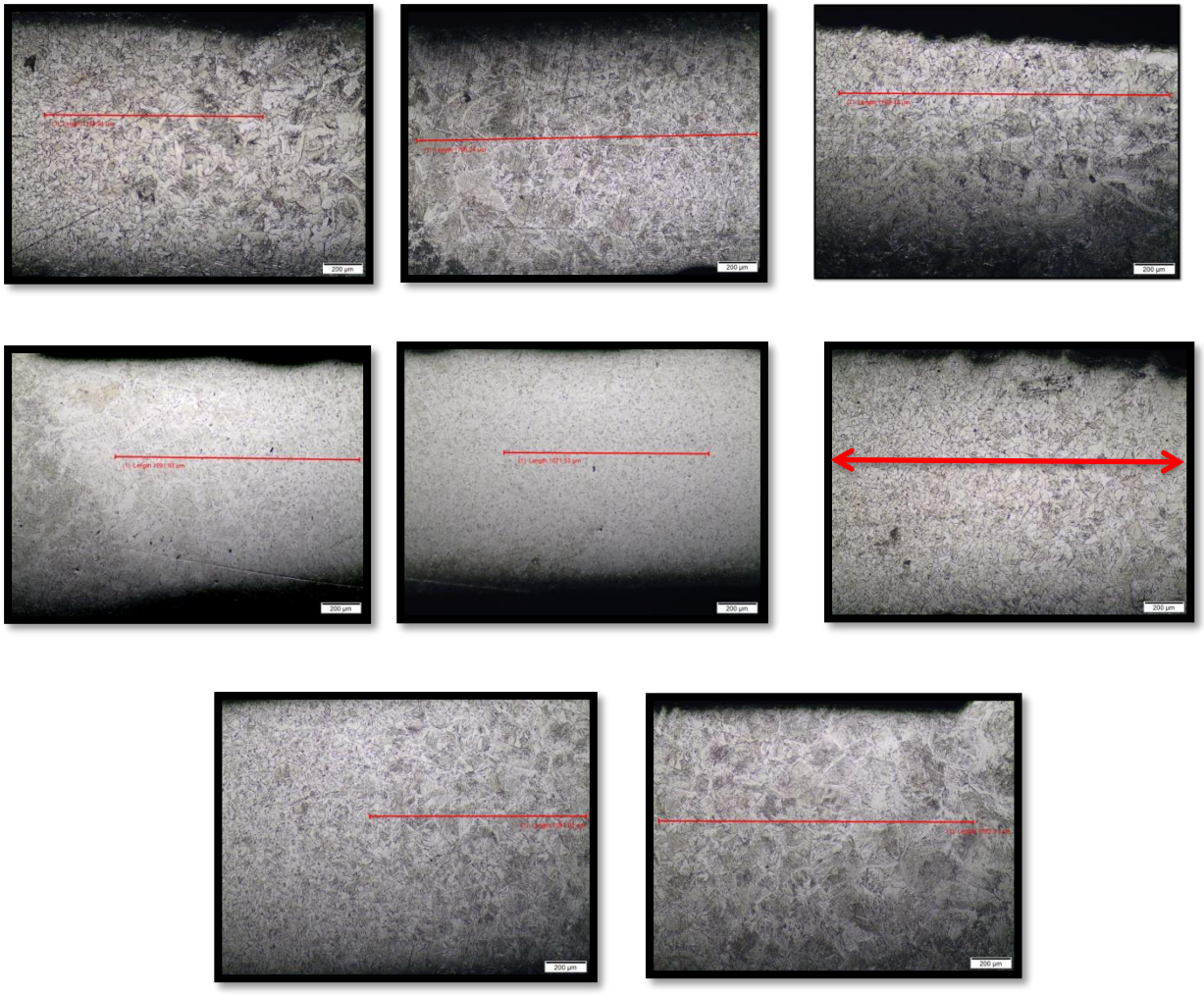
Görsel muayene sonrasında herhangi bir hata saptanmayan 3, 5 ve 6 no'lu levhalarda gözle görülemeyen hacimsel hataların tespit edilmesi için gerçekleştirilen radyografik muyane sonucunda Şekil 6'da görüldüğü üzere 3 no'lu levhanın kaynak dikişinde ok ile gösterilen yerlerde TS EN ISO 6520-1 hata tanımla standardına göre cüruf kalıntılarına (301) rastlanmıştır. TIG kaynağında kaynak dikişinde cüruf kalıntısı kalmasının nedenleri TIG kaynağında sıcak tungsten elektrodun kaynak banyosuna değmesi, ilave kaynak telinin sıcak tungsten elektroda değmesi, sıcak kaynak telinin beslenmesi sırasında koruyucu gaz atmosferinin dışına çıkması olabilir.[10] 5 ve 6 no'lu levhalarda herhangi bir hacimsel hataya rastlanmamıştır.



Şekil 6. 3 (Sol üst), 5 (Sağ üst) ve 6 (Ortadaki) No'lu Levhanın Radyografik Muayenesi

3.4 Mikroskobik İnceleme

Tahribatsız muayene incelemeleri sonrasında gerçekleştirilen mikroskobik incelemeler sonucunda; Gerçekleştirilen ITAB genişlik ölçümleri sonrasında en geniş ITAB doğru akım negatif ile kaynak edilen 4 ve 6 no'lu numunelerde görülmüştür. Doğru akımda kaynak edilen levhalar daha fazla ısı girdisine maruz kaldığından darbeli akımla kaynak edilen levhalara daha geniş ITAB'a sahiptir.[5] Akım arttıkça azda olsa 4 no'lu parçanın ITAB genişliği (2362,12 µm) 6 no'lu parçanın ITAB genişliğine (2236,35 µm) göre arttığı gözlemlenmiştir. Bütün parçalar kıyaslandığında en düşük ITAB genişliği darbeli akımda 1,2 mm çapında ilave tel ile kaynak edilen 1 ve 2 no'lu parçalar olmuştur. 1 ve 2 no'lu parçalar kıyaslandığında 2 no'lu parçanın ITAB genişliği (1148,94 µm) 1 no'lu parçanın ITAB genişliğinden (1702,44 µm) daha düşük ölçülmüştür. 2 no'lu numunede 1 no'lu numuneye göre kaynak üst akımının artmasına rağmen ITAB'ın daralması iave tel çapının yetersizliği ve kaynak hızının artmasıyla açıklanmaktadır. Darbeli akım türünde fakat 2,4 mm çapında ilave tel ile kaynak edilen 3 ve 5 no'lu parçaların ITAB genişlikleri 1 ve 2 no'lu parçalardan daha büyüktür. Bunun nedeni 2,4 mm çapa sahip ilave teli ergitebilmek için daha fazla enerjiye ihtiyaç olduğundan kaynak hızının yavaşlatılmasından dolayı olduğu düşünülmektedir. 3 ve 5 no'lu parçaları kendi aralarında kıyasladığımızda üst akım değerinin artmasından dolayı 5 no'lu parçanın ITAB genişliği (1872,72 µm) 3 no'lu parçanınkinden (1799,24) daha büyük ölçülmüştür. Mikroyapı görüntüleri Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. 1 (Sol üstteki), 2 (Orta üstteki), 3 (Sağ üstteki), 4 (Sol orta ve ortadaki), 5 (Sağ ortadaki) ve 6 (Alt orta) No'lu Levhaların Işık Mikroskobu Mikroyapıları (5x Büyütmede)

4. SONUÇLAR

- Bütün numunelerde ana metalden kaynak metaline doğru ilerledikçe kaynaktan dolayı oluşan ısının etkisiyle karbon atomlarının tane sınırlarından tane içine doğru difüzyon iilerlemesinden dolayı tanelerin büyüdüğü görülmüştür.
- Doğru akın ile gerçekleştirilen kaynaklı levhaların ısı tesiri altındaki bölgesi darbeli akım ile kaynak edilen levhalara göre daha geniş ölçülmüştür.
- Darbeli akımda ilave tel çapının artması ITAB genişliğini arttırmıştır.
- Bütün bu sonuçları göz önüne aldığımızda 1,5 mm kalınlığa sahip S 235 çeliğinden imal edilen en ideal kaynaklı bağlantı, kaynak dikişi kökünde herhangi bir eksik nüfuziyete rastlanmadığından ve tahribatsız muayene testlerinden geçen numuneler içinde en dar ITAB'a sahip olduğundan dolayı darbeli akım ile üst akım 50 A'de kaynak edilen 3 no'lu kaynaklı dikişidir.
- Tam nüfuziyetli gerçekleştirilmiş kaynaklarda darbeli akımda üst akım değerinin artması ITAB genişliğini arttırmıştır.

KAYNAKÇA

1) Anık, S., Vural, M., 1996, TIG-MIG-MAG kaynağı, Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü, 3.

2) BAŞYİĞİT, A., ÇALIN, R., PEHLİVANLI, Z. (2018), Dubleks ve Östenitik Paslanmaz Çeliklerin TIG Kaynağı Sonrasında Oluşabilecek Kaynak Hatalarının Ultrasonik ve Radyografik Muayene Yöntemleri ile İncelenmesi, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 10(2), 160-171.

3) ERDOĞAN, M., 2001 Mühendislik malzemelerinin yapı ve özellikleri, Ankara , Nobel Yayın Dağıtım.

4) ERYÜREK, B,2006. Kaynak Teknolojisi, ASKAYNAK,Veritas Basım Merkezi, İstanbul

5) DURGUTLU, A. (2009), Alüminyumun Tıg Kaynağında Akım Türünün Kaynak Metali Mikroyapısı Ve Darbe Dayanımına Etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 24(1), 155-160.

6) KAYA, Y., DURGUTLU, A., KAHRAMAN, N., GÜLENÇ, B,.(2011), Titanyum Levhaların TIG Kaynağı İle Birleştirilmesinde Akım Türünün Mikroyapı Ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi, 6th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ.

7) VURAL, M., PİROĞLU, F., ÇAĞLAYAN, Ö., UZGİDER, E.,(2003), Yapı Çeliklerinin Kaynaklanabilirliği, Türkiye Mühendislik Haberleri, 426, 47-51.

8) YILMAZ, R., Tehçi, T.,2012, Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Tıg Kaynağında Kaynak Akımı Ve Kompozisyonun nufuziyete Etkisi, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 16(1), 53-61.

9) ASM Handbook Vol 17. (1992). Non-Destructive Evaluation and Quality Control, ASM Committee on Ultrasonic Inspection, USA.

10) ASM Handbook Vol 6. (1992)., Welding, Brazing and Soldering, USA.

11) TS EN ISO 5817, 2014, Kaynak - Çelik, Nikel, Titanyum Ve Bunların Alaşımlarında Ergitme Kaynaklı (Demet Kaynağı Hariç) Birleştirmeler - Kusurlar İçin Kalite Seviyeleri, Ankara, Türk Standartları Enstitüsü.

İÇTEN YANMALI MOTORLARDA HONLAMA PROSESİ İLE YÜZEY KALİTESİNİ ARTTIRMA YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İzzet Azaklı[1], Emre Kumlar[1]
[1]Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Düzce, TÜRKİYE
emrekumlar26@gmail.com

Özet
İçten yanmalı motorlardaki toplam güç kaybının önemli bir kısmı sürtünmeden oluşmaktadır. Araştırmalar sonucu sürtünmelerden kaynaklı güç kayıplarının neredeyse yarısı piston grubu sürtünmelerinden kaynaklanmaktadır. Birbiri üzerinde hareket eden piston silindir mekanizmalarında yüzey kalitesi ve pürüzlülük önemli rol oynamaktadır. Honlama işlemi silindirin iç yüzeyine uygulandığı taktirde silindirin iç yüzey kalitesini arttırır, pürüzlülüğünü azaltır, böylece piston silindir arasındaki sürtünmelerden oluşan güç kaybı azalır. Bu yöntem ile yüzey kalitesi oldukça iyi seviyelere getirilebilmektedir. Honlamada yüzey pürüzlülük değerine etki eden kontrol edilebilir faktörlerin en önemlileri; ilerleme hızı, devir sayısı ve honlama taşı tane büyüklüğüdür. Uygulanacak alana göre bu faktörlerin en doğru şekilde seçilmesi iyi yüzey kalitesi elde edilmesi bakımından önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Honlama, yüzey pürüzlülüğü, içten yanmalı motorlar, talaşlı imalat

Abstract
An important part of the total power loss in internal-combustion engines is friction. As a result of research, almost half of the power losses caused by friction are due to piston group friction. surface quality of the piston-cylinder mechanism acting on each other and roughness plays an important role. Honing process increases if the inner surface quality is applied to the inner surface of the cylinder, reducing the roughness so that the power loss of the friction between the piston cylinder is reduced.
With this method, surface quality can be brought to very good levels. The most important of the controllable factors affecting the surface roughness value are; feed rate, number of revolutions and honing stone grain size. The most accurate selection of these factors according to the area to be applied is important in terms of obtaining good surface quality.

Keywords: Honing, Surface roughness, internal-combustion engines, machining

1. GİRİŞ

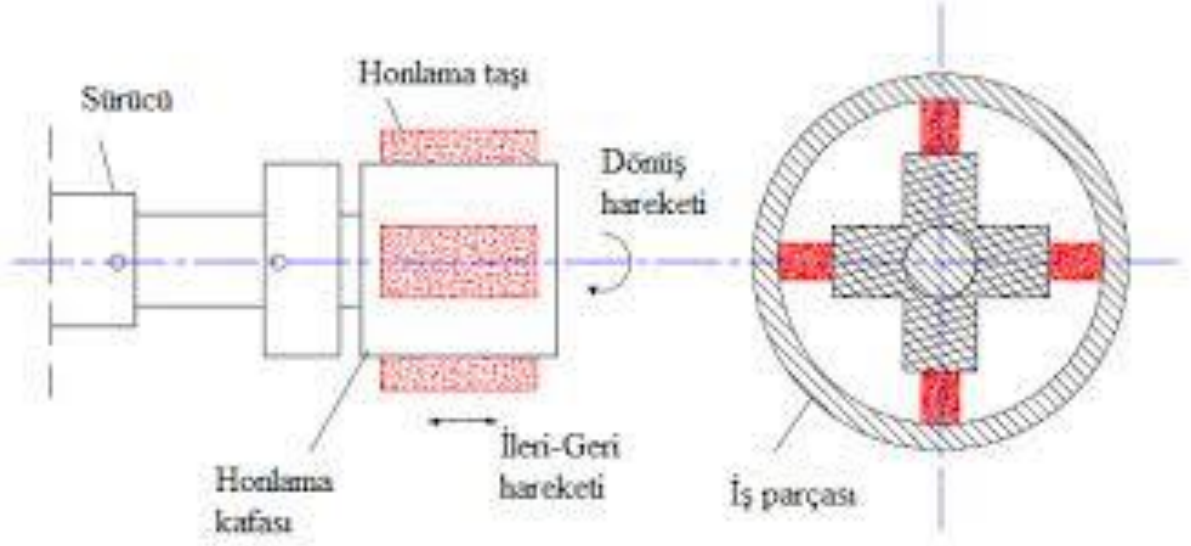
Honlama işlemi metal iş parçasından talaş kaldırarak hassas yüzey elde eden bir uygulamadır. Honlama aletinin silindirin iç yüzeyine kontrollü bir şekilde bastırılarak döndürülmesiyle, hem yüzey kalitesini arttırma hemde yüzey geometrisini düzeltme işlemleri yapılabilir. Honlama aletleri ilk olarak 20. yy başlarında zımpara kağıdı ve tahta çubuklar kullanılarak, yaylar ile çubukların silindirin yüzeyine zorlanarak yapılmıştı. Sonrasında daha karmaşık aletler geliştirildi. 1924 yılında beş kanatlı, üniversal mafsallı ve yay beslemeli bir çubuk honlama aleti patenti alındı.1930'lu yılların başlarında yüksek üretim uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. **[1]**

Honlama taşı ile taşlama taşı birbirlerine çok benzerler, fakat honlama taşı daha kırılgan yapıya sahiptir. Kırılgan yapısı sayesinde honlama taşı daha kolay aşınır ve işlediği yüzeye uyum sağlar. Honlama taşı birbirine yapıştırılmış aşındırıcı parçacıklardan meydana gelir. Her çeşit aşındırıcı malzemeden honlama taşı yapılabilir. Fakat en çok alüminyum oksit, silikon karbür ve elmas kullanılır. Parçacıklar genelde düzensiz şekillerde ve 10-50 mikron çapındadır. Parçacık seçimi honlanacak malzemenin cinsine göre belirlenir. **[2]**

2. İŞLEMİN MEKANİĞİ

Honlama taşı 10N/cm²-100N/cm² ile iş parçasına bastırılır. Honlama taşı kendi ekseni etrafında dönerken aynı zamanda piston hareketi (yukarı-aşağı hareket) yapar (şekil 1). Bu

hareket sonucu honlama taşı çapraz yaylı bir desen oluşturur. Bu izler içten yanmalı motorların piston-silindir düzeneğinde silindir üzerinde iyi bir yağ filmi oluşturmasını sağlar.



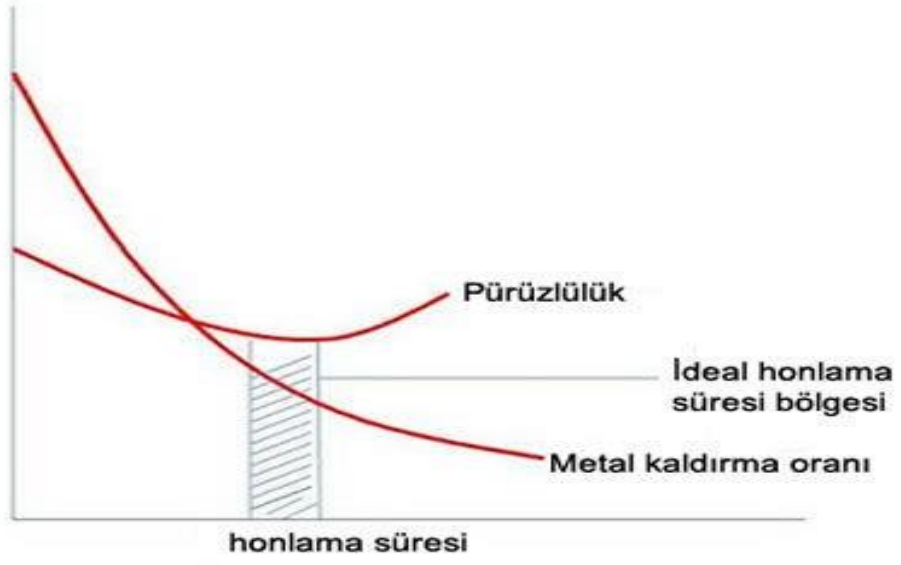
Şekil:1 Honlamanın çalışma hareketi

2.1. Yüzey Pürüzlüğüne Etki Eden Faktörler

Honlamada yüzey pürüzlülük değerine etki eden kontrol edilebilir faktörlerin içinde en önemlileri; ilerleme hızı, devir sayısı ve honlama taşı tane büyüklüğüdür.

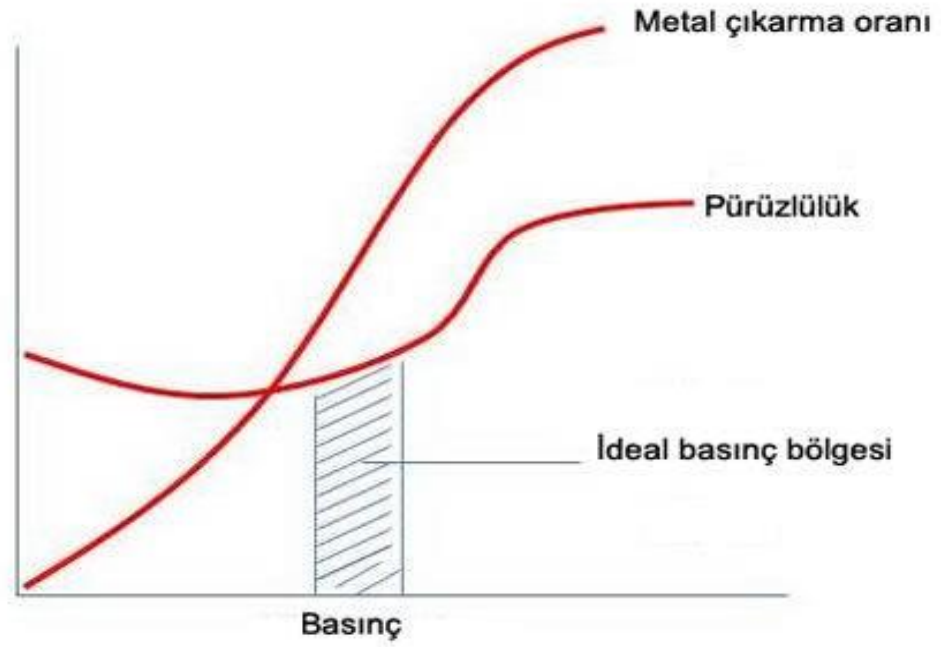
Honlama taşı tane büyüklüğü: honlama taşı büyük parçacıklı ise bu taşla honlanan motorda, silindir yüzeyindeki yağın kontrolü yeterli olmayacaktır. Eğer honlama taşı çok küçük parçacıklı ise bu taşla honlanan motorda yağın kontrolü yine yeterli olmayacaktır ve arızalı çalışacaktır. Bu nedenle iki değerin arasındaki bir parçacık büyüklüğü seçildiğinde yağ için yeterli yüzey kalitesine ulaşılacaktır.

İdeal honlama süresi: honlama taşı kırılgan yapıda olduğu için yapıştırılmış parçacıklar hızla dökülür. Bu parçacıklar döküldükten sonra honlama işlemi durdurulmalıdır. Durdurulmazsa yüzey pürüzlülüğü artar, dolayısıyla uzun süren honlama işlemi iyi yüzey pürüzlülüğü vermez. Şekil 2 de ideal honlama süresi grafiği gösterilmiştir.



Şekil:2 İdeal honlama süresi grafiği

Çubuklara uygulanacak basınç: çubuklara uygulanacak basınç talaş kaldırma oranıını arttırsada yüzey pürüzlülüğünü bozabilir yüksek yüzey kalitesi elde edebilmek için yine uygun bir basınç belirlememiz gerekmektedir. İşlem süresinide göz önünde bulundurarak uygulanacak basıncı doğru seçmek gerekir. Şekil 3 de ideal basınç grafiği verilmiştir.



Şekil:3 Çubuklara uygulanacak basınç grafiği

Devir sayısı: honlama işleminde takım dönüş hızı (devir sayısı) arttıkça metal kaldırma oranıda artar ve yüzey kalitesi iyileşir. Şekil 4 de devir sayısı ve talaş kaldırma oranının grafiği verilmiştir.**[3]**

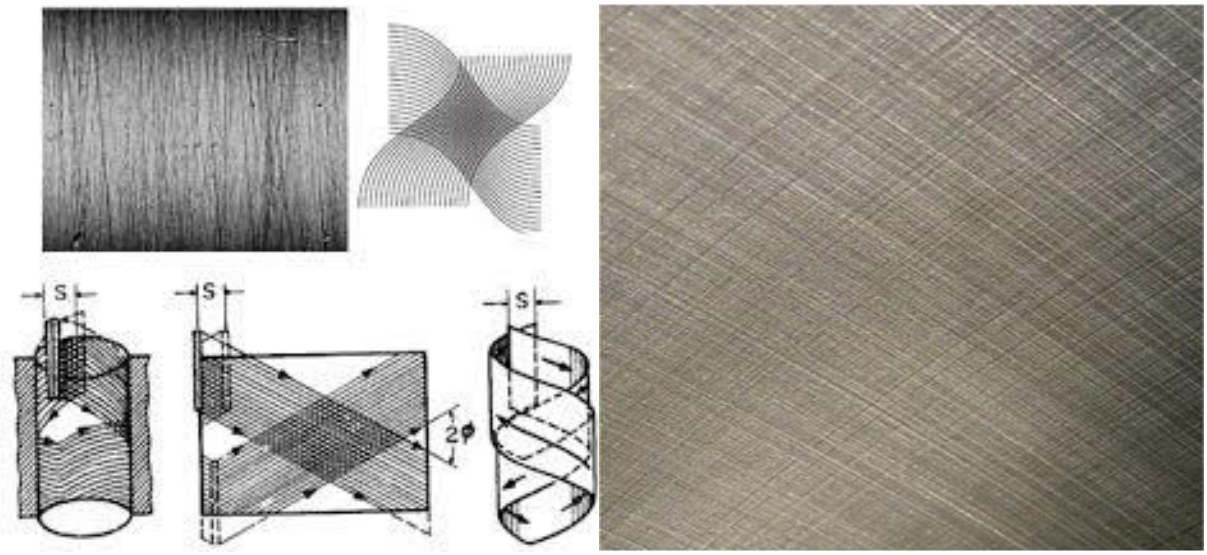


Şekil:4 Devir sayısı grafiği

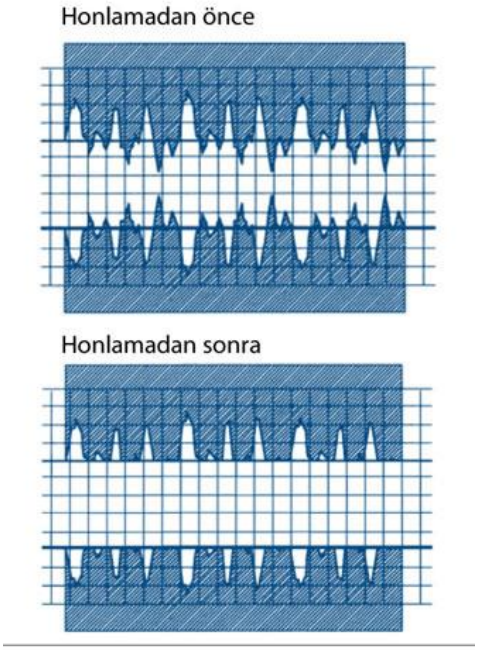
3. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA HONLAMANIN ÖNEMİ

İçten yanmalı motorlardaki toplam güç kaybının önemli bir kısmı sürtünmeden oluşmaktadır. Araştırmalar sonucu sürtünmelerden kaynaklı güç kayıplarının neredeyse yarısı piston grubu sürtünmelerinden kaynaklanmaktadır. Piston grubu mekanizmaları genellikler karma yağlama

rejiminde çalışmaktadır. Karma yağlama rejiminde temas yükleri hem hidrodinamik akışkan film basıncı hem de yüzey pürüzlülükleri tarafından taşınmaktadır. **[4]** Temas yüklerini taşıyan yüzey pürüzlülükleri büyük ölçüde silindirlerin içinde oluşur. Silindirin iç yüzeyinin yüzey pürüzlülüğünü istenilen değere getirmek için honlama işlemi kullanılır. Bu işlem sonucu yağ filminin kolayca tutunabileceği çapraz yaylı desene sahip yüzey elde edilir.



Plato Honlama: Metaldeki mikro ölçekte oluşmuş tepe noktalarının ortadan kaldırılması olarak tanımlanır. Plato honlama uygulanmış yüzey silindirin yüzey alanını arttırarak piston veya segmanın silindirin içine alıştırma işlemi uygulamadan kullanılmasına olanak sağlar.



Şekil:6 (Honlama öncesi olan tepe noktaları ve honlama sonrası)

Honlamanın Avantajları:

- Daha az karmaşık veya daha düşük maliyetlidir.
- Yüksek yüzey kalitesi sağlar.
- Hem uzun hem de kısa delikler için kullanılabilir.

- Orijinal delik merkez çizgisini korur.
- Sertliği ne olursa olsun herhangi bir malzeme işlenebilir.
- Düzeltilmiş bir geometri sayesinde hassas parçalarda sessiz bir çalışma sağlar.
- Honlama sonucu oluşan çapraz işleme izleri olan yüzey dokusu homojen bir yağlama sağlar. Motor gömlekleri için idealdir.

4. Sonuç

Yapılan bu çalışmada içten yanmalı motorlarda honlama işleminin amacı ve önemi anlatılmaya çalışılmıştır. İçten yanmalı motorlarda honlama işleminin yapılmasının sonucunda;

- Silindir yüzeyinin iç yüzeyinin pürüzlülük değerleri iyileşir. Sürtünmeler, honlama yapılmamış haline kıyasla azalır
- Honlama işlemi sonrasında silindir içinde oluşan çapraz yaylı desen sayesinde yağ silindir yüzeyine daha rahat tutunur ve dolayısıyla yağlama işlemi kolaylaşır.
- Belirli işlemlerden sonra bozulmuş olan geometriyi düzeltir ve son işlem olarak (finish) uygulanır. Böylece içten yanmalı motorlarda sessiz çalışma ve verimlilik sağlanır.

KAYNAKÇA

1. A Brief History of Honing, 01.05.2019 tarihinde www.sunnen.com sitesi: honing-education adresinden alınmıştır
2. Schibisch, Dirk M.; Friedrich, Uwe (2002). *Superfinishing Technology*. Germany: verlag moderne industrie. pp. 53–58.
3. Honlama Nedir, 01.05.2019 tarihinde www.makinaegitimi.com sitesi: honlama-nedir-nasil-yapilir-nerelerde-kullanilir adresinden alınmıştır
4. META B. (2012) Piston Grubu Sürtünme Kayıplarının Azaltılması ile Taşıt Yakıt Ekonomisi İyileştirme Potansiyelinin Analizi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*

MG50AL50 PARTİKÜL TAKVİYELİ SAF MAGNEZYUMUN SICAK PRES İLE ÜRETİMİ VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Onur Muratal
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
onurmuratal@gmail.com

Serap Gümüş
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
sgumus@kocaeli.edu.tr

Rıdvan Yamanoğlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ryamanoglu@kocaeli.edu.tr

Özet

Magnezyum ve alaşımlarının zayıf mekanik ve korozyon özellikleri nedeniyle endüstriyel uygulamalarda kullanım alanı oldukça kısıtlıdır. Bu çalışmada $Mg_{50}Al_{50}$ intermetalik partikülleri ilave edilerek magnezyumun mekanik ve korozyon özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. $Mg_{50}Al_{50}$, Mg-Al faz diyagramında $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik bölgesine denk gelmektedir ve çalışma kapsamında intermetalik takviyesi olarak adlandırılmıştır. Bu doğrultuda farklı oranlarda $Mg_{17}Al_{12}$ partikülleri içeren magnezyum esaslı toz karışımları vakum altında 420ºC'de 30 dakika süre ile sinterlenmiştir. Sinterleme işlemi 50 MPa basınç altında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen intermetalik partikül takviyeli kompozitlerin yoğunlukları belirlenmiştir. Karışımların mikroyapısal karakterizasyonları optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Ardından elde edilen kompozitlere %3.5 NaCl çözeltisinde korozyon testleri uygulanmıştır. Artan $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik takviyesi ile beraber korozyon özelliklerinde gelişmeler kaydedilmiştir. Korozyon test sonuçları mikroyapılar üzerinden detaylı bir şekilde tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Magnezyum kompozit, toz metalurjisi, sıcak pres, korozyon.

PRODUCTION OF Mg50Al50 PARTICLE REINFORCED PURE MAGNESIUM BY HOT PRESS AND INVESTIGATION OF ITS CORROSION PROPERTIES

Abstract

The usage of magnesium and its alloy in industrial applications is very limited because of their weak mechanical and corrosion properties. In this study, the improvement of mechanical and corrosion properties of pure magnesium was aimed by the addition of Mg50Al50 intermetallic particles. Mg50Al50 corresponds to Mg17Al12 intermetallic region in the Mg-Al phase diagram and is referred as intermettalic reinforcements. Accordingly, magnesium-based powder mixtures containing different ratio of Mg17Al12 particles were sintered at 420ºC under a vacuum atmopheere for 30 minutes. The sintering process was carried out under 50 MPa pressure. The density of produced intermetallic particle reinforced composites was determined. Microstructural characterization of the mixtures was investigated through optical microscopy and scanning electron microscopy. Corrosion tests were then applied to obtained composites in %3,5 NaCl solution. The corrosion properties of the samples increased with increasing intermetallic content.

Keywords: Magnesium composite, powder metallurgy, hot press, corrosion.

1. GİRİŞ

Hafif magnezyum ve alüminyum alaşımları, pek çok endüstriyel uygulamada çelik ve demir esaslı bileşenlere oranla önemli miktarda ağırlık tasarrufu sağlar (Kumar ve ark., 2015). Otomotiv ve havacılık uygulamaları için yapılan araştırmaların büyük bir bölümü alüminyum ve magnezyum alaşımları üzerine yoğunlaşmaktadır (Yamanoğlu ve ark., 2012). Fakat birçok uygulamada magnezyum ve alaşımlarının düşük korozyon direnci, zayıf süneklik ve özellikle yetersiz aşınma davranışları nedeni ile kullanımları kısıtlanmıştır. Bu nedenle magnezyum diğer metallerle veya diğer takviye elemanları ile alaşımlanmadığı sürece mühendislik uygulamaları için nadiren kullanılır (Yamanoglu, 2015). Alüminyum, çinko, seryum, gümüş, toryum, itriyum ve zirkonyum ticari anlamda magnezyumun alaşımlanmasında kullanılan en önemli elementlerdir. Bu alaşım sistemlerinin genel üretim yöntemleri döküm, dövme ve toz metalurjisidir (Polmear, 2006) (Hoche ve ark., 2003).

Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki saf magnezyuma karşın Mg-Al alaşımlarının termodinamiği ve kinetiği oksijene karşı direnç geliştirilmektedir (Li ve ark., (2009) (Andreasen, 2008). Bu çalışmaların hızlanması sayesinde hafif malzemelerin yüksek hassasiyetle ve uygun maliyetli işlemeye olan ilginin artması ile magnezyum ve alaşımlarının toz metalurjik (TM) yöntemlerle üretilmesi yaygınlaşmıştır (Yuasa ve Takeno 1982). Özellikle Mg-Al ikili sistemlerinden yararlanılarak bazı alaşımlar geliştirilmiştir. AZ91 alaşımı ağırlıkça yaklaşık (%9Al, %1Zn, %0.4 Mn) ilavesi ile birlikte oda sıcaklığın yüksek mukavemet sergileyen bir magnezyum alaşımıdır. Ayrıca iyi korozyon direncine sahiptir. Mg-Al alaşımlarının mikroyapısı genelde magnezyum matrisinde katı bir alüminyum çözeltisi ile α fazı ve γ fazı ile karakterize edilir, γ fazı olarak da adlandırılan Mg fazının elastik modül değeri 80 GPa iken saf magnezyumun 45 GPa'dır (Braszczyńska-Malik, 2009).

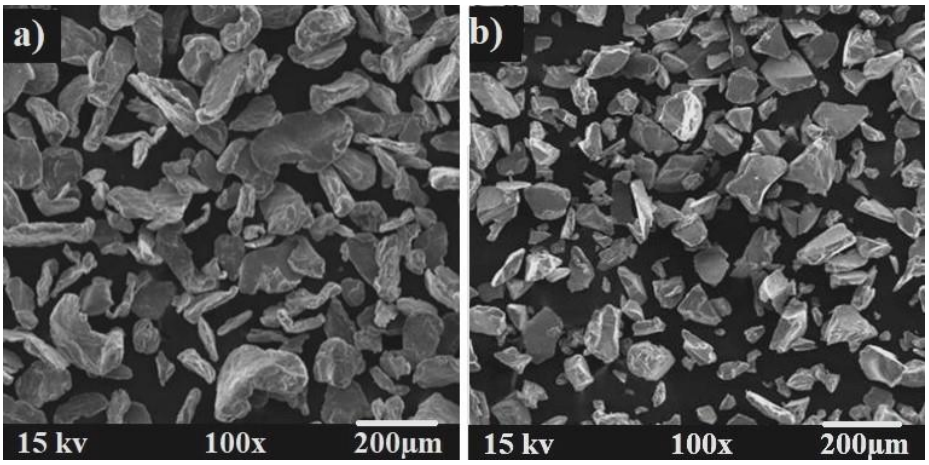
Lunder ve ark $Mg_{17}Al_{12}$ (γ) intermetalik fazının AZ91 alaşımının korozyon özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada farklı soğutma hızları ile beraber oluşturdukları farklı oranlarda $Mg_{17}Al_{12}$ intermetaliğinin korozyona karşı daha kararlı olduğu ve AZ91 alaşımının korozyon potansiyelini daha soy duruma getirdiğini göstermişlerdir (Lunder ve ark., 1989).

Bu çalışma saf magnezyumun matris dayanımının bir partikül takviyesi ile geliştirilmesi üzerine yapılmıştır. $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik tozları ile magnezyum matris içerisinde Mg-Al arasındaki çözünürlük ile hem yeni intermetalik fazlarının oluşumu hem de $Mg_{17}Al_{12}$ partiküllerinin kendine has korozyon özelliklerinden yararlanılmaya çalışılmıştır. Partikül takviyesi olarak seçilen ön alaşımlı $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik tozlarının saf magnezyum matris içerisine farklı oranlarda takviye edilmesi ile beraber sıcak pres cihazı ile sinterlenmiştir. Geleneksel sinterleme ile karşılaştırıldığı zaman magnezyum gibi oksijen afinitesi yüksek tozlar basınç desteği sayesinde daha hızlı ve neredeyse tamamen yoğun bir şekilde sinterlenebilmektedir (Bolzoni ve ark., 2012). Bu kapsamda sinterleme sonucu korozyon özelliklerin anlaşılması için galvanostatik korozyon testleri gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Kullanılan Malzemeler

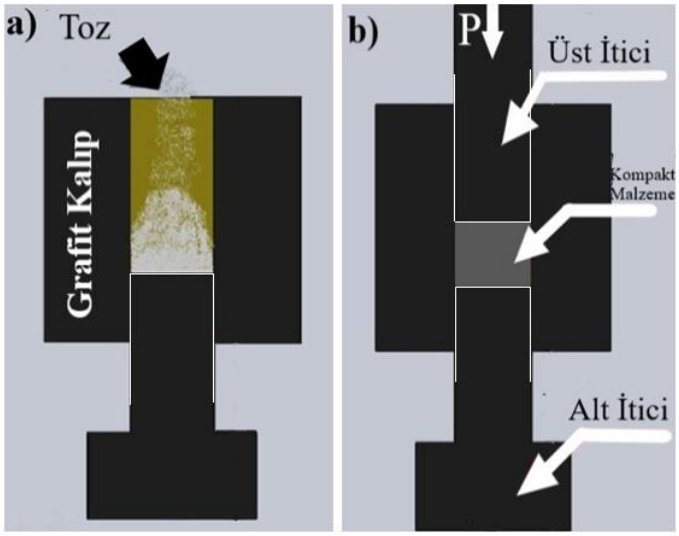
Çalışmada %99.5 saflıkta saf magnezyum tozu (45-150µm) ve %99.5 saflıkta $Mg_{50}Al_{50}$ (50-200µm) tozu kullanılmıştır. Tozlar Magnezyum ve Metal Tozları End. Ve Tic. A.Ş'den (Tekirdağ) temin edilmişlerdir. Şekil 1'de partiküllerin taramalı elektron mikroskobu ile çekilen görüntüleri verilmiştir. $Mg_{50}Al_{50}$ alaşımı faz diyagramı incelediği zaman $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik alanına denk gelmektedir (Bocchını, 1986).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan tozların SEM görüntüleri a) Saf Mg b) $Mg_{50}Al_{50}$

2.2 Metod

Çalışma kapsamında $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik partikül takviyesinin magnezyum matris içerisinde homojen olarak dağıtılması amacı ile farklı oranlarda yapılan takviyeler bilyalı değirmen kullanılarak 1 saat boyunca mekanik olarak karıştırılmıştır. Saf magnezyum ve elde edilen karışımlar grafit bir kalıp içerisinde dökülmüştür. Grafit kalıp alt ve üst iticileri ile sabitlendikten sonra karışımların sinterlenmesi için DIEX VS 50 tam otomatik sıcak pres cihazı kullanılmıştır. Kullanılan grafit kalıbın ve kompakt malzemenin şematik bir gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. a) Kullanılan grafit kalıp b) kompakt hale getirilen malzeme

Mg-Al faz diyagramında 437ºC de meydana gelen ötektik nokta göz önüne alındığında saf magnezyum ve $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik takviyeli karışımlar için farklı sinterleme sıcaklıkları belirlenmiştir. Saf magnezyum 630ºC de 30 dakika boyunca eş zamanlı olarak 50MPa basınç altında sinterlenirken, $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik partikül takviyeli karışımlar 420ºC'de 30 dakika boyunca eş zamanlı olarak 50 MPa basınç altında sinterlenmiştir. Tüm proses çevrimi 10^{-4} mbar vakum altında gerçekleştirilmiştir.

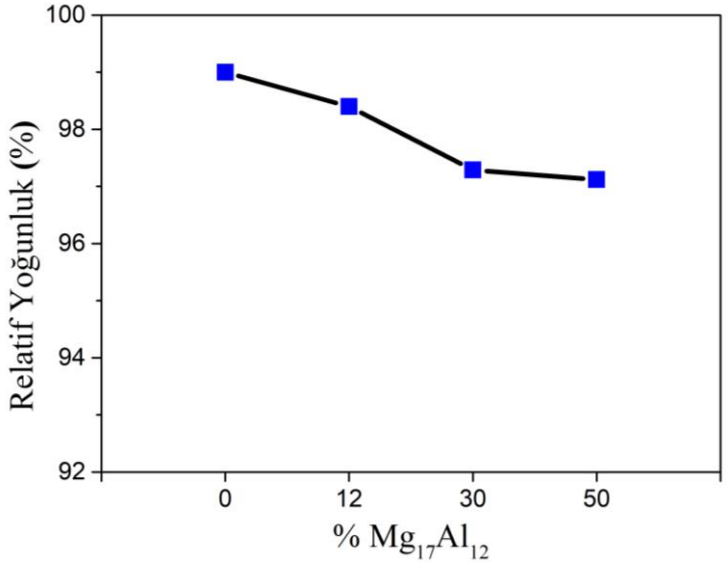
Elde edilen numunelerin ilk olarak Arşimed prensibi kullanılarak yoğunlukları belirlenmiştir. Ölçülen yoğunluk değerleri ile teorik yoğunlukları karşılaştırılmıştır. Numuneler standart metalografik işlemler ile hazırlandıktan sonra 5 ml asetik asit, 6g pikrik asit, 10ml su ve 100ml etil alkol çözeltisi kullanılarak dağlanmıştır. Farklı oranlarda $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik partikül takviyesinin matris içerisindeki dağılımını incelemek amacı ile Olympus BX41 ışık mikroskobu kullanılmıştır.

Alaşımların korozyon davranışlarını açıklayabilmek için her bir numunenin %3.5 NaCl çözeltisi içerisinde katodik ve anodik eğrileri elde edilmiştir. Test, 1 mV/s tarama hızı ile -250 mV ile 250 mV (SCE'ye karşı) arasında gerçekleştirilmiştir. Korozyon akım yoğunluğu I_{kor} ve korozyon potansiyeli E_{kor}, Tafel ektstrapolasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bunun için, VersaSTAT 4 potansiyotat/galvanostat tarafından kontrol edilen üç elektrotlu bir hücre kullanılmıştır. Elde edilen eğriler VersaStudio programı (version 2.42.3) ile işlemlenmiş ve ilgili değerler hesaplanmıştır. Çalışma elektrodu olarak ilgili alaşımlar, referans elektrot olarak doygun kalomel elektrot ve karşıt elektrot olarak da platin kullanılmıştır

3. SONUÇ

3.1 Yoğunluk Ölçümleri

Sinterleme prosesi sonunda üretilen numunelerin yapıya katılan intermetalik partikül takviyesi ile yoğunluk değişiminin ortaya konması amacı ile yoğunlukları ölçülmüştür. Yoğunluk ölçümleri Arşimed prensibi kullanılarak yapılmıştır. Ölçülen yoğunluk değerlerinin hesaplanan teorik yoğunluk değerlerine bölünmesi sonucu elde edilen relatif yoğunluk değerlerinin takviye olarak katılan $Mg_{17}Al_{12}$ intermetaliği ile beraber değişimi Şekil 3'te verilmiştir.

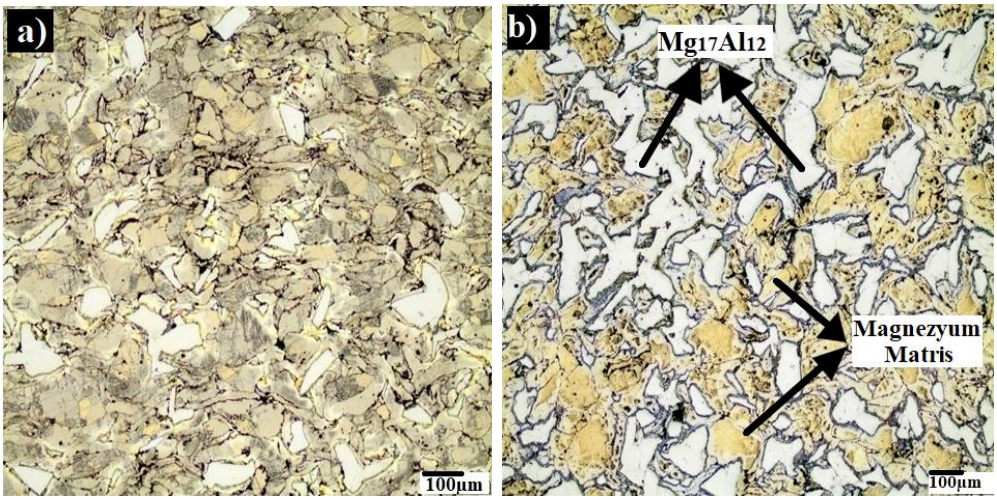


Şekil 3. Farklı $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik takviye oranına sahip numunelerin relatif yoğunluk değerleri

Şekilde görüldüğü gibi sinterlenen tüm numunelerde teorik yoğunluğun %96'sına ulaşılmıştır. Toz metalurjik malzemelerde bulunan gözenek miktarı ve dağılımı malzemelerin mekanik ve korozyon özelliklerini etkilemektedir (Bocchını, (1986). Bu bağlamda tüm numunelerin bir birine yakın bağıl yoğunluk değerlerinde sinterlenmesi ile yoğunluk farkından doğabilecek mekanik ve korozyon özelliklerinin etkilenmesinin önüne geçilmiştir.

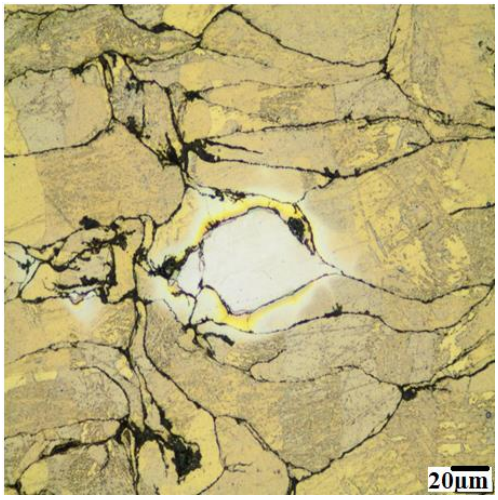
3.2 Mikroyapısal Karakterizasyon

Toz metalurjik üretim proseslerinde özellikle takviye fazlarının matris içerisinde homojen dağıtılması son derece önemlidir. Şekil 4'te farklı oranlarda $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik partikül içeren magnezyum kompozitlerinin dağlanmış konumdaki optik mikroskop görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4. Hazırlanan yapıların optik mikroskop görüntüleri a) %12$Mg_{17}Al_{12}$ b) %30$Mg_{17}Al_{12}$ takviyeli karışımlar

Mikroyapılarda görüldüğü üzere farklı oranlarda katılan $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik partikülleri magnezyum matriste homojen olarak dağıtılmıştır. Daha yüksek büyütmeler incelendiği zaman $Mg_{17}Al_{12}$ intermetalik partikülleri ile magnezyum matris arasında farklı kontrastlara sahip intermetalik fazlar oluşmuştur. Bu intermetalik fazlar sinterleme sırasında magnezyum ve alüminyum atomlarının bir birleri içerisine difüzyonu sonucu oluşmaktadır. Özellikle magnezyum ve alüminyum arasındaki önemli çözünürlük miktarları göz önüne alındığında bu oluşumların görülmesi son derece doğaldır. Şekil 5'te bu reaksiyon bölgelerinin optik mikroskop görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5. Magnezyum matris ile $Mg_{17}Al_{12}$ intermetaliği arasında oluşan reaksiyon bölgesi

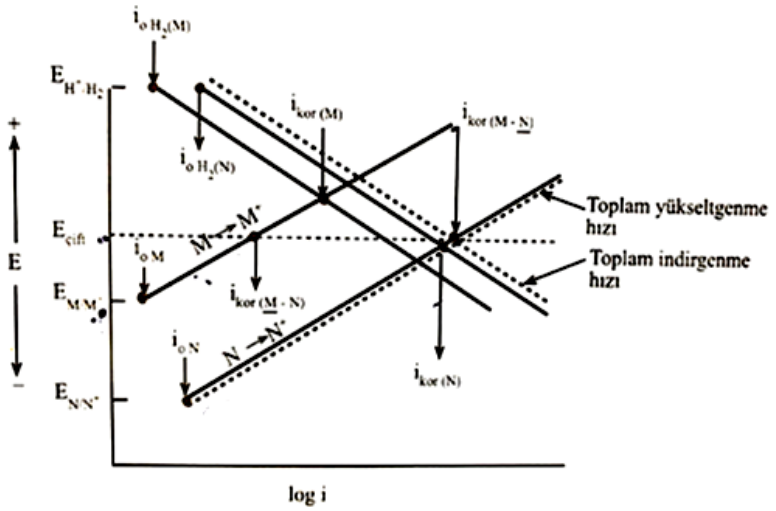
3.3 Korozyon Sonuçları

Korozyon deneylerinden elde edilen Akım potansiyel grafikleri yardımıyla çizilen tafel eğrilerinden saf magnezyum ve $Mg_{17}Al_{12}$ takviyeli kompozitlerin korozyon potansiyeli, korozyon akım yoğunluğu değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Korozyon deney sonuçları

Malzeme	E_{kor} (V)	I_{kor}(µA)
Saf Mg	**-1,72**	**103,87**
Mg-12$Mg_{17}Al_{12}$	**-1,63**	**818,76**
Mg-30$Mg_{17}Al_{12}$	**-1,54**	**1300,21**
Mg-50$Mg_{17}Al_{12}$	**-1,49**	**1756,02**

Yapılan korozyon deneyi sonuçları, magnezyum matrise yapılan intermetalik takviyesi ile korozyon potansiyel değerleri daha soy hale gelmiştir. Korozyona uğrayan bir metal ile inert bir metal arasındaki bağlanma galvanik korozyonun en basit örneğini oluşturur (Üneri, 1987). Şekil 7'de korozyona uğrayan iki metal arasındaki bağlanma korozyon potansiyel ilkelerinin uygulanmasıyla incelenebilir.



Şekil 7. Korozyona uğrayan iki metal arasında ki galvanik eşleşme (Üneri, 1987)

M metali bağıl olarak N metaline göre korozyon potansiyeli (E_{kor}) olarak daha soy durumdadır. N metalinin ise korozyon potansiyeli ve korozyon hızı M metaline göre daha aktif durumdadır. İkili bağlanmalar sonucu $E_{çift}$ değeri pozitif değerlere tırmanarak ikili sistemi N metaline göre daha soy duruma getirmektedir. Ancak çiftler arasında oluşan mikro-galvanik eşleşmeler sonucu korozyon akım yoğunluğu artarak korozyon hızı ilerletmektedir. Galvanik bağlanmanın etkilerinin belirlenmesinde, anodun korozyon hızından (I_{kor}) çok korozyon potansiyelinin geliştirilmesi daha önemlidir (Üneri, 1987). Bu durum saf magnezyum matrise yapılan intermetalik takviyesi ile net bir şekilde gözlemlenmiştir. İkili bağlanma sonucu $E_{çift}$ değerleri daha pozitif değerlere getirilerek korozyon potansiyelleri daha soy duruma geçmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada saf magnezyum içerisinde 12, 30 ve 50 (% ağ.) $Mg_{50}Al_{50}$ intermetalik partikülleri ilave edilmiş ve toz metalurjik üretim yöntemlerinden basınç altında sinterleme tekniği ile başarılı bir şekilde üretilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen intermetalik partikül takviyeli kompozitlerin mikroyapısal karakterizasyonları ve korozyon testleri gerçekleştirilmiştir. Saf magnezyuma matrise yapılan farklı oranlarda $Mg_{50}Al_{50}$ intermetalik partikül takviyeleri saf magnezyumun korozyon potansiyeli pozitif değerlere doğru yükselmiştir. Bu da malzemenin korozyona uğrama süresini uzatmıştır. İkili galvanik korozyon çiftlerinde korozyon potansiyelinin yapılan partikül takviyeleri ile ötelenmesi sonucu literatüre katkı verilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Kumar, D. S. (2015). Magnesium and its alloys in automotive applications–a review. *Am. J. Mater. Sci. Technol*, *4*(1), 12-30.

YAMANOGLU, R. (2012). Solidification characteristics of atomized AlCu4Mg1-SiC composite powders. *Journal of Mining and Metallurgy B: Metallurgy*, *48*(1), 73-79.

PONAPPA, K. (2013). Influence of Y2O3 particles on mechanical properties of magnesium and magnesium alloy (AZ91D). *Journal of Composite Materials*, *47*(10), 1231-1239.

YAMANOGLU, R. (2015). In situ aluminum alloy coating on magnesium by hot pressing. *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, *28*(8), 1059-1064.

HOCHE, H. (2003). Development of a plasma surface treatment for magnesium alloys to ensure sufficient wear and corrosion resistance. *Surface and coatings Technology*, *174*, 1018-1023.

Lİ, X. (2009). Bonding of Mg and Al with Mg–Al eutectic alloy and its application in aluminum coating on magnesium. *Journal of Alloys and Compounds*, *471*(1-2), 408-411.

Andreasen, A. (2008). Hydrogenation properties of Mg–Al alloys. *International Journal of Hydrogen Energy*, *33*(24), 7489-7497.

YUASA, S. (1982). Ignition and combustion of magnesium-aluminum alloy particle clouds in a hot gas stream. In *Symposium (International) on Combustion* (Vol. 19, No. 1, pp. 741-748). Elsevier.

BRASZCZYŃSKA-MALİK, K. N. (2009). Spherical shape of γ-Mg17Al12 precipitates in AZ91 magnesium alloy processed by equal-channel angular pressing. *Journal of Alloys and Compounds*, *487*(1-2), 263-268.

LUNDER, O. (1989). The role of Mg17Al12 phase in the corrosion of Mg alloy AZ91. *Corrosion*, *45*(9), 741-748.

BOLZONİ, L. (2012). Inductive hot-pressing of titanium and titanium alloy powders. *Materials Chemistry and Physics*, *131*(3), 672-679.

BOCCHİNİ, G. F. (1986). The influence of porosity on the characteristics of sintered materials. *International journal of powder metallurgy (1986)*, *22*(3), 185-202.

ÜNERİ, S. (1987), Korozyon ve elektrokimyasal kinetik, Türkiye Korozyon Derneği, *Korozyon ve Önlenmesi,* (s. 116-121) Ankara: Korozyon Derneği.

Tİ4AL4MO ALAŞIMININ TOZ METALURJİSİ İLE ÜRETİMİ VE KOROZYON ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Onur Muratal
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
onurmuratal@gmail.com

Serap Gümüş
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
sgumus@kocaeli.edu.tr

Rıdvan Yamanoğlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ryamanoglu@kocaeli.edu.tr

Özet

Titanyum esaslı malzemelerin özellikleri alaşım elementlerin mikroyapı üzerindeki oluşturduğu farklılıklar üzerinden kontrol edilir. Yüksek korozyon direnci ve beta stabilizer etkisi nedeniyle son yıllarda özellikle molibden esaslı titanyum alaşımlarının üretimi üzerine çalışmalar artmıştır. Bu çalışmada elementel Ti, Al ve Mo tozları kullanılarak Ti4Al4Mo alaşımının üretimi gerçekleştirilmiştir. Tozlar mekanik olarak bilyalı bir değirmende karıştırılmış ardından 50 MPa basınç altında 950ºC'de 20 dakika boyunca sinterlenmiştir. Alüminyumun düşük ergime sıcaklığından dolayı kademeli bir sinterleme seçilmiştir. Oksitlenmenin önlenmesi amacıyla yoğunlaştırma sırasında 10^{-4} mbar vakum ortamı kullanılmıştır. Elde edilen Ti4Al4Mo alaşımının mikroyapısal karakterizasyonu optik mikroskop (OM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır. Numunelere ayrıca %3.5 NaCl çözeltisinde korozyon testleri uygulanmıştır. Alaşıma katılan molibden içeriği ile beraber korozyon özelliklerinde gelişme kaydedilmiştir. Bu gelişmeler mikroyapısal karakteristikler üzerinden tartışılmıştır. Sonuçlar sıcak pres yöntemi ile üretilmiş Ti6Al4V alaşımı ile karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ti4Al4Mo, toz metalurjisi, sıcak pres, korozyon

PRODUCTION OF Ti4Al4Mo ALLOY BY POWDER METALLURGY AND INVESTIGATION OF ITS CORROSION PROPERTIES

Abstract

The properties of titanium based materials are controlled by the differences of the different alloying elements on the microstructure. **S**tudies on the production of molybdenum-based titanium alloys have increased recently due to their high corrosion resistance and beta-stabilizing effect. In this study, Ti4Al4Mo alloy was produced by using elemental Ti, Al and Mo powders. The powders were mechanically mixed in a ball mill and then sintered at 950ºC for 20 minutes under a pressure of 50 MPa. Different sintering stages were chosen due to the low melting temperature of aluminum. 10^{-4} mbar vacuum atmosphere was used during sintering process to prevent oxidation of the alloy. The microstructural characterization of Ti4Al4Mo alloy was performed by optical microscopy and scanning electron microscopy. Corrosion tests were applied to the samples in %3,5 NaCl solution. An improvement in corrosion properties has been observed when the addition of Mo to the alloy. These developments were discussed through the microstructural characteristics. The results were compared with Ti6Al4V alloy produced by hot pressing.

Keywords: Ti4Al4Mo, powder metallurgy, hot press, corrosion

1. GİRİŞ

Toz metalurjisi çeşitli metal, polimer ve seramik tozlarının üretilmesi, şekillendirilmesi ve istenen parçaların sinterleme denen bir ısıl işlemle üretilmesini amaçlayan bir imalat yöntemidir (Yalçın ve Varol, 2009). Özellikle titanyum, tantalyum, molibden, niyobyum gibi katma değeri yüksek malzemelerin geleneksel döküm yöntemleri ile alaşım haline getirilmesi yüksek ergime sıcaklıkları ve bazı çözünme problemleri nedeni ile pek mümkün değildir. Titanyum ve alaşımları özellikle otomotiv ve havacılık endüstrisi için en önemli malzemelerden birisidir. Bunun nedeni, düşük yoğunluklarına nazaran elde edilen yüksek mekanik özellikler ve olağan üstü korozyon davranışının bir araya gelmesidir (Yamanoğlu ve ark., 2017).

Titanyum esaslı malzemelerin özellikleri farklı alaşım elementlerin mikroyapı üzerindeki oluşturduğu farklılıklar üzerinden kontrol edilir. Beta-titanyum alaşımları β-dengeleyici elementlerin eklenmesi ile üretilir. Dönüşüm sıcaklığından hızlı bir şekilde soğutulması ile β-fazı yapısını korur. Çok sayıda alaşım elementi β-stabilizer olarak kullanılabilir. V, Mo, Nb, Fe ve Cr gibi β stabilizer alaşım elementlerinin başında gelmektedir. Titanyum beta alaşımlarının mukavemet değerleri ve yorulma dirençleri alfa titanyum alaşımlarına göre daha yüksektir (Mouritz, 2012). Buna rağmen, beta titanyum alaşımlarının kullanımı yüksek sıcaklıklarda sergiledikleri düşük sürünme dirençlerinden dolayı kullanımları oldukça kısıtlıdır (Zhou ve ark., 2007).

Yapısal uygulamalarda kullanılan titanyum alaşımları, farklı morfolojilerde ve bağıl hacim oranlarında birleştirilmiştir, iki fazlı α ve β faz karışımlarından oluşmaktadır. Bu alaşımlar havacılık sektöründe kullanılan en önemli alaşım gruplarıdır (Yu ve ark., 2018). İki fazlı α+β alaşımları, 600ºC'ye kadar bir takım mukavemet, tokluk ve yüksek sıcaklık özelliklerinin kombinasyonlarını sunar (Tarzimoghadam ve ark., 2015). İki fazlı alaşım yapılarının en bilinenlerinden Ti6Al4V alaşımı havacılık endüstrisinde kullanılan toplam titanyum alaşımları arasında %60'lık bir kullanıma sahiptir (Banerjee ve Williams, 2013).

Daha önceki çalışmaların birçoğu Ti6Al4V alaşımına yapılan alaşım elementi takviyesi veya seramik takviyesi ile oluşturulan kompozit yapıların mekanik özelliklerinin geliştirilmesi üzerine yapılmıştır. Sivakumar ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Ti6Al4V alaşımına yapılan farklı oranlarda nano SiC takviyesinin Ti6Al4V alaşımının mekanik özelliklerine etkisini incelemişlerdir (Sivakumar ve ark., 2017).

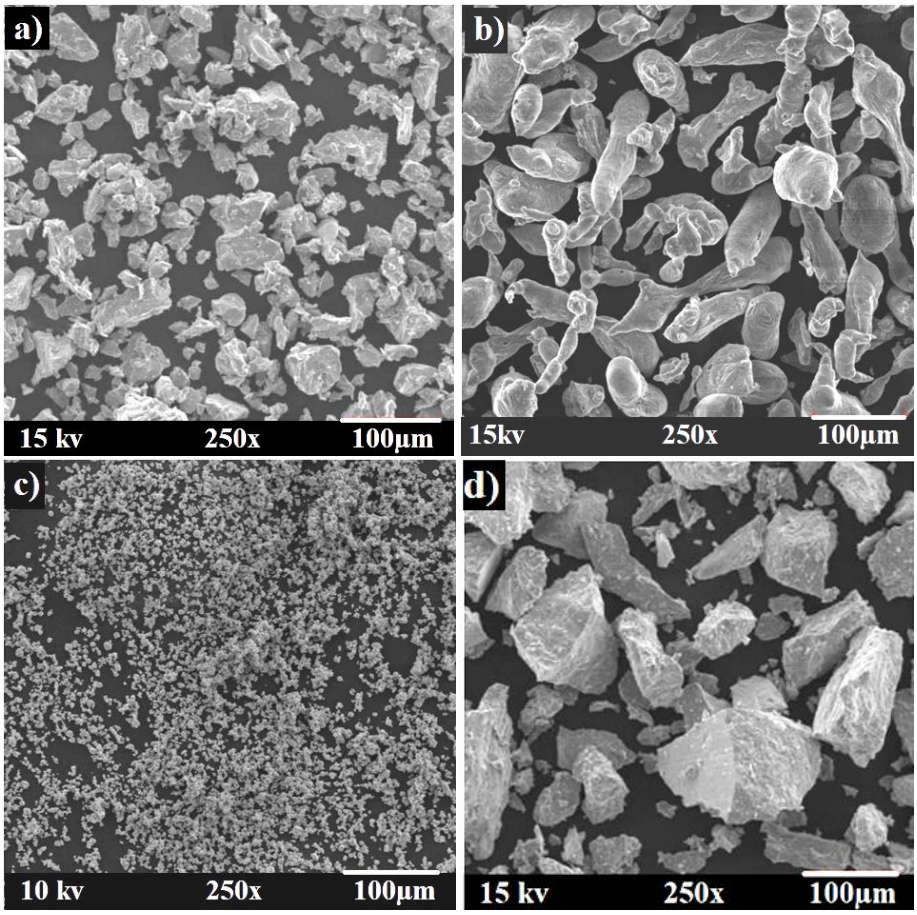
Son yıllarda özellikle havacılık endüstrisine yönelik, daha yüksek mekanik ve korozyon özelliklerine sahip, Ti6Al4V alaşımına alternatif titanyum alaşımlarının geliştirilmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yang ve arkadaşları Ti-5Al-5V-5Mo-3Cr alaşımını başarılı bir şekilde elementel olarak mekanik karıştırma ile elde ederek, mekanik özelliklerini incelemişlerdir (Yang ve ark., 2018).

Özellikle titanyum ve alaşımlarının imalatı için kullanılan geleneksel döküm yöntemlerinde, alaşım elementlerinin ikili veya üçlü çözünme sistemleri ve işlemlerin vakum altında gerçekleştirilmesi üretim teknolojisini karmaşık ve pahalı hale getirmektedir (Schwab ve ark., 2016). Toz metalurjisi (TM), geleneksel üretim tekniklerine göre birçok avantaja sahiptir. TM ürünlerin, nihai parça şekline yakın imalat, ince ve homojen dağıtılmış bir mikroyapı, en az malzeme kaybı ve basit üretim prosesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Bunların birleşimi düşük maliyetlerle sonuçlanır (Yamanoglu, 2015). Titanyum alaşımlarının üretilmesinde toz metalurjisinin sunduğu elementel tozlar ile karışım sonucu hazırlanması en büyük avantajlardan birisidir(Yang ve ark., 2018).

Bu çalışmada ağırlıkça %4 saf alüminyum tozu ve %4 saf molibden tozu, saf titanyum tozu ile beraber mekanik olarak karıştırılmıştır. Elde edilen Ti4Al4Mo karışımı sıcak pres tekniği kullanılarak sinterlenmiştir. Geliştirilen alaşımın korozyon özellikleri %3.5 NaCl çözeltisi kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar korozyon değerleri üzerinden tartışılarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

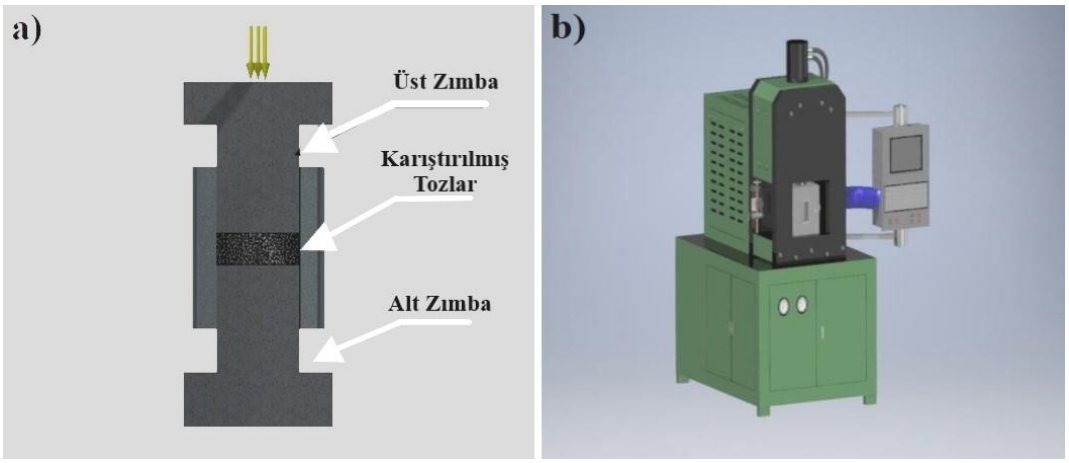
Bu çalışmada Ti4Al4Mo alaşımını üretmek amacı ile saf titanyum, saf alüminyum ve saf molibden tozları kullanılmıştır. Ti4Al4Mo alaşımını üretmek için kullanılan tozların taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma kapsamında kullanılan a) saf titanyum b) saf alüminyum c) saf molibden d) Ti6Al4V tozlarının SEM görüntüleri

Görüntüler incelendiği zaman her toz kendi içinde farklı boyut ve morfoloji sergilemektedir. Bu farklılıklar tozların üretim yöntemlerinden kaynaklanmaktadır. Şekil 1a'da saf titanyum tozlarının SEM görüntüsünden titanyum toz partiküllerinin karmaşık geometrili olduğu görülmektedir. Şekil 1b'de ise saf alüminyum tozlarının tipik santrifüj dönel disk atomizasyonunun üretiminin ortaya koyduğu şekil ve boyutları sergilemektedir. Şekil 1c'de ise molibden tozlarının SEM görüntüsü verilmiştir. Bu tarz yüksek sıcaklıklarda ergiyen metallerin titanyum veya alüminyum gibi atomizasyon yöntemleri ile üretilmeleri pek mümkün değildir. Molibden tozlarının üretim yöntemi için kimyasal teknikler kullanılmıştır. Bu tekniklerin getirdiği çok ince toz boyut karakteristikleri gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında toz metalurjisi tekniği ile Ti4Al4Mo alaşımının üretimi için ana bileşimin yüzdelerini taşıyacak şekilde elementel Ti, Al ve Mo tozları bilyalı değirmen yardımı ile mekanik olarak karıştırılmıştır. Hazırlanan toz karışımlar grafit bir kalıp içerisine dökülmüştür. Kalıp alt ve üst iticileri ile sabitlenerek sinterleme cihazına yerleştirilmiştir. Sinterleme işlemi için DIEX VS 50 tam otomatik sinterleme makinesi kullanılmıştır. Kullanılan kalıbın ve cihazın şematik bir gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. a) Sıcak pres cihazı b) kullanılan grafit kalıp

Karışımlar sıcak pres tekniği kullanılarak sinterlenmiştir. Ti4Al4Mo alaşımı için kademeli bir sıcaklık çevrimi kullanılmıştır. Alüminyumun düşük ergime derecesinden (660ºC) kaynaklı titanyum kafesinde çözünmesi için kademeli bir sinterleme çevrimi tercih edilmiştir. Karışımlar grafit kalıp içerisinde 50 MPa basınç altında oda sıcaklığından 500ºC'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 10 dakika beklenmiş, 500ºC'den 780ºC'ye kadar ısıtılmış ve tekrar 10 dakika beklenmiş, 780ºC'den 950ºC'ye kadar ısıtılmış ve nihai olarak 950ºC'de 15 dakika sinterlenmiştir. Tüm proses oksitlenmenin önlenmesi amacı ile 10^{-4} mbar vakum altında gerçekleştirilmiştir. Ti4Al4Mo alaşımın korozyon özelliklerini karşılaştırmak için referans malzemesi olarak Ti6Al4V alaşımı seçilmiştir.

Elde edilen alaşımların nihai yoğunlukları Arşimed prensibi ile ölçülüp teorik yoğunlukları ile oranlanmıştır. Numuneler standart metalografik yöntemler ile hazırlandıktan sonra Kroll dağlama reaktifi ile hazırlanarak mikroyapı incelemeleri Olympus BX41 ışık mikroskobu ve Joel 6060 taramalı elektron mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Alaşımların korozyon davranışlarını açıklayabilmek için her bir numunenin %3.5 NaCl çözeltisi içerisinde katodik ve anodik eğrileri elde edilmiştir. Test, 1 mV/s tarama hızı ile -250 mV ile 250 mV (SCE'ye karşı) arasında gerçekleştirilmiştir. Korozyon akım yoğunluğu i_{kor} ve korozyon potansiyeli E_{kor}, Tafel ektstrapolasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bunun için, VersaSTAT 4 potansiyotat/galvanostat tarafından kontrol edilen üç elektrotlu bir hücre kullanılmıştır. Elde edilen eğriler VersaStudio programı (version 2.42.3) ile işlemlenmiş ve ilgili değerler hesaplanmıştır. Çalışma elektrodu olarak ilgili alaşımlar, referans elektrot olarak doygun kalomel elektrot ve karşıt elektrot olarak da platin kullanılmıştır.

3. SONUÇ

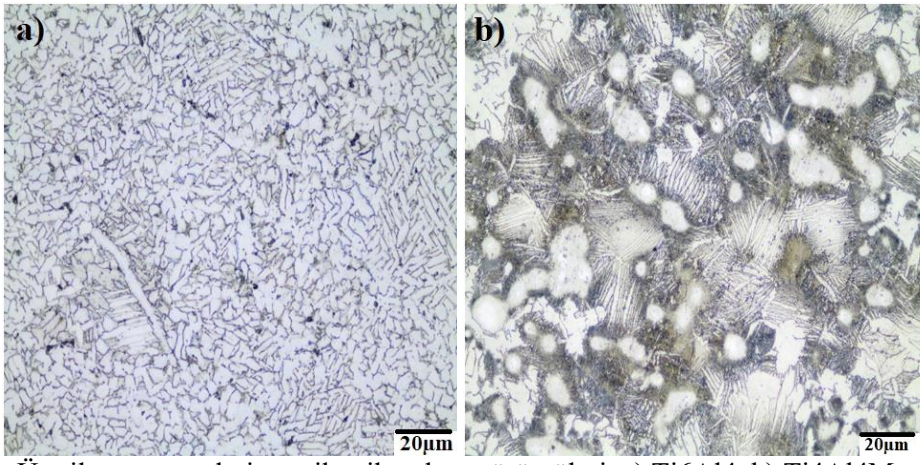
3.1 Yoğunluk Sonuçları

Toz metalurjik yöntemlerle alaşım üretiminde sinterlemenin yeterli olup olmadığı ilk olarak yoğunluk üzerinden kontrol edilir (Karagöz ve ark., 2009). Geliştirilen Ti4Al4Mo alaşımının ve Ti6Al4V alaşımının yoğunlukları Arşimed prensibi kullanılarak ölçülmüştür. Ölçülen yoğunluk değerlerinin alaşımların teorik yoğunluklarına bölünmesi sonucu relatif yoğunluk değerleri hesaplanmıştır. Ti6Al4V alaşımı ve Ti4Al4V alaşımının relatif yoğunlukları sırası ile %97,3 ve %98 olarak belirlenmiştir.Özellikle toz metalurjik parçalar da yoğunluk üzerinden mekanik ve korozyon özellikleri arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır (Bocchini, 1986). Bu çalışmada iki alaşım için de %97 üzerinde yoğunluk elde edilmiş ve yoğunluktan doğacak farklı mekanik ve korozyon özelliklerin önüne geçilmiştir.

3.2 Mikroyapısal İncelemeler

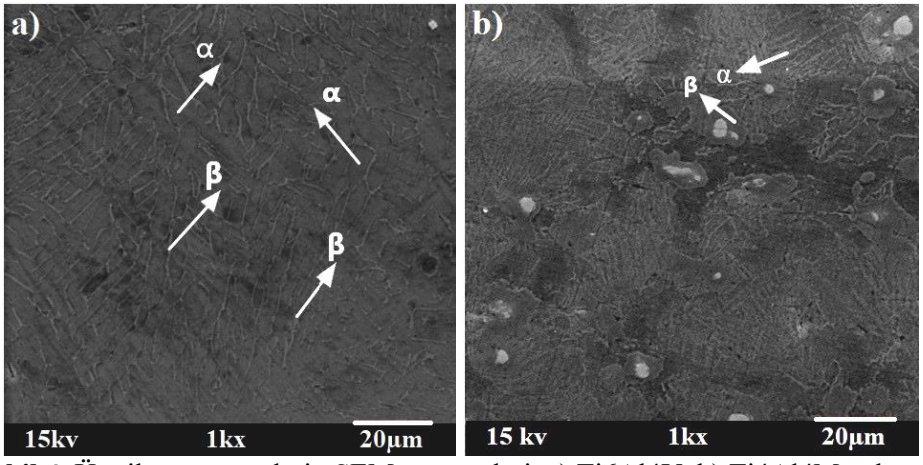
Şekil 3'te Ti6Al4V ve Ti4Al4Mo alaşımlarına ait dağlanmış haldeki optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Şekil 3'a alaşımın içerisinde eş eksenli ve lokal uzamış α taneleri gözükmektedir. Bu bölgelerin arasında kalan koyu kontrasttaki bölgeler ise β bölgelerini göstermektedir. Mikroyapı

içerisinde ki bu farklı oluşumlar Ti6Al4V alaşımında bulunan α stabilize edici alüminyum ve β stabilize edici vanadyumun etkisinden kaynaklanmaktadır. Özellikle bu tarz eşit dağılmış mikroyapılar, tozların üretim sürecinde bir pota içerisinde ergitilmesi ve tam çözünürlüğün sağlanması ile elde edilen ön alaşımlı tozların kullanılmasının bir sonucudur. Şekil 3'b ye bakıldığı zaman Ti4Al4Mo alaşımının içerisinde farklı farklı bölgeler dikkat çekmektedir. Yapı içerisinde açık kontrastlara sahip, yuvarlak şekilli bölgeler difüzyonunu tamamlayarak tam çözünmüş duruma geçemeyen molibden bölgelerini göstermektedir. Bu bölgeler EDX analizleri ile desteklenmiştir. Yuvarlak hatlı molibden bölgelerinin yakınlarında oluşan iğnemsi yapılar molibdenin titanyum kafes içerisinde β stabilize edici element olarak davranmasından dolayı iğnemsi β fazını göstermektedir. Bu yapıların dışında Ti4Al4Mo alaşımında bulunan alüminyum ve molibden elementleri nedeniyle α, β ve α+β yapıları gözükmektedir. Ti6Al4V alaşımında ki gibi eşit bir dağılım olmamasının sebebi ise Ti4Al4Mo alaşımının elementel tozlardan elde edilmiş olmasıdır.



Şekil 3. Üretilen numunelerin optik mikroskop görüntüleri, a) Ti6Al4, b) Ti4Al4Mo alaşımı

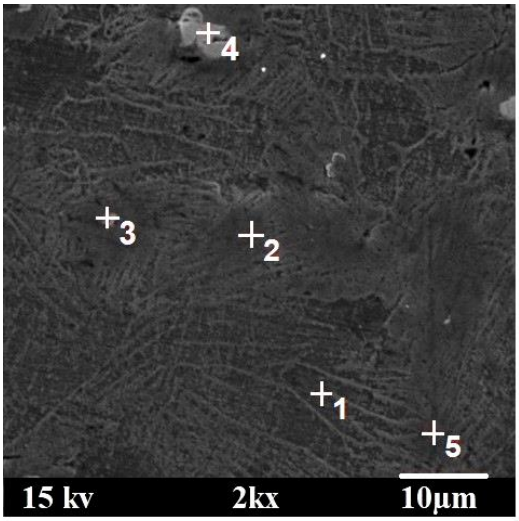
Şekil 4'te Ti6Al4V ve Ti4Al4Mo alaşımlarına ait SEM görüntüleri verilmiştir. Yukarıda verilen optik mikroskop ile verilen mikroyapılar göz önüne alındığında özellikle Ti4Al4Mo alaşımında bulunan yuvarlak şekilli açık kontrastlı bölgeler tekrar dikkati çekmektedir.



Şekil 4. Üretilen numunelerin SEM görüntüleri, a) Ti6Al4V, b) Ti4Al4Mo alaşımı

SEM mikroskop görüntülerinin ardından Ti4Al4Mo alaşımın da bulunan yuvarlak şekilli açık kontrastlı bölgelere ve genel mikroyapıya EDX analizleri yapılmıştır. Ön alaşımlı Ti6Al4V ve elemental karışım ile elde edilen Ti4Al4Mo alaşımına ait SEM görüntüleri incelendiği zaman Ti6A4V alaşımının α+β yapısı görülmektedir. Ön alaşımlı tozlar ile sinterlemenin bir etkisi olarak oluşan mikroyapı düzenli ve homojen olarak dağılmış α plakaları ve bu plakalar arasında bulunan β lamellerinden oluşmaktadır (14 Druz ve ark., 2006). Şekil 4'b de ise Ti4Al4Mo alaşımına ait SEM

mikroyapı görüntüsünde ise vanadyum elementi yerine molibden elementinin mikroyapıya etkileri görülmektedir. Molibden vanadyum gibi titanyum içerisinde β stabilize edici olarak görev yapmaktadır (Zheng ve ark., 2016). Ancak vanadyuma göre daha yoğun bir β karakteristiği ortaya koymaktadır (Kolli ve Devaraj 2018). Genel alaşıma bakıldığında α stabilizer alüminyumun da içeriği göz önüne alındığı zaman yapının α+β yapısı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ti4Al4Mo alaşımına ait mikroyapılarda yuvarlak şekilli bölgelere yapılan SEM EDX analizleri Şekil 5'te verilmiştir.



Element (1)	Kons.	Birim
Al	3,880	%Ağ
Ti	95,387	%Ağ
Mo	0,733	%Ağ
	100,000	%Ağ

Element (3)	Kons.	Birim
Al	2,237	%Ağ
Ti	75,531	%Ağ
Mo	22,232	%Ağ
	100,000	%Ağ

Element (2)	Kons.	Birim
Al	3,229	%Ağ
Ti	86,054	%Ağ
Mo	10,717	%Ağ
	100,000	%Ağ

Element (4)	Kons.	Birim
Al	0,978	%Ağ
Ti	16,751	%Ağ
Mo	82,271	%Ağ
	100,000	%Ağ

Element (5)	Kons.	Birim
Al	3,851	%Ağ
Ti	86,047	%Ağ
Mo	10,102	%Ağ
	100,000	%Ağ

Şekil 5. Ti4Al4Mo alaşımının mikroyapı görüntüsü ve 5 farklı bölgeden EDX analizi

Yapılan EDX analiz sonuçları ile beraber açık kontrastlı yuvarlak hatlı bölgelerin difüzyonunu tamamlayarak tam çözünme durumuna geçememiş molibden bölgeleri olduğu anlaşılmıştır.

3.3 Korozyon Sonuçları

Korozyon deneylerinden elde edilen akım potansiyel grafikleri yardımıyla çizilen tafel eğrilerinden Ti6Al4V ve Ti4Al4Mo alaşımlarının korozyon potansiyeli, korozyon akım yoğunluğu değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Korozyon deney sonuçları

Malzeme	E_{kor} (mV)	I_{kor}(µA)
Ti6Al4V	**-274,73**	**1,68**
Ti4Al4Mo	**-239,32**	**2,49**

Yapılan korozyon deneyi sonuçları göstermiştir ki Ti6Al4V alaşımının ön alaşımlı tozlar kullanılarak üretilmesinin sonucu olarak korozyon sonuçları literatürde yapılan çalışmalar ile benzer sonuçlar sergilemiştir. Nava-Dino ve ark yaptıkları çalışmada Ti6Al4V alaşımını elemental ve ön alaşımlı olmak üzere iki farklı toz kullanarak kıvılcım plazma sinterleme cihazı ile sinterlemiş ve korozyon özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada %98 üzerinde nihai yoğunluğa sahip ön alaşımlı Ti6Al4V tozları ile üretilen alaşımlarının korozyon potansiyel değeri (E_{kor}) -228,00 mV bir değer sergilemiştir. Elementel olarak karıştırılarak hazırlanan tozlarda ise vanadyum elementinin titanyum kafeste tam olarak çözünmemesi sonucu korozyon potansiyeli -708.00 mV değerlerine ulaşmıştır (Nava-Dino ve ark., 2012). Çalışma kapsamında elementel tozlar kullanılarak üretilen Ti4Al4Mo alaşımında ise benzer bir durum görülmüştür. Molibden içeriği Ti6Al4V alaşımına kıyasla daha soy bir korozyon potansiyeli sergilemiştir ancak molibden içeriğinin titanyum kafesinde tam

çözünmemesine bağlı olarak molibden ve titanyum arasında oluşan galvanik eşleşme sonucu daha aktif olan molibden atomları korozyon hızını arttırmıştır. Alaşımlarda galvanik bağlanmanın etkilerinin belirlenmesinde, korozyon hızından çok korozyon potansiyelinin soy hale getirilmesi son derece önemlidir (Üneri, 1987).

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Ti6Al4V alaşımına alternatif olarak geliştirilen Ti4Al4Mo alaşımı, elemental tozlar mekanik olarak karıştırılarak sıcak pres tekniği ile üretilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen Ti4Al4Mo alaşımının mikroyapısal karakterizasyonu gerçekleştirilmiş ve korozyon özellikleri tartışılmıştır. Geliştirilen Ti4Al4Mo alaşımı %3.5 NaCl çözeltisinde korozyon testine tabi tutularak Ti6Al4V alaşımına göre daha iyi korozyon potansiyeli sergilemektedir. Molibden takviyesinin titanyum kafes içinde tamamen çözündürülmesi ile korozyon potansiyelenin yanı sıra korozyon hızının da azaltılacağı ön görülmektedir. Daha uzun mekanik karıştırma süresi, daha uzun sinterleme süresi veya daha yüksek sinterleme sıcaklığı seçilerek molibden atomlarının titanyum kafesi içerisinde tamamen çözündürülmesi amacı ile üretim parametreleri optimize edilebilir**.**

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

YALÇİN, B. (2009). Sinterlenmiş titanyum alaşımlarının aşınma performansı ve bazı mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *24*(1).

YAMANOGLU, R. (2017). Sintering properties of mechanically alloyed Ti-5Al-2.5 Fe. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical* Engineering, 11(5), 360-364.

MOURİTZ, A. (2012). Titanium alloys for aerospace structures and engines. *Introduction to aerospace materials*, 202-223.

ZHOU, Q. (2007). Mechanical properties and high temperature deformation of beta titanium alloys. In *Materials science forum* (Vol. 546, pp. 1379-1382). Trans Tech Publications.

YU, H. (2018). Mechanical properties and microstructure of a Ti-6Al-4V alloy subjected to cold rolling, asymmetric rolling and asymmetric cryorolling. *Materials Science and Engineering: A*, *710*, 10-16.

TARZİMOGHADAM, Z. (2015). Microstructure design and mechanical properties in a near-α Ti–4Mo alloy. *Acta Materialia*, *97*, 291-304.

BANERJEE, D. (2013). Perspectives on titanium science and technology. *Acta Materialia*, *61*(3), 844-879.

SİVAKUMAR, G. (2017). Production and mechanical properties of nano SiC particle reinforced Ti–6Al–4V matrix composite. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, *27*(1), 82-90.

YANG, F. (2018). On microstructural evolution and mechanical properties of Ti-5Al-5V-5Mo-3Cr alloy synthesised from elemental powder mixtures. *Materials Chemistry and Physics*, *211*, 406-413.

SCHWAB, H. (2016). Microstructure and mechanical properties of the near-beta titanium alloy Ti-5553 processed by selective laser melting. *Materials & Design*, *105*, 75-80.

YAMANOGLU, R. (2015). In situ aluminum alloy coating on magnesium by hot pressing. *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, *28*(8), 1059-1064.

KARAGÖZ, Ş. (2009). Metalik toz işleme teknolojisi ve prosesleme kademeleri açısından parametrik ilişkiler. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *22*(3), 77-87.

BOCCHİNİ, G. F. (1986). The influence of porosity on the characteristics of sintered materials. *International journal of powder metallurgy (1986)*, *22*(3), 185-202.

DRUZ, V. A, (2006). Blending an elemental approach to volume titanium manufacture. *Metal Powder Report*, *61*(10), 16-21.

ZHENG, Y. (2016). Structural and compositional characteristics of ısothermal omega phase in beta titanium alloys'. In *Proceedings of the 13th World Conference on Titanium* (pp. 559-562). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc..

KOLLİ, R. (2018). A review of metastable beta titanium alloys. *Metals*, *8*(7), 506.

NAVA-DİNO, C. G. (2012). Corrosion behavior of Ti-6Al-4V alloys. *Int. J. Electrochem. Sci*, *7*, 2389-2402.

ÜNERİ, S. (1987), Korozyon ve elektrokimyasal kinetik, Türkiye Korozyon Derneği, *Korozyon ve Önlenmesi,* (s. 116-121) Ankara: Korozyon Derneği.

SAF NİKELİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE TUNGSTENİN ETKİSİ

Can Duran
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
candurankou@gmail.com

Rıdvan Yamanoğlu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
ryamanoglu@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı tungsten ilavesiyle birlikte saf nikelin mekanik özelliklerindeki değişimleri araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda saf nikele ağırlıkça %5 oranında tungsten takviyesi yapılmıştır. Mekanik karıştırma ile hazırlanan toz karışımları toz metalurjik üretim yöntemlerinden biri olan sıcak pres tekniği ile vakum atmosferi altında 30 dakika süre boyunca 1050° C' de sinterlenmiştir. Tüm sinterleme prosesi boyunca 50 MPa basınç uygulanmıştır. Üretilen numunelerin mikroyapısal karakterizasyonları taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır. Mekanik özellikler ise vickers sertlik testi ve ball-on-disc aşınma deneyi üzerinden test edilmiştir. Sıcak pres tekniği ile %98.5 relatif yoğunlukla üretilen saf nikel numunesinin %5 tungsten ilavesiyle birlikte relatif yoğunluğu %94' e düşmüştür. Diğer taraftan yapılan mekanik testler sonucunda %5 W takviyeli numunenin saf nikele kıyasla daha yüksek sertlik ve daha iyi aşınma direnci gösterdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nikel, Tungsten, Toz Metalurjisi, Sıcak Pres, Aşınma

EFFECT OF TUNGSTEN ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PURE NICKEL

Abstract

The purpose of this study is to investigate the changes in mechanical properties of pure nickel with the addition of tungsten. For this purpose, wt.5% tungsten was added to pure nickel. Powder mixtures prepared by mechanical mixing are sintered at 1050 °C for 30 minutes under a vacuum atmosphere by hot press technique which is one of the powder metallurgical production methods. A pressure of 50 MPa was applied during the all sintering process. Microstructural characterization of the samples was carried out by scanning electron microscopy (SEM). Mechanical properties were tested by using Vickers hardness test and ball-on-disc wear test. The relative density of the pure nickel sample with a relative density of 98.5% decreased to %94 with the addition of 5% tungsten. As a result of mechanical tests, it was found that Ni-5W showed higher hardness and better wear resistance compared to pure nickel.

Keywords: Nickel, Tungsten, Powder Metallurgy, Hot Press, Wear

1. GİRİŞ

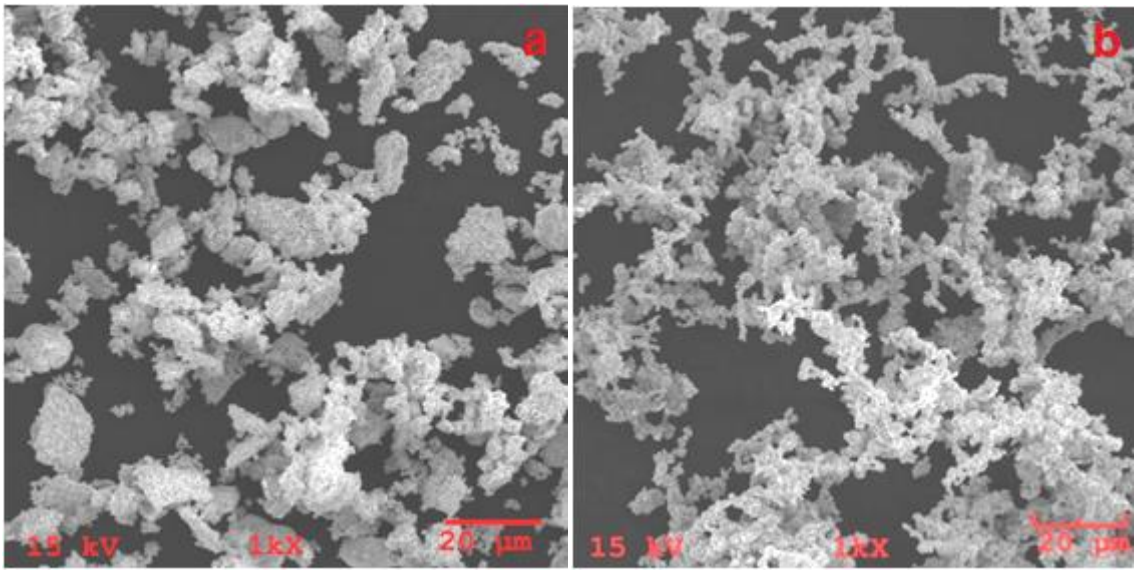
Nikel - tungsten alaşımları; elektronik, kimya, otomotiv ve havacılık gibi önemli sektörlerde yüksek sertlik, yüksek aşınma direnci, yüksek korozyon direnci ve yüksek sıcaklıkta kararlı yapıya sahip olmaları nedeniyle oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Sriraman ve ark. 2005). Bu alaşımlar gerek kimya endüstrisinde katalizör olarak kullanılıp gerekse yüksek sıcaklıklarda alt tabaka, mikro elektro mekanik sistemlerde yapı malzemesi olarak kullanılırken, yüksek mekanik özellikleri ile de çeşitli uygulamalarda kaplama malzemesi olarak alternatif malzemeleri oluşturmaktadır. Kaplama endüstrisinde de özellikle sert krom kaplamalara karşı çevre dostu olarak ortaya çıkması, bu alaşımların bu alanda da vazgeçilmez malzeme olarak tanınmasına yol açmıştır (Genç ve ark. 2013, Lee ve ark. 2014).

Geniş kullanım alanlarına sahip Ni-W alaşımlarının üretim yöntemleri ise kullanım alanları kadar farklılık göstermemektedir. Bu alaşımlarda en çok kullanılan üretim yöntemlerinden birincisi, genellikle metal veya bileşenlerinin yüzeylerine, elektrik akımları sayesinde yapılan kaplama işlemidir. Endüstriyel malzemeleri mekanik hasarlardan ve korozif ortamlardan korumak için uygulanan bu işlem esas olarak bir elektro-çökelme işlemidir (Sunwang ve ark. 2011, Hou ve ark. 2011, Eliaz ve ark. 2004). Bu üretim yönteminin hemen ardından ise toz metalurjik üretim yöntemleri göze çarpmaktadır. Toz metalurjisi ile hem içyapıda yüksek homojenlik hem de istenilen şekilde mikroyapısal kontrol gerçekleştirilebilmektedir. Basınç destekli sinterleme yöntemleriyle geleneksel toz metalurjik proseslere göre daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa sürelerde parça üretimleri mümkün olmaktadır. Düşük sıcaklık ve kısa imalat sürelerinde üretim yapılmasına rağmen üretilen malzemelerin mekanik özelliklerinde herhangi bir negatif etki yaşanmadığı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Nazarian-Samani ve ark. 2014, Mi ve ark. 1997, Genç ve ark. 2012, Genç ve ark. 2012).

Bu çalışmada saf nikel ve ağırlıkça %5 W takviyeli nikel numuneler, bir bilyalı değirmen ile yarım saat boyunca, zirkonya bilyalar yardımıyla mekanik olarak karıştırılmış, ardından vakum atmosferi altında tek eksenli sıcak pres ile yoğunlaştırılmışlardır. Daha sonra yoğunluk ölçümleri yapılan numunelerin mekanik özellikleri, sertlik ve aşınma testleri üzerinden değerlendirilmiştir. Takviye fazının dağılımı taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir.

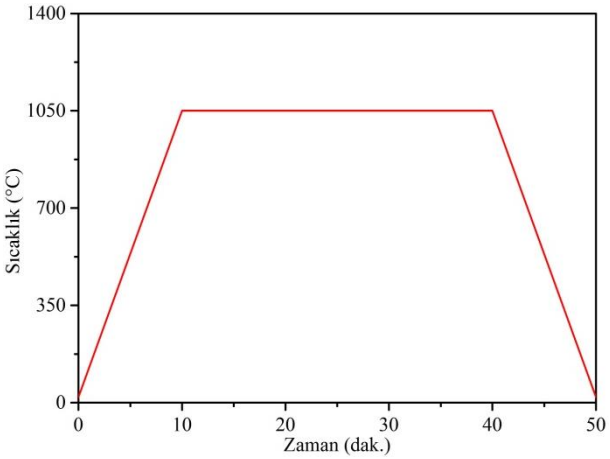
2. MATERYAL VE METOD

Ni5W alaşımı kimyasal yöntemlerle üretilmiş iki elementel tozun mekanik olarak karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Ortalama 1-2 µm boyutundaki topaklanma sergileyen tozların SEM görüntüleri Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan tozların SEM görüntüleri. a) Tungsten, b) Nikel

Mekanik karıştırma işlemi 300 rpm hızda, 30 dakika boyunca 5mm çapa sahip ZrO_2 bilyalar kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen toz karışımı, DIEX marka tek eksenli sıcak pres cihazında 10^{-4} mbar vakum altında, 1050° C sıcaklıkta ve 30 dakika süreyle sinterlenmiştir. Bütün sinterleme işlemi boyunca 50 MPa basınç uygulanmıştır. Uygulanan sinterleme çevrimi aşağıda Şekil 2' de verilmiştir. Uygulanan bütün sinterleme işlemlerinde kalıp malzemesi olarak; yüksek iletkenliği ve yağlayıcı özellikleri nedeniyle grafit tercih edilmiştir.

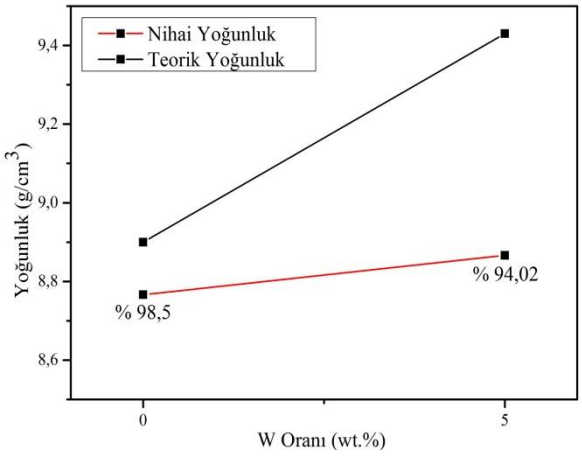


Şekil 2. Numune üretimlerinde kullanılan sinterleme çevrimi

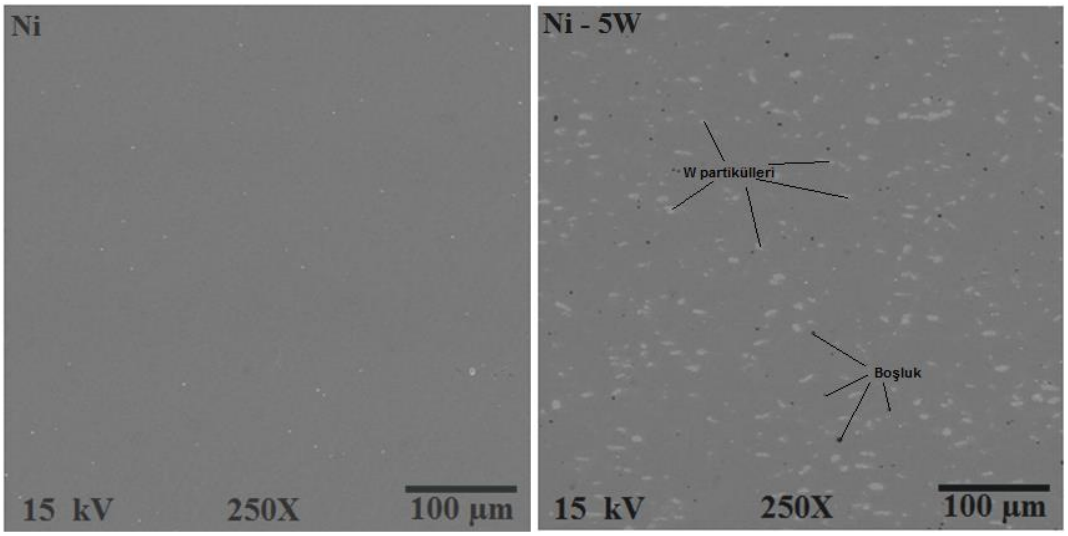
Malzemelerin yoğunluk ölçümleri AND marka analitik terazi kullanılarak arşimet prensibiyle hesaplanmıştır. Bulunan yoğunluk değerleri malzemelerin teorik yoğunlukları ile kıyaslanmış ve sonuçlar kısmında tartışılmıştır. Saf nikel ve %5 tungsten takviyeli numuneler uygulanacak testlere ve yapılacak analizlere metalografik olarak 2 aşamada hazırlanmıştır. İlk olarak numuneler 320, 600, 1000, 2000 ve 2500 gridlik zımparalarla zımparalanmıştır. Her kademe zımparalama işlemi ortalama 30 dakika sürmüştür. Numunelerdeki çapaklar giderilmiş ve 2. kademeyi oluşturan parlatma işlemlerine hazır hale getirilmiştir. Parlatma işlemleri 9, 6, 3 ve 1 mikronluk kimyasal solüsyonlarla sırasıyla yapılmıştır. Mekanik testlere önce sertlik ölçümleri ile başlanmış ve 10 farklı ölçüm yapılmıştır, sonuçlar aritmetik ortalama ve standart sapmalar ile birlikte verilmiştir. Numunelerin aşınma davranışları ise ball-on-disc metoduyla test edilmiş; testler oda sıcaklığında, 150 rpm hızda, 500 metre boyunca ve 20N yük altında yapılmıştır. Aşınma testi sonrasında aşınma izleri taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenmiş, aşınma mekanizmaları tartışılmıştır.

3. SONUÇLAR

Saf nikelin sıcak pres ile üretimi sonrasında elde edilen yoğunluk değeri % 98,50 olarak ölçülmüştür. Yapılan %5 W ilavesi ile numunelerin nihai yoğunluk değeri % 94,02'ye düşmüştür. Bileşime bağlı olarak hesaplanan yoğunluk değeri ile elde edilen nihai yoğunlukların karşılaştırmasını içeren veriler Şekil 3' te gösterilmiştir. Yoğunluktaki bu azalma tungsten ile nikel arasında gerçekleşen difüzyon ve tungsten partiküllerinin sahip olduğu çok ince boyutlar nedeniyle topaklanmaları üzerinden açıklanmaktadır. Yoğunluk üzerindeki böyle bir negatif etki karıştırma işlem süresinin arttırılması ve sinterleme sırasında uygulanan basıncın yükseltilmesi ile önlenebilir. Bu sonuçları destekleyen SEM görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4a saf nikele, 4b ise %5 W katkılı nikele aittir. Saf nikelin SEM görüntüsünden, elde edilen yüksek yoğunluk net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4b'de ise ilave edilen tungsten partiküllerinin yapıdaki homojen dağılımı dikkat çekmektedir. Tungsten partikül kümelenmelerinin aralarında koyu renkli gözenekler bulunmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi bu gözenekler W' in Ni kafesine difüzyonundan kaynaklanmıştır. Benzer reaksiyonlar yapılan farklı çalışmalarda da ortaya konmuş ve elde ettiğimiz sonuçları destekler niteliktedir (Sadat ve ark. 2015).

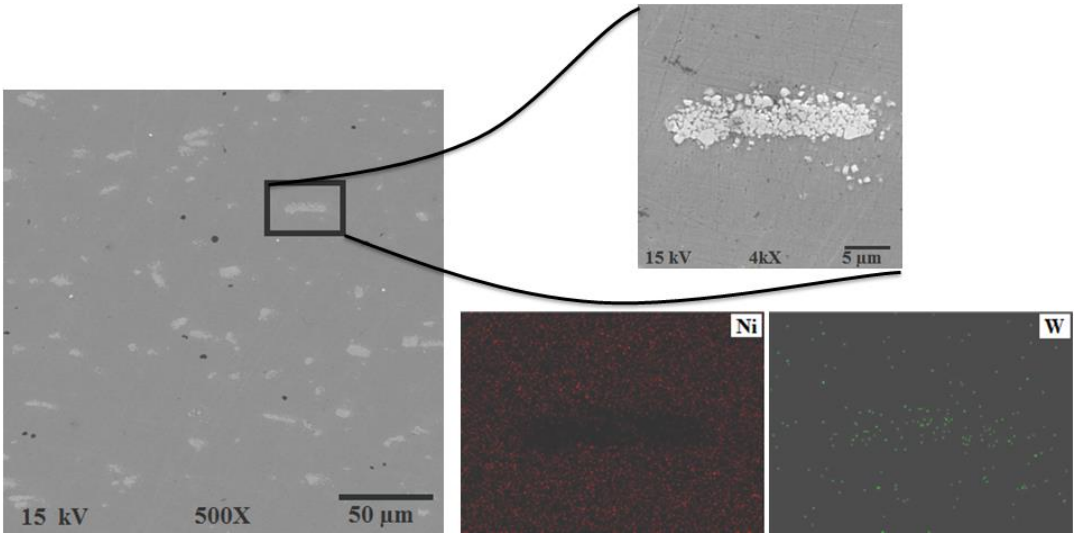


Şekil 3. Nikel ve %5 tungsten takviyeli numunelerin yoğunluk değerleri.



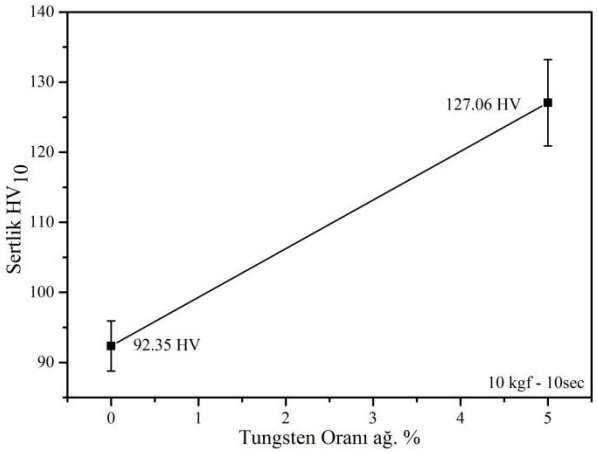
Şekil 4. Nikel ve %5 tungsten takviyeli numunelerin SEM ile çekilen mikroyapı görüntüleri

Şekil 4b'de homojen dağılımı gösteren mikroyapının yüksek büyütmeli farklı bir görüntüsü Şekil 5'te verilmiştir. Şekilden aslında ince boyutlu tungsten partiküllerinin yapıda kümelenerek bulundukları anlaşılmaktadır. Bu kümelenen tungsten partikülleri ve nikel matris içinde tungstenin difüzyonu yapılan EDX analizi ile ortaya konmuştur (Şekil 5). Bu tarz Ni-W bileşimleri ile yüksek mekanik özelliklerin elde edilmesinin en önemli nedenlerinden birisi de elementler arasındaki çözünürlük değerleridir.



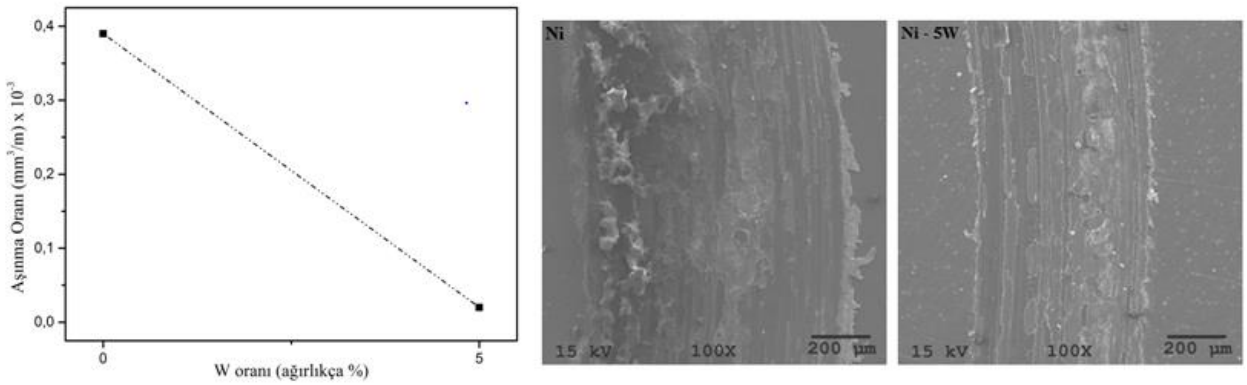
Şekil 5. % 5 W katkılı numunenin SEM görüntüleri ve EDX analizi

Şekil 6, elde edilen numunelerin Vickers sertlik deney sonuçlarını göstermektedir. Test sonuçlarına göre üretilen saf nikelin sertliği 92 ± 3.5 olarak belirlenmişken tungsten ilavesiyle birlikte malzemenin sertlik değeri 127 ± 6.1 değerlerine ulaşmıştır. Sertlikteki bu artış, tungstenin yüksek sertliği ve elementler arasındaki katı çözelti oluşumundan kaynaklanmaktadır. T. Sadat (Sadat ve ark. 2015) ve T. J. Rupert (Rupert ve ark. 2010) gibi farklı araştırmacılar Ni-xW katı çözeltilerinin sertleşme kabiliyetlerinin, oluşan çözelti ve Hall-Petch sertleşmesi kombinasyonu nedenli olduğunu açıklamışlardır.

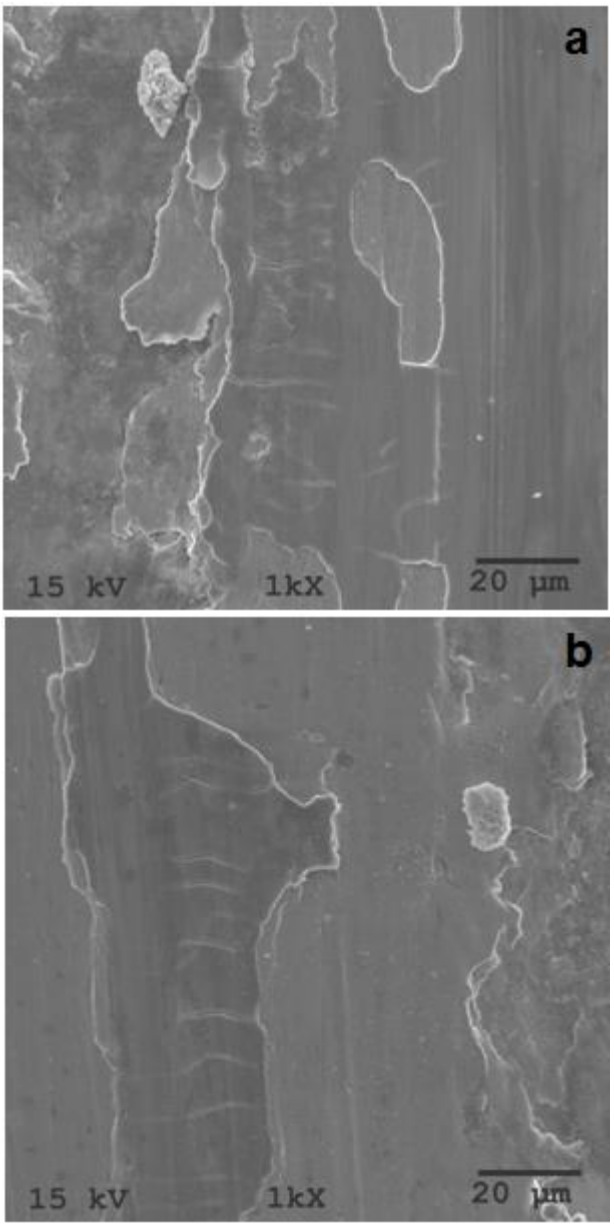


Şekil 6. Numunelerin sertlik değerleri

Şekil 7'de saf nikel ve %5 tungsten içeren nikelin aşınma testi ile elde edilen aşınma oranı değerleri ve test sonrası aşınma yüzey görüntüleri sunulmuştur. Şekil 7' de görüldüğü gibi artan tungsten ilavesi ile birlikte malzemelerin aşınma direncinde artış gözlemlenmiştir. Aşınma oranındaki bu azalma artan matris sertliğinden kaynaklanmıştır (Vamsi ve ark. 2018, Wasekar ve ark. 2015). SEM görüntülerinden de görüldüğü gibi aşınma izlerinin genişlikleri de sonuçları doğrular niteliktedir.



Şekil 7. Aşınma oranları ve Ni, Ni-5W numunelerin aşınma yüzeylerinin SEM görüntüleri



Şekil 8. a) Nikel b) Ni-5W aşınma SEM görüntüleri (1kX)

Aşınma testleri sonrası elde edilen yüzeylerin yüksek büyütmeli SEM görüntüleri ise Şekil 8'de verilmiştir. Aşınma büyük ölçüde sürtünme sırasında oluşan oksitlenme üzerinden gerçekleşmiştir. Saf nikel de nispeten sahip olduğu düşük sertlik değeri ve yüksek oksidasyon nedeniyle yoğun bir malzeme kaybı yaşanmıştır. Yüzeydeki oksit tabakaları aşınma sırasında uygulanan yük nedeniyle meydana gelen gerilmeler ile çatlaklar şeklinde yüzeyde kendini göstermiş, malzeme kaybı ve aşınma oranı yüksek bulunmuştur. Yapılan tungsten ilavesi ile yine oksitlenme gerçekleşmiş fakat sertlikteki artış ile deformasyon üzerinden malzeme kaybı ve aşınma oranında bir azalma görülmüştür.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada saf nikel ve %5 W içeren nikel alaşımı sıcak pres ile başarılı bir şekilde üretilmiştir. Tungsten ilavesi ile malzemelerin sertlik değerleri artmış, aşınma oranlarında azalma kaydedilmiştir. Çalışma kapsamında tek bir tungsten oranı ile üretimler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar sonrasında farklı tungsten oranları ve farklı proses değişkenleri ile üretimlerin devam etmesi planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmaya verdiği destekten dolayı Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi' ne teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

Eliaz N., Sridhar T.M., Gileadi E., (2004) Synthesis and Characterization of Nickel Tungsten Alloys by Electrodeposition, *Electrochimica Acta,* 50, 2893-2904.

Genç A., Ayas E., Öveçoğlu M. L., Turan S., (2012) Fabrication of in situ Ni(W)-WC Nano Composites Via Mechanical Alloying and Spark Plasma Sintering, *Journal of Alloys and Compounds,* 542, 97-104

Genç A., Öveçoğlu M. L., Baydoğan M., Turan S., (2012) Fabrication and Characterization of Ni-W Solid Solution Alloys Via Mechanical Alloying and Pressureless Sintering, *Materials and Design,* 42, 495-504

Genç A., Kaya P., Ayas E., Öveçoğlu M. L., Turan S., (2013) Microstructural of Mechanically Alloyed and Spark Plasma Sintered Ni-W Alloys Matrix Composites, *Journal of Alloys and Compounds,* 571, 159-167

Hou K. H., Chen Y.C,(2011) Preparation and Wear Resistance of Pulse Electrodeposited Ni-W/Al_2O_3Composite Coatings, *Applied Surface Science,* 257, 6340-6346

Lee S., Choi M., Park S., Jung H., Yoo B., (2014) Mechanical Properties of Electrodeposited Ni-W ThinFilms with Alternate W-Rich and W-Poor Multilayers, *Electrochimica Acta,* 153, 225-231

Mi S., Courtney T. H., (1997) Processing, Structure and Properties of Ni-W Alloys Fabricated by Mechanical Alloying and Hot-Isostatic Pressing, *Scripta Materialia,* 38 (4) 637-644

Nazarian-Samani M., Mobarra R., Kamali A. R., Nazarian-Samani N., (2014) Structural Evolution of Nanocrystalline Nickel-Tungsten Alloys Upon Mechanical Alloying with Subsequent Annealing, *Metallurgical and Materials Transactions,* 45 (1) 510-521

Rupert E. J., Trenkle J. C., Schuh C. A.,(2010) Enhanced Solid Solution Effects on the Strength of Nanocrystalline Alloys, *Acta Materiallia,* 59, 1619-1631

Sadat T., Dirras G., Tingaud D., Ota M., Chauveau T., Faurie D., Vajpai S., Ameyama K.,(2015) Bulk Ni-W Alloys with a Composite-Like Microstructure Processed by Spark Plasma Sintering: Microstructure and Mechanical Properties, *Materials and Desing,* 89, 1181-1190

Sriraman K. R., Granesh Sundara Raman S., Seshadri S. K., (2005) Synthesis and Evaluation of Hardness and Sliding Wear Resistance of Electrodeposited Nanocrystalline Ni-W alloys, *Materials Science & Engineering,* 418, 303-311

Sunwang N., Wangyao P., Boonyongmaneerat Y., (2011) The Effets of Heat Treatments on Hardness and Wear Resistance in Ni-W Alloys Coatings, *Surface & Coatings Technology,* 206, 1096-1101

Vamsi M. V. N., Wasekar N. P., Sundararajan G., (2018) Sliding Wear of As-Deposited and Heat-Treated Nanocrystalline Nickel-Tungsten Alloys Coatings, *Wear*, 412-413, 136-143

Wasekar N. P., Sundararajan G., (2015) Sliding Wear Behavior of Electrodeposited Ni-W Alloy and Hard Chrome Coatings, *Wear,* 342-343, 340-348

DESIGNING OF OFF-STOICHIOMETRY THIOL-ENE POLYMERS

Dr. Burcu Oktay
Marmara University /Department of Chemistry
burcu.oktay@marmara.edu.tr

Abstract
OSTE polymerization provides a tunable material design. In this study, it is aimed to prepare polymeric films from thiol rich off-stoichiometry thiol-ene polymers. The SH-functional films were kept with allylglycidyl ether, hydroxyethyl acrylate and 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl acrylate under UV at the different times. The wettability of films was investigated with contact angle measruments. The structural properties and thermal stability of the films was investigated with FT-IR spectroscopy thermal gravimetric analysis (TGA). respectively.

Keywords: surface modification, off-stoichiometry thiol-ene (OSTE), UV-polymerization.

1. INTRODUCTION

Click chemistry was firstly defined by Sharpless and co-workers. Click reactions was preferred for synthesis and modification of polymers (Chen et al., 2019). Currently, thiol-ene click reaction have been wiedly used in surface modification of polymers (Sitterli and Heinze, 2019). Thiol-ene click reaction exhibits rapid reaction rate, high to quantitative yields, requirement of only mild reaction conditions and low catalyst concemtration [3]. A typically thiol–ene polymer is formed via radical-mediated step polymerization. Thiol and ene groups react in a 1:1 fashion with a high yield. Off-stoichiometry thiol-ene (OSTE) is a type thio-ene click reaction. In OSTE, thiol or ene monomer is taken as excess in the formulation. The residual thiol or ene groups enable to developing of surface properties (Urucu et al., 2019). In this study, aimed to epoxy, hydroxyl and floride functional polymeric surfaces . Thiol rich surfaces were prepared by OSTE and modified allylglycidyl ether, hydroxyethyl acrylate and 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl acrylate under UV. The chemical structures of polymeric films investigated by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Thermal stability and wettability of the polymeric films were determined by thermal gravimetric analyssi (TGA) and contact angle test, respectively.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Glyoxal bis(diallyl acetal), pentaerythritol tetrakis(3-mercaptopropionate), 2-hydroxyethyl acrylate (96%), allyl glicidyl ether (≥99%) , 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl acrylate (97%) and Daracor 1173 were obtained from Sigma-Aldrich.

2.2 Characterization Methods

Attenuated total reflectance (ATR) FTIR spectra of the synthesized samples were recorded on a Perkin–Elmer ATR–FTIR spectrophotometer. TGA curves were recorded on a Perkin–Elmer. The samples were heated from 30°C to 750°C at a rate of 10°C/min under air atmosphere.

2.3 Preparation of OSTE polymeric film

OSTE film was prepared by mixing glyoxal bis(diallyl acetal), pentaerythritol tetrakis(3-mercaptopropionate) and Daracor 1173. The allyl to thiol ration was selected as 1:1,5. The prepared mixing was poured into Teflon (10mm×50mm×1mm). Then formulation was cured by a UV lamb for 3 min.

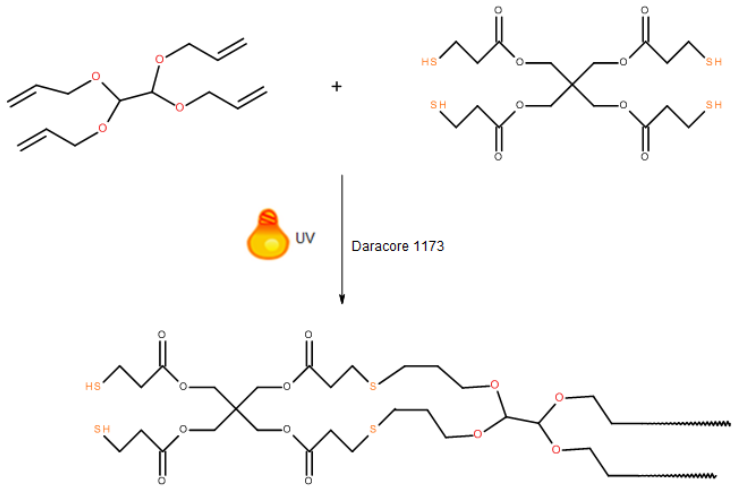


Figure 1. Preparation procedure of OSTE film

2.4 Surface modification of OSTE film

Three monomers; allyl glycidyl ether, hydroxyethyl acrylate, 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl acrylate were separately dissolved in minimum THF. Daracore 1173 was added each formulation. Thiol functionalized-OSTE polymeric film was transferred into the monomer solution. Then formulation was cured by a UV lamb for 3 min.

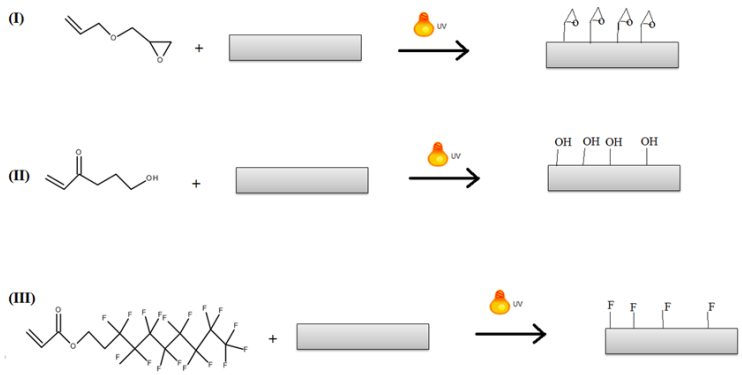


Figure 2. Modification of OSTE films

3. RESULTS

3.1. Structural Characterization of OSTE films

The structural properties of the OSTE polymeric films were investigated in before and after modification. The overlapped FTIR spectra of the films are showed in Figure 3. The characteristic -SH peak observed at 2550 cm^{-1} (Figure 3a). The peaks at 909 and 856 cm^{-1} were attributed to the characteristic epoxy peaks (Figure 3b). The hydroxyl band of hydroxyethyl acrylate is observed at 3388 cm^{-1} (Figure 3c). The peaks 1331 and 1371 cm^{-1} are related to C-F bond.

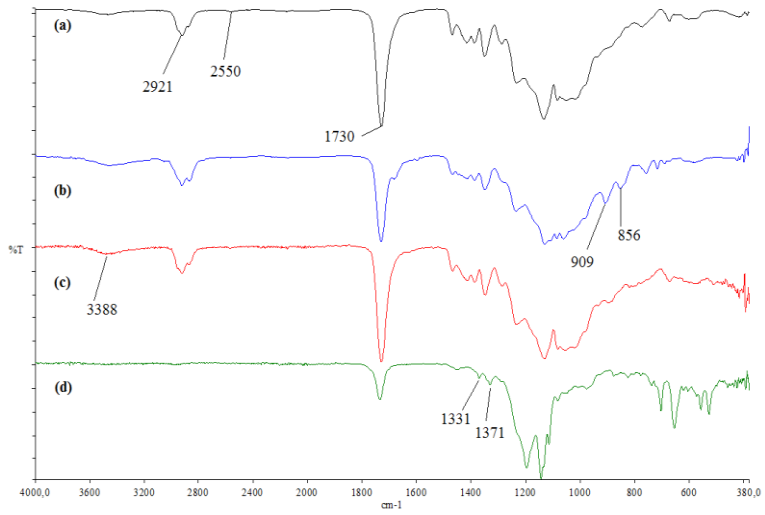


Figure 3. FTRI spectra of (a) base OSTE film, (b) glycidyl ether modified film, (c) hydroxyl modified film and (d) perfluoro modified film

3.2. Surface properties of OSTE films

Surface property of the films was evaluated using water-contact angle measurement. The contact angle values of the films are shown in Figure 4.

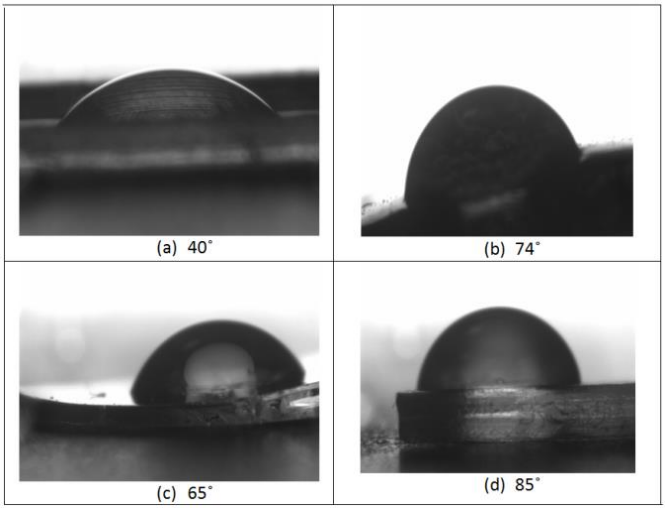


Figure 4. Contact angle values of (a) base OSTE film, (b) glycidyl ether modified film, (c) hydroxyl modified film and (d) perfluoro modified film

3.3. Thermal properties of OSTE films

Thermal stability of the films was investigated by using thermal gravimetric analysis (TGA). The results are presented in Figure 5 and Table 1.

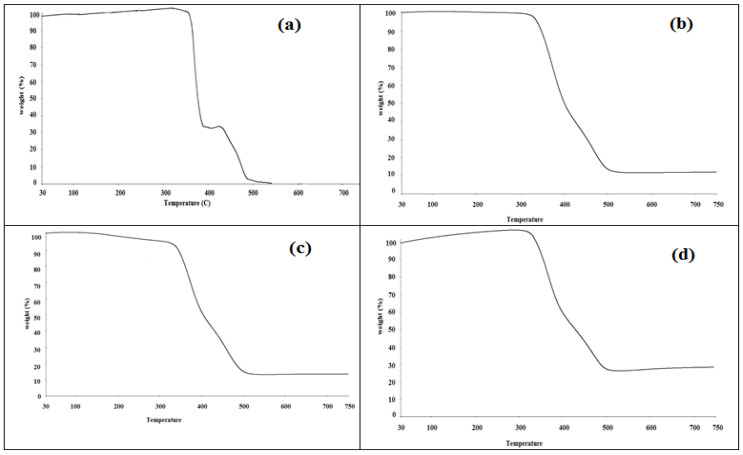


Figure 5. TGA curves (a) base OSTE film, (b) glycidyl ether modified film, (c) hydroxyl modified film and (d) perfluoro modified film

Table 1. Thermal properties of the films

Sample	$T_{5\%}$ (˚C)	$T_{50\%}$(˚C)	Char yield (%)
Base OSTE film	350	380	0
Glycidyl ether modified film	350	402	12
Hydroxyl modified film	344	402	13
Perfluoro modified film	363	440	29

4. DISCUSSION

Polymeric films surface modifications were successfully prepared with the reaction between the free SH groups and allyl (or acrylate) groups of monomers. Completion of modification was confirmed by the disappearance of the -SH peak in the all spectra (Çakmakçı et al., 2017). The contact angle value of the thiol rich film increased with modification. The contact angle of films increased with modification from 40˚ to 85˚. The TGA curves of the films displayed one step degradation profile. Thermal stability of films increased with modification. The weight losses were observed at 350-550 ˚C because of decomposition of the main structure. Addition, the amount of char yield increased.

5. CONCLUSION

In this study, three different functional group modified polymeric surfaces were developed. First, thiol rich polymer film was successfully prepared with off- stoichiometry thiol-ene. Then, epoxy, hydroxyl and fluoro groups were introduced from the free thiol groups onto polymeric surface. The films were characterized by FTIR, contact angle measurement and thermal gravimetric analysis. The results showed that the modified OSTE films could be used in a broad range from enzyme to hydrophobic surfaces.

REFERENCES

Chen et al. 2019. Facile methacrylation of cellulose via alkaline aqueous esterification for thiol–ene click functionalization. Materials Letters 245 (15), 18-21.

Çakmakçı et al. 2017. Maleic anhydride functionalization of OSTE based coatings via thiol-ene "Click" reaction for the covalent immobilization of xylanase. Reactive and Functional Polymers. 111, 38-43.

Sitterli and Heinze. 2019. Studies about reactive ene-functionalized dextran derivatives for Thiol-ene click reactions. Reactive and Functional Polymers. 136, 66-74

Urucu et al., 2019. Allylimidazole containing OSTE based photocured materials for selective and efficient removal of gold from aqueous media. Microchemical Journal. 146, 997-1003

İKİ BOYUTLU NANO YAPILAR VE BUNLARIN MOLEKÜLLERLE ETKİLEŞİMİNİ DEĞİŞTİRME YOLLARI

Arş. Gör. Bahadır Salmankurt
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
bahadir.salmankurt@kocaeli.edu.tr

Doç. Dr. Hikmet Hakan Gürel
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
hhakan.gurel@kocaeli.edu.tr

Özet

Bir atom kalınlığında olan Grafenin 2004 yılında sentezlenmesinden sonra iki boyutlu yapılara ilgi her geçen gün artmaktadır. Grafenin haricinde fosforen, silisen, Arsenen gibi malzemeler de örnek olarak verilebilirler. Bu zamana kadar yapılan çalışmalar veritabanlarında taratıldığında Web of Science için 627 bin, Scopus için 4,7 milyon ve Google Scholar içinse 3,1 milyon sonuç elde edilmektedir. Bu sonuçlar bize iki boyutlu malzemelerin önemli olduğunu göstermektedir. Bu yapıdaki malzemeler nano mertebesindeki kalınlıkları ve yüksek yüzey/hacim oranlarından ötürü kimyasal gaz algılayıcı, enerji depolama, elektrik cihazlar ve biyomedikal vb. birçok alanda kullanılabilirler. Özellikle molekülerin bu tarz yapılarla etkileşimini anlamak günlük yaşantımızdaki birçok duruma kolaylık sağlayabilir. Dolayısıyla moleküllerin iki boyutlu yapılarla etkileşimi incelenmelidir. Bu çalışmada şimdiye kadar varlığı bilinen iki boyutlu malzemelerin kısaca tanıtımı yapıldı ve moleküllerle etkileşimi üzerinde duruldu. Bu etkileşimlerin nasıl daha iyi bir hale getirilebileceği tartışıldı. Yapının yükünün değişmesi, yapısal boşluk kusurları, elektrik alan uygulama, yüzeyi atomlarla işlevselleştirme, katkılama yapma gibi işlemlerin moleküllerle etkileşimini etkilediği ortaya çıkarıldı. Son olarak gelecekte mümkün olabilecek uygulama alanları değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: İki boyutlu yapılar, Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı, Quantum Espresso, Siesta

TWO-DIMENSIONAL NANOSTRUCTURES AND WAYS TO CHANGE THEIR INTERACTION WITH MOLECULES

Abstract

After the discovery of Graphene in 2004 ,which is an atomic thickness, interest in two-dimensional structures is increasing day by day. Apart from graphene, Phosphorene, silicene, Arsenene etc. can also be given as examples. When the studies carried out so far have been scanned in the databases, 627 thousand results for Web of Science, 4.7 Million results for Scopus and 3.1 Million results for Google Scholar are obtained. These results show us that two-dimensional materials are important. Due to their thickness in nanoscale and high surface / volume ratio, these type of materials can be used in the area such as gas detector, energy storage, electrical devices and biomedical etc. In particular, understanding the interaction of the molecular with such structures can facilitate many situations in our daily life. Therefore, the interaction of molecules with two-dimensional structures should be examined. In this study, the two dimensional materials known to date have been briefly introduced and their interaction with molecules has been emphasized. It was discussed how these interactions could be improved. Changes in the charge of the structure, structural hole defects, appliying electric field , surface functionalization with atoms, doping and the interaction with molecules has been found to affect the interaction. At the end, the possible application areas in the future were evaluated.

Keywords: Two dimensional structures, Density Functional Theory, Quantum Espresso, Siesta

1. GİRİŞ

Hava kirliliği ve sera etkisi dünya genelinde çok ciddi çevresel ve toplumsal sorunlara neden olmaktadır. Bu gibi zararlı gazların tespit edilip yok edilmesi gerekir, ki bu da gaz algılayıcılarla mümkün olabilmektedir (Liu ve ark., 2017). Gaz algılayıcılar sadece çevre kirliliğini önlemede değil aynı zamanda biyomedikal, askeri, tarım vb. alanlarda da kullanılır. Gaz algılayıcılar yüksek hassasiyete ve seçiciliğe sahip olmalı, hızlı bir şekilde tepki göstermeli ve performansında kararlı olmalıdır. Ancak yüksek yüzey/hacim oranına sahip malzemeler böylesine bir performans sergilerler. İki boyutlu malzemeler yüksek yüzey/hacim oranına sahiptirler ve iyi gaz algılayıcılar olabilirler (Tang ve ark., 2018).

Grafenin sentezlenmesinden sonra iki boyutlu malzemelere ilgi özellikle gaz algılayıcı olarak kullanılmasından ötürü artmıştır. İki boyutlu malzemeler ile ilgili bu zamana kadar yapılan çalışmalarda Web of Science için 627 bin, Scopus için 4,7 milyon ve Google Scholar içinse 3,1 milyon sonuç elde edilmiştir ve bu da iki boyutlu yapıların ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

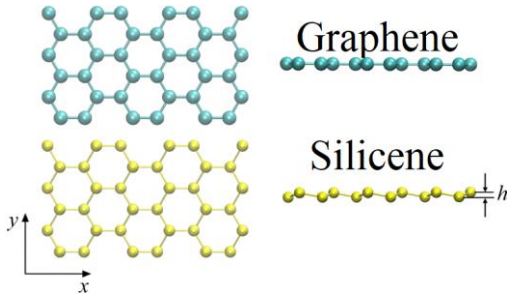
İki boyutlu yapıların moleküllerle etkileşimine baktığımızda molekülün davranışını kontrol etmek gerekebilir. Bu çalışmada moleküllerin etkileşim enerjilerinin hangi yollarla kontrol edilebileceği literatürdeki çalışmalardan yola çıkarak gösterilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, literatürdeki çalışmalardan örnekler verilerek hazırlanmıştır. Bahsedilen çalışmaların hepsinde yoğunluk fonksiyonel kuramından yararlanılmıştır (Hohenberg ve Kohn, 1964; Kohn ve Sham, 1965). Kullanılan programlar genellikle Quantum Espresso, Siesta ve VASP olarak görülmektedir (Soler ve ark, 2002; Kresse ve Furthmüller 1996; Giannozzi ve ark., 2009). Değiş-tokuş ve karşılıklı etkileşim için Genelleştirilmiş Gradyen Yaklaşımı (GGA), Perdew-Burke-Ernzerhof fonksiyonu ile çalışılmıştır (Perdew ve ark., 1996). Sonuçları daha iyi anlayabilmek adına van der waals etkisi Grimme-D2 yöntemi ile dahil edilmiştir (Grimme, 2006).

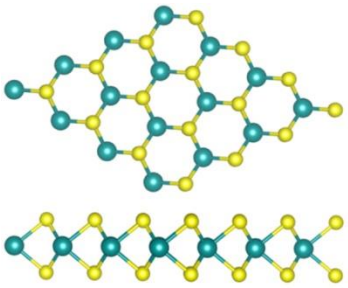
3. SONUÇ

Karbon atomlarından oluşan Grafen, yüksek yüzey alanı ve düşük elektriksel gürültüsünden ötürü son derece hassas gaz tutma karakteristiği göstermektedir. Ayrıca esnek özellikli olması birçok alanda kullanımına imkan verir. Yarı metal bir özelliğe sahiptir ve Şekil 1'de gösterilmektedir (Zhang ve ark., 2014). Grafenle aynı grupta bulunan Silisen, Germanen de iki boyutlu yapılar oluşturabilirler. Fakat yapılarda küçük bir "burkulma" mevcuttur ve bu durum şekilde gösterilmiştir.



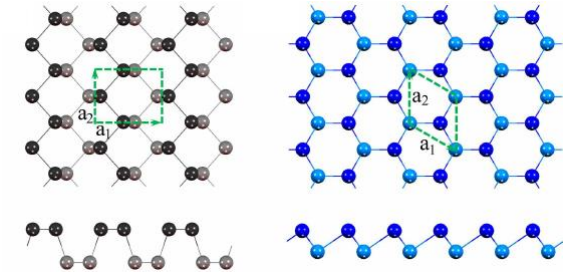
Şekil 3 Grafen ve Silisenin üstten ve yandan görünümü

Geçiş elementleri ile (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Re) kalkolenlerin (Se, S, Te) MX_2 şeklinde bileşen oluşturabilirler. Bu malzemelerin külçe yapıları uzun zamandır çalışılmaktadır fakat iki boyutlu yapılarının varlığı yeni bir bakış açısı kazandırdı. Bu yapılar şekilde gösterildiği gibidir. Yarı iletken özellikte olmaları, band aralıkları, ve redoks tepkimeleri için reaktifliğinin olması bunları Grafenden farklı kılmaktadır (Wang ve ark., 2013).



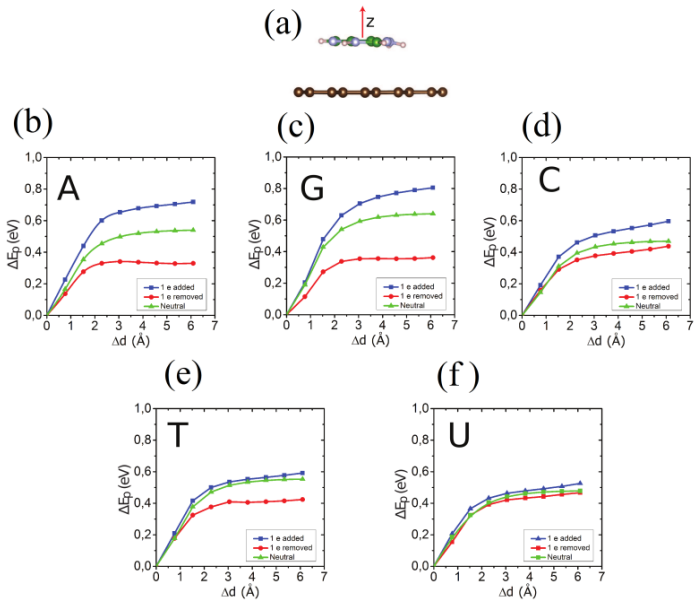
Şekil 4 MoS_2 yapısının üstten ve yandan görünümü

Siyah ve Mavi fosforen şekilde gösterildiği gibi sadece fosfor atomlarından oluşmaktadır. Bu yapılar değişken band aralığı karakteristiği, yüksek taşıyıcı mobilitesi, yüksek akın aç/kapa oranı gibi özelliklerinden ötürü farklıdır. Dolayısıyla bu malzemeler alan etkili transistör, güneş pilleri ve algılayıcılar gibi birçok alanda kullanıma uygundur (Li ve Chen, 2014).



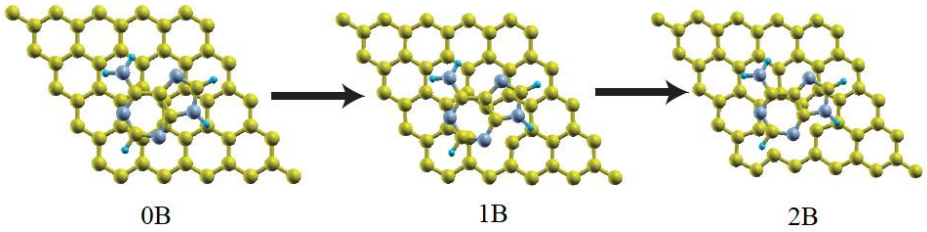
Şekil 5 Siyah ve Mavi fosforenin üstten ve yandan görünümü

İki boyutlu malzeme-molekül etkileşiminde sistemin yükü değiştiğinde molekül ve iki boyutlu yapıya bağlı olarak farklı şekilde tepki verebilir. Şekil 4'de nükleobazların grafen ile etkileşiminde 1 elektron eklenmesi veya çıkarılması durumunda meydana gelen değişiklikler gösterilmiştir (Gürel ve Salmankurt, 2017).



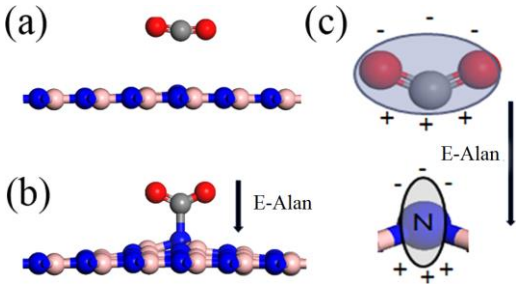
Şekil 6 a) Grafen yüzeyindeki molekülün çekilmesi, b) Adenine, c) Guanine, d) cytosine, e) Thymine ve f) Uracil molekülünün grafen yüzeyi üzerindeki etkisi

Bir diğer etki yapısal boşluk kusurlarıdır. Oluşan boşluk kusuru ve bu kusurla beraber meydana gelen değişiklik Şekil 5'de gösterilmektedir. Boşluk sayısı arttıkça molekülün bağlanma enerjisi azalmaktadır (Gürel ve Salmankurt, 2017)



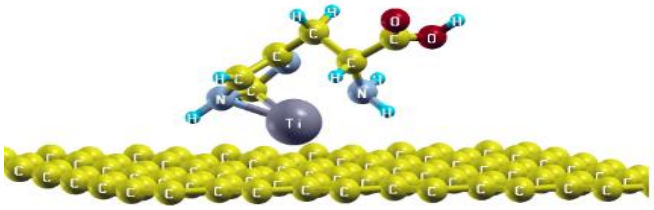
Şekil 7 Boşluk kusurlu Grafen yüzeyi üstünde olan molekülün davranışı

Eğer yüzeye elektrik alan uygulanırsa uygulanan alana göre farklı sonuçlar elde edilebilir. Şekil 6'da uygulanan elektrik alan ile birlikte molekülün yüzeye yaklaştığı ve dolayısıyla enerjide de bir artışın meydana geldiği söylenebilir (Guo ve ark., 2015).



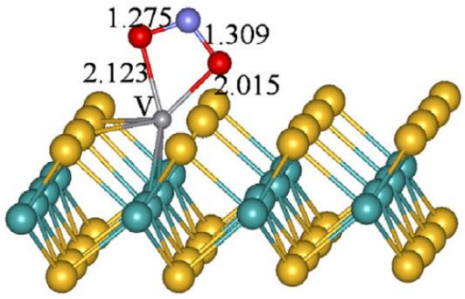
Şekil 8 h-BN yüzeyi üstende olan CO_2 molekülünün uygulanan elektrik alana göre davranışı

Şekil 7 ise işlevselleştirilen yüzeyin molekül ile etkileşimi göstermektedir. Bu şekilde Ti atomu Histidine molekülünü etkili bir şekilde tutmaktadır (Salmankurt ve Gürel, 2017).



Şekil 9 Ti ile fonksiyonelleştirilmiş yüzeyin Histidine molekül ile etkileşimi

Son olarak katkılamanın etkisi Şekil 8'de gösterilmektedir. NO_2 molekülünün bağlanma enerjisi, yüzeyin V atomu ile katkılanmasından sonra artmıştır (Zhu ve ark., 2017).



Şekil 10 V atomu ile katkılanan yapının NO_2 ile etkileşimi

4. TARTIŞMA

İki boyutlu yapılarla etkileşen moleküllerin etkileşim enerjileri yapının yükünün değiştirilmesi, yapısal boşluk kusurlarının oluşturulması, yüzeye dik elektrik alan uygulanması, yüzeyin atomlarla işlevselleştirilmesi ve katkılama yapılması gibi durumlarda değiştirilebilir.

Şekil 4'de yük eklemenin veya çıkarmanın etkisi gözükmektedir. Moleküle ve yüzeye bağlı olarak yüklerin etkisi değişebilir. Bir diğer etki ise boşluk kusurlarıdır. Bu kusurlarda Şekil 5'de görüldüğü gibi boşluk arttıkça bağlanma enerjisi azalmakta olabilir. Bazı durumlarda ise artmaktadır (Tit ve ark., 2017). Elektrik alan uygulandığında elektrik alan yönü ve yapılar göz önüne alınmalıdır. Şekil 6'da olduğu gibi CO2 molekülünün etkileşim enerjisi artabilmektedir.

Bir diğer etki de yüzeyin işlevselleştirilmesidir. Şekil 7'deki gibi bir durumda etkileşim enerjisi -0.66 eV değerinden -3.32 eV değerine çıkmıştır. Bu oldukça iyi bir bağlanmadır. Eğer fonksiyonelleştirilme durumunda kimyasal bir bağlanma yoksa bu sefer molekül yüzeyden daha da uzaklaşacak ve etkileşim enerjisi normaline göre azalacaktır (Salmankurt ve Gürel, 2017).

Son olarak katkılama da etkileşim enerjisini etkilemektedir. Şekil 8'de bu durum görülmektedir ve bağlanma enerjisi -0.20 eV değerinden -2.59 değerine çıkmaktadır.

Sonuç olarak bahsedilen yöntemlerle moleküllerin yüzey ile olan etkileşimi değiştirilebilmektedir.

KAYNAKLAR

Giannozzi, P., Baroni, S., Bonini, N., Calandra, M., Car, R., Cavazzoni, C., ve Dal Corso, A. 2009. QUANTUM ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials. Journal of Physics: Condensed Matter, 21 (39), 395502.

Gürel, H. H., ve Salmankurt, B. 2017. Binding mechanisms of DNA/RNA nucleobases adsorbed on graphene under charging: first-principles van der Waals study. Materials Research Express, 4 (6), 065401.

Gürel, H. H., ve Salmankurt, B. 2017. Interaction mechanism of biomolecules on vacancy defected 2D materials. AIP Conference Proceedings, 1815 (1) 050005.

Guo, H., Zhang, W., Lu, N., Zhuo, Z., Zeng, X. C., Wu, X., ve Yang, J. 2015. CO_2 capture on h-BN sheet with high selectivity controlled by external electric field. The Journal of Physical Chemistry C, 119 (12), 6912-6917.

Grimme, S. 2006. Semiempirical GGA-type density functional constructed with a long-range dispersion correction. Journal of Computational Chemistry, 27 (15), 1787-1799.

Hohenberg, P. ve Kohn, W. 1964. Inhomogeneous electron gas. Physical Review, 136 (3B), B864.

Kohn, W. ve Sham, L. J. 1965. Self-consistent equations including exchange and correlation effects. Physical Review, 140 (4A), A1133.

Kresse, G. ve Furthmüller, J. 1996. Software VASP, Phys. Rev. B, 54 (11), 169.

Li, Y., ve Chen, X. 2014. Dirac fermions in blue-phosphorus. 2D Materials, 1 (3), 031002.

Liu, X., Ma, T., Pinna, N., ve Zhang, J. 2017. Two-dimensional nanostructured materials for gas sensing. Advanced Functional Materials, 27 (37), 1702168.

Perdew, J. P., Burke, K., ve Ernzerhof, M. 1996. Generalized gradient approximation made simple. Physical Review Letters, 77 (18), 3865.

Salmankurt, B., ve Gürel, H. H. 2017. Interactions of amino acids with adatoms (Ti, C, O) decorated graphene via effect of charging. AIP Conference Proceedings, 1815 (1) 050012.

Soler, J. M., Artacho, E., Gale, J. D., García, A., Junquera, J., Ordejón, P., & Sánchez-Portal, D. 2002. The SIESTA method for ab initio order-N materials simulation. Journal of Physics: Condensed Matter, 14 (11), 2745.

Tang, X., Du, A., ve Kou, L. 2018. Gas sensing and capturing based on two-dimensional layered materials: Overview from theoretical perspective. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science, 8 (4), e1361.

Tit, N., Said, K., Mahmoud, N. M., Kouser, S., ve Yamani, Z. H. 2017. Ab-initio investigation of adsorption of CO and CO_2 molecules on graphene: Role of intrinsic defects on gas sensing. Applied Surface Science, 394, 219-230.

Wang, Q., Wu, P., Cao, G., ve Huang, M. 2013. First-principles study of the structural and electronic properties of MoS_2–WS_2 and MoS_2–$MoTe_2$ monolayer heterostructures. Journal of Physics D: Applied Physics, 46 (50), 505308.

Zhang, X., Xie, H., Hu, M., Bao, H., Yue, S., Qin, G., ve Su, G. 2014. Thermal conductivity of silicene calculated using an optimized Stillinger-Weber potential. Physical Review B, 89 (5), 054310.

Zhu, J., Zhang, H., Tong, Y., Zhao, L., Zhang, Y., Qiu, Y., ve Lin, X. 2017. First-principles investigations of metal (V, Nb, Ta)-doped monolayer MoS_2: Structural stability, electronic properties and adsorption of gas molecules. Applied Surface Science, 419, 522-530.

ELECTROCHEMICAL OXIDATION OF DISSOLVED ORGANIC DYE IN AQUEOUS SOLUTION

***Muhammad Saeed Ullah[1], Umair Zahid[1], H. Abuzar Ahsan[2], Zaher Ahmad[3]**

[1, 2] University of the Punjab Lahore, Pakistan, Faculty of Engineering and Technology, Institute of Chemical Engineering and Technology

[3] Minhaj University Lahore, Pakistan, Engineering Faculty, Department of Chemical Engineering

*engrsaeed147@gmail.com[1], ranaumair2012@gmail.com[1], abuzar_ahsan@yahoo.com[2], zaher.ahmad@mul.edu.pk[3]

ABSTRACT

Investigation performed on the decomposition of Congo Red dye dissolved in water by the technique used so called electrochemical oxidation. For the sake of this, an electrochemical cell was used having cathod and anode as an electrode. Cathod is made of stainless Steel and anode of Graphite. Silver and Copper were also tested as a anode to see the effect of electrochemical oxidation so that comparision can draw between other materials also. Various factors such as current density, treatment time, initial dye concentration and pH were studied for excellent removal of Congo Red dye from its aqueous solution, After studying it is concluded that substantial increase in dye removal was found to be increased with an increase in up to (4-5 min), pH of 4 and current density of up to 0.08 mA/cm2.

Keywords: Electrochemical Oxidation, Organic Dyes, Textile waste water, Current density, Dye conce-ntration

1. INTRODUCTION

Living organisms rely on water as a primary need and it is also of great importance for a wide range of the industrial applications. As world population increases, the availability of fresh water will be a big problem in near future. Public awareness regarding the long term environmental and health effects caused by industrial effluents containing trace quantities of colored, toxic and non-biodegradable organic contaminants and strict legislation imposed by the environmental regulatory body have tremendously increased pressure on industries to treat their effluents to ppb(parts per billion) and ppt(parts per trillion) level. [1] Uses of wastewater are numerous, specially in industry and agriculture. A wide variety of pathogenic organisms is found in wastewater, including bacteria, viruses. The symptoms/diseases associated with such infections are also diverse. Heavy metals residing in sewage can disrupt the growth of plant which ultimately limit the crop yield. [2] Over worldwide one of the main source of sever pollution is the textile industry and its dye containing wastewaters. Discharge of dyecontaining effluents in water is undesirable due to color and their breakdown products are toxic, carcinogenic. Recycling of treated wastewater is recommended due to high level of contamination in dyeing and finishing processes. [3] Presence of these colored dyes inhibits the diffusion of the sunlight in to water, ultimately decreasing the photosynthesis process of aquatic plant. On the other hand major problem in the wastewater treatment that holds azo-dyes is due to the high stability of these species. Due to following features wastewater containing these dyes cannot be treated by conventional methods. [4]

Researchers are working on various alternative treatment processes. Such as Electrochemical techniques, Wet Oxidation, Ozonization and Photocatalytic methods for degradation of organic compounds. Among these treatment processes Electrochemical Oxidation technique has been receiving more attention in recent years due to its versatility, energy efficiency, automation and cost effectiveness as compared to other processes. [5]

Electrochemical Oxidation is economically viable and efficient method for removing organic pollutants which contains toxic and non-biodegradable compounds. By using Electrochemical Oxidation we can minimize the concentration of organic pollutants to an extent as much as lower possible with economical way. Treatment like this has tremendous advantages because it does not involve auxiliary chemicals. Electrochemical Oxidation is applicable to wide range of organic pollutants removal and does not require high pressures and temperatures. [6]

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Analytical grade stock solution of Congo red of having purity level greater than 99% was prepared in distilled water. Also prepared the brine solution having concentration (3% w/w) in distilled water and acidified to pH 2 by adding few drops of HCl. The acidified brine solution was used as catholyte.

Method used for this procedure as Congo red solutions were analyzed using UV/Vis Spectrophotometer (Perkin Elmer Lambda 25). The Photometric analysis was conducted at a Lambda max of 500 nm.[7]

2.2 Experimental Setup

The Electrochemical Oxidation of Congo red Dye was conducted in an Electrochemical Cell comprises of two portions naming anodic and cathodic compartments. The anode was made of Graphite and cathode was made of perforated sheet of Stainless Steel. Both compartments were separated from each other by placing a Poly-Ethylene based membrane (DARAMIC 350). The cathodic and anodic departments were filled with catholyte and Congo red solution respectively. The Congo red solution was filled with a known concentration and after the treatment remaining concentration was determined using Spectrophotometer. After filling the said solution in both the compartments, electrodes were connected to a DC power supply.

The effect of treatment time, initial concentration, current density and initial pH was studied with reference to the percent removal of Congo red from its aqueous solution.

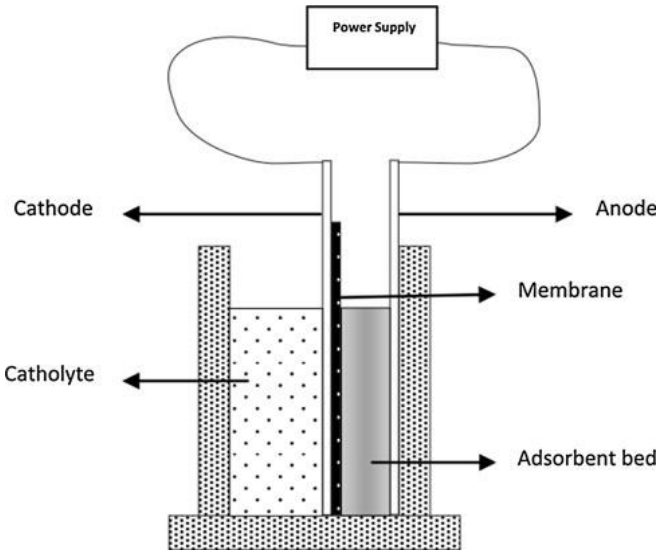


Fig1. Electrochemical Cell

3. RESULTS

Following are the results of different parameters studied while keeping others constant to check the dye removal rate and efficiency.

3.1 Effect of Treatment Time on Dye Removal using Graphite Electrode

İn below graph, it was found that 4 minute was the optimum time for the removal efficiency of dyes from effluent water.

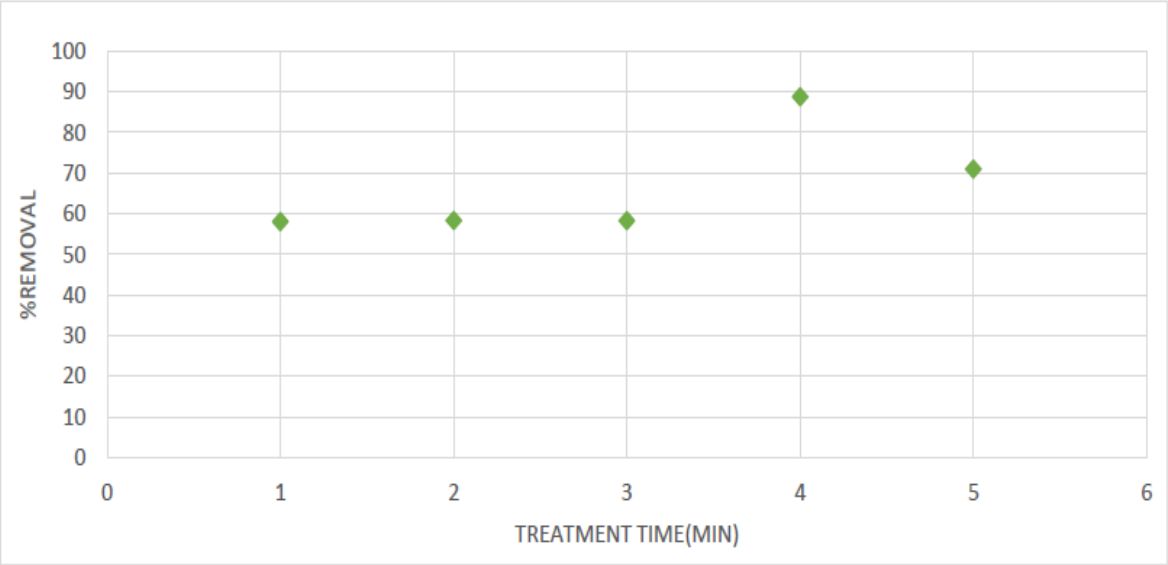


Fig2. Effects of Treatment Time on Dye Removal (%) using graphite electrode

3.2 Effect of Initial Concentration on Dye Removal using Graphite Electrode

The optimum value for concentration was investigated as 120 ppm for maximum removal efficiency of dyes from waste water.

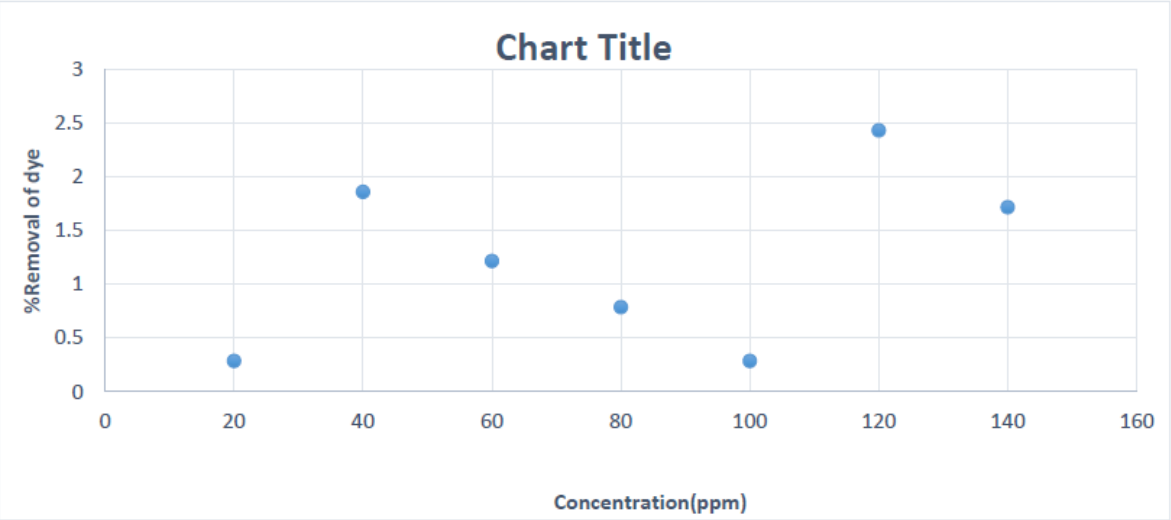


Fig3. Effect of Initial Dye Concentration on Dye Removal (%) using Graphite Electrode

3.3 Effect of Current Density on Dye Removal using Graphite Electrode

As we increased the current density, it enhanced the removal efficiency of dye from effluent water.

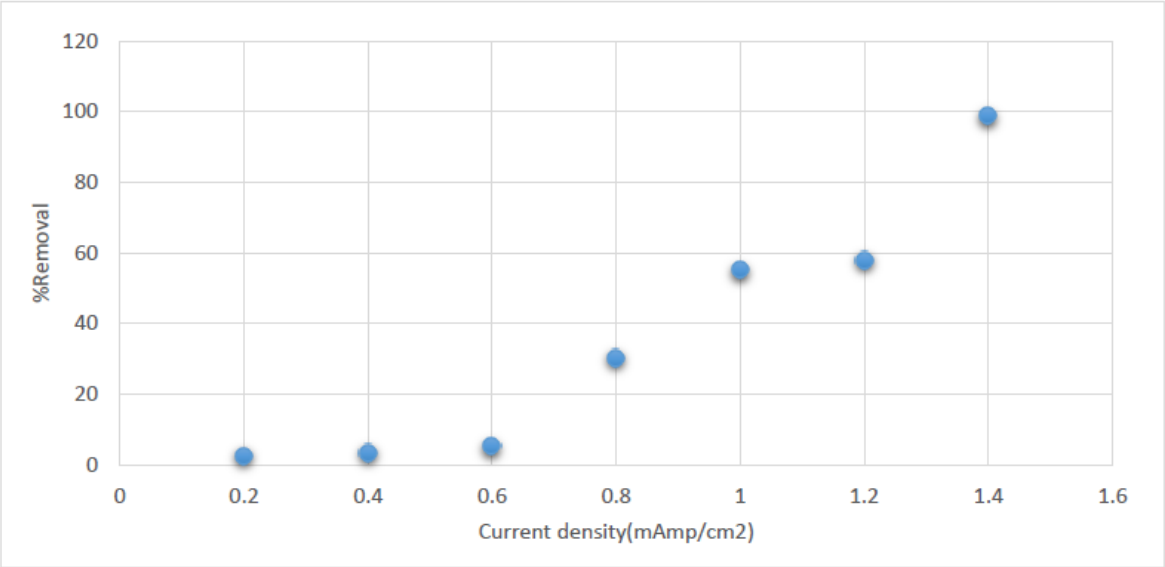


Fig4. Effect of Current Density on Dye Removal (%) using Graphite Electrode

3.4 Effect of Initial pH on Dye Removal using Graphite Electrode

pH value of solution effected the electrochemical reaction on electrode surface as we can examine in the following graphical presentation. The acidic value of pH was found with optimum results for removal efficiency of dye from the waste water.

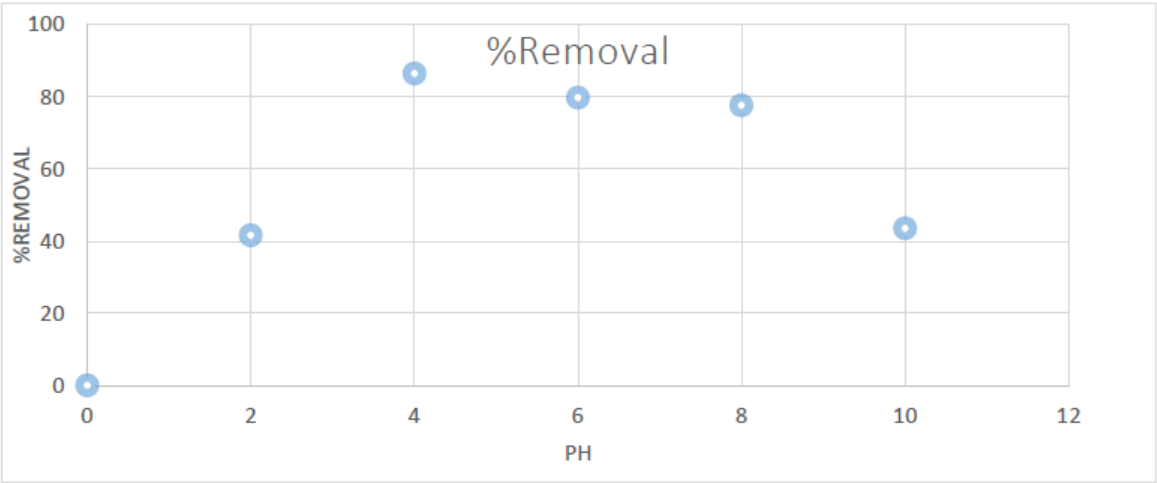


Fig5. Effect of Initial pH on Dye Removal (%) using Graphite Electrode

3.5 Effect of Treatment Time on Dye Removal using Silver Electrode

Here we have replaced the graphite electrode with silver electrode and found the same trend of removal efficiency of dyes from the effluent water as it was observed for graphite electrode.

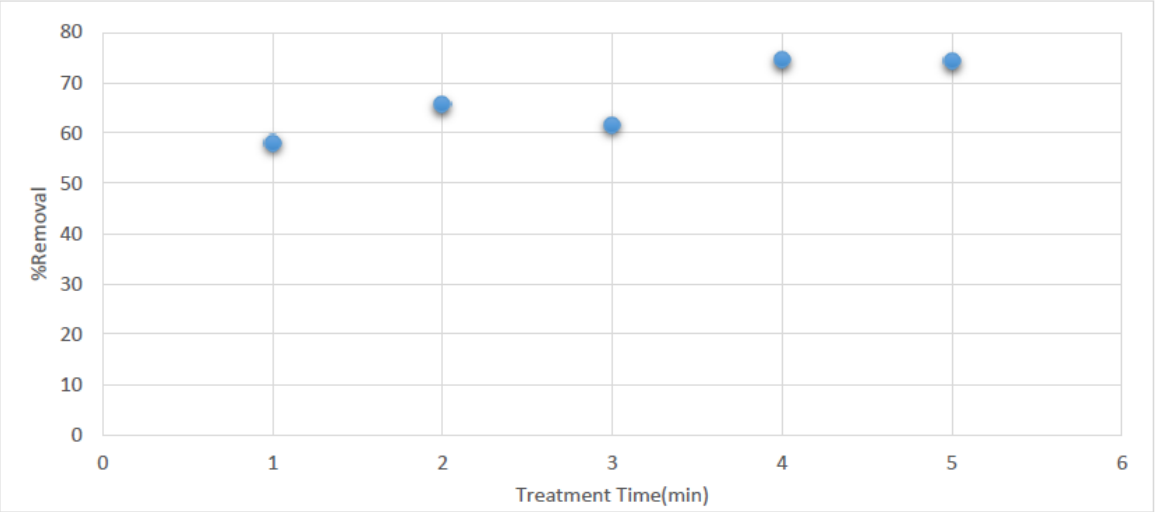


Fig6. Effect of Treatment Time on Dye Removal (%) using Silver Electrode

3.6 Effect of Treatment Time on Dye Removal using Copper Electrode

While we have also tested the copper electrode and observed the increasing trend of removal efficiency upto 4 minutes and then decreasing effect after 4 minutes because of unwanted reactions may occurred.

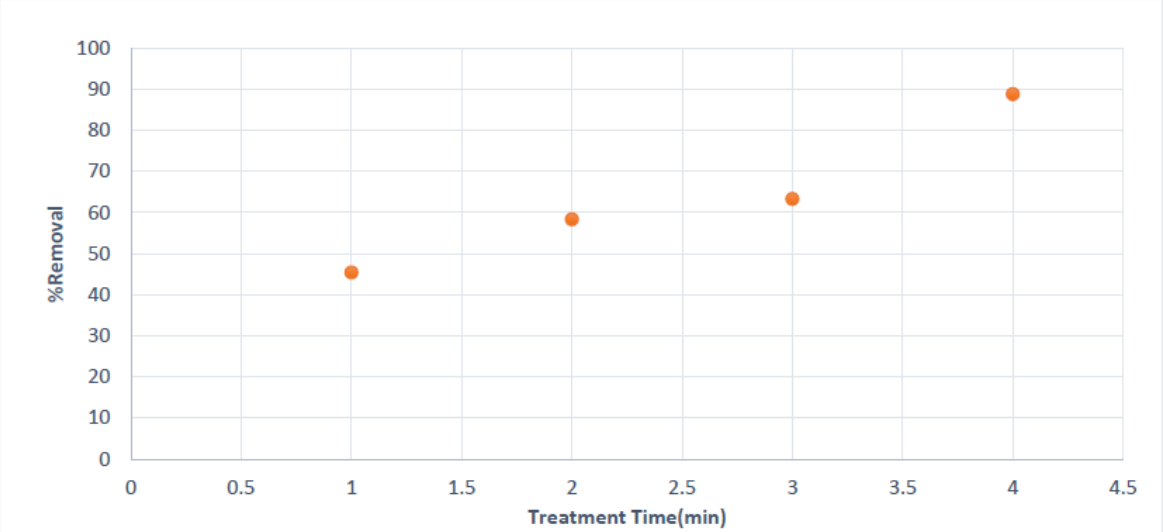


Fig7. Effect of Treatment Time on Dye Removal (%) using Copper Electrode

3.7 Effect of Different Electrode Material and of Voltage on Electrochemical Oxidation Treatment of Wastewater

Silver and Copper are metals while Graphite is semiconductor. As metals reacts rapidly with acid compared to semiconductors. It is speculated that this rapid reaction of acid with metals may produce side reactions which in turn decrease the removal efficiency in case of metals as compared to semiconductor which does not react rapidly as metals to produce side reaction.

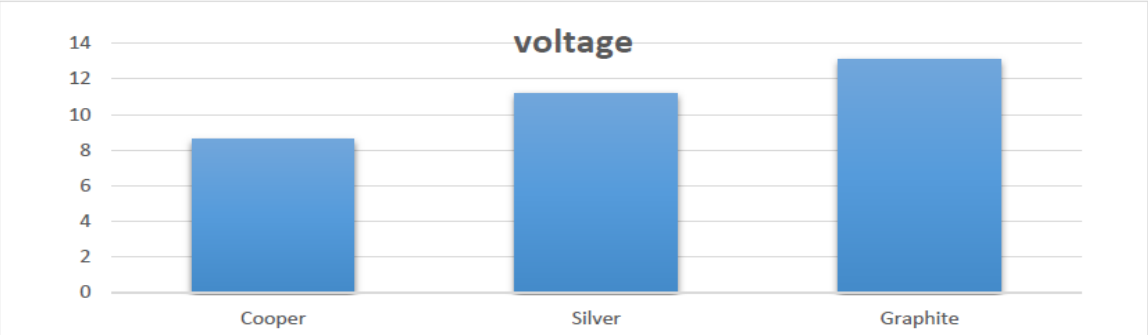


Fig8. Voltage difference of Electrode Material during Electrochemical Oxidation Process

In above experiments different electrodes were utilized for wastewater treatment under certain values of parameters in order to find out the removal efficiency of organic contaminates. These parameters were current density (0.5Am/cm^2), pH (4) & initial concentration (100 ppm). This treatment is carried out for a treatment time of 5 minutes. The results are shown in fig 8 and 9. It is evident in first graph that Graphite carry more voltage which means resistance to flow of current or electron flow is more as compared to Silver and Cooper. This argument is further strengthen by the fig 9 in which it is clear that graphite with electrode potential of 13.1 volts shows a removal efficiency of 88.85% as compared to the silver and Cooper with removal efficiencies of 70% and 74% at 11.2 volts and 8.6 volts respectively It is speculated that higher efficiency of silver and cooper is lower compared to graphite due to the fact that silver and cooper are metals while graphite is semiconductor. As we know that metals reacts rapidly with acid compared to semiconductors. This rapid reaction of acid with metals may produce side reactions which in turn decrease the removal efficiency in case of metals as compared to semiconductor which does not react rapidly as metals to produce side reaction.

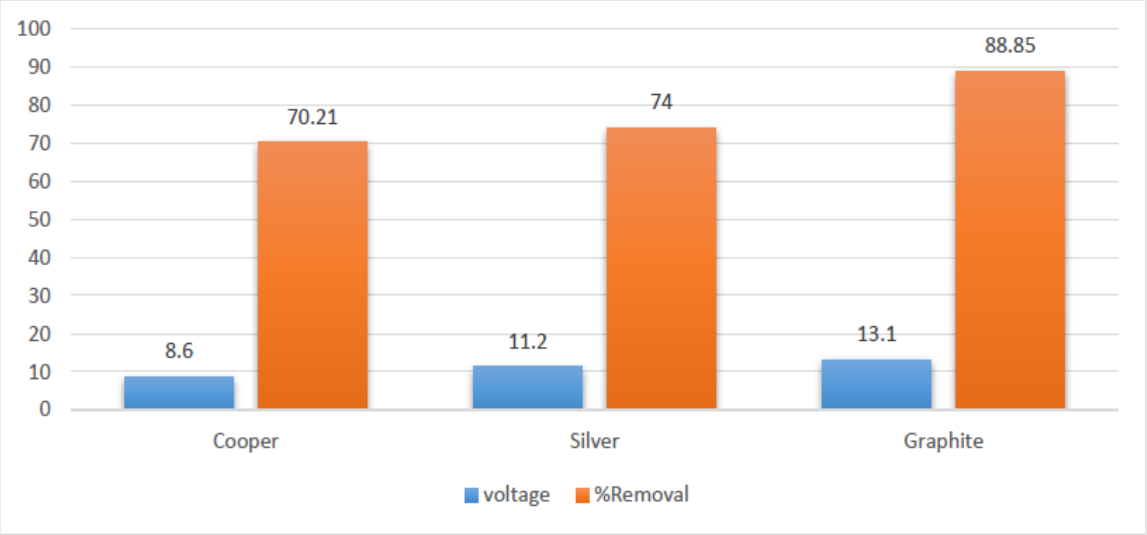


Fig9. Effect of different Electrodes and Voltage on Removal Efficiency of Electrochemical Process

4. RESULTS

To figure out the effect of Electrochemical treatment by changing parameters (time,current density,ph value,changing electrodes nature) for the removal of organic dye from textile Wastewater, series of experiments were carried out for which changing the other parameters while keeping one parameter constant to check tha impact on dye removal so it is observed after experimentation, Also shown in

above graphs. Most suitable removal is done when time for removal was 4 mint and current desity was 1.5 mA/cm2 along with alkaline media having pH value 4.

5. DISCUSSION

Purpose of whole discussion and after taking results from experimental work it was being observed that finding the best suitable and optimistic conditions by doing experiments on different parameters and to know the best parameteric conditions for effective removal of textile base dye in most economical way.

6. CONCLUSION

Conclusion of above study is degradation of textile wastewater was possible by Electrochemical Oxidation and a Current density of 0.05 mA/cm2 was best suited. Also higher rate of Current density increased the energy consumption and removal efficiency. Also pH of 4 and treatment time of 4min were found to be the optimum pH and treatment time in order to achieve maximum removal efficiency. This technique then further studied at constant Current density, pH, and treatment time using different electrodes (Silver, Copper, Graphite) was proved efficient for degradation of waste water. Among the three type of electrode used for the treatment graphite proved more efficient with > 88% removal efficiency as compared to Silver and Copper with 74% and 70% removal efficiencies. However, further investigation is necessary in order to measure service life of electrode for their practical application.

REFERENCES

[1] Alexsandro Jhones dos Santos et al., 2018. Electrochemical advanced oxidation processes as decentralized water treatment technologies to remediate domestic washing machine effluents, Journal of Environmental Science and Pollution Research, 25:7002–7011

[2] B. Xue et al., 2011. Electrochemical Oxidation of Bisphenol A on Ti/SnO2- Sb2O5/PbO2 Anode for Waste Water Treatment, Procedia Environmental Sciences, 10, 647-652

[3] Brian P. Chaplin, 2014. Critical review of electrochemical advanced oxidation processes for water treatment applications, Journal of Environmental Science Processes & Impacts, 16, 1182.

[4] Guoua Chen, 2008. Electrochemical Technologies In wastewater treatment, Department of chemical engineering , Hong Kong, University of science and Technology, Separation and Purification technology, 38.

[5] Hanene Akrout & Latifa Bousselmi, 2013. Water treatment for color and COD removal by electrochemical oxidation on boron-doped diamond anode, Arab Journal of Geoscience, 6:5033–5041.

[6] I. Ali • Mohd. Asim & T. A. Khan, 2013. Arsenite removal from water by electro-coagulation on zinc–zinc and copper–copper electrodes, International journal of environmental science & Technology, 10:377–384

[6] Oliver J. Murphy et al., 1992. Direct Electrochemical Oxidation of Organics for Waste Water Treatment, Journal of Water Resources, 26(4), 443-451.

[7] Tao Cui et al., 2017. Advanced treatment of triazole fungicides discharged water in pilot scale by integrated system: Enhanced electrochemical oxidation, upflow biological aerated filter and electrodialysis, Chemical Engineering Journal, 315, 335-344

[8] Wang Jian-ya et al., 2013. Electrochemical Oxidation of 4 Chlorophenoxyacetic Acid on Ti/SnO2-Sb2O5/PbO2 Anode for Waste Water Treatment, Journal of Advanced Materials Research, 634-638, 225-228.

[9] Yasar Avsar et al., 2007. Comparison of Classical and Electrochemical Processes for treating Rose Processing wastewater, Yildiz Technical University, Environmental Engineering Department Istanbul, Turkey, Journal of Hazardous material, 148.

[10] Zhike Tang et al., 2017. Preparation of Ti/Sb-SnO2-GO/PbO2 Electrode and Its Application in Electrochemical Oxidation Treatment of Ultralow Concentration Residual Hydrazine in Water, International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE, 12, 4465-4478.

İLETİM SİSTEMİNDE FACTS UYGULAMALARI VE GÜÇ SİSTEMİNDE KARARLIĞA ETKİLERİ

Halil İbrahim AYDINÖZ
Ege Üniversitesi/Güneş Enerjisi Enst./Enerji Bölümü
halil.ibrahim.aydinoz@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Mete ÇUBUKÇU
Ege Üniversitesi/Güneş Enerjisi Enst./Enerji Teknoljileri Bölümü
mete.cubukcu04@gmail.com

Özet

Elektrik güç sisteminde enerji talebindeki yoğunluk her geçen gün artmaktadır. Şebekede elektrik üretim sistemiyle beraber iletim sistemi de genişleme ve büyüme ihtiyacı artmaktadır. Bununla birlikte yeni enerji iletim hatları inşasında yaşanan çevresel ve ekonomik sıkıntılar ve geleneksel kompanzasyon ekipmanlarının negatif yönleri mevcut iletim hatlarını daha efektif kullanımını zorunlu kılmıştır. Güç elektroniği sistemlerinin gelişmesiyle beraber elektrik şebeke sistemini kontrol amacıyla Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri (FACTS) yapıları gelişme göstermiştir. Elektrik güç sistemlerinde mevcut şebekenin daha kararlı yapıda çalışması amacıyla FACTS cihazları pozitif tarafları araştırılmıştır. Bu çalışmada Newton Raphson metodu ile IEEE 5 Baralı şebeke modelinin PSAT programında yük akış analizi yapılmıştır. Bir sonraki analizler ise şebekeye paralel bağlanan FACTS cihazlarından Statik Var Kompanzatör (SVC) ve Statik Senkron Kompanzatör (STATCOM) sisteme entegre edilmesiyle yük akış analizleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen yük akış neticesiyle FACTS cihazlarının gerilim kararlılığına sağladığı faydalar gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güç Sistemleri, FACTS, Kararlılık, Enerji Kalitesi, Yük Akış Analizi

FACTS APPLICATIONS IN TRANSMISSION SYSTEM AND EFFECTS ON POWER SYSTEM STABILITY

Abstract

The intensity of energy demand in the electricity power system is increasing day by day. With the electricity generation system in the network, the need for expansion and growth in the transmission system is increasing. However, the environmental and economic problems associated with the construction of new energy transmission lines and the negative aspects of conventional compensation equipment necessitated more effective use of existing transmission lines. With the development of power electronics systems, Flexible Alternating Current Transmission Systems (FACTS) structures have been improved for the purpose of controlling the electrical grid system. The positive sides of the FACTS devices have been investigated in order to operate the network more stable in electrical power systems. In this study, the load flow analysis was performed in the PSAT program of the IEEE 5 Busbar network model by Newton Raphson method. The next analyzes were carried out by integrating Static Var Compensator (SVC) and Static Synchronous Compensator (STATCOM) into the system. As a result of the load flow, the benefits of the voltage stability of FACTS devices have been observed.

Keywords: Power Systems, FACTS, Stability, Energy Quality, Load Flow Analysis

1. GİRİŞ

Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü (EPRI)'de görevli Dr. Naron Hingoromi tarafından 1980 yılında FACTS kavramı dünyaya duyurulmuştur (Cigre,1993). IEEE'ye göre FACTS cihazları

denetlenebilirliği ve güç transfer miktarını artırmak için bir veya birden fazla iletim sistemi parametresini kontrol eden güç elektroniği tabanlı sabit ekipmanlardır. FACTS kontrolörleri güç elektroniği destekli bir yapıda olduğu için geleneksel mekanik kontrol yapılarına göre kullanılan sistemlerde daha hızlı olmaktadır. Bu kontrol sistemleri optimum olacak şekilde ayarlandığında iletim sistemleri daha kararlı ve güvenli çalışma şartlarında olacaktır. FACTS cihazları iletim şebekesinde enerji iletim hatlarının seri empedans, akım, gerilim, ve aktif-reaktif güç bileşen parametrelerini optimum kompanze edecek şekilde güç sisteminin kontrolünü sağlar (Maram,2003). FACTS ekipmanları iki temel amacı vardır;

- Enerji iletim hatlarında iletilecek yük miktarını yükseltmek
- Belirlenen iletim hatlarında yük akışın kontrolünü sağlamak

Birinci amaç belirlenen iletim hatlarının yük akışını mevcut ısıl limitlere ölçüsünde artabilmesini sağlamak. Bununla birlikte sistem hataları olduğunda veya daha sonrasında şebeke sistemini optimum kontrol yoluyla kararlı halde tutabilmektir. Diğer amaç ise bir iletim hattında akımı kontrol altına alıp yük akışını belirlenen iletim rotasına yönlendirmektir. Böylece bu amaçla beraber öngörülemeyen durumlar altında şebekede istenen yük iletimini sağlamak için ivedililikle yük belirlenen ikincil bir rotaya aktırılabilir. İki ana amacın elektrik şebeke sisteminde yeni yapılacak iletim hatlarının minimize edeceği ve mevcut iletim hatlarını kontrolünü hızlıca sağlamaktır (Vural, 2001).

Gelişen dünyada enerji sektörü çok hızlı bir değişim ve dönüşüm yaşamaktadır. Bu gelişmelerle beraber elektrik şebekelerinde ekonomi ve güvenlik parametreleri her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır (Abido, 2008). Yapılan çalışmalar neticesinde mekanik yapılı kontrol cihazlarının yavaş olması ve bakım ücretlerinin artış gösteriyor olması güç elektroniği tabanlı FACTS cihazlarının gelecekte daha fazla talebin olacağını göstermektedir (Natesan ve ark, 2004), (Kamarposthi ve ark., 2008).

Nüfus ve ekonomideki yükseliş eğilimi elektrik güç şebekesinde kapasitenin, esnekliği ve güvenliğin artırma yönünde gerekli kılmıştır (Hingurani, 2000). Bu amaçlara erişmek için yük akışı kontrol edebilen ve elektrik şebekesinde iletim miktarını artırmak için FACTS cihazları kullanılmaktadır (Hingurani, 1993), (Mathur ve ark., 2002), (Zhang ve ark., 2006). Elektrik şebeke sistemlerinde kullanılan başlıca FACTS cihazları Statik Var Kompansatör (SVC), Statik Senkron Kompansatör (STATCOM), Tristör Statik Senkron Seri Kompansatör (SSSC), Kontrollü Seri Kondansatör (TCSC) ve Birleşik Güç Akış Kontrol Cihazı (UPFC) 'dır (Kumar ve ark., 2012), (Gao ve ark., 1996).

2. FACTS CİHAZLARI

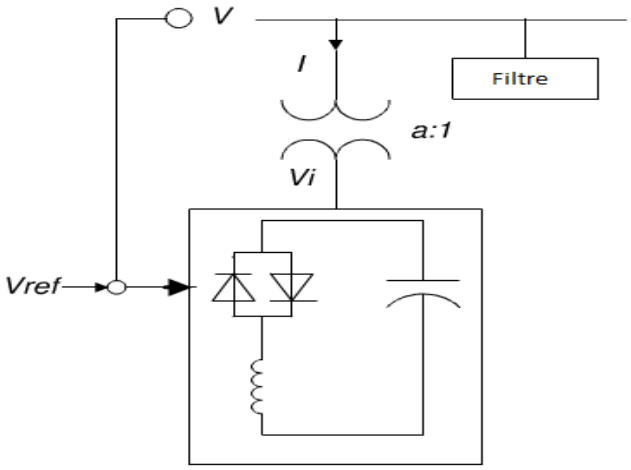
FACTS cihazları ilk olarak 1980'li yıllarda gün yüzüne çıkmıştır. Elektrik şebekesinde etkili ve ani manevralar yapabilen şebeke sistemini değişen durumlarına karşın ayak uyduran denetim mekanizmalardır. FACTS cihazlarını tek çatı altında bir tanım yapmak istersek; seri kontrol edebilen, bozucu etki olduğu durumlarda elektrik şebekesinde istikrarı sağlayan, yük iletim sınırlarını yükselten güç elektroniği tabanlı denetim sistemleridir (Hasanoviç, 2000).

FACTS yapıları tristör tabanlı ve gelişmiş konvertör tabanlı olacak şekilde iki ana yapıda incelenmektedir. Bu çalışmada tristör tabanlı SVC ve STATCOM'un elektrik şebekesindeki etkileri incelenecektir.

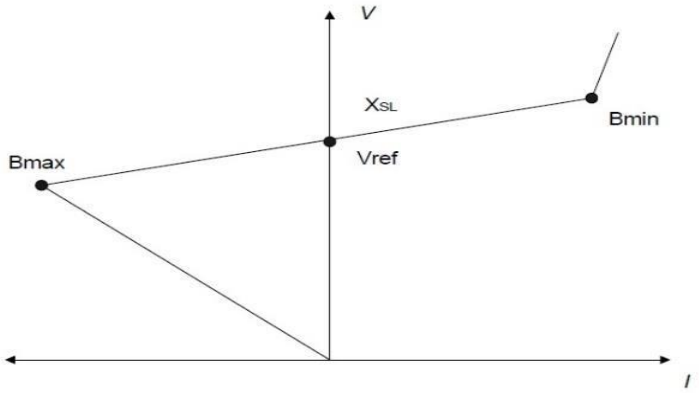
2.1.Statik Var Kompanzatör (SVC)

SVC'ler elektrik güç sistemlerinde gerilimi belirlenen limitlerde kontrol etmek amacıyla sisteme reaktif ve endüktif akım veren dinamik olmayan kontrol cihazlarıdır. Bu kontrol görevini sağladığı yapıda herhangi bir dinamik ekipman bulunmadığından dolayı statik olarak adlandırılmaktadır.

SVC birbirinden farklı iki yapıdan oluşmaktadır. İlk olarak tristör kontrolü reaktör (TSR) ve ikinci olarak tristör anahtarlamalı reaktör (TSC) Kullanım alanı daha geniş olan SVC yapısı ilk belirtilen yapıdır. SVC'nin yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 2'de ise SVC'nin I-V karakteristik grafiği gösterilmiştir.



Şekil 1. SVC'nin temel yapısı (Acha,2004)

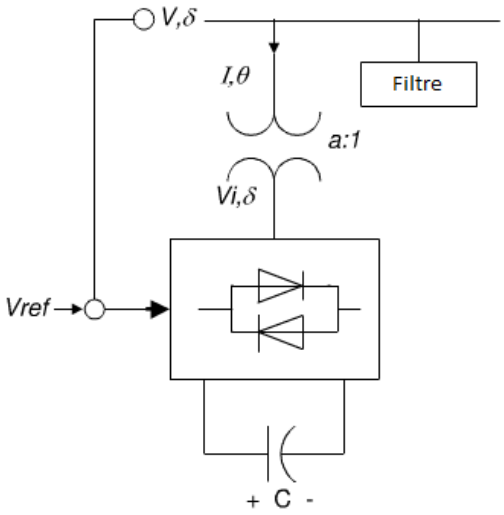


Şekil 2. SVC'ye ait I-V karakteristiği (Acha,2004)

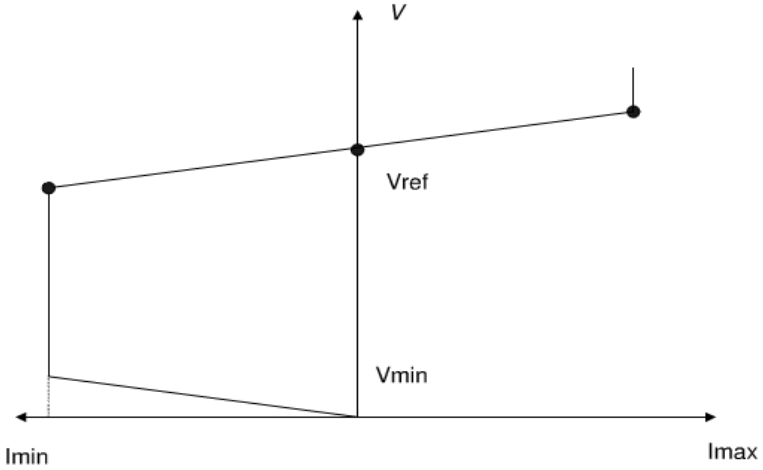
2.2. Statik Senkron Kompanzatör (STATCOM)

STATCOM ana gerilim kaynağı olarak bir sığa, bir konvertör ve bir bağlantı transformatörü olacak şekilde mimarisi oluşturulmuştur. Konvertör çıkış gerilim seviyesine göre bağlı olduğu sisteme reaktif güç veren veya alma yönünde çalışmaktadır (Mithulananthan, 2005).

STATCOM ile elektrik şebeke sistemiyle aktif güç transferi çıkış voltajına faz açısına göre denetimi yapılır. Konvertör çıkışı ileri fazda ise şebekeye aktif güç verir, geri fazda ise şebekeden aktif güç çeker. Yaygın kullanımda STATCOM şebekeye reaktif güç alışverişi yapmaktadır. Şekil 3'te STATCOM'un yapısı Şekil 4'te ise I-V karakteristik grafiği gösterilmiştir.



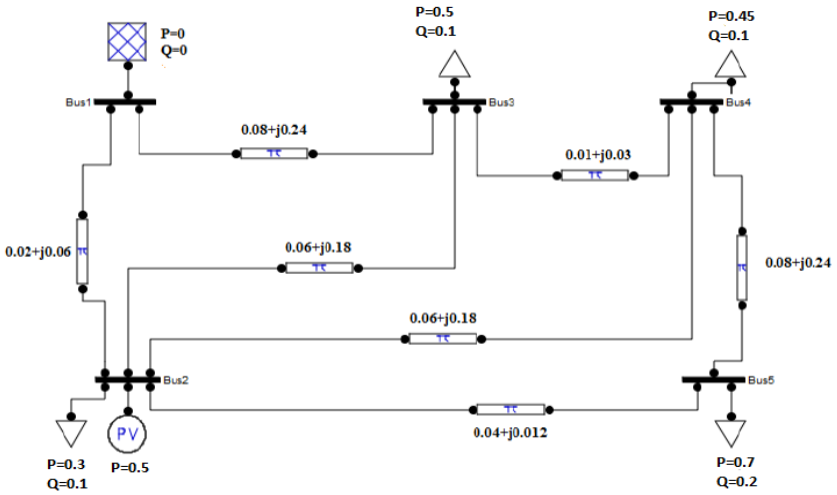
Şekil 3. STATCOM'un yapısı (Acha,2004)



Şekil 4. STATCOM I-V karakteristiği (Acha,2004)

3. GÜÇ AKIŞ ANALİZİ

Elektrik şebeke sistemlerinde var olan durum çerçevesinde çalışmaların planlanması, şebekenin genişletilmesi ve kestirimci bakımlar için yük akış analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada kararlı haldeki şebekenin her bir barasındaki gerilim seviyeleri ve gerilim faz açıları bulunabilir (Fuerte-Esquivel ve ark., 1997). Bulunan bu değerlerle beraber belirlenecek herhangi bir enerji iletim hattının aktif ve reaktif güç kapasitesi bulunur. Daha ileri analizlerde şebekede oluşacak hat kayıpları bu değerler ışığında bulunabilir. Yük akış analizi yöntemlerinde nümerik analiz yöntemlerinden olan Newton-Raphson metodu bu çalışmada kullanılmıştır. Yük akış analizleri IEEE 5 baralı elektrik güç sisteminin üzerinde yapılmıştır. Şekil 5'te elektrik güç sistemi gösterilmiştir.



Şekil 5. Oluşturulan Beş Baralı Elektrik Güç Sistemi

Oluşturulan 5 baralı güç sistemindeki bara tipleri, genaratör ve transformatör yük verileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bara tipleri, Generatör ve Yük Verileri

Bara Tipi	Bara No	Gerilim(p.u.)	Aktif güç(p.u.)	Reaktif Güç (p.u.)
Salınım	1	1.08	-	-
P-V	2	1.0	0.5	-
P-Q	3	-	0.5	0.1
P-Q	4	-	0.45	0.1
P-Q	5	-	0.7	0.2

Newton-Raphson yük akış yöntemine göre 5 baralı elektrik güç sisteminde analiz yapılmıştır. Analizde sisteme herhangi bir FACTS cihazı entegre edilmemiştir. Yapılan analizler sonucunda baraların gerilim seviyeleri ve faz açıları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. FACTS İçermeyen Sistemin Yük Akışı Sonucu Elde Edilen Gerilim ve Açı Değerleri

Parametreler	Bara 1	Bara 2	Bara 3	Bara 4	Bara 5
V (p.u)	1.08	1.00	0.967	0.961	0.956
VA(derece)	0	-2.13	-4.85	-5.12	-5.98

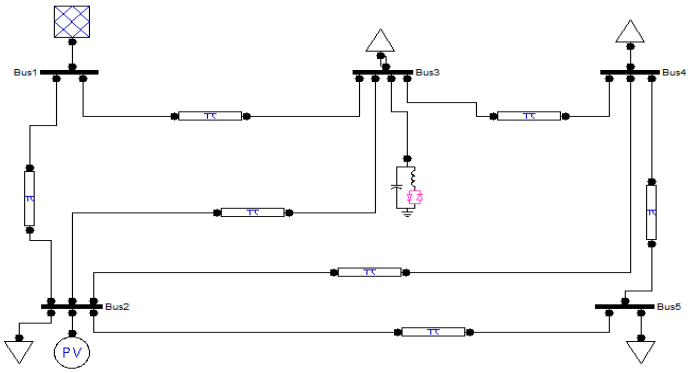
4. FACTS CİHAZLARI İLE GÜÇ AKIŞ ÇALIŞMASI

Oluşturulan 5 baralı elektrik güç sistemine gerilim kararlığına etkileri görebilme amacıyla FACTS cihazlarından sırasıyla SVC ve STATCOM entegre edilmiştir. Bu analizlerin ayrıntılı sonuçları ileri bölümlerde ele alınmıştır.

4.1. SVC ile Güç Akış Çalışması

SVC kontrol cihazıyla oluşturulan elektrik şebeke sisteminde gerilim kontrol kabiliyetini görmek üzere güç sistemine SVC ilave edilmiştir.

Analiz yapılmadan önce slack baranın genlik değeri 1.08 pu PV barasının genliği ise 1 pu olacak şekilde belirlenmiştir. Bara voltajını 1 pu değerine sabitlemek için 3 nolu baraya SVC cihazı entegre edilmiştir. SVC'nin endüktans reaktansı 0.332 pu kapasitans reaktansı ise 1.09 pu olarak ayarlanmıştır. SVC başlangıçta tetikleme açısı 145 dereceye göre ayarlanır. Belirlenen değer SVC'nin çalıştığı bölgeyi kapasitif olmasını sağlar. Oluşturulan SVC entegre edilmiş bara sistemi Şekil 6'da gösterilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen gerilim büyüklükleri ve faz açıcı değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir.



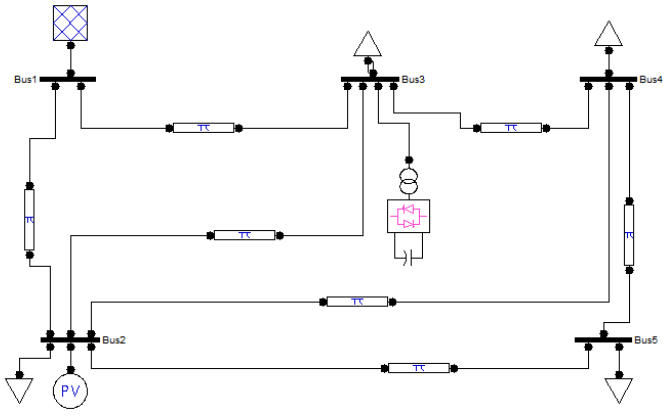
Şekil 6. SVC içeren Güç Sistemi

Tablo 3. SVC içeren Sistemin Yük Akışı Sonucu Elde Edilen Gerilim ve Açı Değerleri

Parametreler	Bara 1	Bara 2	Bara 3	Bara 4	Bara 5
V (p.u)	1.08	1.00	1.00	0.972	0.961
VA(derece)	0	-2.06	-4.96	-5.34	-6.03

4.1. STATCOM ile Güç Akış Çalışması

STATCOM entegre edilmiş elektrik güç sistemi gerilim ayarlama sonuçları incelenmiştir. 5 baralı güç sistemine 3 nolu baraya STATCOM eklenmiştir. Buradaki amaç seçilen baranın genliğini 1 pu seviyesinde tutabilmektir. STATCOM ilk değerleri gerilim genliği 1 pu faz açısı 0 derece ve konvertör reaktansı 10 pu'dur. STATCOM entegre edilmiş elektrik güç sistemi Şekil 7'de gösterilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde dilen gerilim büyüklüğü ve faz açısı değerleri Tablo 4'de gösterilmiştir.



Şekil 7. STATCOM içeren Güç Sistemi

Tablo 4. SVC içeren Sistemin Yük Akışı Sonucu Elde Edilen Gerilim ve Açı Değerleri

Parametreler	Bara 1	Bara 2	Bara 3	Bara 4	Bara 5
V (p.u)	1.08	1.00	1	0.972	0.958
VA(derece)	0	-2.052	-4.93	-5.38	-6.13

5. SONUÇ

Bu çalışmada FACTS cihazlarından tristör tabanlı sınıfa giren SVC ve STATCOM cihazlarının donanımı, elektriksel şebeke sistemlerindeki yerini ve buradaki yeteneklerini incelenmiştir. Önümüzdeki yıllarda elektrik güç sistemlerinde yeni iletim hattı rotalarının oluşturmanın çevresel ve ekonomik sıkıntılardan dolayı FACTS cihazlarının önemi artacaktır. Elektrik şebeke sistemlerinde ileriye yönelik planlarda FACTS cihazları uygun çözüm olacaktır.

Yapılan çalışmada Newton-Raphson yük akış analiz metodu IEEE 5 baralı güç sisteminde yapılmıştır. Elektrik şebeke siteminde FACTS cihazlarının olduğu ve olmadığı durumlar incelenmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde FACTS cihazlarının sisteme ilave edilirse paralel kompanzasyon yapılabileceği görülmüştür. Paralel kompanzasyon sisteme bağlandığı baradaki gerilimi set etmek için iletim hattına reaktif karakteristikli akım verdiği gözlemlenmiştir. Yapılan analizlerde her iki FACTS cihazı içinde istenen 1 pu'luk değerine bağlanılan 3 nolu baranın gerilim değeri ulaşılmıştır. Bara gerilim değerlerine ve faz açılarına değerler incelediğinde SVC entegre edilen elektrik güç sistemi gerilim kararlılığı konusunda daha kararlı olduğu gözlemlenmiştir.

6. TARTIŞMA

FACTS ekipmanları gelişen şebeke yapısında yeni iletim hattı yapılmasını ötelemekte ve mevcut şebekeyi daha aktif ve kontrol edilebilen bir yapıda işletebileceğini göstermektedir. FACST'lerin yarı iletken teknolojinin gelişmesiyle beraber maliyetleri her geçen gün azalmaktadır. Bu durum elektrik şebekesinde uygulama alanlarının daha geniş olacağı ve bunula birlikte mevcut şebeke yapısında daha kaliteli, verimli ve kontrol edilen bir güç sistemi gerçekleşebilecektir.

Enerji talebinin her daim artış gösteren yapısı düşüldüğünde ekonominin ve enerji verimliliğinin önemi çok önemli hale gelmektedir. Bundan dolayı ileriki güç sistemi planlamalarında FACTS cihazları daha fazla dikkate alınacak ve uygulama sahası bulacaktır.

KAYNAKLAR

Abido M. A. 2008. Power System Stabılıty Enhancement Usıng Facts Controllers: A Revıew,*The Arabian Journal for Science and Engineering*, Volume 34, Number 1B,153-172

Acha, E. Fuerte-Esquivel, C. R. Ambriz-Perez, H. and Angeles-Camacho, C. 2004., *FACTS: modelling and simulation in power networks*. John Wiley & Sons.

Cigre Study committee 1993. *14 working Group 14.14,* FACTS Tutorial Draft 1,

Fuerte-Esquivel, C. R. and Acha, E. 1997., A Newton-type algorithm for the control of power flow in electrical power networks., *IEEE Transactions on Power Systems,* 12(4), 1474-1480.

Gao, B. Morison, G. K. and Kundur, P. 1996. Towards the development of a systematic approach for voltage stability assessment of large-scale power systems. *IEEE transactions on power systems*, 11(3), 1314-1324.

Hasanovic A. 2000., Modeling and Control of The Unified Power Flow Controller (UPFC), *MA Thesis,* West Virginia Uni.

Hingorani, N. G. 1993. Flexible AC transmission., *IEEE spectrum*, 30(4), 40-45.

Hingorani, N. G. Gyugyi, L. and El-Hawary, M. 2000. *Understanding FACTS: concepts and technology of flexible AC transmission systems (Vol. 2).* New York: IEEE press.

Kamarposhti M. A., Alinezhad M., Lesani H., Talebi N. 2008., Comparison of SVC, STATCOM, TCSC, and UPFC Controllers for Static Voltage Stability Evaluated by Continuation Power Flow Method, *Elec. Power Con.*, 1-8.

Kumar, A., Priya G., 2012. Power system stability enhancement using FACTS controllers. *In Emerging Trends in Electrical Engineering and Energy Management (ICETEEEM)*, International Conference on (pp. 84-87).

Maram, S. 2003. *Hierarchical Fuzzy Control of the UPFC and SVC located in AEP's Inez Area*, Master Thesis ,Dep. of Elec.and Comp. Engin. of the Virginia Polytechnic Institute and State University

Mathur, R. M. and Varma, R. K. 2002. *Thyristor-based FACTS controllers for electrical transmission systems.* John Wiley & Sons.

Mithulananthan, N., Sode -Yome, A., and Acharya, N. 2005., Application of FACTS Controllers in Thailand Power Systems, School of Environment, *Resources and Development Asian Institute of Technology*,Thailand

Natesan R., Radman G. 2004. Effects of STATCOM, SSSC and UPFC on Voltage Stability, *Proc.of the Thirty Sixth Southeastern Symposium on System Theory Georgia Institute of Technology* Atlanta, 546 – 550

Vural A. M., 2001. *Flexible AC Transmission a Unified Power Flow Controller*, Master Thesis ,Gaziantep Üniv.

Zhang, X. P. Rehtanz, C. and Pal, B. 2006. Congestion Management and Loss Optimization with FACTS. Flexible AC Transmission Systems: *Modelling and Control*, 239-258.

COMPARATIVE STUDY OF WETTING PROPERTIES OF SAC-2Bi AND SAC-2In SOLDER ALLOYS

Serkan OGUZ
Karabük University/ Faculty of Science, Department of Physics
soguz78@gmail.com

Ahmet Mustafa ERER
Karabük University/ Faculty of Science, Department of Physics
mustafaerer@karabuk.edu.tr

Abstract

In this project, contact angles of Sn-1Ag-0.5Cu-2Bi (SAC-2Bi) and Sn-1Ag-0.5Cu-2In (SAC-2In) quaternary Pb-free solder alloys on Cu substrate at predetermined temperatures (250, 280 and 310°C) were measured and compared. Sessile drop method was used in order to measure the contact angles of Pb-free solder alloys. The lowest contact angle for SAC-2In was 40.59° at 310°C. Micro-structures and inter-metallic phases (IMC's) of SAC-1Bi and SAC-1In alloys were examined by scanning electron microscope (SEM). It was observed that two different (Cu_3Sn and Cu_6Sn_5) intermetallic compounds (IMC's) were formed between the solder alloys and the Cu substrate. As a result, it has been observed that the SAC-2In alloy exhibits better wetting properties compared to the SAC-2Bi alloy.

Keywords: Contact angle, Sessile drop technique, Pb-free solder alloys.

1. INTRODUCTION

Technological products, electrical and electronic equipment, which is an indispensable part of our lives, should be widely used, these tools will run out of life or malfunction and they will have a direct impact on the environment and human health when they become a waste material. However, the lead-containing Sn-Pb solder alloys used in the electrical and electronics industry for soldering operations contain a threat to human health and environmental pollution due to the fact that the Pb element contained in it is a toxic substance. The use of 7 articles, including the Pb element, was restricted and prohibited in many countries in 2006, according to the EU's RoHS and WEEE directives [1]. Within the scope of this directive, it has been aimed to produce and develop lead-free solder alloys since 2006 and the studies are still continuing today. The wetting properties, mechanical properties and cost of alternative lead-free solder alloys must be close to or better than the previously used Sn-Pb alloy. As an alternative to the Sn-Pb solder alloys within the scope of these directives, Sn-Ag [2,3], Sn-Cu [4-6], Sn-Zn [7-9], Sn-Bi [10,11], Sn-In [12,13] and Sn-Ag-Cu (SAC) [14-16] manufactured of lead-free solder alloys. However, in the literature, Sn-Zn, Sn-Bi and Sn-Cu were able to vary in various ratios within the scope of previous studies, Sn-Ag-Bi, Sn-Ag-Cu (SAC) triple alloys have supported some of the targeted properties, but some disadvantages continue. The most commonly used SAC family (217-219°C) among these alloys have the high melting temperature compared to the Sn-Pb (183°C) solder alloy and the increase in the production cost due to the high Ag ratio in the component is considered as a unfavorable result. Nevertheless, SAC305 solder alloy is preferred in point of wetting performance within the SAC family. Low-Ag lead-free solder alloys are being developed. Reduction of the Ag element in SAC lead-free solder alloys increases the alloy retention and reliability in impact tests [17]. However, the mechanical strength of the solder alloy is reduced and the thermal reliability of the solder joints is reduced. For this reason, Ag ratio should be optimized and reduced [18]. In view of these optimization requirements, it was necessary to add a fourth element to the SAC solder alloys in order to reduce the melting temperature and reduce the cost of the solder alloy and to increase the reliability in terms of thermal and mechanical properties. Among the elements to be added, it has been reported that the melting temperatures and cost of bismuth (Bi) and indium (In) elements are reduced in Sn-Ag based solder alloys [19,20].

In this study, SAC solder alloy (2% by weight) is added to In and Bi to produce new four lead-free solder alloy. The wetting properties of the lead-free solder alloys Sn-1Ag-0.5Cu-2Bi (SAC-2Bi) and Sn-1Ag-0.5Cu-2In (SAC-2In) were investigated by using a silent drop method. SEM-EDX, DSC and XRF analyzes of solder / Cu samples were performed.

2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

The new SAC-2Bi and SAC-2In quaternary Pb-free solder alloys were produced by adding %2 wt. % Bi and In to the SAC305 near eutectic Pb-free solder alloy. SAC-2Bi and SAC-2In Pb-free solder alloys were tested by XRF analyzes and the results are given in Table 1.

Table 1. Chemical components of SAC-2Bi and SAC2In alloys according to XRF analysis results.

	Tin (%)	**Silver (%)**	**Copper (%)**	**Bismuth (%)**	**Indium (%)**	**Aluminum (%)**	**Lead (%)**
SAC-2Bi	96.3062	1.0716	0.5330	2.0421	0.0000	0.0384	0.0087
SAC2-In	96.3653	1.0196	0.5380	0.0000	2.0013	0.0344	0.0414

The melting temperatures of the new four lead-free solder alloys were determined by DSC analysis. XRF analyzes were carried out at a heating rate of 10 C/min under a nitrogen atmosphere a temperature change at 25-250℃. Wetting and physical properties of SAC-2Bi and SAC-2In Pb-free solder alloys were investigated by using a sessile drop method on Cu substrate in argon (Ar) gas atmosphere. The test temperatures of the alloys were determined as 250, 280 and 310℃ according to DSC analysis results. Wetting tests were repeated 3 times under the same conditions for each temperature and no flux material was used the wetting tests. The alloys are solid state were placed in the experimental setup and wait until they melt at the specified temperatures. The molten solder alloy was dripped into the Cu substrate in the Ar gas atmosphere and the dripping moment was recorded with the video camera so 10 minutes video. The molten metal alloy drop diffuses over time on the Cu substrate. The contact angle values periodic range of 5^{th} to 300^{th} seconds between solder/Cu were measured with Corel Draw X5 program. According to the obtained contact angle values, Sigma Plot 12 program was used to plot the graphs. Intermetallic phases (IMC's) which can occur as a result of chemical interaction in SAC-2Bi and SAC-2In alloys were determined by SEM-EDX analysis.

3. RESULT AND DISCUSSION

The contact angle value of the solder alloy dripped on the Cu substrate represent the wettability properties of the alloy. It is defined as perfect wetting when contact angle values are between $0°\leq\theta\leq30°$. Likewise, when the contact angle values are between $30°\leq\theta\leq40°$, it is defined as good wetting. If the angle values are greater than 90° ($\theta>90°$), it means that the alloy does not wet the surface [21]. Contact angle values of SAC-2Bi and SAC-2In quaternary lead-free solder alloys were plotted with Sigma Plot program and shown in Figure 1. According to the graphs shown in Figure 1, the lowest the contact angle values obtained at 250, 280 and 310℃ temperatures are 64.21°, 50.41° and 43.78° for SAC-2Bi, 57.10°, 50.35° and 40.59° for SAC-2In, respectively. When the time-dependent changes of contact angles are examined, it is seen that after 60^{th} second, the balance is reached.

Images of the contact angles formed between the solder/Cu which express the spreading of SAC-2Bi and SAC-2In alloys on the Cu substrate are shown in Figure 2 and Figure 3.

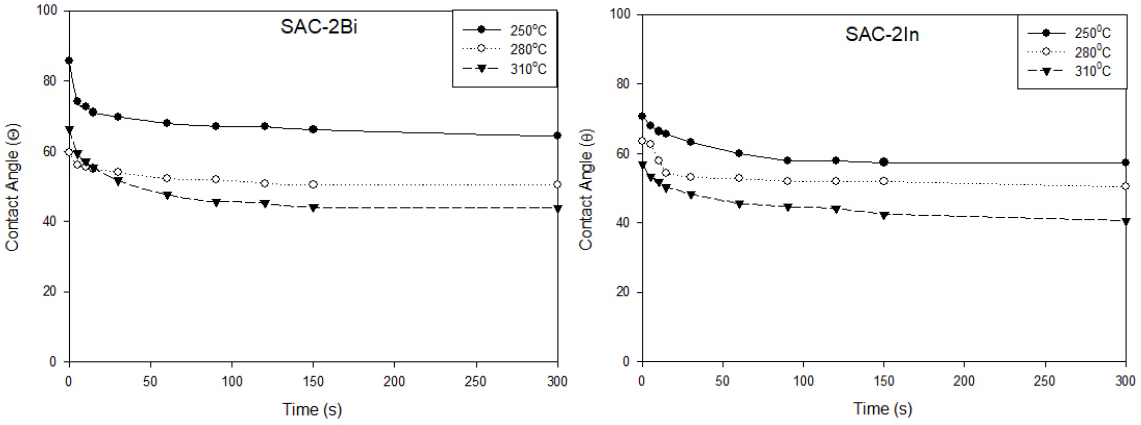


Figure 1. Graph of change of contact angle of SAC-2Bi and SAC-2In alloys at temperatures of 250, 280 and 310°C.

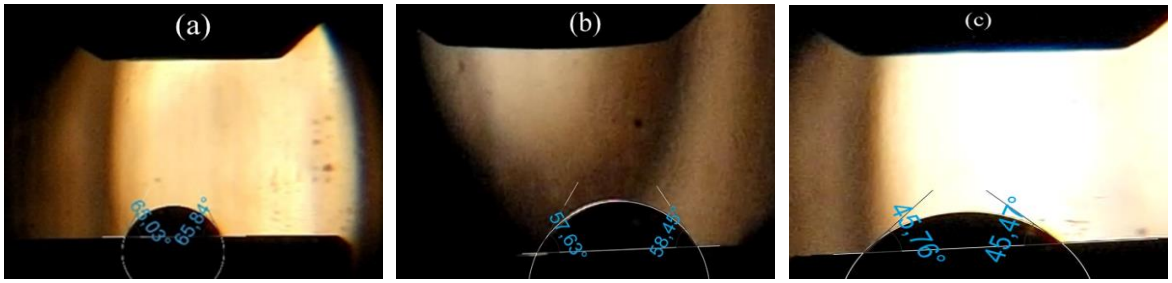


Figure 2. Contact angle value measurements of SAC-2Bi solder alloy on Cu substrate a) 250°C, b) 280°C and c) 310°C.

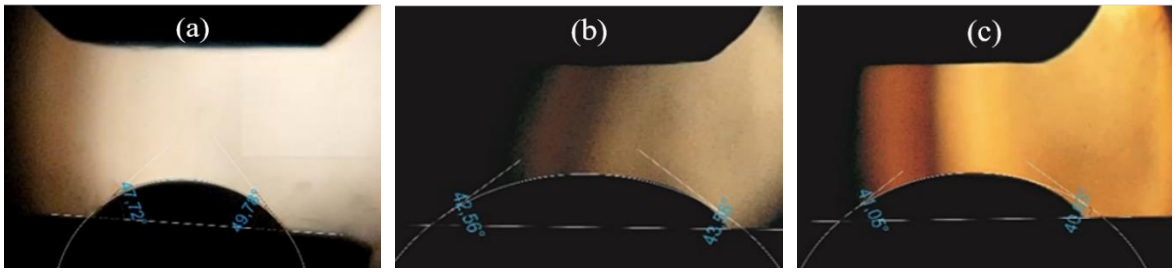


Figure 3. Contact angle value measurements of SAC-2In solder alloy on Cu substrate for a) 250°C, b) 280°C and c) 310°C.

The melting temperatures of the alloys were tested by DSC analysis and determined as 225.9C for SAC-2Bi alloy, 223.5° for SAC-2In as shown in Figure 4. There are two different curves in green and blue colors in the DSC analysis graph. The green curve shows the DSC analysis and the blue curve indicates the DDSC. Blue curves are used to detect the presence of small peaks that cannot be seen on green curves. That is, the small peaks in the DSC curve can be determined by the DDSC curve. For this reason, the machine that measures the results of DSC analysis draws two separate curves in the same graph.

Figure 5 and Figure 6 show the results of SEM-EDX analyzes of SAC-2Bi and SAC-2In alloys, respectively. As a result of chemical interactions, Cu_3Sn, Cu_6Sn_5 and Ag_3Sn intermetallic components formed in Pb-free solder/Cu interface are shown.

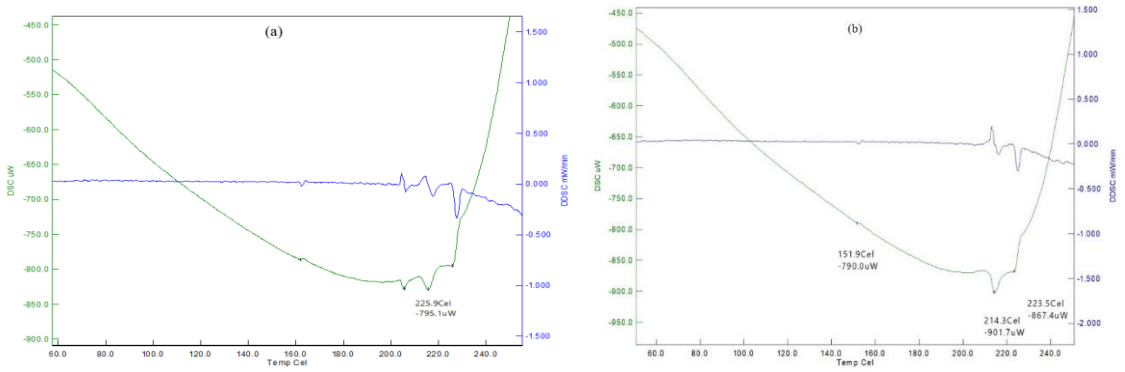


Figure 4. According to the DSC analysis results, the melting temperatures of alloys for a) SAC-2Bi b) SAC-2In

The thickness of IMC's resulting from chemical interactions such as Cu_3Sn, Cu_6Sn_5 and Ag_3Sn between the Pb-free solder alloy with Cu substrate is shown. It was determined that the thickness of the IMC in the interface increased with the increase of the temperature value. The specified high measurement temperature (310°C) appears to be a more uniform form by reducing the roughness of the IMC and the substrate interface. It was determined that at 310°C the IMC's were separated from each other and moved on the metal solder alloy surface. This movement was observed due to the increase in the spread rate at the interface due to the increase of the process temperature. The growth of the interface during the soldering process has a very important place in the interaction between thermal morphology and IMC's. The Cu_6Sn_5 intermetallic phase create during scallop kind soldering in the solder/Cu interface. The Cu_3Sn intermetallic phase create between the solder/Cu interface and the previously formed Cu_6Sn_5 phase. The Cu_3Sn phase has a thinner thickness than the other phase [21].

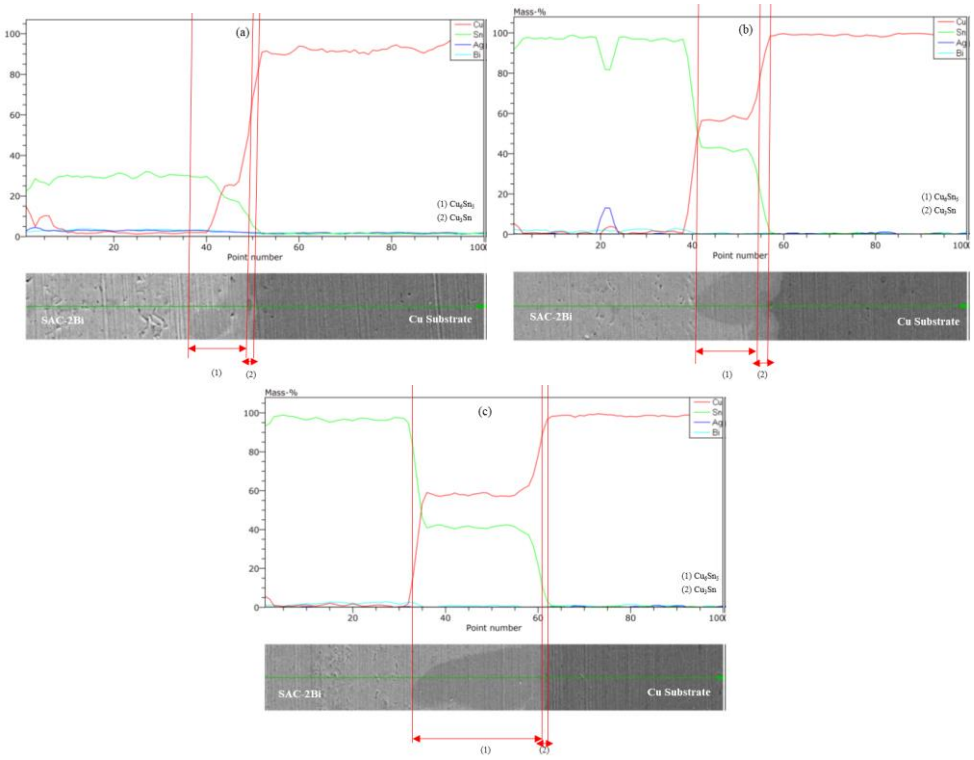


Figure 5. SEM-EDX images of SAC-2Bi solder alloy for a) 250°C, b) 280°C and c) 310°C.

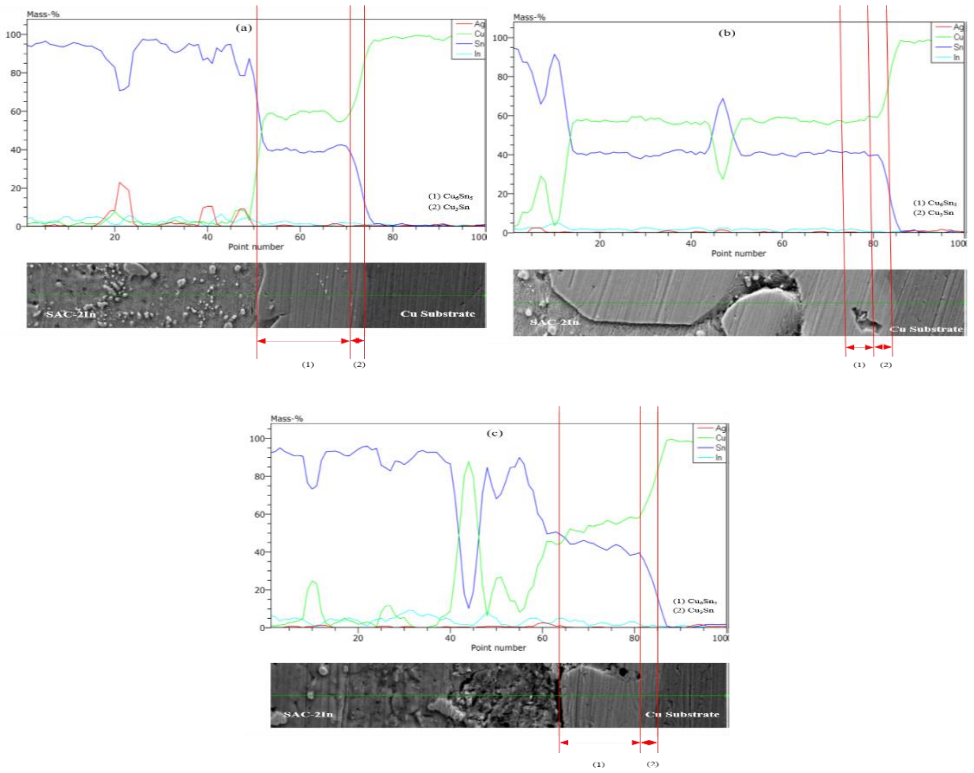


Figure 6. SEM-EDX images of SAC-2In solder alloy for a) 250℃, b) 280℃ and c) 310℃.

4. CONCLUSION

In this study, SAC-2Bi and SAC-2In lead-free solder alloys were produced by adding 2% by weight Bi and In elements to SAC lead-free solder alloys. The XRF analysis of the solder alloys produced verified the accuracy of the metal content. The physical and wetting properties of SAC-2Bi and SAC-2In lead-free solder alloys were tested at 250, 280 and 310C temperatures on the Cu substrate with silent drop method. Wet solder alloy on the Cu substrate to investigate the wettability on the Cu substrate 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 and 300 seconds, the contact angle values were plotted with the help of Sigma Plot program. In the graphs generated, it was found that as the soldering temperature increased showed better wetting performance. At 250, 280 and 310℃ the best values for both solder alloys were obtained at high soldering temperature (310℃). The time-dependent contact angle values of the SAC-2Bi and SAC-2In lead-free solder alloys at high soldering temperatures were reported as 43.78° and 40.59°, respectively, for 300 seconds. SAC-2In solder alloy SAC-2Bi was observed to wetting the litter slightly better than the solder alloy. According to DSC analysis, melting points of SAC-2Bi and SAC-2In lead-free solder alloys were determined and 225.9℃ for SAC-2Bi and 223.5℃ for SAC-2In were reported. The intermetallic components were visualized by SEM-EDX analysis results. Two intermetallic phases, Cu_3Sn and Cu_6Sn_5, were observed on the solder/Cu interface. Cu_6Sn_5 phase was observed between Cu substrate and solder, Cu_3Sn phase formed between Cu_6Sn_5 and Cu substrate. As a result of the investigations carried out at temperatures of 250, 280 and 310℃, the thickness of the intermetallic phases in the interface increased as the soldering temperature increased. It was reported that the Ag_3Sn intermetallic phase was of noise size and could not be fully determined in SEM-EDX analyzes. Compared to SAC-2Bi and SAC-2In lead-free alloys, it was found that SAC-2In solder alloy was better with a small difference in wetting properties and melting points on Cu substrate.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) 3001 project with number 117M083 for the financial support for this research.

REFERENCES

[1] MATAHIR, M., CHIN, L.T., TAN, K.S., OLOFINJANA, A.O. (2011), Mechanical Strength and Its variability in Bi-modified Sn-Ag-Cu Solder Alloy, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 46 (1), 50-56.

[2] OSORIO, W.R., LEIVA, D.R., PEIXOTO, L.C., GARCIA, A. (2013), Mechanical Properties of Sn–Ag Lead-Free Solder Alloys Based on the Dendritic Array and Ag_3Sn Morphology, *Journal of Alloys and Compounds*, 562, 194-204.

[3] ZHANG, L., HE, C., GUO, Y., HAN, J., ZHANG, Y., WANG, X. (2012), Development of SnAg-based lead-free solders in electronics packaging", *Microelectronics Reliability*, 52 (3), 559–578.

[4] LI, L.F., CHENG, Y.K., XU, G.L., WANG, E.Z., ZHANG, Z.H., WANG, H. (2014), Effects of indium addition on properties and wettability of Sn–0.7Cu–0.2Ni lead-free solders, *Materials & Design*, 64 15–20.

[5] TIAN, S. LI, S., ZHOU, J., XUE, F. (2018), Thermodynamic Characteristics, Microstructure and Mechanical Properties of Sn-0.7Cu-XIn Lead-Free Solder Alloy, 742, 835-843.

[6] EL-DALY, A. A., HAMMAD, A. E. (2011), Development of high strength Sn–0.7Cu solders with the addition of small amount of Ag and In, *Journal Of Alloys And Compounds*, 509 (34), 8554–8560.

[7] LIU, J.C., ZHANG, WANG, Z.H., MA, J.S., SAGUNAMA, K (2015), Thermal Property, Wettability and Interfacial Characterization of Novel Sn–Zn–Bi–In Alloys as Low-Temperature Lead-Free Solders, *Materials & Design*, 84, 331-339.

[8] LIU, C.Y., HON, M.H., WANG, M.C., CHEN, Y.R., CHANG, K.M., LI, W.L. (2014), Effects of Aging Time on the Mechanical Properties of Sn–9Zn–1.5Ag–xBi Lead-Free Solder Alloys, *Journal of Alloys and Compouns*, 582, 229-235.

[9] EL-DALY, A.A., HAMMAD, A.E., AL-GANAINY, G.S., IBRAHIEM, A.A. (2014), Design of Lead-free Candidate Alloys for Low-Temperature Soldering Applications Based on The Hhypoeutectic Sn–6.5Zn Alloy, *Materials & Design (1980-2015)*, 56, 594–603.

[10] SILVA, B.L., XAVIER, M.G.C., SPINELLI, J.E. (2017), Cu and Ag Additions Affecting the Solidification Microstructure and Tensile Properties of Sn-Bi Lead-Free Solder Alloys, 705, 325-334.

[11] OSORIO, W.R., PEIXOTO, L.C., GARCIA, L.R., MANGELINCK-NOEL, N.M., GARCIA, A. (2013), Microstructure and Mechanical Properties of Sn–Bi, Sn–Ag and Sn–Zn Lead-Free Solder Alloys, 572, 97-106.

[12] SHARIF, A., CHAN, Y.C. (2005), Effect of indium addition in Sn-rich solder on the dissolution of Cu metallization, *Journal Of Alloys And Compounds*, 390 (1), 67–73.

[13] NOOR, E.E.M., SHARIF, N.M., YEW, C.K., ARIGA, T., ISMAIL, A.B., HUSSAIN, Z. (2010), Wettability and strength of In–Bi–Sn lead-free solder alloy on copper substrate, *Journal Of Alloys And Compounds*, 507 (1), 290–296.

[14] EL-DALY, A.A., EL-TAHER, A.M., GOUDA, S. (2015), Development of new multicomponent Sn–Ag–Cu–Bi lead-free solders for low-cost commercial electronic assembly, *Journal Of Alloys And Compounds*, 627, 268–275.

[15] EL-DALY, A.A., EL-TAHER, A.M., GOUDA, S. (2015), Novel Bi-containing Sn–1.5Ag–0.7Cu lead-free solder alloy with further enhanced thermal property and strength for mobile products, *Materials & Design (1980-2015)*, 65, 796–805.

[16] KHODABAKHSHI, F., SAYYADI, R., JAVIT, N.S. (2017), Lead Free Sn-Ag-Cu Solders Reinforced by Ni-Coated Graphene Nanosheets Prepared by Mechanical Alloying: Microstructural Evolution and Mechanical Durability, *Material Science and Engineering:A*, 702, 371-385.

[17] AMAGAI, M., TOYODA, Y., TAJIMA, T. (2003), High solder joint reliability with lead free solders, *53rd Electronic Components And Technology Conference, 2003. Proceedings., 53rd Electronic Components and Technology Conference, 2003. Proceedings.*, 317–322.

[18] TERASHIMA, S., KARIYA, Y., HOSOI, T., TANAKA, M. (2003), Effect of silver content on thermal fatigue life of Sn-xAg-0.5Cu flip-chip interconnects, *Journal Of Electronic Materials*, 32 (12), 1527–1533.

[19] YEH, M.S. (2003), Effects of indium on the mechanical properties of ternary Sn-In-Ag solders, *Metallurgical and Materials Transactions A*, 34 (2), 361–365.

[20] HUANG, M.L. and WANG, L. (2005), Effects of Cu, Bi, and In on microstructure and tensile properties of Sn-Ag-x(Cu, Bi, In) solders, *Metallurgical And Materials Transactions A*, 36 (6), 1439–1446.

[21] ERER, A.M., OGUZ, S., TÜREN, Y. (2018), Influence of bismuth (Bi) addition on wetting characteristics of Sn-3Ag-0.5Cu solder alloy on Cu substrate, *Engineering Science And Technology, An International Journal*, 21(6), 1159–1163.

TEKERLEK İÇİ FIRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTOR TASARIMI - OLUK/KUTUP ETKİSİ

Erhan Tuncel
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
tuncelerhan81@gmail.com

Dr. Emin Yıldırız
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
eminyildiriz@duzce.edu.tr

Özet

Elektrikli bisiklet teknolojisi hızla gelişmektedir. Burada performansı etkileyen en önemli bileşenler itki motoru ve motor sürücüsüdür. Bu çalışmada, elektrikli bisikletlere uygulanan yasal sınırlar dikkate alınarak, 250 W'lık tekerlek içi fırçasız doğru akım motoru (FDAM) tasarımı yapılmıştır. 26 inçlik jant ölçülerinden yola çıkılarak motor boyutları ve azami dönüş hızı belirlenmiştir. Ardından oluk/kutup kombinasyonun etkisini gözlemlemek ve en iyi kombinasyonu belirlemek için aynı güç, hız ve dış boyutlarda 7 adet model oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller Ansys Maxwell 2D programında sonlu elemanlar yöntemiyle (SEY) analiz edilmiştir. Açık devre analizinde hava aralığı akı yoğunluğu, back-EMF, çekirdek kayıpları ve vuruntu momenti incelenmiştir. Oluşturulan modellerin analiz sonuçları üzerinden karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli bisiklet, Ansys Maxwell, SEY, FDAM, motor tasarımı, oluk/kutup seçimi.

DESIGN OF AN IN-WHEEL BRUSHLESS DC MOTOR – EFFECT OF SLOT/POLE

Abstract

Electric bicycle technology is rapidly evolving. The most important components affecting the performance are the thrust motor and the motor driver. In this study, a 250 W in-wheel brushless DC (BLDC) motor design has been made considering the legal limits applied to electric bicycles. Motor dimensions and maximum rotational speed were determined from the 26-inch wheel dimensions. Then, 7 models were created in the same power, speed and external dimensions to observe the effect of the slot/pole combination and determine the best combination. The models were analyzed by finite element method (FEM) in Ansys Maxwell 2D program. In the open circuit analysis, air gap flux density, back-EMF, core losses and cogging torque were investigated. The comparison of the models with the results of the analysis was made.

Keywords: Electric bicycle, Ansys Maxwell, FEM, BLDC, motor design, slot/pole selection.

1. GİRİŞ

Elektrikli bisiklet pazarı; ehliyet, yaş sınırlaması ve vergi gibi yasal zorunluluklarının olmamasından dolayı ülkemizde ve dünyada hızla gelişmektedir. Bir vasıtanın bisiklet kapsamda kabul edilebilmesi için pedal gücüne ek olarak en fazla 250 W'lık bir motor gücü desteği olması ve 25 km/h üzerindeki hızlarda motor gücü desteğinin kesilmesi gerektiği kanunlarda belirlenmiştir.

Elektrikli bisikletin en önemli parçası itme kuvvetini sağlayan motordur. Elektrikli bisikletlerde kullanılmak üzere akademik ve ticari amaçla geliştirilmiş uygulamalar bulunmaktadır. Literatürde eksenel akılı sabit mıknatıslı (Yang ve Jiang, 2015), anahtarlamalı relüktans motoru (Sakthivel ve ark., 2011) gibi çeşitli motor tipleri önerilmiştir ve kullanılmaktadır. Ancak ticari uygulamalarda rotoru dışarıda tekerlek içi fırçasız doğru akım motoru kullanımının daha yaygın olduğu görülmektedir. Tekerlek içi fırçasız doğru akım motorlarında; farklı oluk/kutup sayısına sahip stator/rotor yapıları ile aynı moment ve hız çalışma değerleri sağlanabilmektedir. Bu nedenle literatürde benzer güçlerde farklı oluk/kutup kombinasyonları kullanılan 48/16 (Abirami ve ark., 2014), 18/20 (Chlebozs ve ark.,

2010) fırçasız doğru akım motor tasarımlarına rastlanmaktadır. Farklı oluk/kutup kombinasyonlu fırçasız doğru akım motorların performans karşılaştırılmasının yapıldığı (Tang ve ark., 2012), (Ustun ve ark., 2016) çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmada, 250W 200 rpm kısıtlarına göre, farklı oluk/kutup sayılarına sahip fırçasız doğru akım motor yapılarının ANSYS Maxwell 2D programında gerçekleştirilen analizler üzerinden karşılaştırılması yapılmıştır.

2. YAKLAŞIK BOYUT HESABI ve MALZEME ÖZELLİKLERİ

Elektrikli bisiklet uygulamalarında tekerlek içi (hub) fırçasız doğru akım motorları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu motorlar doğrudan janta bağlı olduğundan mekanik gücün aktarımı kolaydır. Standartlarda belirlenen 25 km/h hızı aşmamak için tekerlek çapına göre hub motorun nominal hızı belirlenmelidir. Çalışmamızda 26 inçlik bir tekerlek referans alınarak motor dönüş hızının 200,8 rpm'den düşük olması gerektiği hesaplanmıştır. 250 W'lık bir motor için bu hızda elde edilen moment 11.9 Nm'dir.

Motor tasarımlarında boyut hesabı, motorun gerekli momenti üretebilmesi için ne kadar büyük olacağı sorusunun cevabını bulmak için yapılır. Motor tasarımına başlamadan önce boyut hesabı yapmak ve belirlenen yaklaşık ölçülerin istenilen momenti sağlayıp sağlayamayacağını görmek önemlidir. Boyut hesabında makine boyutlarına göre moment ifadesi tanımlanır ve motorun yaklaşık ne kadar moment üreteceği belirlenir. T moment, D_r rotor çapı ve L_r eksenel rotor uzunluğu olmak üzere rotor hacmi başına üretilen moment olarak tanımlanan TRV bu ilişkiyi ifade etmektedir.

$$TRV = \frac{\mathrm{T}}{V_r} = \frac{T}{\frac{\pi}{4}D_r^2 L_r} \tag{1}$$

Nadir toprak elementli mıknatıslı motorlar için TRV'nin 14-42 kNm/m^3 arasında olması gerektiği (Hendershot ve Miller, 2010) belirtilmiştir. Motor tekerlek içerisine yerleştirileceği için, motor boyutları tekerlek çapına ve yerleştirileceği konuma uygun olmalıdır. Motor kalınlığının 20-30 mm arasında olması uygulanabilir olup bu çalışmada 25 mm olarak belirlenmiştir. Buna göre hesap yapılırsa, literatürde önerilen koşulun sağlanması için rotor çapı 120 ile 208 mm aralığında olması gerekir. Tasarımlarda kullanılacak olan temel parametreler Tablo 1'de verilmiştir. 250 W'lık elektrikli bisikletler 24V, 36V veya 48V ve 8.8-15Ah'lik batarya grubu ile beslenebilmektedir (Apostolou ve Geurs, 2018). Bu çalışmada 48V'luk besleme tercih edilmiştir. Rotor nüvesi olarak blok nüve seçilirken, stator için 0.35 mm'lik demir kaybı düşük olan lamineli sac kullanılmıştır. Tüm oluk/kutup kombinasyonlarında tek katlı sargı yapısı uygulanmıştır.

Tablo 1. Motor Temel Parametreleri

Parametre	Değer
Güç [W]	250
Gerilim [V]	48
Anma Hızı [min^{-1}]	200

Parametre	Değer
Stator Malzemesi	M330-35A
Rotor Malzemesi	steel_1008
Mıknatıs Malzemesi	NdFe35

Parametre	Değer
Stator İç Çapı [mm]	148
Stator Dış Çapı [mm]	190
Rotor İç Çapı [mm]	192
Rotor Dış Çapı [mm]	207

3. OLUK/KUTUP SAYISI SEÇİMİ

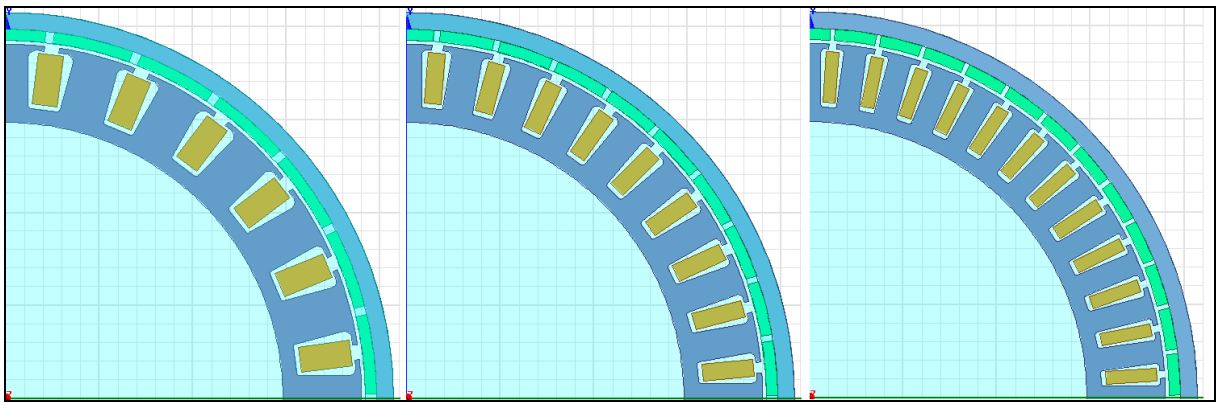
Elektrikli bisikletler gibi düşük hız-yüksek moment gereken uygulamalar için motor tasarımı yapılırken kutup sayısı yüksek seçilmektedir. Hub motorlarda yüksek kutup sayılı tasarımları gerçekleştirmek kolay olduğu için elektrikli araç uygulamalarında yaygın şekilde kullanılır. Bu çalışmada da 20 ile 50 arasındaki kutup sayılarını içeren kombinasyonlar incelenmiştir. Oluk/kutup kombinasyonu seçilirken en önemli kriterlerden biri sargı faktörüdür. Sargı faktörü; elektromanyetik tork ile doğru orantılı olduğundan sargı faktörü yüksek olan bir makine aynı momenti daha düşük bir akım ile elde edebilir. Böylece sargı faktörü yüksek olan bir makinede direnç kayıplarının daha az

olacağı sonucuna varılabilir (Magnussen ve Sadarangani, 2003). Tablo 2'de, belirlenen aralık için sargı faktörleri verilmiştir. Karşılaştırılacak kombinasyonların seçiminde sargı faktörünün yüksek olmasına çalışılmıştır. Daha iyi bir karşılaştırma yapabilmek için stator yapılarının oransal olması tercih edilerek 24, 36 ve 48 oluklu yapılar üzerinde durulmuştur. Buna göre yüksek sargı faktörü ile dikkat çeken; 24/20, 24/26, 36/30, 36/38, 36/42, 48/40 ve 48/50 oluk/kutup sayılarındaki kombinasyonlar bu çalışmada dikkate alınmıştır. Anlamlı bir karşılaştırma yapabilmek için 24, 36 ve 48 oluklu statorların tasarımında oluk uzunlukları orantılı olarak belirlenmiştir. Oluşturulan modellerin 2D görünümleri Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Oluk/Kutup Oranına Göre Sargı Faktörü

Oluk Sayısı \ Kutup Sayısı	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
21	0.953	0.953		0.89	0.866											
24	0.966	0.958		0.958	0.966		0.866									
27	0.877	0.915	0.945	0.954	0.954	0.945	0.915	0.877	0.866							
30	0.866	0.874		0.936	0.951		0.951	0.936		0.874	0.866					
33		0.866		0.903	0.928		0.954	0.954		0.928	0.903		0.866			
36			0.866	0.87	0.902	0.966	0.945	0.956		0.956	0.945	0.966	0.902	0.87	0.866	
39				0.866			0.917	0.936		0.954	0.954		0.936	0.917		
42					0.866		0.89	0.913		0.945	0.953		0.953	0.945		0.913
45						0.866		0.886		0.927	0.945	0.951	0.955	0.955	0.951	0.945
48							0.866			0.907	0.966		0.958	0.956		0.956
51								0.866		0.88	0.901		0.933	0.944		0.955

Dengesiz sarım Sargı Faktörü < 0.866 Seçilen Kombinasyonlar



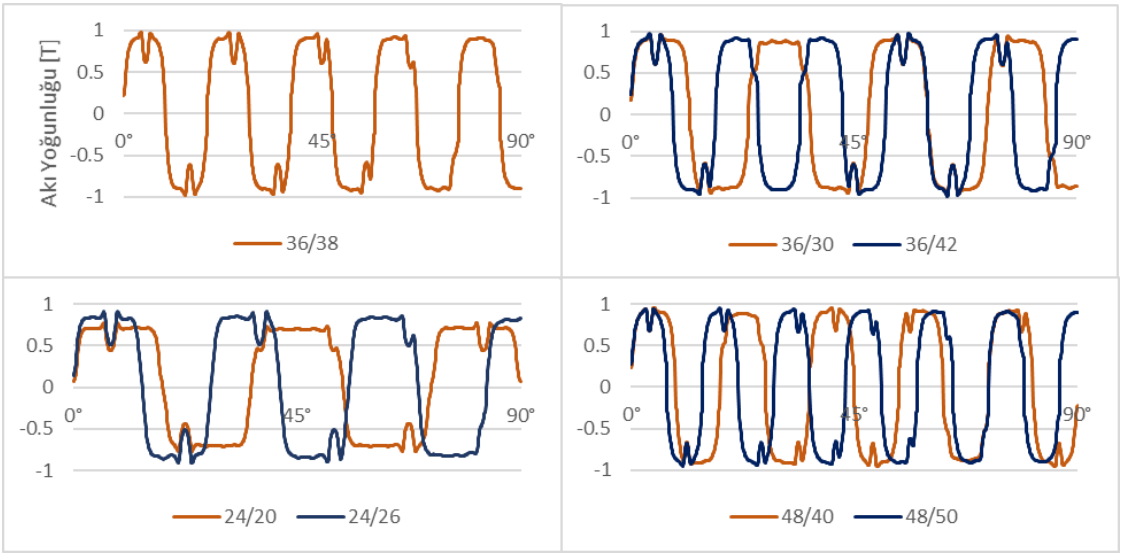
Şekil 1. Oluşturulan 24, 36 ve 48 Oluklu Modellerin 2D Görünümleri

4. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

Karşılaştırmaya karar verilen farklı oluk/kutup kombinasyonundaki 7 model için ANSYS Maxwell 2D programında açık devre çalışma (yüksüz) durumlarında elektromanyetik analizler yapılmıştır. Tüm modellerde hava aralığına özdeş miktarda mesh atılarak yakın hassasiyette sonuç aranmıştır.

4.1. Hava Aralığı Akı Yoğunluğu

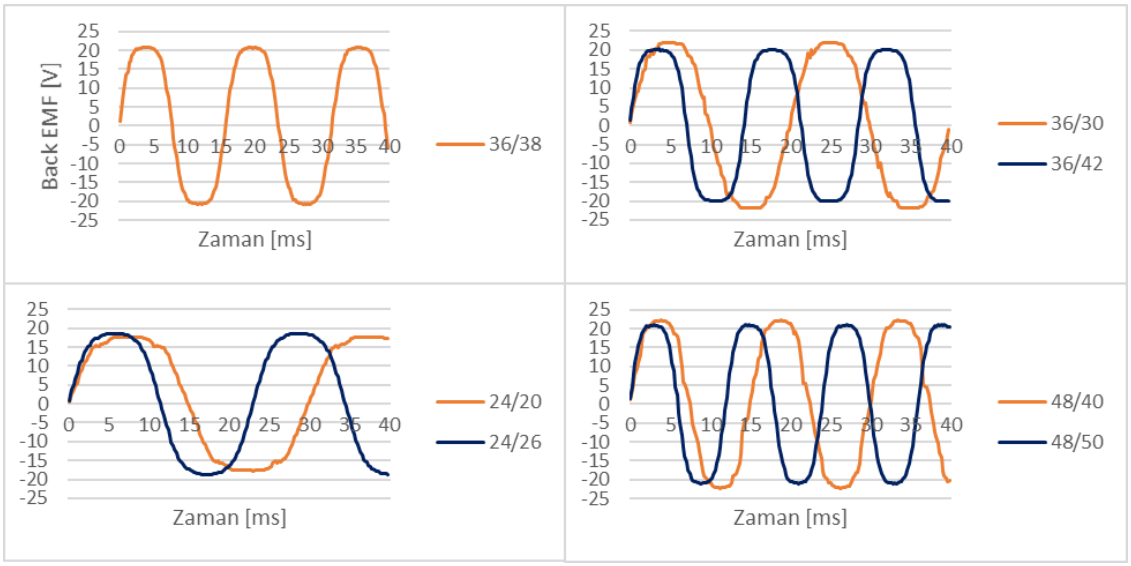
Tüm modellerde hava aralığı 1 mm olarak alınmıştır. Hava aralığının tam ortasından çizilen bir yay üzerinden 90° rotor pozisyonu boyunca hava aralığı akı yoğunlukları incelenmiştir. Şekil 2'de hava aralığındaki akı yoğunluğunun değişimi gösterilmiştir. Rotor pozisyonuna ve stator oluk açıklıklarına göre sinyallerde benzer çökmeler görülmektedir. Oluk ve kutup sayısı arttıkça sinüse daha yakın bir dalgalanma görülmektedir.



Şekil 2. Hava aralığı akı yoğunluğu değişimi

4.2. Back-EMF ve Çekirdek Kayıpları

Modeller açık devre analizinde anma hızı olan 200 rpm'de döndürülmüştür. Böylece her bir fazda endüklenen gerilim değerleri gözlenmektedir. Şekil 3'de her bir tasarımın bir fazında endüklenen gerilimin zamanla değişim grafiği sunulmuştur. Grafikler incelendiğinde 36/38 ve 36/42 oluk/kutup sayısına sahip yapıların daha düzgün bir back-EMF'ye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Back-EMF

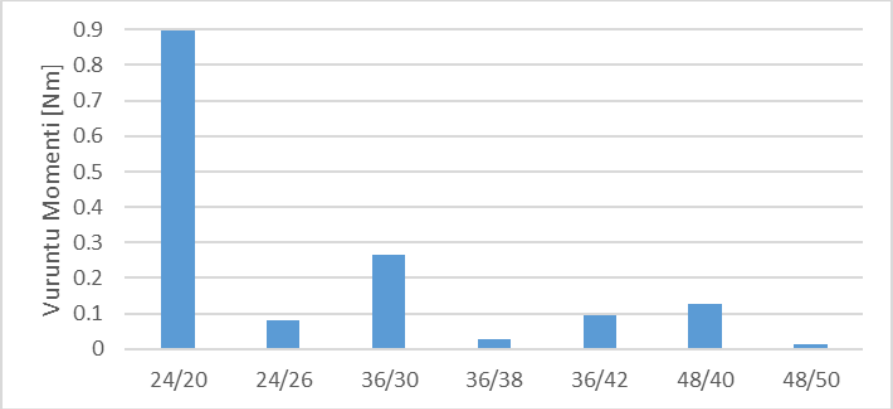
Bu test sırasında rotor ve stator üzerindeki çekirdek kayıpları da incelenmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre elde edilen veriler Tablo 3'de özetlenmiştir. Sonuçlara göre oluk sayısının artması ile birlikte çekirdek kayıplarının da arttığı görülmektedir.

Tablo 3. Çekirdek Kayıpları

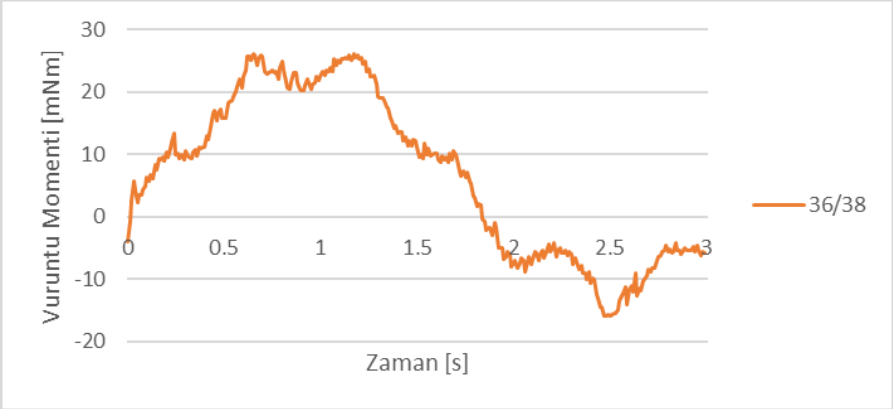
Oluk/Kutup	24/20	24/26	36/30	36/38	36/42	48/40	48/50
Çekirdek Kayıpları [W]	2.9599	3.8945	5.366	5.8484	5.2729	6.5156	6.8636

4.3. Vuruntu Momenti

Vuruntu momenti sürekli mıknatıslardan kaynaklanan EMF harmonikleri ile statordaki oluklardan kaynaklanan manyetik iletkenlik harmoniklerinin etkileşiminden ortaya çıkar ve bir önlem alınmazsa motor performansını olumsuz yönde etkileyebilir (Aydın, 2008). Özellikle düşük hızlı çalışmalar için tasarlanan motorlarda vuruntu momenti önemli bir tasarım parametresi olup mümkün olduğunca düşük olması tercih edilir. Şekil 4'de bu çalışmada incelenen 7 modelde görülen vuruntu momentinin tepe değerleri görülmektedir. Buna göre; 36/38 ve 48/50 kombinasyonları diğer modellere göre oldukça düşük vuruntu momenti vermektedirler. Şekil 5'de 36/38'in bir oluk adımı boyunca vuruntu momentinin değişimi görülmektedir.



Şekil 4. Vuruntu Momentinin Tepe Değeri



Şekil 5. 36/38 İçin Vuruntu Momenti

Analizler; eşit mıknatıs hacmi kullanan, oluk doluluğu aynı, oluk açıklığı orantısal olarak seçilen modeller için yapılmış olup, vuruntuyu düşürmek için ayrıca bir çalışma yapılmamıştır. 24/20 modeli gibi vuruntu momenti nispeten yüksek olan makinelerde rotor ve/veya statorda kaykı yapılarak vuruntu momenti düşürülebilir (Aydın, 2008). Ancak bu durum üretim maliyetini arttıracaktır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada; elektrikli bisikletlerde kullanılabilecek 250 W gücünde tekerlek içi hub motor için oluk/kutup seçimi incelenmiş ve farklı oluk/kutup sayılarındaki yapıların karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan açık devre incelemesi zaten iyi sonuç vermesi beklenen yapılar arasında olduğu için modellerin genel olarak yeterli sonuçlar verdiği söylenebilir. Ancak 36/38 yapısının diğer modellere göre özellikle vuruntu momentinde daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

Elektrikli bisiklet tanımına ilişkin kanun maddesi (6495/13), 3 Nisan 2019 tarihide

http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/08/20130802.pdf adresinden alındı.

YANG, Y., JIANG J., (2015), Optimal Design of an Axial-Flux Permanent-MagnetMiddle Motor Integrated in a Cycloidal Reducer fora Pedal Electric Cycle, *Energies*, 8, 14151–14167.

SAKTHIVEL, P., CHANDRASEKAR, V., ARUMUGAM, R.C., (2011), Design of a 250w, low speed switched reluctance Hub motor for two wheelers, *1st International Conference on Electrical Energy Systems*, pp. 176-181.

Ticari amaçlı tekerlek içi FDAM örneği, 3 Nisan 2019 tarihide https://www.truckrunmotor.com/hub-motor/front-hub-motor/e-bike-hub-motor.html adresinden alındı.

Ticari amaçlı tekerlek içi FDAM örneği, 3 Nisan 2019 tarihide http://www.sobowo.com/2016/elebike_0330/81.html adresinden alındı.

Ticari amaçlı tekerlek içi FDAM örneği, 3 Nisan 2019 tarihide http://www.jiqingcn.com/product/36V-single-wheel-balance-motor.html adresinden alındı.

ABIRAMI, S., BALA, S.M., PRIYA, R.J., (2014), Design of BLDC Hub Motor using FEM analysis, *International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering*, pp. 1-6.

CHLEBOSZ, W., OMBACH, G., JUNAK, J., (2010), Comparison of permanent magnet brushless motor with outer and inner rotor used in e-bike, *The XIX International Conference on Electrical Machines.* pp. 1-5.

TANG, C., SOONG, W.L., LIEW, G.S., ERTUGRUL, N., (2012), Effect of Pole and Slot Number Changes on the Performance of a Surface PM Machine, *XXth International Conference on Electrical Machines.* pp. 220-227.

USTUN, O., TANC, G., KIVANC, O.C., TOSUN, G., (2016), In Pursuit of Proper BLDC Motor Design for Electric Bicycles, *XXII International Conference on Electrical Machines.* pp. 1808-1814.

HENDERSHOT, J.R., MILLER, T.J.E. (2010), *Design of Brushless Permanent-Magnet Machines*, Florida: Motor Design Books LLC.

APOSTOLOU, G., GEURS, K., (2018), An Overview of Existing Experiences with Solar-Powered E-Bikes, *Energies*, 11, 2129.

MAGNUSSEN, F., SADARANGANI, C., (2003), Winding Factors and Joule Losses of Permanent Magnet Machines with Concentrated Windings, *International Electric Machines and Drives Conference*, 333–339.

AYDIN, M., (2008), Sabit Mıknatıslı Disk Motorlarda Mıknatıs Kaykı Etkisi, *ELECO 2008*, pp.204-210.

YÜKSEK KUTUP SAYILI 250W TEKERLEK İÇİ HUB MOTOR TASARIMI

Erhan Tuncel
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
tuncelerhan81@gmail.com

Dr. Emin Yıldırız
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
eminyildiriz@duzce.edu.tr

Özet

Elektrikli bisikletlerin; vergi yükümlülüğü olmaması, ehliyet almaya gerek duyulmaması ve yaş sınırı olmadan herkesin kullanabiliyor olması ülkemizdeki kullanımını son yıllarda ciddi olarak artırmıştır. Bu çalışmada, EN15194 standartlarına göre maksimum gücü 250 W olan elektrikli bisikletlerde kullanmak için düşük hızlı tekerlek içi bir elektrik motoru tasarımı yapılmıştır. Bunun için Hub motor olarak bilinen rotoru dışarıda sürekli mıknatıslı bir motor toplojisi tercih edilmiştir. İlk aşama olarak, tekerlek jant ölçüleri dikkate alınarak motorun temel boyutları belirlenmiştir. Bu kısıtlar içerisinde, en iyi moment kalitesini ve verimi sağlayan tasarım aranmıştır. Tekerlek kısıtlarına göre dış çapı 220 mm, kalınlık 25 mm, en yüksek hızı 200 d/dk olan 51 oluk ve 46 kutuptan oluşan kombinasyon seçilmiş ve buna göre oluşturulan rotoru dışarda fırçasız doğru akım motor modelinin analizleri Ansys / RMxprt'de yapılmıştır. Motorun performansına etki eden; oluk derinliği, oluk tipi, mıknatıs şekli ve boyutları gibi ölçüler parametrik analiz ile optimize edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre geliştirilen yüksek kutuplu tekerlek içi fırçasız doğru akım motorunun verimi %84,57 olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli bisiklet, hub motor, Ansys/RMxprt.

250W IN-WHEEL HUB MOTOR DESIGN WITH HIGH POLE NUMBER

Abstract

The fact that there is no tax liability, no need for a license and everyone can be used without age limit has increased the using of electric bicycles in our country in recent years. In this study, a low-speed electric motor is designed for use on electric bicycles with a maximum power of 250 W according to EN15194 standards. For this, outer rotor permanent magnet motor is preferred which known as hub motor. As a first step, the basic dimensions of the motor have been determined by considering the wheel rim dimensions. Within these constraints, the design providing the best moment quality and efficiency was sought. According to the wheel constraints, the combination of 51 slots and 46 poles with outer diameter 220 mm, thickness 25 mm, maximum speed 200 rpm was selected. Accordingly, the analysis of the outer rotor brushless direct current motor model was performed in Ansys / RMxprt. Factors affecting motor performance such as slot depth, slot type, magnet shape are optimized by parametric analysis. The efficiency of the high-pole brushless direct-current motor developed according to the results of the analysis was obtained as 84.57%.

Keywords: Electric bicycle, hub motor, Ansys/RMxprt.

1. GİRİŞ

Pedal destekli elektrikli bisiklet olarak tanımlanan 250W ve altındaki güçlerde imal edilen elektrikli bisikletlerde; ehliyet zorunluğu, sürücülerde yaş sınırı ve vergi gibi yasal zorluklar olmaması ülkemizdeki kullanımını ciddi şekilde arttırmıştır. Electric Bikes Worldwide 2016 raporuna göre; 2015 yılında 35 milyon civarında e-bisiklet satıldığı ve 2035 yılında 84 milyon e-bisiklet satılacağı öngörüsü rapor edilmiştir.

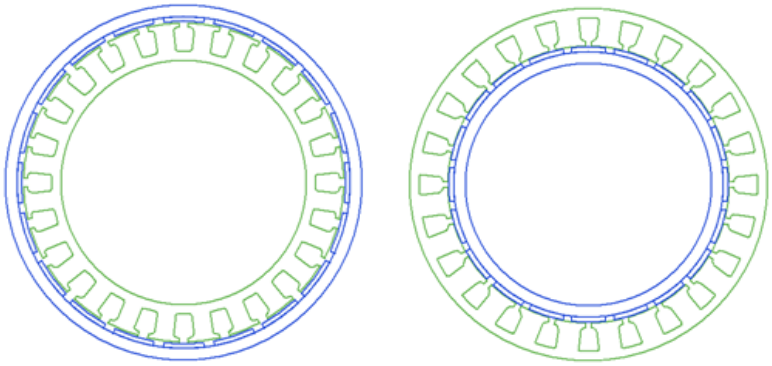
E-bisikletin en önemli parçası elbette ihtiyaç duyulan itme kuvvetini sağlayacak motordur. Pek çok ticari ve akademik uygulamada (Tanç, 2014) rotoru dışarda fırçasız doğru akım motoru tercih

edilmiştir. Bir diğer uygulamada ise anahtarlamalı relüktans motora rastlanmıştır (Omaç ve ark., 2018). Bu motorların yüksek kutup sayısında üretilebilmeleri düşük hız-yüksek moment uygulamaları için önemli üstünlük sağlar. Bu çalışmada da hub motor olarak bilinen rotoru dışarda sürekli mıknatıslı doğru akım SMDA motor konfigürasyonu kullanılmıştır.

E-bisikletin EN15194 Avrupa birliği standartlarında olabilmesi için en yüksek gücünün 250W'ı ve en yüksek hızının 25 km/h'i geçmemesi gerekir. Bu çalışmada bu kısıtlar dikkate alınarak en iyi verim ve moment kalitesini sağlayan itki motor tasarımı aranmıştır. SMDA motor tasarımında öncelikle oluk/kutup konfigürasyonuna karar verilmelidir. Literatürde farklı oluk/kutup oranı kullanan, farklı güçlerde SMDA tasarımları (Limbert ve Sourland, 2004), (Guy Min ve Sarlıoğlu, 2017), (Çabuk ve ark., 2017) yapılmıştır. Oluk/kutup oranını yüksek sargı faktörü sağlayacak şekilde seçmek momentteki ve zıt-emk'daki salınımların ve harmoniklerin azalmasına ve toplam harmonik bozulumun (THD) düşük olmasına olanak verir. Bu çalışmada yüksek kutup sayılı ve litaratürde daha önce denenmeyen 51oluk/46 kutup konfigürasyonu denemiştir. Tasarım kısıtlarına göre 48V, 250W gücündeki SMDA motorun elektromanyetik modeli Ansys/RMXPRT paket programında modellenmiş ve optimize edilmiştir.

2. SÜREKLİ MIKNATISLI DOĞRU AKIM MOTORLARI

Özellikle son yıllarda sürekli mıknatıs teknolojisinin geliştirilmesiyle yüksek başarımlı motorlar geliştirilebilmiştir. Uyartım kayıplarının olmamasının yanı sıra verim ve moment/hacim yoğunluğu gibi üstünlükleri ile sürekli mıknatıslı motorların kullanımı giderek artmaktadır. Genel olarak SMDA motorları Şekil 1'de de görüldüğü şekilde rotoru içerde ve dışarda olarak sınıflandırabiliriz. Her iki motor tipinin statorunda üç faz sargıları bulunur. Sargılar; kesirli oluk tek katlı, kesirli oluk çift katlı ve dağıtılmış sargı yapısında olabilir.



Şekil 1. Rotoru Dışarda (a) ve Rotoru İçeride (b) SMDA Motor Görünümü

Bir elektrik motorunda moment genel olarak (1)'deki gibi yazılabilir. Burada p kutup çifti sayısı, k_{w1} sargı faktörünü, N_{ph}faz başına sarım sayısını, ϕ_1 manyetik akı yoğunluğunun temel bileşenini ve i sargı akım değerini gösterir. Buna göre SMDA motorunda yüksek bir moment elde edebilmek için sargı faktörünün yüksek olması istenir. Aksi durumda aynı momenti elde edebilmek için faz başına amper-sarım miktarının arttırılması gerekir ki bu da bakır kayıplarının artması ve verimin düşmesi anlamına gelir. Çıkış gücü (2)'de görüldüğü gibi mil momentine ve n_{mil} dönüş hızına (d/dk) bağlıdır. Motorun senkron dönüş hızı eşitliğine (3) göre; düşük hız uygulamalarında yüksek kutup sayısı kullanılmalıdır. Burada f_e elektriksel frekansı göstermektedir.

$$T = pk_{w1}N_{ph}\phi_1 i \tag{1}$$

$$P_{çıkış} = Tn_{mil}\frac{2\pi}{60} \tag{2}$$

$$n_{mil} = \frac{120f_e}{2p} \tag{3}$$

Şekil 2'de oluk ve kutup sayısına göre SMDA motorlarda sargı faktörünün değişimi gösterilmiştir. Sargı faktörünün daha yüksek olduğu kombinasyonlar olmasına karşın oluk-kutup sayısı arasındaki farkın biraz daha fazla olması nedeniyle 46 kutup ve 51oluk seçilmiştir.

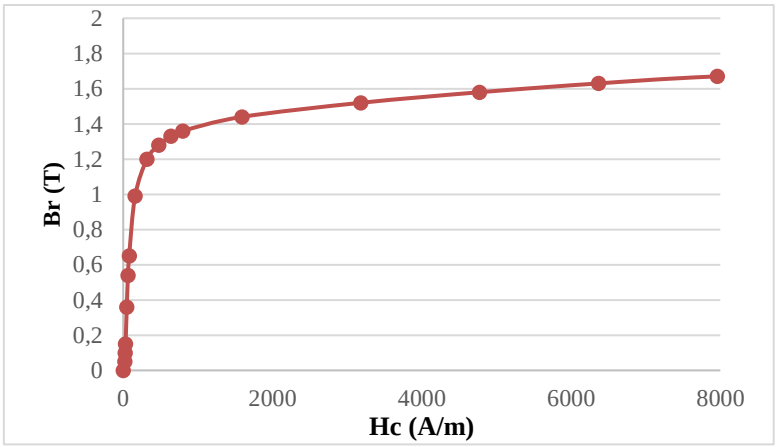
Kutup Sayısı

Oluk Sayısı / SF	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
3	0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866		0.866	0.866	
6		0.866		0.866	0.5		0.5	0.866		0.866	0.5		0.5	0.866		0.866	0.5		0.5	0.866		0.866	0.5		0.5	0.866		0.866	0.5	
9		0.617	0.866	0.945	0.945	0.866	0.617	0.328		0.328	0.617	0.866	0.945	0.945	0.866	0.617	0.328		0.328	0.617	0.866	0.945	0.945	0.866	0.617	0.328		0.328	0.617	0.866
12				0.866	0.966		0.966	0.866		0.5	0.259		0.259	0.5		0.866	0.966		0.966	0.866		0.5	0.259		0.259	0.5		0.866	0.966	
15				0.711	0.866		0.951	0.951		0.866	0.711		0.389	0.199		0.199	0.389		0.711	0.866		0.951	0.951		0.866	0.711		0.389	0.199	
18				0.617	0.735	0.866	0.902	0.945		0.945	0.902	0.866	0.735	0.617	0.5	0.328	0.167		0.167	0.328	0.5	0.617	0.735	0.866	0.902	0.945		0.945	0.902	0.866
21				0.538	0.65		0.866	0.89		0.953	0.953		0.89	0.866		0.65	0.538		0.282	0.142		0.142	0.282		0.538	0.65		0.866	0.89	
24					0.588		0.766	0.866		0.966	0.958		0.958	0.966		0.866	0.766		0.588	0.5		0.259	0.126		0.126	0.259		0.5	0.588	
27					0.525	0.617	0.695	0.766	0.866	0.877	0.915	0.945	0.954	0.954	0.945	0.915	0.877	0.866	0.766	0.695	0.617	0.525	0.429	0.328	0.22	0.111		0.111	0.22	0.328
30							0.64	0.711		0.866	0.874		0.936	0.951		0.951	0.936		0.874	0.866		0.711	0.64		0.5	0.389		0.199	0.1	
33							0.591	0.659		0.778	0.866		0.903	0.928		0.954	0.954		0.928	0.903		0.866	0.778		0.659	0.591		0.438	0.355	
36							0.551	0.617		0.735	0.786	0.866	0.87	0.902	0.966	0.945	0.956		0.956	0.945	0.966	0.902	0.87	0.866	0.786	0.735		0.617	0.551	0.5
39							0.511	0.574		0.689	0.74		0.866	0.863		0.917	0.936		0.954	0.954		0.936	0.917		0.863	0.866		0.74	0.689	
42								0.538		0.65	0.701		0.79	0.866		0.89	0.913		0.945	0.953		0.953	0.945		0.913	0.89		0.866	0.79	
45								0.506		0.617	0.663	0.711	0.753	0.792	0.866	0.858	0.886		0.927	0.945	0.951	0.955	0.955	0.951	0.945	0.927		0.886	0.858	0.866
48										0.588	0.631		0.72	0.766		0.866	0.859		0.907	0.966		0.958	0.956		0.956	0.958		0.966	0.907	
51										0.552	0.599		0.686	0.725		0.796	0.866		0.88	0.901		0.933	0.944		0.955	0.955		0.944	0.933	
54										0.525	0.571	0.617	0.656	0.695	0.735	0.766	0.798	0.866	0.854	0.877	0.902	0.915	0.93	0.945	0.949	0.954		0.954	0.949	0.945
57										0.5	0.544		0.627	0.666		0.737	0.77		0.866	0.852		0.894	0.912		0.937	0.946		0.955	0.955	
60											0.521		0.602	0.64		0.711	0.743		0.802	0.866		0.874	0.893		0.966	0.936		0.951	0.955	
63											0.498	0.538	0.577	0.617	0.65	0.684	0.716		0.775	0.802	0.866	0.85	0.871	0.89	0.905	0.919		0.945	0.948	0.953

Şekil 2. SMDA İçin Genişletilmiş Oluk/Kutup Kombinasyonları ve Sargı Faktörleri

3. MOTOR BOYUTLANDIRMASI

Bu çalışmada rotoru dışarda SMDA motorunda 51oluk/46 kutup oranı tercih edilmiştir. Sürekli mıknatıslar için $B_r = 1.23\,T$ ve $H_c = 89kA/m$ olan NeFeB mıknatıslar tercih edilmiştir. Statorda kullanılan silisli sacın BH eğrisi ise Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. M19 Sacın B-H Eğrisi

Sabit mıknatıslı bir motorun gücü; motorun dış çapının karesi ve motorun eksenel uzunluğu ile ilişkilidir (4). Aynı ifade moment için de geçerlidir. Burada gösterilen K katsayısı tecrübeye dayalı bir katsayı olmakla yüksek performanslı servo motorlar için 15-50 kNm/m3 NdFeB mıknatıslı motorlar için 14-42 kNm/m3 arasında seçilmektedir (Hendershot ve Miller, 2010). Buna göre 250W, 48V bir SMDA motorun genel boyutları Tablo 1'de verilmiştir.

$$P = CD_{out}^2 L, \quad T = KD_{out}^2 L \qquad (4)$$

Tablo 8. Motor Temel Boyutları Ve Genel Parametreler

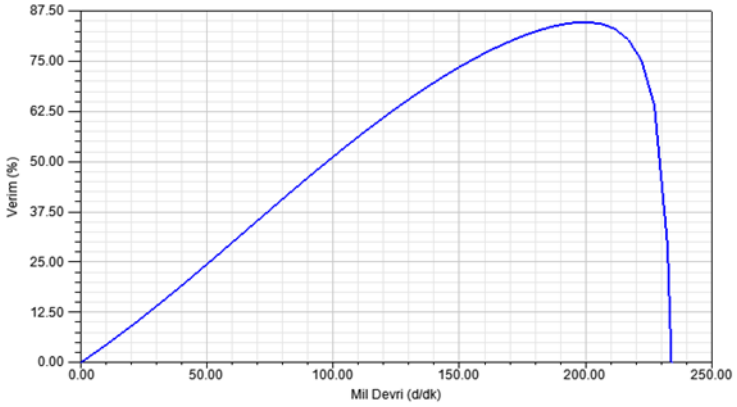
Çıkış gücü (W)	250
Anma gerilimi (V)	48
Max. Akım yoğunluğu (A/mm^2)	4
Kutup sayısı	46
Oluk sayısı	51
Stator iç çapı (mm)	158
Rotor dış çapı (mm)	220
Hava aralığı (mm)	1
Aktif eksenel uzunluk (mm)	25
Anma hızı (d/dk)	200
Anma momenti (Nm)	12

4. ELEKTROMANYETİK ANALİZ SONUÇLARI

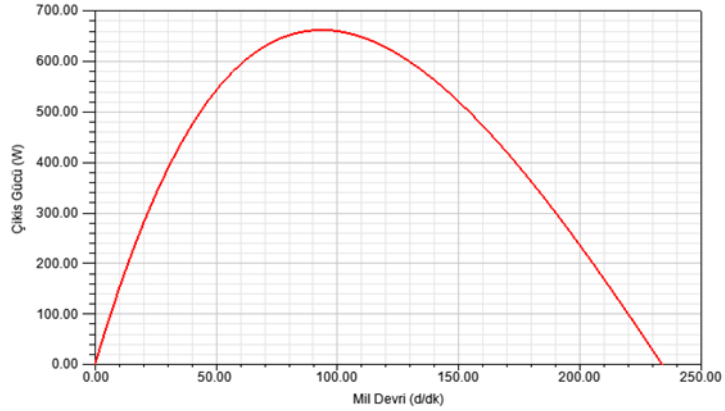
26 inç jant içine göre tasarlanan 48V 250W rotoru dışarda SMDA motorun analitik modeli Anysys/RMxprt programında oluşturulmuştur. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Modelin verim-hız, çıkış gücü-hız ve vuruntu momenti grafikleri Şekil 4-6'da görülmektedir. Ön tasarım kriterlerine oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. İki rotor dişi boyunca vuruntu momenti incelendiğinde ise neredeyse hiç etki gözlenmemiştir. Bundan sonraki aşamada incelenen SMDA motorun iki boyutlu (2D) elektromanyetik modeli oluşturularak manyetik başarımı, doyum noktaları incelenmiştir. SM motorda eğer karbon alışımlı çelik kullanılıyorsa akı yoğunluğunun 1.5 T'ın altında olması gerekir. Eğer ferromanyetik malzemedeki akı yoğunluğu mıknatıs kullanımını azaltmıyor ise bölgesel 1.7-1.8 T civarında bir akı yoğunluğuna göz yumulabilir (Hendershot ve Miller, 2010).

Tablo 9. RMxprt Analiz Sonuçları

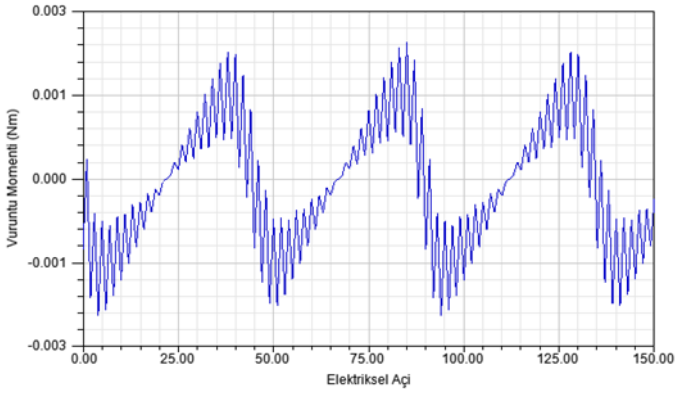
Çıkış gücü (W)	250.076
Anma gerilimi (V)	48
Anma DC akımı (A)	6.16
Toplam kayıplar (W)	45.62
Verim (%)	84.57
Oluk doluluk oranı (%)	67
Anma hızı (d/dk)	197.65
Anma Momenti(Nm)	12.082



Şekil 4. Tasarlanan 250W Hub Motorun Verim-Hız Grafiği

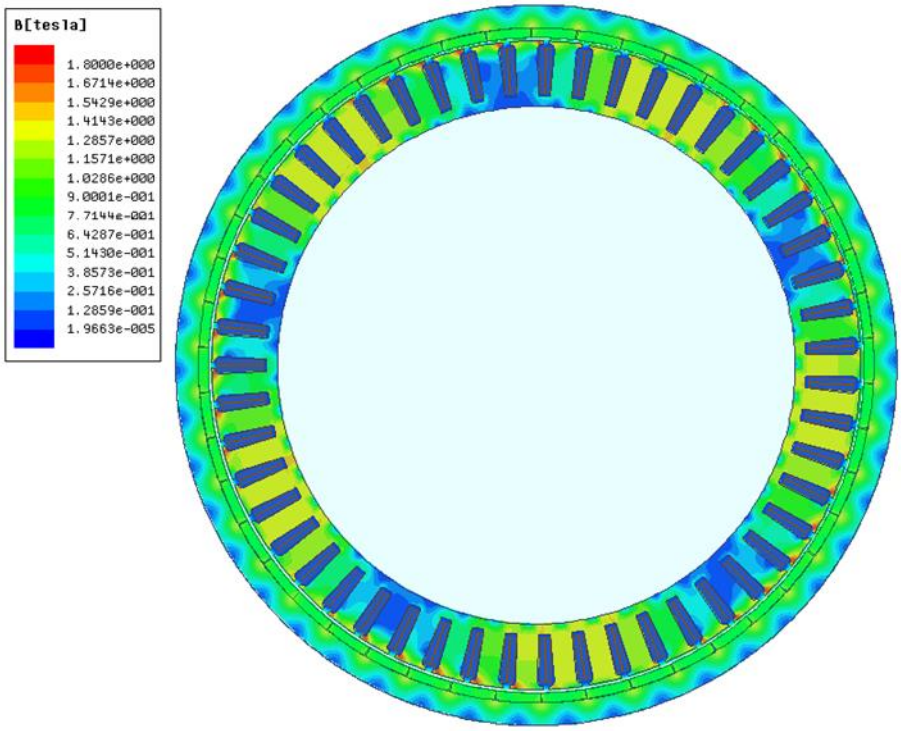


Şekil 5. Tasarlanan 250W Hub Motorun Çıkış Gücü-Hız Grafiği



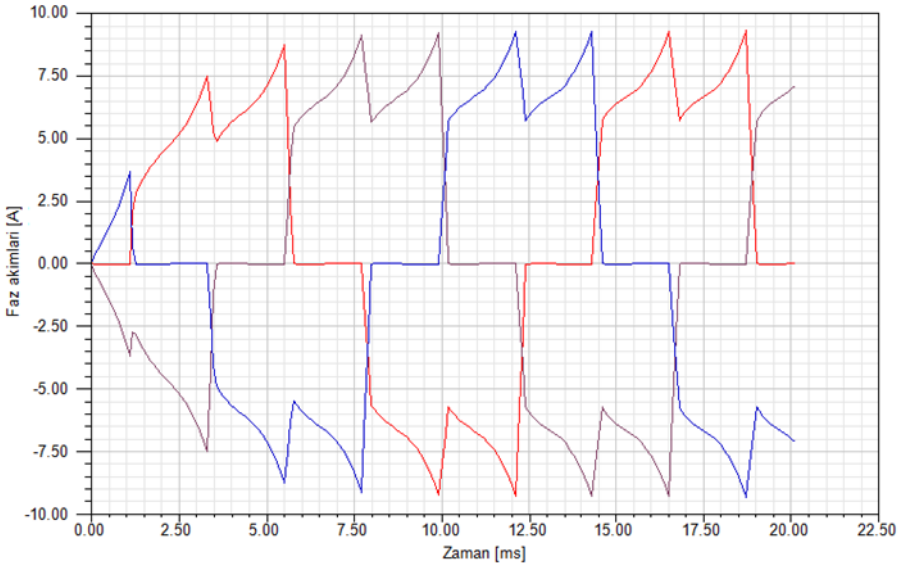
Şekil 6. Tasarlanan 250W Hub Motorun Vuruntu Momenti

Önerilen SMDA modelinde 51 oluk/46 kutup kombinasyonu seçildiği için herhangi bir simetri bulunmamaktadır. Bu nedenle analizler tüm model üzerinden yapılmıştır. Analizler iki boyutta yapıldığından bu durum bir sakınca doğurmamaktadır. Ancak ayrıntılı 3 boyutlu analizler için ciddi zaman gereksinimi olabilir. Şekil 7'de tasarım parametrelerine göre oluşturulan motorun 2D modeli üzerindeki manyetik akı yoğunluğu dağılımı görülmektedir. Rotor dişlerinin uç kısımlarında küçük bölgesel doluluklar olmakla birlikte, optimizasyona göre en iyi verim ve moment kalitesini almak için bu doyumlar göz ardı edilmiştir.

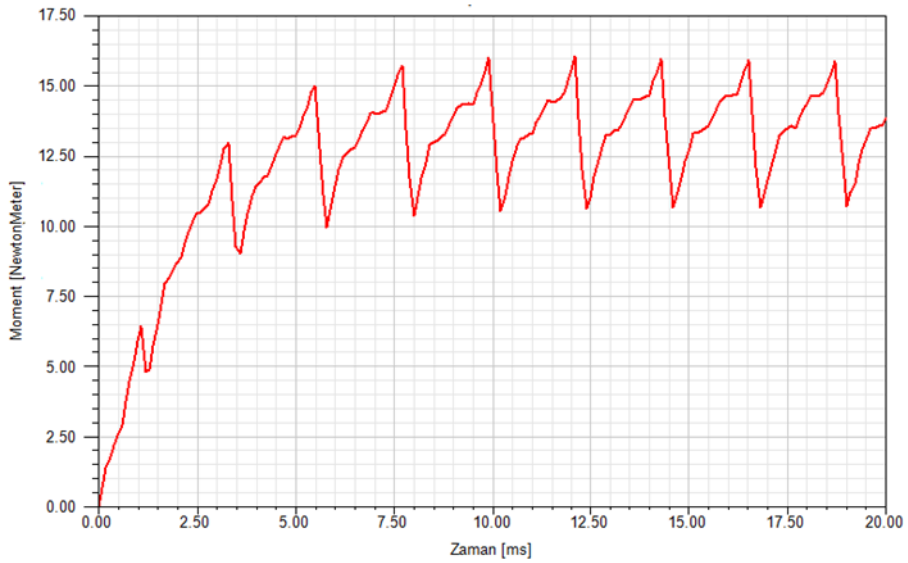


Şekil 7. Önerilen Rotoru Dışarda SMDA Motorun Manyetik Akı Yoğunluğu Dağılımı

Kalıcı durum analizinde motorun faz akımları ve momentin zamanla değişimi incelenmiştir. Şekil 8'de üç faz akımları ve Şekil 9'da ise momentin değişimi görülmektedir. Kalıcı durumda moment incelendiğinde beklentilere yakın bir değişim olduğu görülmektedir.



Şekil 8. SMDA Motorda Faz Akımlarının Kalıcı Durum Analizinde Zamanla Değişimi



Şekil 8. Tasarlanan SMDA Motorun Geçici Durum Analizinde Momentin Zamanla Değişimi

5. SONUÇ

Bu çalışmada kesirli oluk çift sargı yapılı rotoru içeride 48V 250W tekerlek için bir SMDA motorun tasarımı yapılmıştır. Düşük hız yüksek-moment uygulaması için kutup sayısı yüksek 51oluk/46 kutup kombinasyonu tercih edilmiş ve hesaplanan ön tasarım boyutlarına göre motorun 2D elektromanyetik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre EN15194 standartlarına göre; anma hızı 197.65 d/dk'da çalışırken 12 Nm momenti, en yüksek verim olan %84.57 verim ile verebilmektedir. Literatürdeki farklı oluk/kutup kombinasyonlu benzer güçteki motor tasarımlarına göre rekabet edilebilir bir verim ve moment sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

BENJAMIN, E., JAMERSON, F., (2016), *Electric Bikes Worldwide Reports*, 4 Nisan 2019 tarihinde http://www.ebwr.com adresinden alındı.

TANÇ, G., (2014), *Elektrikli Bisikletler İçin Fırçasız Doğru Akım Motoru Tasarımı Ve Üretimi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Ticari amaçlı tekerlek içi rotoru dışarıda fırçasız doğru akım motoru örneği, 4 Nisan 2019 tarihide https://www.volta.com.tr/index.html adresinden alındı.

OMAÇ, Z., POLAT, M., ÖKSÜZTEPE, E., YILDIRIM, M., YAKUT, O., EREN, H., KAYA, M., KÜRÜM, H., (2018), Design, analysis, and control of in-wheel switched reluctance motor for electric vehicles, *Electrical Engineering*, June 2018, Vol. 100, pp. 865-876.

LIMBERT, F., SOURLAND, J., (2004), Investigation on pole-slot combinations for permanent-magnet machines with concentrated windings, *International Conference on Electrical Machines*, pp. 530-535.

GUY MIN, S., SARLIOGLU, B., (2017), Investigation of electromagnetic noise on pole and slot number combinations with possible fractional-slot concentrated windings, 2017 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), pp. 241-246.

CABUK, A.S., SAGLAM, S., USTUN, O., (2017), Impact of various slot-pole combinations on an in-wheel BLDC motor performance, *Istanbul University - Journal of Electrical and Electronics Engineering*, Vol. 17(2), 3369-3375.

HENDERSHOT, J.R., MILLER, T.J.E. (2010), *Design of Brushless Permanent-Magnet Machines*, Florida: Motor Design Books LLC.

GÖZENEKLİ SİLİSYUM TABANLI GÜNEŞ PİLİ TASARIMI VE METALİZASYON İLE PERFORMANSLARININ ARTTIRIILMASI

İsmet YAVUZYİĞİT
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektro-Optik Sistem Mühendisliği
175115002@kocaeli.edu.tr

Prof. Dr. Ersin KAYAHAN
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektro-Optik Sistem Mühendisliği
kayahan@kocaeli.edu.tr

Özet

Dünya nüfusunun sürekli artması ile temel enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Enerji açığı dünya nüfusunun büyümesiyle ve enerjiye bağımlılığının artması ile büyümektedir. Temel enerji kaynaklarının tükenmesi insanlığı daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Coğrafi konumu ile Türkiye güneş kuşağında bulunduğundan güneş enerjisi kullanımına müsaittir. Enerji arz güvenliğinin sağlanmasında, %73'ler seviyesinde olan dışa bağımlılık oranımızın ve bundan doğan risklerin azaltılması ve iklim değişikliği ile mücadele etkinliğinin arttırılması bakımından foto-voltaik (PV) çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Güneş enerjisi konutlarda, sanayide, tarımda, ısıl enerji uygulamalarında ve elektrik enerjisinin üretiminde kullanılmaktadır. Güneş pillerinin verimliliklerinin arttırılması ve maliyetlerinin düşürülmesi ile çevre bilinci yaygınlaştırılarak, foto-voltaik enerji sistemlerinin kullanımı dünya çapında olduğu gibi yurdumuzda da ivedi şekilde yaygınlaşacaktır. Nano gözenekli Silisyum (NPS) kristal yapılı Silisyumun (c-Si) Hidroflorik Asit (HF) temelli çözeltide elektro-kimyasal yöntem ile aşındırılması üretilir. Bu işlem sonucunda süngerimsi bir yapı oluşur. NPS'nin kırılma indisi kristal yapıdaki Silisyum ile karşılaştırıldığında daha düşük ve pürüzlüdür. Bu da solar radyasyon kayıpları azaltarak kısa devre akım yoğunluğunun (Jsc) artmasına sebep olur. NPS, görünür bölgedeki geniş soğurma spektrumu, band boşluğunun üretim parametreleri ile değiştirilebilir olması ve yüksek yüzey alan hacim oranından dolayı güneş pili uygulamalarında yeni nesil foto-voltaik malzeme olmaya namzettir. NPS ile yeni nesil güneş pili tasarlanacaktır. Metal tuzları ve metal nanoparçacıkları ile yüzey metalizasyonu gerçekleştirilerek güneş pilinin verimlilik parametrelerine etkisi incelenecektir. Elektrot kaplama ve metalizasyon işlemi için PLD (Pulsed Laser Deposition) ve spin kaplama yöntemlerinden yararlanılacaktır. Yüzey metalizasyonu darbeli lazer ablasyon yöntemi ile üretilen Altın (Au) ve Gümüş (Ag) gibi metal nanoparçacıklar ile yapılacaktır. NPS yüzey kimyasal yapısı ve morfolojisi metalizasyon için oldukça uygun bir malzemedir. Tasarlanacak güneş pili simülatörü ile elde edilen verimlilik parametreleri birçok metal için incelenecek ve karşılaştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Gözenekli Silisyum, güneş pili, metalizasyon, PLD

DESIGN OF SOLAR CELLS BASED POROUS SILICON AND ENHANCE OF THEIR PERFORMANCES WITH METALIZATION

Abstract

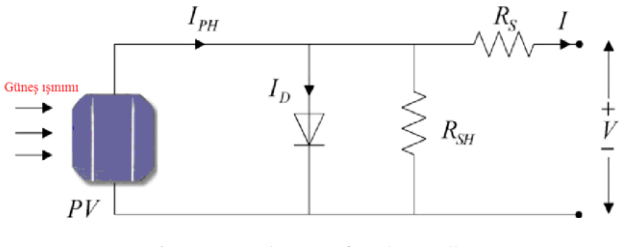
While, basic energy sources are rapidly decreasing and world population is continuously increasing leading to an ever-increased energy requirement. The decrease in the energy resources prompts people to research for new long life, cheaper and greener energy sources. Turkey is geographically located in the sun-belt making it a perfect place to use solar energy for houses, industry, agriculture, solar thermal energy and electrical energy. The use of photo-voltaic (PV) energy systems will increase rapidly in our country as well as all over the world with increasing efficiencies, lowering costs of solar cells, and also due to promotion of environmental awareness. This is an important issue in our country with the required sensitivity and clean energy resources have prompted the work on photo-voltaic energy a priority for universities, organizations and entrepreneurs. Porous silicon (NPS) can be produced by anodizing crystalline silicon (c-Sİ) in HF based solution. After that sponge like structure

is appears. Comparing with c-Si, refractive index of NPS is lower and has more surface roughness which means that decrease in the solar energy loss and an increase in short circuit current. PS is strong candidate for a new PV material due to its large absorbance spectra in visible spectrum and its band gap can be changed through adjustment of production parameters. This project proposes to produce a porous silicon based solar cell. The effect of metallized PS surface with various metal salts and metal nanoparticles on yielding solar cell parameters will be investigated. The spin coating and PLD (Pulsed Laser Deposition) methods will be used in metallization process of PS surface. Various metal salts will be used in metallization process such as Gold (Au), Silver (Ag) and silver-gold nanoparticles which are produced by pulsed laser ablation. Solar cell performance parameters for each metal will investigated using the designed solar cell simulator.

Keywords: Porous Silicon, solar cell, metalization, PLD

1. GİRİŞ

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar. Yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Yarı-iletken maddelerin fotovoltaik hücre olarak kullanılabilmeleri için n ya da p tipi katkılanmaları gereklidir. P tipi silisyum elde etmek için ise, eriyiğe 3. gruptan bir element (Bor gibi) eklenir. Bu elementlerin son yörüngesinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksikliği oluşur, bu elektron yokluğuna hol ya da boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bir güneş pilinin eşdeğer devresi Şekil 1 de gösterilmiştir.



Şekil 1. Güneş Pili Eşdeğer Devresi

Boşalma bölgesinde üretilen enerjinin kutuplara ulaştırılması esnasında oluşan kayıplar, seri bir dirençle gösterilmiştir. Nano gözenekli silisyumun (NPS) mikro yapısı ve dolayısıyla pürüzlüğü aşındırma parametreleri ile (çözelti cinsi, aşındırma zamanı, sıcaklık vs.) değiştirilebilir. Aşındırma parametrelerine bağlı olarak 2 nm' den küçük gözenek çapı ve %20–80 arasında gözeneklilik elde edilebilir. Gözenekli silisyum Sekil 4'de gösterildiği gibi süngerimsi yapısı ve dolayısı ile yüksek alan/hacim oranından dolayı güneş pili uygulamaları için oldukça uygun bir malzemedir. Verimliliğin arttırılması maksadıyla NPS yüzeyi spin kaplama yöntemi kullanılarak metalizasyon gerçekleştirilecektir. Metalizasyon işlemi olarak metal tuzları ve metal nanoparçacıklar kullanılacaktır.

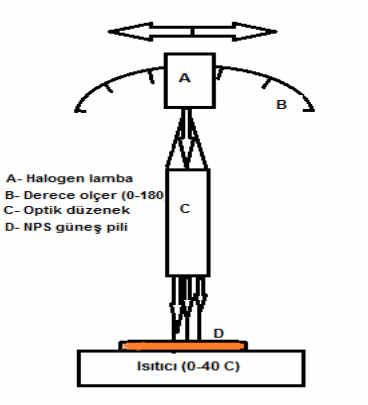
2. MATERYAL VE METOD

Silisyum yüzeyinin kimyasal olarak aşındırılması yüzeyde pürüzlüğü arttıracağından ışığın soğurulmasında avantaj sağlayacaktır. Ayrıca metalizasyon veya çeşitli anti yansıtıcı kaplamalar ile verimlilik arttırılabilir. NPS'nin güneş pili olarak kullanabilmesi P-N eklem yapısı elde edilmelidir. Difüzyon işlemi iki aşamada gerçekleşecektir.

a. P-tipi kristal Silisyum için N-tipi bölge Fosfor (P) katkılanarak elde edilir. Katkılama işlemi olarak Fosforoksiklorit ($POCl_3$) Aseton çözeltisi (1x5 hacimsel oranda) P-tipi Silisyum yüzeyine spin kaplama tekniği kullanarak kaplanacak ve ardından yaklaşık 1000 °C difüzyon işlemi yapılacaktır.

b. Aynı işlem N-tipi kristal Silisyumda Borontribromide (BBr_3) karbon tetraklorid (CCl_4) çözeltisi ile yapılacaktır.

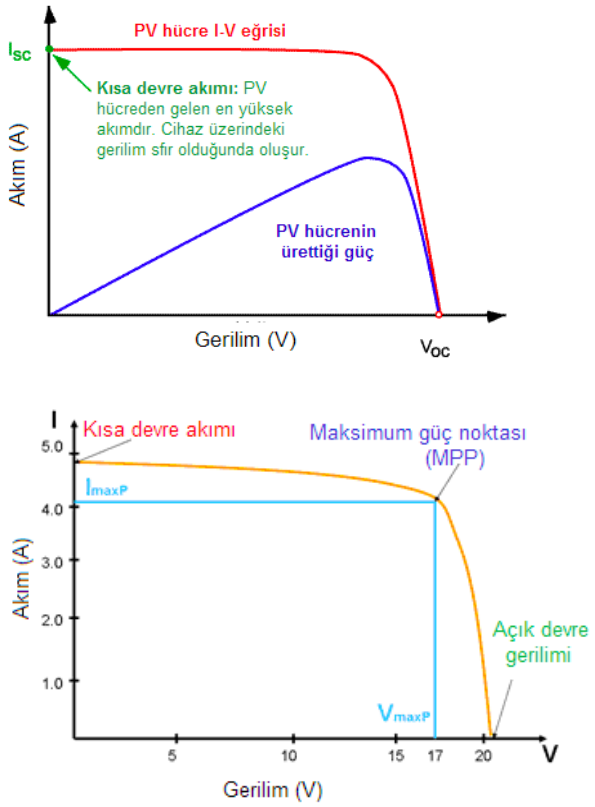
NPS ön yüzeyi verimliliği arttırmak amacı ile metalizasyon işlemi gerçekleştirilecektir. Kaplama işlemi spin kaplama yöntemi ile yapılacaktır. NPS'nin ön ve arka yüzeyleri kontak kaplamaları için Alüminyum (Al) ve Altın (Au) metalleri ile termal buharlaştırma veya PLD yöntemi kullanılarak kaplanacaktır. Elde edilen güneş pilinin verimlilik parametreleri ölçümleri ve hesaplamaları için Şekil 2 deki güneş simülatörü kullanılacaktır.



Şekil 2. Güneş Simülatörü

Optik düzenek homojen aydınlatma elde edebilmek için merceklerden oluşan teleskop yapısında olacak şekilde tasarlanacaktır. Güneş pillerinin karakterizasyonunda beş temel parametre vardır ve güneş pilinin performansını ifade eden bu parametreler;

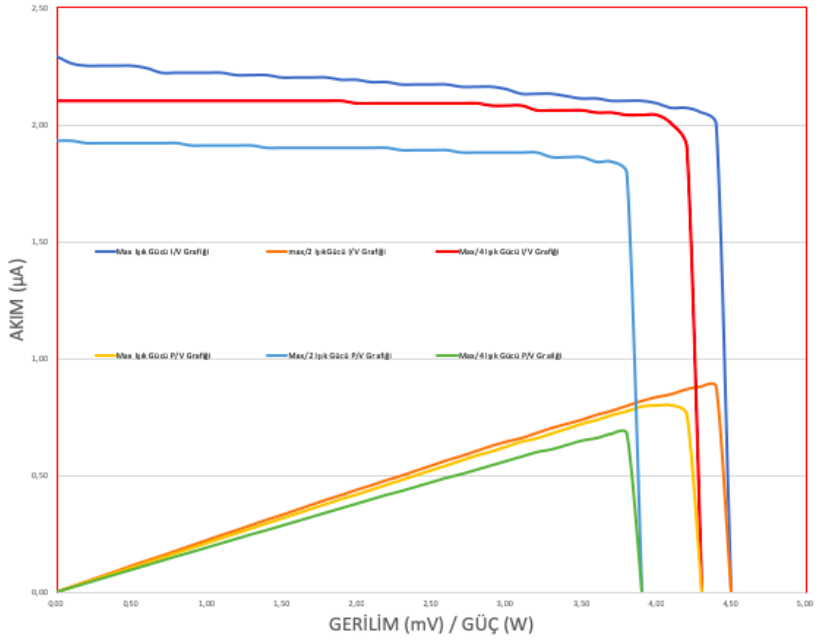
- I-V karakteristiğinin belirlenmesi ve verimlilik hesaplamaları
- P-V karakteristiğinin belirlenmesi ve verimlilik hesaplamaları
- Sıcaklığın I-V Eğrisine Etkisi
- Işımanın I-V Eğrisine Etkisi
- Foto-açısal etkinin incelenmesi



Şekil 3. Güneş Hücresi Akım-Gerilim Eğrisi

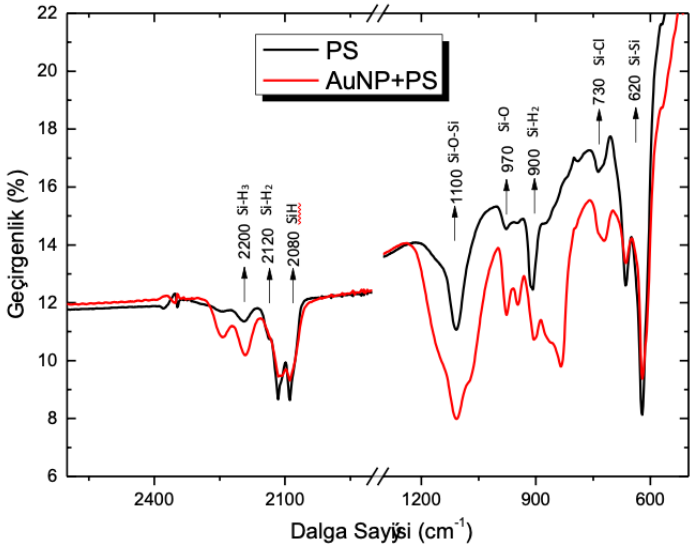
2.2. Tablolar ve Şekiller

Çalışmamızda üretilen gözenekli silisyum tabanlı güneş pili tasarımını yaptığımız güneş simülatörün de aldığımız akım-gerilim değerleri ile ve dolgu faktörü formülizasyonu ile pilin verimlilik hesabı yapılacaktır. Elde ettiğimiz akım-gerilim değerleri Şekil 4 de sunulmuştur.

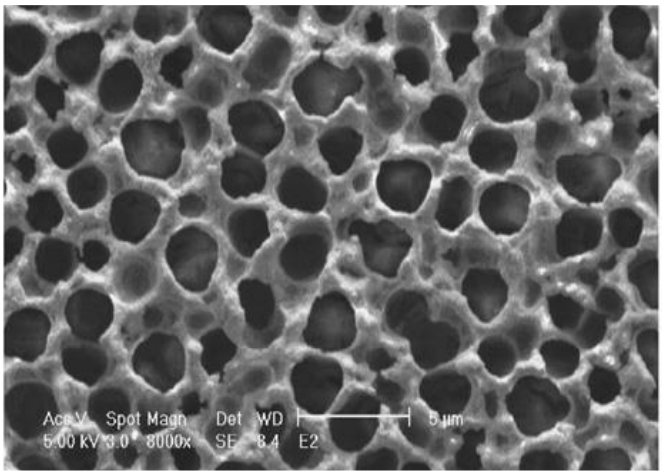


Şekil 4. I-V / P-V Grafiği

Üretimini yaptığımız gözenekli silisyum tabanlı güneş pilinin gözenekli halinin oluşması süreci sonucunda oluşan gözenekli yapının FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) analiz sonucu Şekil 5 ve SEM analiz görüntüleri Şekil 5 de sunulmuştur.



Şekil 5. Gözenekli Silisyum FTIR Analizi



Şekil 5. Gözenekli Silisyum SEM Görüntüsü

2.3. Denklemler

Bir PV hücrenin maksimum çıkış gücünü, açık devre gerilimi ve kısa devre akımına bağlı olarak tanımlamak için kullanılan bir değişkendir. Seri direnç arttıkça, FF değeri azalır. Dolgu faktörü (FF), maksimum güç değerinin (P_m) açık devre gerilimi (V_{OC}) ve kısa devre akımı (I_{SC}) çarpımına bölünmesiyle belirlenir.

$$FF = \frac{Pm}{Voc\ x\ Isc} = \frac{Vmax\ x\ Imax}{Voc\ x\ Isc}$$

3. SONUÇ

PV hücrelerin enerji dönüşüm verimleri uzun yıllardan bu yana araştırılmaktadır. Güneş pillerinin verimliliği, silikon esaslı güneş pilleri için %6'dan çok eklemli PV hücrelerinde %44,0'a ve hibrid bir pakete birleştirilmiş çoklu kalıplar için %44,4 arasında değişmektedir. Piyasada bulunan çok kristal silikon PV hücreler için enerji dönüşüm verimi yaklaşık %14−19 arasındadır. Bununla birlikte güneş enerjisini artırmak için güneş ışınlarının odaklanarak yoğunlaştırılması gerekir. Işık yoğunluğunun arttırılması durumunda, ışık tarafından üretilen taşıyıcılar artar ve verim %15'e kadar yükselir. Çalışmamızda ürettiğimiz gözenekli silisyum tabanlı güneş pilinin metalizasyon işlemi sonucunda performansı arttığı gözlenerek ışık şiddeti arttıkça akım değeri artmakta ve teorik hesaplamalar ile literatür değerleri ile uyuşmaktadır.

4. TARTIŞMA

NPS yüzeyinin gerek yüksek yüzey alan hacim oranı gerekse yüksek yüzey pürüzlüğüne sahip olmasından dolayı PV ve uygulamalarında çok ilginçtir. Nitekim son zamanlarda literatürde karsımıza çıkan NPS ile PV çalışmaları bunun bir göstergesidir. Ayrıca, kristal Silisyumdan farklı olarak NPS bant yapısı kimyasal aşındırma parametreleri yardımı ile değiştirilebilir ve optik özellikleri yüzey kimyasal özellikleri ile yakından ilişkilidir. Bant yapısının değiştirilebilir olması solar spektrumun soğurulmasında avantaj sağlar. Yaptığımız bilimsel çalışmalarda metalizasyon ile gözenekli silisyumun elektriksel özelliklerinde ve optik özelliklerinde çok önemli değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bu çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, NPS yüzeyinin PV verimlilik parametrelerinin arttırmak amacıyla farklı metallerle metalizasyon işlemi yapılabilir.

KAYNAKLAR

Batman,A. (2001) *"Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Arttırıcı Yeni Bir Yöntem"* Doktora Tezi, ITU FBE. (2001).

Beaucarne G. and et al (2011) *"Summary of the Third Workshop on Metallization for Crystalline Silicon Solar Cells, 25 – 26 October 2011, Charleroi, Belgium"*, Energy Procedia 21, 2 – 13.

Das, A. (2012), PhD Thesis, Georgia Institute of Technology.Salman, K. A., Khalid O. and Hassan,

Gonzalez-Diaz, B. and et al. (2009) *"Optimization of roughness, reflectance and photoluminescence for acid textured mc-Si solar cells etched at different HF/HNO_3concentrations"* Materials Science and Engineering B, 159–160, 295–298.

Karamanav, M. (2007). *"Güneş enerjisi ve güneş pilleri"* YL tezi, Sakarya üniversitesi FBE.

Osorio, E. and et al. (2011) *"Optimization of porous silicon multilayer as antireflection coatings for solar cells"* Solar Energy Materials&Solar Cells, 95, 3069-3073.

Özgöçmen, A. (2007) *"Güneş pillerini kullanarak elektrik üretimi"* YL tezi, Gazi Üniversitesi FBE.

Ramizy, A. Aziz, W. J. Hassan, Z. Omar, K. Ibrahim, K. (2011) *"Improved performance of solar cell based on porous silicon surfaces"* Optik 122, 2075– 2077.

Z. (2011) *"The effect of etching time of porous silicon on solar cell performance"* Superlattices and Microstructures, 50-6, 647-658.

YALIN LABORATUVAR DÖNÜŞÜMÜ İÇİN 5S UYGULAMASI: ÜNİVERSİTE ÖRNEĞİ

Ahsen TORAMAN[1], Aslıhan BERTAL[1], Gürkan OTAYLI[1], Merve ÇELİK[1], Aytaç YILDIZ[1]

[1] Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE
aytac.yildiz@btu.edu.tr

Özet

İkinci Dünya Savaşı'ndan 1970'lerin sonuna kadar olan süreye damgasını vuran büyük ve istikrarlı pazarların ortadan kalkmasıyla ve tüketici tercihlerinin içinde bulunduğumuz yıllarda değişmesine paralel olarak üretim sisteminde de yeni arayışlar başlamıştır. Günümüzün küresel pazarında birçok üretici firma, pazar ve tüketici yapısındaki bu değişime yanıt verebilmek ve verimliliklerini arttırmak için üretim sistemlerini Toyota Üretim Sisteminden (TPS) esinlenen yalın üretim sistemlerine dönüştürmüşlerdir. Yalın üretim sistemleri temel olarak, tüm atıkları ortadan kaldırıp üretimdeki katma değeri olmayan tüm faaliyetleri yok ederek müşterinin istediği bir ürünü/hizmeti tam zamanında üretmeyi amaçlamaktadır. Yalın üretim felsefesi kullanıldığı yerlere göre çeşitli isimler almakta ve bunlardan birisi de yalın üretim felsefesinin laboratuvarda kullanıldığını belirten Yalın Laboratuvardır. Yalın laboratuvar, yalın üretim ilkelerinden oluşturulan bir yönetim ve organizasyon yaklaşımı olmakla beraber temelde proses optimizasyonuyla ilgilidir. Yalın bir laboratuvar, kaynakların en verimli şekilde kullanılmasıyla maliyet ve/veya hız açısından en verimli sonuçları sunmaya odaklanmış bir sistemdir. Buradaki asıl amaç, bir organizasyonun ekonomik verimliliğini arttırmaktır ve bunu sağlamak için çeşitli teknikler kullanmaktadır. Bu tekniklerden birisi de iş yerlerinin temizlik ve düzenine çalışanların katılımını sağlayan, organizasyonlarda kaliteli bir çalışma ortamı yaratan ve bunun sürekliliğini gerçekleştiren sistematik bir yaklaşım olan 5S uygulamasıdır.

Bu çalışmada, bir üniversitenin laboratuvarlarını "yalın laboratuvar" haline getirmek için 5S uygulaması yapılmıştır. Temiz, düzenli ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması ve sürdürülmesi için standart bir yapı oluşturmak amaçlanmıştır. Bunun için ilk olarak bir blokta bulunan 32 adet laboratuvardaki eksiklikleri belirleyebilmek için laboratuvar değerlendirme formları oluşturulmuştur. Eksiklikler tespit edilerek düzeltici önlemler ve yapılması gerekenler fotoğraflarla desteklenerek formlara aktarılmıştır. Daha sonra bu formlardaki eksiklikler tamamlanarak (özellikle kimyasalları sınıflandırma, düzenleme, etiketleme vb.) hem ferah ve hem de güvenli çalışma ortamı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Yalın Laboratuvar, 5S

5S APPLICATION FOR LEAN LABORATORY TRANSFORMATION: UNIVERSITY EXAMPLE

Abstract

With the disappearance of the big and stable markets that marked the period from the Second World War until the end of the 1970s and the changes in consumer preferences in the years that we are in, new searches have started in the production system. In today's global market, many manufacturers have transformed their production systems into lean manufacturing systems inspired by the Toyota Production System (TPS) in order to respond to this change in the market and consumer structure and to increase their productivity. Lean manufacturing systems basically aim to produce a product/service that the customer wants on time, by eliminating all wastes and destroying all activities without added value in production. Lean manufacturing philosophy takes various names according to the places where it is used and one of them is Lean laboratory which states that lean manufacturing philosophy is used in the laboratory. Lean laboratory is a management and organization approach formed from the principles of lean production, but it is mainly related to process optimization. A lean laboratory is a system focused on providing the most efficient results in terms of cost and / or speed with the most

efficient use of resources. The main purpose is to increase the economic efficiency of an organization and use various techniques to achieve this. One of these techniques is the 5S application, which is a systematic approach that enables employees to participate in the cleaning and ordering of workplaces, creates a quality work environment in the organizations and realizes its continuity.

In this study, 5S application has been made to transform the laboratories of a university into a lean laboratory. It is aimed to create a standard structure for creating and maintaining a clean, tidy and safe working environment. Firstly, laboratory evaluation forms have been formed in order to determine the deficiencies in 32 laboratories in a block. Deficiencies are identified and corrective measures and necessary actions transferred to the forms. Then, the deficiencies in these forms are completed (especially the classification of chemicals, regulation, labeling, etc.) and a regular and safe working environment is established.

Keywords: Lean Manufacturing, Lean Laboratory, 5S

1. GİRİŞ

Üretim sektörü, ilk sanayi devriminin evriminden bu yana, süreç boyunca gittikçe daha fazla teknoloji edinerek tüm yönleriyle büyümektedir (Sanders ve ark., 2016). Firma verimliliği ve rekabet gücü ise günümüzün küresel pazarında birçok üretici firmayı yeni imalat yönetimi stratejileri planlamaya yönlendiren iki önemli kavramdır. Üreticilerin karşılaştığı en kritik sorun, ürünlerini düşük maliyetle ve yüksek kalitede hızlı bir şekilde teslim etmektir. Bu sorunu ortadan kaldırabilmek için üretim hatları ve tedarik zincirlerindeki kaynakların en iyi kombinasyonunu belirleyerek verimliliği ve üretkenliği arttırmaya yönelik çeşitli yöntemler ve yaklaşımlar mevcuttur. Bu yöntem ve yaklaşımlarından biri, birçok imalatçı firmanın farklı şekil ve isimlerde andığı Yalın Üretim (LM) sistemidir. Toyota Üretim Sistemi (TPS) olarak da bilinen yalın üretim sistemi, 1950'lerde bir Japon otomotiv şirketi olan Toyota tarafından önerilmiştir (Rohani ve Zahraee, 2015). Yalın üretimin ilk amacı, israf veya katma değeri olmayan faaliyetleri ortadan kaldırarak maliyeti düşürmenin yanı sıra verimliliği artırmaktır (Rose ve ark., 2011). Yalın üretim, tüm endüstrilerde ve rekabetçi pazarda stratejik silah olarak kabul edilmektedir. Bu yönüyle, küresel pazarda rekabet gücünü korumak isteyen birçok büyük firmanın uygulamaya koymaya çalıştığı önemli bir felsefedir. Bu felsefede, tam zamanında üretim (JIT), hücresel üretim, toplam üretken bakım (TPM), tek dakikalık kalıp değişimi (SMED), sürekli iyileştirme (Kaizen), değer akış haritalama (VSM), kanban, poke yoke vb.gibi yalın üretim araçları ve teknikleri başta otomotiv, elektronik sektörü olmak üzere çeşitli sektörlerde uygulanmaktadır (Rohani ve Zahraee, 2015). Böylelikle; kalite iyileştirme, çevrim süresinde azalma ve iyi müşteri tepkisi gibi büyük faydalar sağlamaktadır (Rose ve ark., 2011).

2. YALIN ÜRETİM VE 5S

II. Dünya Savaşı'ndan sonra Japon üreticiler, Batılı rakiplerinden farklı olarak finansal ve insan kaynakları sıkıntısının ikilemi ile karşı karşıya kalmıştır. 1940'lı yılların ortasında Amerikan şirketleri Japon şirketlerinden on kat daha iyi performans göstermişlerdir. Cumhurbaşkanı Toyoda liderliğindeki Toyota Motor Company, o dönemki Amerikan otomobillerinin Japon meslektaşları tarafından üretildiğini fark etmiştir. İyileşme yolunda ilerlemek için Toyoda Kiichiro, Shigeo Shingo ve Taiichi Ohno gibi Japon liderler, bugün "TPS" veya "Yalın Üretim" olarak bilinen yeni, disiplinli ve süreç odaklı bir sistem geliştirmişlerdir. Toyota'da verimliliği artıracak bir sistem geliştirme görevi verilen Taiichi Ohno, bu sistemin arkasındaki ana güç olarak kabul edilmektedir. Ohno, Batı'dan ve özellikle Henry Ford'un "Bugün ve Yarın" kitabından bazı fikirler edinmiştir. TPS, 1945 ile 1970 arasında geliştirilmiş ve bugün hala tüm dünyada büyümeye devam ederek bir ürüne/hizmete değer katmayan kaynakların tüketimini en aza indirmektedir (Abdullah, 2003; Worley ve Doolen, 2006).

'Yalın' kelimesi, seri üretime kıyasla her şeyden daha az kullanıldığı için yalın üretimi ifade etmektedir. İşletmelerdeki insan emeğinin, üretim alanının, yeni bir ürün geliştirmek için makinelere yapılan yatırımın ve mühendislik saatlerinin azaltılmasını hedeflemektedir. Üretim yalınlığı, daha iyi çıktı üreterek işletmenin hedeflerine daha kısa sürede ulaşması için daha az girdi kazanma stratejisidir. Buradaki "girdi" kullanılan kaynakların fiziksel miktarını ve maliyetlerini , 'Çıktı' ise satılan ürünlerin kalitesini, miktarını ve ilgili müşteri hizmetlerini ifade etmektedir (Wahab ve ark., 2013).

Yalın üretim atıkları gidermeye ve akışı iyileştirmeye odaklanırken aynı zamanda kaliteyi iyileştirerek hata olasılığını azaltmaktadır. Ayrıca İşlemlerin basitleştirilmesi ve varyasyonun azalmasını da sağlamaktadır (Nave, 2002). Hem teknik hem de kültürel yönleriyle ilgilenen bir felsefe olarak görülen sosyo-teknik bir sistemdir. Yalın üretim, 1990'lı yılların başından bu yana birçok sanayi kuruluşunda tanınan kavramsal bir çerçevedir. Yalın üretim en basit bir şekilde, bir üretim sürecinde nihai ürüne değer katmayan her şeyin (atıkların) elimine edilmesi olarak açıklanabilir. Temel olarak yalın üretim, müşterinin istediği bir ürünü tam zamanında üretmeyi amaçlar ve üretimdeki katma değeri olmayan tüm faaliyetleri en aza indirmektedir. Bundan dolayı firmaların yalın üretim sistemine geçmeleri ve bu geçiş aşamasında yönetimin insanları bir araya getirmesi ve ne olacağını fark etmelerini sağlaması gerekmektedir. Yalın geçiş yalını yönetmek için özellikle ilk aşamalarda, yalın araçları ve teknikleri yönetmekten çok değişim sürecini yönetmekle ilgilidir (Modi ve Thakkar, 2014). Tablo 1'de bir firmadaki yalın dönüşüm öncesi ve sonrası durum özetlenmiştir.

Tablo 1. Bir İşletmede Yalın Dönüşüm Öncesi ve Sonrası Durum (Türkan, 2010)

Yalın dönüşüm öncesi	Yalın dönüşüm sonrası
Yeterince kaliteli üretim	Sıfır hataya yaklaşma
İstediğin kadar üretim	Hata bir daha tekrarlanmasın
Stoklu üretim	Müşteri talepleri kadar üretim
Varyasyonu azalt	Tam zamanında üretim
Düzenli çalış	Aynı zamanda israfları yok et
Periyodik performans takibi	5S sistemine uygun olarak çalış
Gerekiyorsa tedbir al	Anlık performansın izlenmesi
Sorunların çözümü uzun	Hatanın oluşmasına izin verme
Mavi yakalı çalışanlar destekleyici	Kaizen düşünce tarzını keşfetme
	Mavi yakalı çalışanlar yönetici

Yalın üretim israfları (Muda) ortadan kaldırarak en az maliyetle en iyi kalitede ürünleri üretme üzerine kurulmuştur. Üretim/hizmet sırasındaki mudayı değer yaratmayan ama kaynak harcayan her türlü faaliyet olarak da tanımlayabiliriz. Taiichi Ohno üretim/hizmet faaliyetlerindeki mudaları aşağıda belirtildiği gibi 7 gruba ayırmıştır (Modi ve Thakkar, 2014).

- Aşırı Üretim: Acil kullanım için gerekenden fazlasını üretmek.
- Gecikme / Bekleme: Bir işlemin sonu ile bir sonraki aktivitenin başlangıcı arasındaki herhangi bir gecikme.
- Nakliye / Taşıma: Ürünlerin, malzemelerin veya bilgilerin gereksiz yere taşınması.
- Hareket: Yürüme, uzanma ve uzatma gibi insanların gereksiz hareketleri.
- Stok: Tam zamanında müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve süreç istikrarını sağlamak için gerekli olan dışında herhangi bir hammadde, süreç içi çalışma veya bitmiş ürünler.
- Aşırı işleme: Bir ürün üretmek için gerekenden daha fazla enerji ve etkinlik kullanmak veya kararlaştırılan standarttan daha fazla değer katmak.
- Hata / Düzeltme: Yeniden işleme veya hurdaya neden olan herhangi bir üretim.

Yalın üretim yukarıda belirtilen mudaları azaltmak/yok etmek için çeşitli yöntemler kullanmaktadır. Bu yöntemlerden biri de fazla kaynak gerektirmeyen 5S yöntemidir. 5S, TPS'nin bir parçası olarak, işyerinde disiplin ve temizliği geliştiren, verimlilik ve üretkenliği en üst düzeye çıkaran bir yöntemdir (Veres ve ark., 2018). Düzenli bir çalışma ortamı sağlayarak ve daha tutarlı operasyonel sonuçlar elde etmek için görsel ipuçlarını kullanarak israfı azaltan ve kaliteyi optimize eden bir yöntemdir. 5S uygulaması, yalın üretim sisteminin temelini attığı için tipik olarak firmalar tarafından uygulanan ilk yalın yöntem olmuştur (Bayo-Moriones ve ark., 2010; Gomes ve ark., 2013).

5S yöntemi Şekil 1'de gösterildiği gibi sırasıyla; Sınıflandırma (Seiri), Düzenleme (Seiton), Temizlik (Seiso), Standartlaştırma (Seiketsu) ve Disiplin (Shitsuke) aşamalarından oluşmaktadır (Gapp ve ark., 2008).



Şekil 1. 5S aşamaları

3. MATERYAL VE METOD

Çalışmada, bir üniversite laboratuvarlarını yalın laboratuvar haline getirmek amaçlanmıştır. Bunun için yalın üretim tekniklerinden biri olan ve çok fazla kaynak gerektirmeden süreçlerin verimliliğini artıran 5S yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada ilk olarak bir blokta bulunan 32 adet laboratuvardaki eksiklikleri belirleyebilmek ve tüm laboratuvarlarda standart bir yapı oluşturmak için Tablo 2'de verilen *Laboratuvar Değerlendirme Formu-1* 4 kişilik bir ekip vasıtasıyla oluşturulmuştur. Formda 5S yöntemi için laboratuvardaki eksiklikler sorularla belirlenmiştir. Eksiklik önemine göre 1'den 5'e kadar değerlendirme yapılmıştır. Böylelikle laboratuvarların mevcut durum analizi yapılarak eksikler tespit edilmiştir.

Tablo 2. Laboratuvar Değerlendirme Formu-1

5S Değerlendirme Formu-1										
Değerlendirmenin Yapıldığı Laboratuvar			**E- Z-22 MDBFLAB01**						**Tarih:**	
5S	**Soru No**	**Sorular**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Açıklamalar**		
1S Ayıklama - Seiri	1	Temizlikte kullanılması gereken malzemeler için temizlik malzemesi yerleri belirlenmiş mi, eksik malzeme var mı? Düzenli mi? Kolay ulaşılabiliyor mu?								
	2	Kullanılmayan saklama alanları var mı? (Dolap, çekmece, masa...)								
	3	Tüm malzemeler sınıflandırıldı mı? Depolandı mı? Etiketlendi mi?								
	4	Tüm el aletleri, ekipmanlar, ölçü aletleri, malzeme ve evrak sınıflandırılıp kendi yerlerine konulmuş mu?								
	5	Çalışma alanında güncel olmayan bilgi ve dokümanlar var mı? (Takip Panoları, eğitim panosu...)								
	6	Çalışma sahanızda dağınıklık yaratan gereksiz bir eşya var mı?								
	7	Olduğu gibi bırakılan kablo, boru gibi gereksiz malzemeler var mı?								
2S Düzenleme - Seiton	8	Geçiş yolları, çalışma alanları ve ekipmanlar açıkça tanımlı mı (etiket vs) ve yerlerinde mi? Kurallara uyuluyor mu? Çizgi ve işaretlerle çalışma alanları ve koridorlar ve yürüme yolları sınırlanmış mı?								
	9	Kimyasal atıklar için herhangi bir depolama yeri ayrılmış mı?								
	10	Kişisel Koruyucu Ekipmanlar için, Saklama dolapları var mı? Kolaylıkla görülebilir, ulaşılabilir ve iyi durumdalar mı?								
	11	Alan içinde kullanılan tüm malzeme ve ekipmanlar kullanım sıklıklarına göre mi yerleştirilmiş?								
	12	Kullanılan malzeme miktarı etiketleri var mı? Görselleştirmeler ile malzemelerin bulunması kolay mı? Malzeme ve ekipmanlar zamanında ve kolay bir şekilde yerlerinden alınıp konulabiliyor mu (Ergonomi)? Yerleri tanımlı ve işaretli mi?								
3S Temizlik - Seiso	13	Yerler, duvarlar, perdeler, davlumbazlar, camlar temiz mi? Işıklandırma yeterli mi?								
	14	Tüm çalışanlar uygun giysiler (üniforma vb.) ve gerekli durumlarda Kişisel Koruyucu Ekipmanlar kullanıyor mu?								
	15	Çalışma masaları ve raflar temiz mi? Çöpler uygun yere atılıyor mu?								
	16	Laboratuvarlar da uygun çalışma şartları mevcut mu?								
4S Standartlaştırma - Seiketsu	17	Çalışma alanları işe göre havalandırılmış ve aydınlatılmış mı?								
	18	Çalışma alanlarının mevsime göre ısıtması ve soğutması yapılıyor mu?								
	19	Yangın söndürücülerin önleri açık ve kolay erişilebilir durumda mı ve periyodik kontrolleri düzenli yapılmakta mı?								
	20	Acil durumda müdahale ve iletişim bilgileri mevcut mu, biliniyor mu?								
5S Disiplin - Shitsuke	21	Yapılan işe uygun koruyucu kıyafet ve malzemeler kullanılıyor mu?								
	22	Tüm lab çalışanlarının Temizlik Prosesi içindeki görevleri ve sorumluluk alanları açıkça tanımlanmış ve çalışanlar tarafından biliniyor mu?								
	23	Bir önceki değerlendirmede çıkan eksik noktalarla ilgili aksiyon planı yapılmış mı?								
	24	Laboratuvarların genel 5S düzeyini değerlendiriniz								

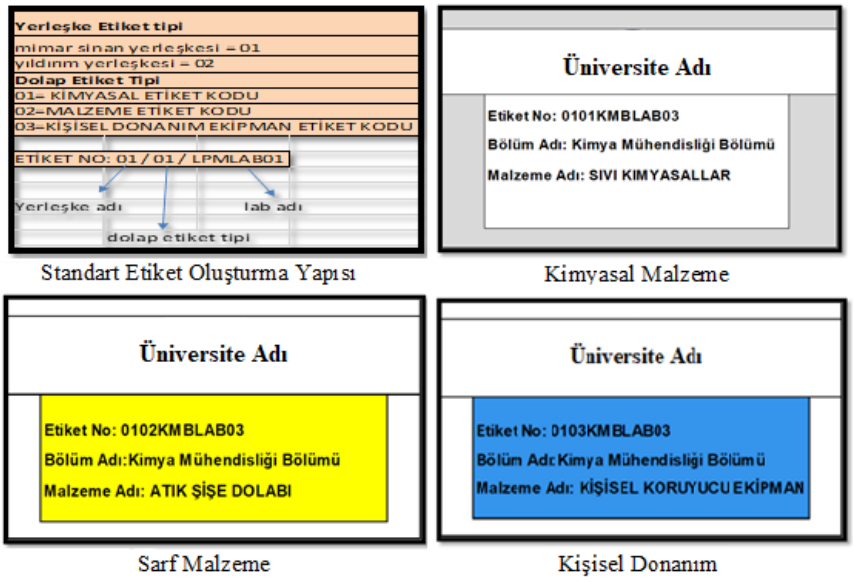
Daha sonra gerekli düzeltici önlemler ve yapılması gerekenler fotoğraflarla desteklenerek Tablo 3'te verilen formlara aktarılmıştır. Çalışma için, düzensizliğin en fazla olduğu ve kimyasalların çok olduğu 2 adet laboratuvar pilot bölge olarak seçilmiştir.

Tablo 3. Laboratuvar Değerlendirme Formu-2

5S E-Z22MDBFLAB01 Değerlendirme Formu-2				
Konu	**Problem Detay Açıklama**	**Düzeltici Tedbir ve Tavsiyeler**	**Fotoğraf**	**Yapılması Gerekenler**
5S 1.SORU	Temizlik malzemelerinin yerinin tanımlı olmadığı görüldü.	Temizlik malzemelerinin tanımlı alanlarda bekletilmesi.		
5S 2.SORU	Değerlendirmenin yapıldığı laboratuvarda çok sayıda tanımsız ve içleri boş dolap ve çekmecelerin mevcut olduğu görüldü.	dolapların üzerine etiketlendirme yaparak tezgah üzerinde duran malzemelerin boş alanlara yerleştirilmesi		Standart etiketler
5S 3.SORU	Çalışma alanında bazı malzemelerin etiketlendiği fakat standart bir etiketleme veya depolama alanı olmadığı görüldü.	Standart bir etiketleme sisteminin oluşturulması. Kimyasalların uygun dolaplarda depolanması sağlanması.		Standart etiketler Kimyasallar için depolama alanı

Sonraki aşamada pilot bölge olarak seçilen laboratuvarlarda 5S yönteminin aşağıda belirtilen aşamaları adım adım uygulanmıştır.

1S-Sınıflandırma: Sınıflandırmayı yapabilmek için Şekil 2'de verilen standart etiket formları oluşturulmuş ve malzemelerin sınıflandırılması yapılmıştır.

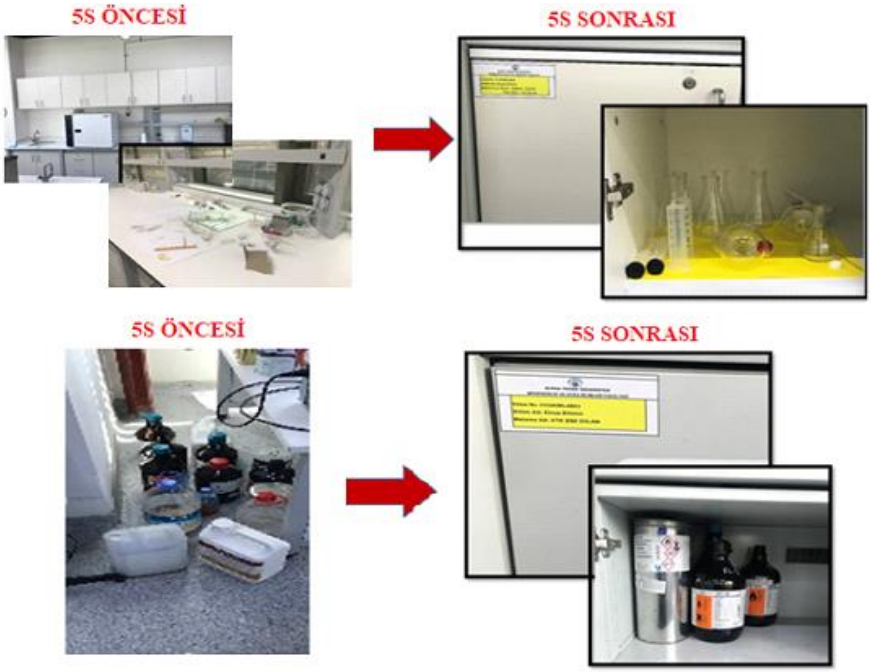


Standart Etiket Oluşturma Yapısı | Kimyasal Malzeme | Sarf Malzeme | Kişisel Donanım

Şekil 2. Standart etiket formları

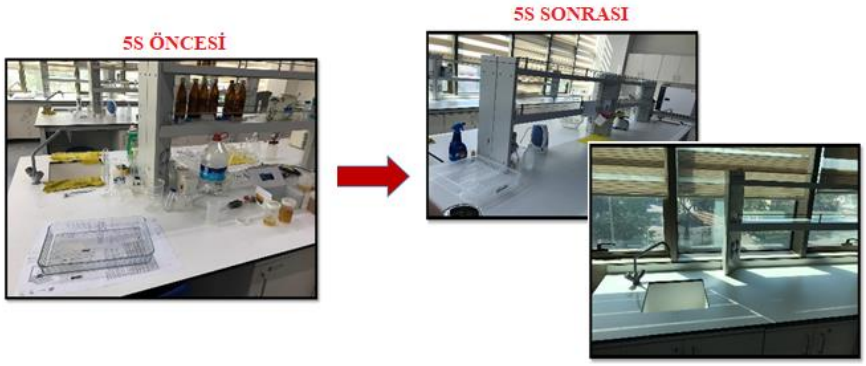
2S-Düzenleme: Düzenleme aşamasında yapılan çalışmalar aşağıda maddeler halinde belirtilmiş ve yapılan bu çalışmalara ait bazı örnekler Şekil 3'te gösterilmiştir.

- ✓ Her laboratuvarın çalışma alanı içerisindeki tüm alanlar iş akışına uygun olacak şekilde düzenlenerek gereksiz ve düzensiz malzemelerin tespiti yapılmıştır.
- ✓ Gereksiz malzemeler yok edilerek düzensiz malzemeler kendileri için belirlenen ilgili alanlara yerleştirilmiştir.
- ✓ Atıklar kendi aralarında sınıflandırılarak atık kutularının üzerine etiketler yapıştırılmıştır.
- ✓ Dolaplar, çekmeceler düzenlenip içeriklerini gösterir şekilde etiketlenmiştir.
- ✓ Kimyasal malzemelerin kolayca bulunabilmesi için kimyasal dolaplara ve raflara etiketler yapıştırmıştır. Böylece kimyasallara erişimde büyük bir kolaylık sağlandı.
- ✓ İlkyardım çantası ve yangın söndürme cihazları her laboratuvar için temin edilip belirlenen alanlara konulmuştur.



Şekil 3. Düzenleme aşaması

3S-Temizleme: Laboratuvardaki kirli yerler tespit edilip ilgili kişiler tarafından temizlenmiştir (Şekil 4). Temiz ve uygun koşullar altında çalışma ortamının oluşturulması ve devam ettirilmesi için belirli bir temizlik günü belirlenmiştir.



Şekil 4. Temizlik aşaması

4S-Standartlaştırma: Standart etiketleme vasıtasıyla *sınıflandırma, düzenleme ve temizlik* aşamalarında yapılmış olan çalışmaların standart olması sağlanmıştır.

5S-Disiplin: Laboratuvar görevlilerinin ve öğrencilerin 4S kurallarını benimsemeleri/sürdürmeleri ve dolayısıyla alışkanlığa dönüştürebilmeleri için dekanlık tarafından gerekli eğitimler verilmesi önerilmiştir. Ayrıca uygulamaların alışkanlığa dönüşüp dönüşmediğinin kontrolü için *5S uygulama ve denetim* formlarının oluşturulması kararlaştırılmıştır.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yalın üretim, süreçlerindeki israfları yok edip verimliliklerini artırmak isteyen firmalar tarafından son zamanlarda oldukça yoğun bir şekilde kullanılan bir felsefedir. Bu felsefe firmalardaki israfları ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler kullanmaktadır. Bu yöntemlerden biri de uygulaması kolay olan ve firmaların çalışma ortamlarını düzenleyip uygun çalışma ortamı oluşturan 5S yöntemidir.

Bu çalışmada, bir üniversite laboratuvarlarını yalın laboratuvar haline getirebilmek için 5S yöntemi uygulanmıştır. Yapılan çalışmada 5S yönteminin ilk 4 aşaması (1S sınıflandırma, 2S düzenleme, 3S

temizlik, 4S standartlaştırma) araştırma görevlileri ve öğretim üyelerinin de yardımıyla uygulanmıştır. Oluşturulan değerlendirme formları ve öncesi-sonrası fotoğraflarla eksikliklerin ve yapılan iyileştirmenin kolayca görülmesi sağlanmıştır. Uygulama sonunda;

- ✓ Çalışma ortamlarındaki konforun artması ile çalışanların motivasyonunun yükselmesi,
- ✓ Tanımlı yer ve alanlar sayesinde zaman kazanımında ve verimlilikte artışın sağlanması,
- ✓ İş sağlığı açısından daha güvenli bir ortamın olması beklenmektedir.

2 pilot laboratuvarda yapılan bu çalışma diğer laboratuvarlar içinde örnek teşkil ederek yalın laboratuvar sayısının artmasını sağlayacağı için önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Abdullah, F. M. (2003). *Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel* (Doctoral dissertation, University of pittsburgh).

Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., & Merino-Díaz de Cerio, J. (2010). 5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *27*(2), 217-230.

Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision*, *46*(4), 565-579.

Gomes, D. F., Lopes, M. P., & de Carvalho, C. V. (2013). Serious games for lean manufacturing: the 5S game. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, *8*(4), 191-196.

Modi, D. B., & Thakkar, H. (2014). Lean thinking: reduction of waste, lead time, cost through lean manufacturing tools and technique. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, *4*(3), 339-334.

Nave, D. (2002). How to compare six sigma, lean and the theory of constraints. *Quality progress*, *35*(3), 73-80.

Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry. *Procedia Manufacturing*, *2*, 6-10.

Rose, A. M. N., Deros, B. M., Rahman, M. A., & Nordin, N. (2011, January). Lean manufacturing best practices in SMEs. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (Vol. 2, No. 5, pp. 872-877).

Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. P. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, *9*(3), 811-833.

Türkan, Ö. U. (2010). Üretimde yalın dönüşümün temel performans kriterleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *12*(2), 28-41.

Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, *22*, 900-905.

Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A conceptual model of lean manufacturing dimensions. *Procedia Technology*, *11*, 1292-1298.

Worley, J. M., & Doolen, T. L. (2006). The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. *Management Decision*, *44*(2), 228-245.

ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA ANİMASYON TABANLI PLC UYGULAMALARININ GELİŞTİRİLMESİ

Ümmet ŞAHİNBAŞ[1]

[1]Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye
ummetsahinbas@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYAZ[2]
[2]Kocaeli Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, Kocaeli, Türkiye
murat.ayaz@kocaeli.edu.tr

Prof. Dr. Engin ÖZDEMİR[3]
[3]Kocaeli Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
eozdemir@kocaeli.edu.tr

Özet

Endüstri 4.0'ın gereklilikleri arasında var olan sanal model uygulamaları fiziksel sistemlerin sanal ortamda kurulum öncesi test edilmesini sağlamaktadır. Kurulacak sistemlerin daha öncesinde sanal ortamda modellenmesi gerçek sistem için birçok durumun öngörülmesini sağlamaktadır. Bu doğrultuda endüstriyel otomasyon sistem tasarımı üzerine gerçekleştirilen eğitimler sanal uygulamalar ile desteklenmelidir. Tasarımı gerçekleştirilmiş kurulması maliyetli olan birçok fiziksel sistem ile yapılacak olan otomasyon denemeleri programlama mantığının yerleşmesine önemli katkı sağlayacaktır. Son zamanlarda bu alanda artan simülasyon programları pratik uygulamalara şüphesiz katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, bir endüstriyel otomasyon uygulaması olan Poka-Yoke sistemi bilgisayar ortamında Visual Studio programı ile modellenerek PLC üzerinden gerçekleştirilen program ile kontrol edilmektedir. Fiziksel ortamdaki PLC üzerinde oluşturulan farklı algoritmalar içeren programlar, bilgisayar ortamında geliştirilen Poka-Yoke uygulaması üzerinde test edilmiştir. Poka-Yoke modelinin oluşturulması, PLC programının sanal ortamda test edilme aşamaları detayları ile ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: PLC Programlama, Endüstri 4.0, Proses Kontrol, Endüstriyel Otomasyon Sistemleri.

DEVELOPMENT OF ANIMATION BASED PLC APPLICATIONS IN THE SCOPE OF INDUSTRY 4.0

Abstract

Virtual model applications, which are among the requirements of Industry 4.0, allow the physical systems to be tested in a virtual environment prior to installation. The modelling of the systems in a virtual environment have some various problems to be predicted without realization of the systems. In this respect, education on industrial automation system design should be supported by virtual applications. Implementation of automation applications with different control algorithms on many physical system models that are costly to install will improve the programming skills. Recently, increasing simulation programs in this field have undoubtedly contributed to practical applications. In this study, Poka-Yoke system, which is an industrial automation application, is modeled with Visual Studio program in computer environment and controlled with PLC program. Programs with different algorithms performed on the PLC have been tested on the computer-based Poka-Yoke application. Modelling stage of Poka-Yoke, and testing the PLC program in a virtual environment are discussed with details.

Keywords: PLC Programming, Industry 4.0, Process Control, Industrial Automation Systems.

1. GİRİŞ

Simülasyon günümüzde bir çok alanda yaygın olarak kullanılmakla beraber Endüstri 4.0 sanayi devriminin kaçınılmaz gerekli bir uygulamasıdır. Simülasyon; gerçekleşmesi planlanan sistemlerin henüz kurulumu yapılmadan önce aynı giriş-çıkışlar ile yazılımının oluşturulup birçok kez yürütülmesi ve sistemin davranışının izlenmesidir [1]. Simülasyonun bir diğer tanımı da: gerçekte var olan proseslerin giriş-çıkışlarının sanal bir ortamda izlenmesini sağlayan modelleme tekniğidir [2]. Gerçekleşmesi planlanan fiziksel sistemler simülasyon uygulamaları ile daha hazırlıklı hale getirilebilmektedir. Sistemlerin sanal ortamda test edilebilmesi, güvenlik önlemlerinin alınması, verimliliğin artırılması gibi birçok konuda önemli katkılar sağlamaktadır [1]. Kurulumu yapılacak olan makinaların programlama aşaması son aşama olduğundan, ortaya çıkacak en ufak aksaklık üretimde zaman kaybına neden olmaktadır. Kıyasıya rekabetin yaşandığı endüstriyel sahada zaman kavramının da çok önemli olması tecrübeli ve pratik personele olan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır. Özellikle otomasyon alanında kendini yetiştiren teknik kişilerin öğrenim sürecinde bu gibi durumlara hazırlık yapmaları zorunlu hale gelmiştir. Hızlı ve esnek çözümler üretebilmek, tecrübe, uygulama ve bilgi birikimi ile gerçekleşecektir. Otomasyonun en önemli kısmı olan PLC programlama mantığının yerleşmesi de ancak pratik yapmak ile mümkündür. Programlama mantığının yerleştirilmesinde birçok ekipmana ihtiyaç olması ve çoğu zaman fiziksel sistemlerin var olamayışı teknik personelin yeterliliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu kapsamda, teknolojik gelişmelerin eğitime adaptasyonu sağlanarak yetkin teknik işgücünün yetiştirilmesi için otomasyon eğitimi ve donanım geliştirilmesi üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Konu ile alakalı olarak Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü animasyon tabanlı PLC uygulaması yapılabilecek farklı modellerde 20 adet set düzeneği oluşturmuştur. Bu setler sayesinde PLC eğitimi alan öğrencilerin derse olan ilgi ve alakasının arttığı gözlemlenmiştir [3].

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 kapsamında otomasyon alanında kendini yetiştiren öğrencilerin teorik bilgilerini kolayca pekiştirebileceği animasyon uygulamaları oluşturulmuştur. Tasarım ve yazılımı gerçekleştirilen bir Poka-Yoke masasının animasyonu incelenmiştir.

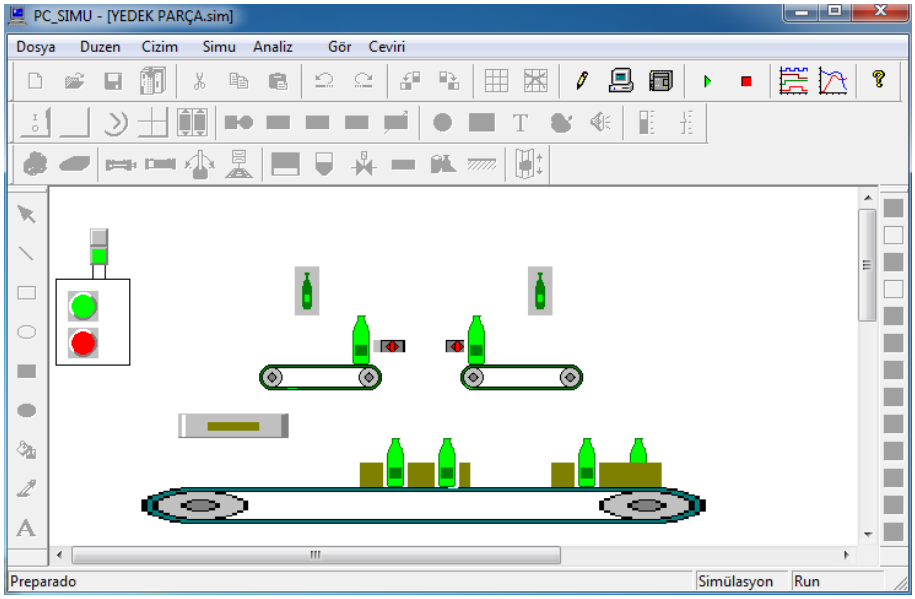
2. ENDÜSTRİ 4.0 KAPSAMINDA PLC EĞİTİMİ İÇİN SİMÜLASYON UYGULAMALARI VE ÖNEMİ

Eğitim iki temel esas üzerine kurulmaktadır. Bu temel esaslardan biri teorik eğitim diğeri ise teorik eğitimin hayata geçirildiği pratik eğitimdir. Mezun olduktan sonra pratik bilgiyi yoğun olarak kullanacak olan otomasyon ve yazılım alanındaki teknik kimseler için öğrenim sürecindeki bu pratik bilginin önemi çok büyüktür. Endüstri 4.0 sanayi devriminin gereklilikleri doğrultusunda pratik tecrübeye sahip yetkin personel sektörde daha avantajlı durumda olmaktadır. Günümüzde PLC eğitimi için kullanılan sistemleri; fiziksel bağlantılı donanımlar, simülatörler ve emülatörler olmak üzere 3 başlık altında toplamak mümkündür.

1- Fiziksel Bağlantılı Donanımlar: Bu eğitim setleri endüstriyel bir donanım olmaksızın giriş ve çıkışları anahtar, buton, lamba, motor vb. ekipmanlar ile gösteren sistemlerdir. PLC içeren bu setler temel PLC eğitimi için yararlı olmakla beraber yeni tekniklerin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır.

2- *Simülatörler:* Bu setler fiziksel bağlantı gerektiren ve fiziksel bağlantı gerektirmeyen setler olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Fiziksel bağlantı gerektiren sistemlerde PC tabanlı bir uygulama ve gerçek bir PLC bulunmaktadır. PC tabanlı programdan seçilen makinaya göre PLC yazılımı yazılır ve yükleme yapılır. Seri olarak haberleşme sağlandıktan sonra senaryoya göre sistem simülasyonu kontrol edilir. Fiziksel bağlantı gerektirmeyen setlerde ise gerçek bir sistem olmadığı gibi PLC de sanaldır. Sanal ortamda seçilen makina yine sanal olarak PLC ye bağlanır ve yazılım gerçekleştirilip animasyonu izlenir. Bağlantı protokolleri ile alakalı somut bir işleyiş olmadığından bu konuda pratiklik sağlayamazlar [4].

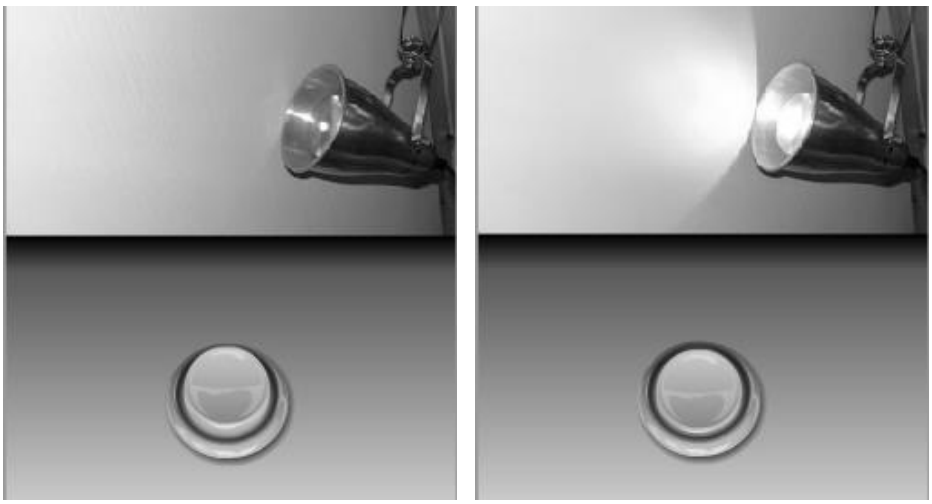
Simulalör tabanlı uygulamalara PC_SIMU yazılımı örnek gösterilebilir. Fiziksel bir bağlantı gerektirmeyen sistemde sanal bir PLC ile PC_SIMU yazılımı kullanılmaktadır. PC_SIMU yazılımının sürükle-bırak mantığında görsel bir proses arayüzü hazırlanır. STEP7 MicroWIN programında sistem senaryosuna yönelik PLC programı yazılır ve istenilen uzantı dosyası ile kaydedilip PC_SIMU yazılımına yüklenir. Yazılımın istenilen senaryoya göre testi gerçekleştirilir. Yazılım ile alakalı örnek bir program çıktısı Şekil 1'de verilmektedir [2].



Şekil 1. PC_SIMU yazılımı ile örnek bir prosesin simülasyonunun yapılması [2]

3- Emülatörler: PC tabanlı uygulamaların/yazılımların gerçek giriş/çıkışlara dönüştürülerek PLC ile fiziksel bağlantı yapılmasını sağlayan sistemlerdir. Fiziksel donanım gerektiren bu sistemlerde işleyişi belirli olan makinalar için PLC yazılımı yazılır ve yükleme yapılır [5].

Fiziksel kurulumu yapılmadan önce bilgisayar ortamında emülasyon uygulaması yapılabilecek birçok uygulama bulunmaktadır. Uygulama ile alakalı FESTO firmasının ürettiği "EasyPort USB" modülü kullanılmaktadır. Bu modül içerisinde yer alan animasyon uygulamaların bilgisayar üzerinde çalıştırılması ve izlenmesi, yine aynı firma tarafından geliştirilen "Easyveep" programı ile gerçekleştirilmektedir. Modül içerisinde var olan bir uygulama Şekil 2'de verilmektedir [6].



Şekil 2. Animasyon uygulama görüntüsü [6]

3. ÖNERİLEN ANİMASYON TABANLI PROGRAM YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

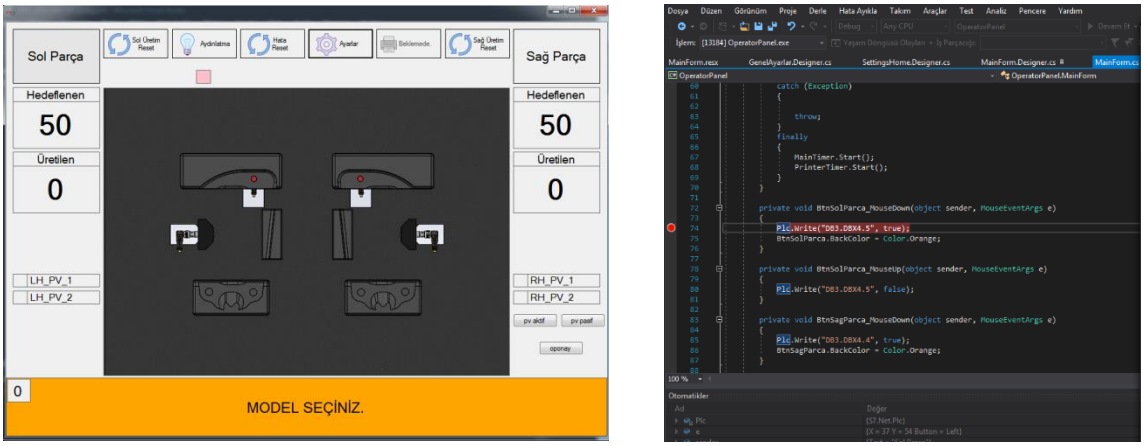
Endüstri 4.0 kapsamında PLC eğitiminde 3.model olan emülatör mantığında geliştirdiğimiz uygulama işleyiş şeması Şekil 3'de gösterilmiştir. EMÜ_DSGN ismini verdiğimiz programın uygulama mantığı iki bölümde ele alınmaktadır. Birinci bölüm giriş çıkışları belli, animasyonu VISUAL STUDIO programında hazır olan makina senaryolarının TIA PORTAL ara yüzünde oluşturulması kısmıdır. İkinci bölüm ise programı yazılan senaryonun fiziksel bir PLC' ye yüklenmesi ve programın animasyon mesajları doğrultusunda testinin gerçekleştirilmesidir.



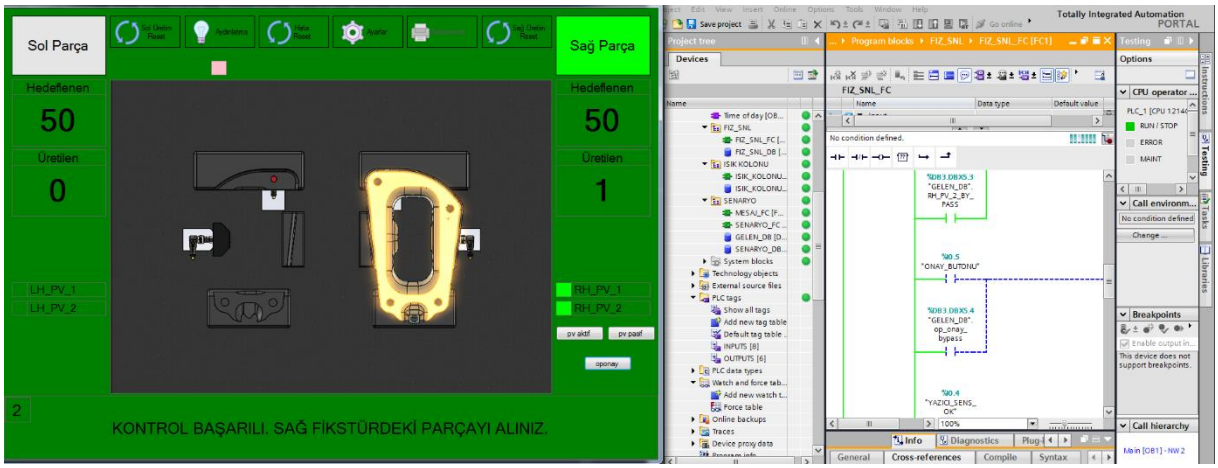
Şekil 3. Programın işleyiş diyagramı.

Önerilen animasyon tabanlı PLC eğitim sisteminde, Şekil 5'de gösterilen otomotiv sektörüne yönelik olarak gerçekleştirilen Poka-Yoke uygulaması modellenmiştir. Poka, dikkatsizlik, dalgınlık, Yoke ise elimine edilmesi anlamına gelir. Poka–Yoke, unutkanlık, konsantrasyon eksikliği, tecrübesizlik, sabotaj vs. gibi durumlara karşı, üretimin tam ve hatasız olarak sağlanması amaçlamaktadır [7]. Endüstriyel sahada çok karmaşık olmayan bu sistemler kontrol amaçlı oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe maliyeti yüksek hataların önüne geçilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Program arayüzü ile alakalı Visual Studio programında C# tabanlı yazılan programın bir bölümü Şekil 4'de verilmiştir.

Poka-Yoke uygulaması için çalışma senaryoları dikkate alınarak oluşturulan program PLC'ye yüklenmiştir. Bilgisayar ortamında çalıştırılan animasyon üzerinden operatörün gerçekleştirdiği seçimlere bağlı olarak ortaya çıkan durumlardan bir örnek Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Tasarlanan Poka-Yoke sistem arayüzü ve Visual Studio program ekranı



Şekil 5. Kontrolü başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş durum

5. SONUÇ

Endüstri 4.0 sanayi devriminin endüstriyel sahada oluşturduğu etkiler ile beraber gelişen teknolojiler yeni teknik personelin yetkin ve pratik olmasını mecbur kılmıştır. Endüstriyel sahaya yönelik olarak kendini geliştiren teknik personelin otomasyon alanında pratik bilgi elde etmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada, yazılımsal olarak geliştirilen EMÜ_DSGN programı ile endüstriyel sahaya yönelik endüstriyel otomasyon uygulayıcı ve kullanıcıların yazılım mantığına katkı sağlayacak Poka-Yoke sistemi üzerinde örnek bir çalışma yapılmaktadır. Tia portal arayüzünde programı yazılan sürecin, C# tabanlı Visual Studio'da animasyonu ile beraber çalışması test edilmektedir. Giriş-çıkış sinyallerinin bağlı olduğu koşulları düşünerek çalışmasını görsel olarak inceleme fırsatı sunan bu uygulama yazılım mantığının yerleşmesine katkı sağlamıştır. Çalışmanın daha da geliştirilerek farklı endüstriyel alanlarda da uygulanması planlanmaktadır.

Birçok farklı uygulamanın incelenebileceği bu sistemde donanımsal herhangi bir ekipmana ihtiyaç olmadan sistemin emülasyonu izlenebilmektedir. Programlama mantığının yerleşmesine katkı sağladığı gibi bağlantı protokolleri gibi konularda da pratiklik sağlamaktadır. Görsel içeriğin fazla olması, endüstriyel sahaya yönelik bir uygulama olması ve maliyet açısından fazladan ekipmana ihtiyaç olmaması gibi durumlar EMU_DSGN programının cazip ve uygulanabilir hale gelmesini sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

RMA Sistem Robot Otomasyon ve Makine Teknolojileri Genel Müdürü Ali YILMAZ Bey'e katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

[1] Genç S. 2018. Bir İleri Teknoloji Fabrikasının Dördüncü Endüstri Devrimine Uyumu, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*,İzmir

[2] Çelen S. 2017. Sanayi 4.0 ve Simülasyon, *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*. 1(1): 9-26.

[3] Ayaz M., Erhan K., Özdemir E. 2014. Otomasyon Sistemleri Eğitiminde Animasyon Tabanlı Uygulamaların Yeri ve Önemi, *Otomasyon Dergisi*.262, pp:96-104

[4] Ergül E., Gezegin C. 2013. Plc Programlama Eğitiminde PC_SIMU Yazılımının Kullanımı, *Electronic Journal of Vocational Colleges* Cilt:3, Sayı:3

[5] Ayaz M., Erhan K., Özdemir E., Çilliyüz Y., 2014. Animasyon Tabanlı PLC ve Operatör Panel Eğitim Seti, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ISSN: 1012-2354, Cilt:30, Sayı: 3, pp:156-161

[6] Faller C., Feldmüller D., 2015. Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs, *The 5th Conference on Learning Factories*, Procedia CIRP, 32, pp. 88 – 91

[7] Cebeci U. (2009), *Poka-Yoke nedir? (Hata önleyici düzenekler)*: http://www.subconturkey.com/2009/Ocak/koseyazisi-Poka--Yoke-nedir-Hata-onleyici-duzenekler.html

YÜKSEK PERFORMANSLI POLİ-ETER-ETER-KETON (PEEK) POLİMERİNİN FARKLI KAYMA HIZLARINDAKİ AŞINMA VE SÜRTÜNME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Harun Güler[1*],

[1] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 54188, Türkiye
harung021@gmail.com

Hüseyin Ünal[2]

[2] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 54188, Türkiye
unal@sakarya.edu.tr.

Özet

Poli-eter-eter-keton polimeri pahalı olmasına rağmen gıda endüstrisinin vazgeçilmez yüksek performanslı polimerlerinden birisi olup aşınma ile ilgili alanlarda oldukça fazla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ticari olarak elde edilebilen saf poli-eter-eter-keton (PEEK) polimerinin aşınma ve sürtünme davranışlarına uygulanan kayma hızının etkisi araştırılmıştır. PEEK polimerinin aşınma deneyleri disk üzerinde pim düzeneği kullanılarak yapılmıştır. Aşınma ve sürtünme deneyleri, 50N'luk sabit bir yük altında ve 0.5,1.0 ve 2.0 m/s kayma hızlarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, alüminyum alaşımı karşı disk malzeme kullanılmıştır. Aşınma ve sürtünme deneyleri, ortam sıcaklığında, nispi nem şartlarında ve kuru kayma şartlarında yapılmıştır. Yapılan çalışmada, kayma hızının artması ile saf PEEK polimerinin sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerlerinin nasıl etkilendiği incelenmiştir. Deneyler sonucunda saf PEEK polimerinin sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerlerinin kayma hızının artması ile azaldığı gözlenmiştir. Çalışmalar sonucunda en düşük sürtünme katsayısı 0.22 değeri ve en düşük aşınma oranı 4.60x10-13 mm^2/N değeri ile saf PEEK polimerinde 2.0 m/s kayma hızında ve 50N yük altında elde edilmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı 0.428 değeri ile ve 9.0x10-13 mm^2/N aşınma oranı değeri ile 0.5 m/s kayma hızında elde edilmiştir. PEEK polimerinin aşınma yüzeylerinin mikroyapı incelemeleri taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: PEEK, polimer, aşınma, sürtünme, pim-disk, kayma hızı

INVESTIGATION OF ABRASION AND FRICTION BEHAVIORS OF HIGH PERFORMANCE POLYETER-ETER-KETON (PEEK) POLYMERS

Abstract

Although the poly-ether-ether-ketone (PEEK) polymer is expensive, it is one of the indispensable high-performance polymer of the food industry and is widely used in areas related to wear. In this study, the effect of sliding speed on the wear and friction behaviors of commercially available pure poly-ether-ether-ketone polymer was studied. Wear tests of the PEEK polymer were made using the pin-on-disc wear test rig. Wear and friction tests were performed at a constant load of 50N and at sliding speed of 0.5.1.0 and 2.0 m/s. In the experiments, aluminum alloy disc material was used. Wear and friction tests were carried out at ambient temperature, relative humidity conditions and dry atmosphere conditions. In this study, it was investigated how the friction coefficient and specific wear rate values of pure PEEK polymer were affected by increasing sliding speed. As a result of the experiments, it was observed that the friction coefficient and specific wear rate values of the pure PEEK polymer dicreased with the increment of sliding speed. As a result of the study, the lowest coefficient of friction was obtained with a value of 0.22 and the lowest wear rate was obtained with a value of 4.60x10-13 m^2/N in the pure PEEK polymer at the sliding speed of 2.0 m/s and under the load of 50N. The highest coefficient of friction was obtained at a sliding speed of 0.5 m/s with a value of 0.428 and a wear rate of 9.0x10-13 m^2/N. Microstructural investigations of the worn surfaces of the PEEK polymer material were investigated using a scanning electron microscopy.

Keywords: PEEK, polymer, wear, friction, pin-disc, sliding speed

1.GİRİŞ

Polieter eter keton (PEEK) polimeri, yarı kristalin termoplastik polimer sınıfının öne çıkan polimerlerinden biri olup yapısında tekrar eden bir keton ve iki eter grubundan dolayı tam aromatik, yüksek kararlılıkta ve lineer bir yapıya sahiptir. PEEK polimeri, iyi alev ve termal dayanım ile kimyasallara direnç özelliklerine sahiptir. PEEK polimeri aynı zamanda mükemmel bir biyo-uyumluluğa sahip olup ortopedik uygulamalarda yaygın bir kullanım alanı vardır. PEEK polimeri, rijit, tok ve sürtünme/aşınma dayanımı yüksek bir malzeme olup sterilizasyon ve radyasyona karşı da direnç gösterebilen bir polimerdir. PEEK polimerinin aşınması ile ilgili literatürde birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Ancak, PEEK polimerine kayma hızının etkisi ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan Bijwe ve Nidji [2007], saf PEEK, karbon elyaf takviyeli PEEK ve cam elyaf takviyeli PEEK kompozitlerin ve grafit ve PTFE gibi katı yağlayıcı katkılı PEEK polimer kompozit ve karışımlarının aşınma ve sürtünme davranışlarını incelemişlerdir. Rodriguez ve arkadaşları (2016), çalışmalarında saf polietereterketon polimeri ve PEEK polimer kompozitlerin tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında kompozit malzeme olarak kısa karbon fiber (SCF) katkılı PEEK, nano silika (SiO_2) katkılı PEEK, titanyumdioksit (TiO_2) katkılı PEEK, çinko sülfür (ZnS) katkılı PEEK ve grafit katkılı PEEK kompozit malzemeleri kullanmışlardır. Tribolojik testler, 4, 8 ve 10 MPa basınç altında ve 20 ile 50 mm/s kayma hızlarında AISI 52100 çelik disk malzemesine karşı gerçekleştirilmiştir. Çoğu test şartlarında, PEEK polimeri bünyesindeki nano boyutlu partiküllerin sürtünme katsayısı değerlerini azalttığını tespit etmişlerdir. Uygulanan basınç ve kayma hızının artması ile saf PEEK polimerinin aşınma oranının arttığını, ancak sürtünme katsayısının ise azaldığını tespit etmişlerdir. Chen ve arkadaşları (2012), çalışmalarında karbon fiber katkılı polietereterketon kompozitlerin deniz suyu ortamındaki tribolojik davranışlarını incelemişlerdir. Deneylerde, 200 N yük, 0.5 ve 1 m/s kayma hızı ve karşı malzeme olarak çelik disk kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda, karbon fiber oranı yaklaşık % 10 olduğunda, PEEK kompozitin deniz suyu çalışma ortamında aşınma oranının azaldığını göstermişlerdir. Bunun sebebi olarak da PEEK ana matris bünyesindeki karbon fiberlerin, temas yüzeylerindeki ana yükü etkin bir şekilde paylaşabildiğini ve dolayısıyla matrisi şiddetli aşınmadan koruyabildiğini ortaya koymuşlardır. Hız arttığında aşınma oranı ve sürtünme katsayısının azaldığını tespit etmişlerdir. Lin ve arkadaşları (2018), çalışmalarında, saf polietereterketon (PEEK) malzemesinin aşınma ve sürtünme davranışlarını pim-disk aşınma cihazı kullanarak incelemişlerdir. Çalışmalarında karşı disk malzeme olarak çelik disk kullanmışlardır. PEEK polimeri tribolojik deneyleri, dört farklı hızda (0.1, 0.5, 1 ve 4 m/s) ve iki farklı basınçta (1 ile 4 MPa) gerçekleştirilmiştir. Çalışmaları sonucunda; PEEK polimerinin uygulanan basıncın ve kayma hızının artması (0.1 m/s ile 1 m/s) ile sürtünme katsayısının hafifçe azaldığı fakat aşınma oranın ise arttığını tespit etmişlerdir. Daha yüksek kayma hızları arasında (1 ile 4 m/s) ise aşınma oranı ve sürtünme katsayısında bariz bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. Bu artışın, PEEK yüzeyi ve çelik arasındaki temas yüzey sıcaklığına bağlı güçlü yapışmadan kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Lin ve Schlarb (2016), çalışmalarında, saf polietereterketon polimeri ile karbon fiber takviyeli PEEK kompozitinin sürtünme ve aşınma davranışını incelemişlerdir. Testler, 1, 2, 4 ve 8 MPa basınç altında, ve 0.5, 1, 2, 3 ve 4 m/s kayma hızlarında gerçekleştirmişlerdir. Karşı disk malzeme olarak çelik disk kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, kayma hızı ve uygulanan basınç miktarı arttıkça, hem saf PEEK polimeri hem de karbon fiber takviyeli PEEK kompozitin sürtünme katsayısı değerlerinin azaldığını fakat aşınma oranı değerlerinin ise arttığını tespit etmişlerdir. Buna ilaveten, karbon fiber katkılı PEEK kompozitin aşınma ve sürtünme katsayısı değerlerinin saf PEEK polimerine göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Sümer ve arkadaşları (2008), saf polietereterketon polimeri ile cam elyaf takviyeli PEEK kompozitlerin 0.8 ve 1.6m/s kayma hızlarında ve 1.77 ile 5.30MPa basınç aralığı altında karşı çelik disk malzemeye karşı hem kuru kayma hem de sulu kayma şartlarındaki aşınma ve sürtünme davranışlarını incelemişlerdir. Deney sonucunda, kayma hızının artması ile saf PEEK polimerinin sürtünme katsayısı azalırken spesifik aşınma hızının arttığını gözlemişlerdir. Cam elyaf takviyeli PEEK kompozitinin sürtünme katsayısı ise kayma hızının artması ile hem sürtünme katsayısının hem de spesifik aşınma hızının arttığını belirlemişlerdir.

Bu çalışma, saf poli-eter-eter-keton polimer malzemenin 7075 alüminyum alaşımı malzemeye karşı 50N yük altındaki ve 0.5, 1.0 ve 2.0m/s gibi farklı kayma hızlarındaki aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Deneyler 23^{o}C oda sıcaklığında, % 55±2 nem şartlarında ve kuru kayma şartlarında disk üzerinde pim cihazında gerçekleştirilmiştir. Pim-disk cihazının şematik görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmada sürtünme katsayısı, pim-disk temas sıcaklığı ve spesifik aşınma oranı değerleri tespit edilmiştir. Deney öncesi ve sonrası PEEK malzemede ölçülen ilk ve son ağırlık kaybı değerlerinden faydalanılarak spesifik aşınma oranı hesaplanmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Malzemeler

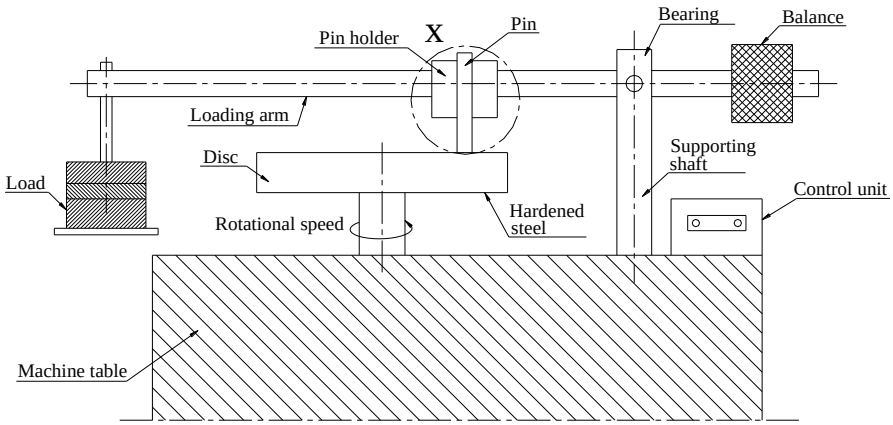
Bu deneysel çalışmada kullanılan poli-eter-eter-keton yüksek performanslı mühendislik polimeri ile alüminyum karşı disk malzemesi ile ilgili detaylar aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemeler, ticari adı ve üreticileri

Numune adı	Kısa Gösterimi	Ticari Adı	Üretici Firma	Üretim Yöntemi	Yoğunluk (gr/cm^3)
Polietereterketon	PEEK	Ketron PEEK 1000	Quadrant Engineering Polymers	Ekstrüzyon	1,32
Alüminyum	Al	7075 Al	Krasnoyarsk Metallurgical	Döküm	2,7

2.2. Numune hazırlama ve Yöntem

Deneylerde kullanılan poli-eter-eter-keton polimeri 10 mm çapında ekstrüzyonla üretilmiş olup ve 1000 mm uzunluğunda Quadrant Mühendislik Polimerleri firmasından temin edilmiştir. Deneylerde kullanmak için 6 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda pim haline getirmek için bir revolver tornada işlenmiştir. Pim-disk aşınma cihazı, ana gövde, elektrik motoru, bir yük kolu, bir yük hücresi ve bilgisayar gibi kısımlardan oluşmaktadır. Cihaz üzerinde elektrik motorunun tahriği ile dönen bir disk bulunmaktadır. Deneylerde kullanılacak olan disk malzemesi dönen disk üzerine, bir vida yardımıyla sabitlenmektedir. Deneylerde 6 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda PEEK pim polimer malzeme kullanılmıştır. Disk malzeme olarak ise 100 mm çapında ve 5 mm et kalınlığında yüksek mukavemetli, iyi korozyon dirençli, kolay işlenebilen ve iyi aşınma direnç özelliklerine sahip 7075 alüminyum alaşımı disk malzeme kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan alüminyum malzemenin kompozisyonu Tablo 2'de verilmiştir. Alüminyum disk malzeme CNC tornada hassas bir şekilde işlenmiştir. Polimer pim malzemeler kol üzerinde bulunan bir mekanizma ile yük koluna bağlanmaktadır. Aşınma deneyinden önce disk yüzeyi önce alkol veya aseton ile temizlenir. Aşınma ve sürtünme deneyinde yük koluna bağlanan pim numunesi, diskin üzerine yavaşça bırakılmakta ve pim numunesinin diske temas etmesiyle birlikte pim numunesinin bağlı olduğu yük kolu diskin dönme yönüne doğru yavaşça hareket etmektedir. Bu hareket yük kolunda hafif bir kuvvet oluşturmaktadır. Bu kuvvet, yanal kuvveti vermekte olup bu yanal kuvvet bir yük hücresi ile ölçülmektedir. Aşınma deneylerinde dakikada 1000 yanal yük verisi alınacak şekilde cihaz üzerinde program ayarlanmıştır. Elde edilen yanal yük değerleri Excel programında, deneyde kullanılan 50N olan yük değerine bölünerek, Excel programında D sütununda görülen değerler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak sürtünme katsayısı-kayma zamanı ilişkisini gösteren bir grafik haline getirilmiştir. Bu grafik Şekil 2'de verilmiştir. Disklerin yüzeyleri her deney sonucunda 1000 numara zımpara ile parlatılmış ve yüzeyler alkol ile temizlenmiştir.



Şekil 1. Şematik Pim-disk aşınma cihazı

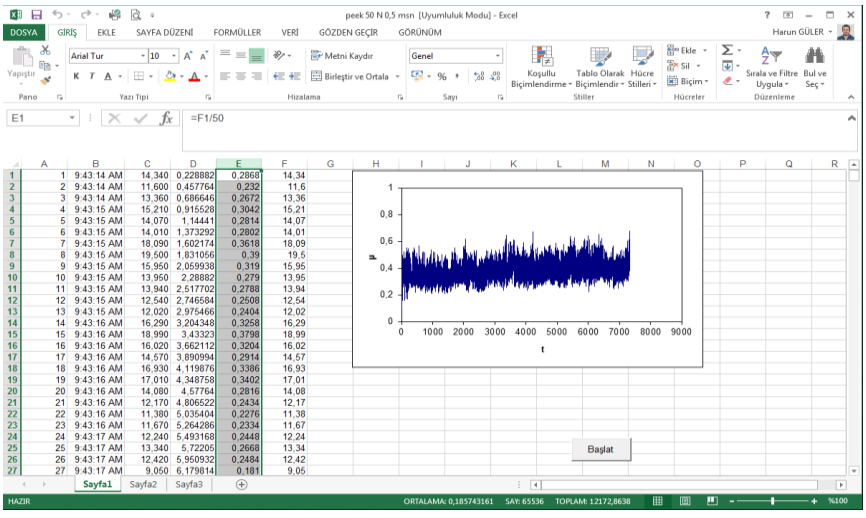
Aşınma deneyi öncesi alüminyum disk malzemenin ortalama yüzey pürüzlülüğü 0,24 µm olarak ölçülmüştür. Sürtünme ve aşınma deneylerinde, yüksek performanslı saf PEEK polimer malzemesinin alüminyum diske karşı hem sürtünme katsayısı hem de aşınma oranları tespit edilmiştir. Sürtünme katsayısı, ölçülen yanal kuvvetin, numuneye uygulanan normal kuvvete oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlik (1) ile hesaplanır.

$$\mu = F_S/F_N \qquad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte; μ: sürtünme katsayısını, F_S: yanal sürtünme kuvveti (N), F_N: ise malzemeye uygulanan normal kuvveti (N) ifade eder.

Tablo 2. Aşınma deneylerinde kullanılan alüminyum diskin kompozisyonu

%Cr	%Cu	%Fe	%Mg	%Mn	%Si	%Ti	%Zn	%Al
0.28	2.0	0.50	2.9	0.30	0.40	0.20	6.1	Kalan



Şekil 2. Aşınma deneyi süresince bilgisayarda excel programı formatında elde edilen sürtünme katsayısı-kayma zamanı ilişkisi grafiği

Aşınma oranını tespit etmek için PEEK polimerinin aşınma öncesi ve sonrası ağırlıkları ölçülmüştür. Ağırlık ölçümleri, $1x10^{-4}$ gr hassasiyetindeki Precisa marka dijital terazi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonra deney numunelerinin ilk ağırlık (m_1) ile son ağırlık (m_2) arasındaki ağırlık kaybı ($\Delta m=m_1-m_2$) belirlenerek numunenin spesifik aşınma oranı hesaplanır. Spesifik aşınma oranı aşağıdaki formül (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Wsp = \Delta m /(S_d \text{ x } \rho \text{ x } F_N) \quad (2)$$

Yukarıdaki formülde; Wsp: Spesifik aşınma oranı (m2/N), Δm: Ağırlık kaybı (gr), Sd: kayma yolu (m), ρ : Test numunesinin yoğunluğu(gr/cm3), FN: normal kuvvet (N).

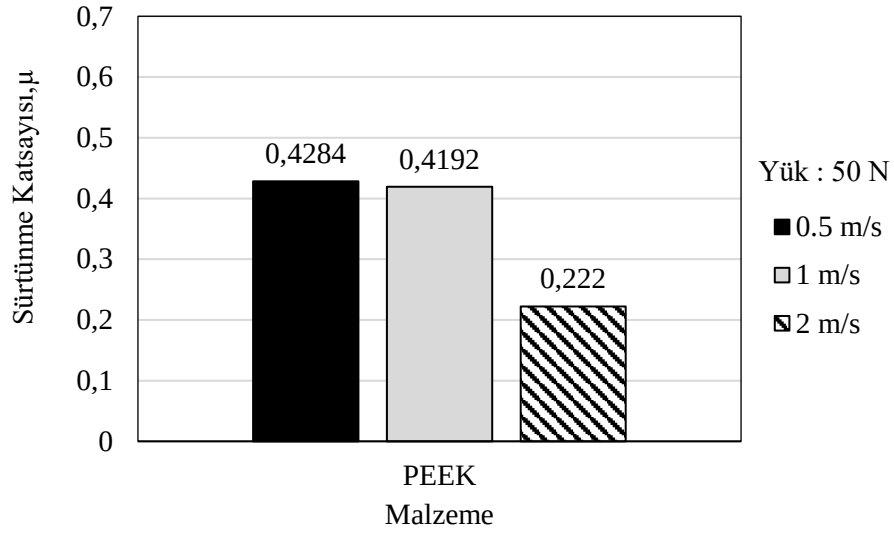
3. SONUÇLAR

Şekil 3 saf poli-eter-eter-keton yüksek performanslı mühendislik polimerinin alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı 50N yük ve 0.5, 1.0 ve 2.0m/s gibi farklı kayma hızlarındaki sürtünme katsayısı değişimini göstermektedir. Saf poli-eter-eter-keton mühendislik polimerinin 7075 alüminyum alaşımı karşı disk malzemeye karşı sürtünme katsayısı kayma hızının artması ile azalmıştır. Kayma hızı 0.5m/s hızdan 1.0 ve 2.0 m/s %100 ve %200 oranında artırıldığında PEEK malzemenin sürtünme katsayısı sırasıyla 0.4284, 0.4192 ve 0.222 olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %100 ve %200 artırıldığında sürtünme katsayısındaki azalma oranı yaklaşık olarak sırasıyla %2.14 ve %48 olmuştur. Şekilde görüldüğü gibi hızın 0.5m/s'den 1.0m/s'ye çıkarılması sonucu sürtünme katsayısında pek belirgin bir azalma gözlenmemiş olup sadece %2.14 oranında azalma olmuştur. Kayma hızının artmasına bağlı olarak sürtünme katsayısındaki azalma, daha önce literatürde PEEK ile ilgili yapılan çalışmalardan olan Rodriguez ve arkadaşları (2016), Lin ve arkadaşları (2018), Chen ve arkadaşları (2016) ile Unal ve arkadaşlarının (2008) yaptıkları çalışmalarla uyum içinde olup benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Kayma hızının artmasıyla sürtünme ısısının artması ve buna bağlı olarak yüzeyde oluşan kayma mukavemetinin ve vizkozitenin azalmasını sürtünme katsayısının azalmasında önemli bir sebep oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

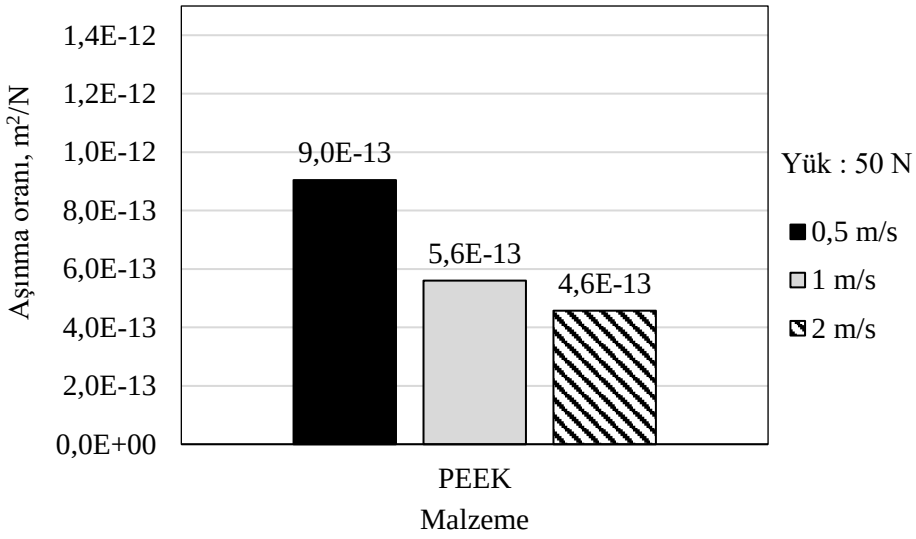
Saf poli-eter-eter-keton mühendislik polimerinin alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı kuru kayma şartlarında 0.5m/s, 1.0m/s ve 2.0m/s gibi farklı kayma hızlarındaki ve 50N yük altındaki spesifik aşınma oranı değişimi Şekil 4 'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi PEEK polimerinin alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı çalışması durumundaki spesifik aşınma oranı, kayma hızının artması ile azalmıştır. PEEK polimer malzemenin farklı kayma hızlarında (0.5, 1.0 ve 2.0 m/s) spesifik aşınma oranı değerleri sırasıyla $9.0x10^{-13}$ m^2/N, $5.6x10^{-13}$ m^2/N ve $4.6x10^{-13}$ m^2/N olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %100 ve %200 oranında artırıldığında spesifik aşınma oranındaki azalma miktarı yaklaşık olarak sırasıyla %37.7 ve %48.8 oranında olmuştur. Ünal ve arkadaşları (2008) daha önce yaptıkları çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Aşınma oranındaki azalmanın, karşı malzeme yüzeyinde oluşan transfer film tabakasından dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Kayma hızının artmasıyla birlikte polimer malzemenin sürtünme ısısının artış göstermesi ve buna bağlı olarak yüzeyde ince bir film tabakasının oluşması ile açıklanabilir.

Uygulanan hızın artması ile birlikte hem alüminyum disk malzeme yüzeyinde hem de PEEK polimeri pim yüzey sıcaklıkları artış göstermiştir (bakınız Şekil 5). En düşük sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerleri saf poli-eter-eter-keton polimeri için 2.0m/s kayma hızında ve 50N yük altında gerçekleşmiştir.

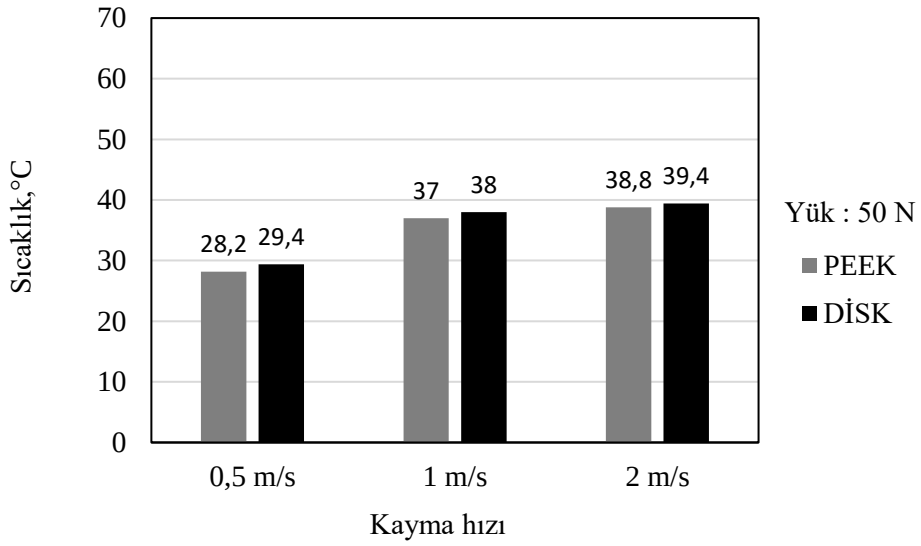
Şekil 6' da saf PEEK polimerinin 50N yük ve 1.0m/s kayma hızında alüminyum disk malzemeye karşı kuru ortam şartlarındaki aşınma yüzey taramalı elektron mikroskop mikroyapı görüntüsü verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi saf PEEK polimeri bünyesinde mukavemet artırıcı veya katkı malzemeleri içermediğinden dolayı 1.0 m/s kayma hızında adhezif aşınma davranışı göstermektedir. Polimer yüzeyleri genellikle düzgün görünmekte olup küçük boyutlarda polimer aşınma partikülleri görünmektedir.



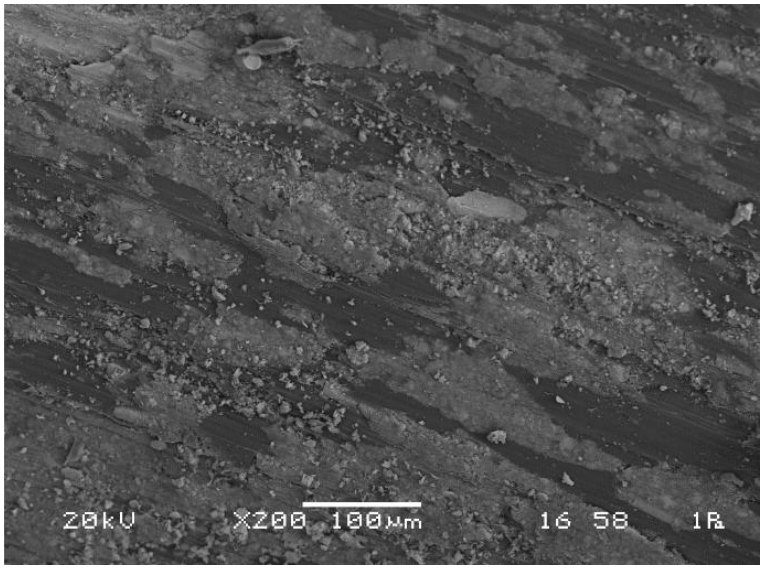
Şekil 3. Saf Peek polimerinin 50N yük altındaki ve farklı kayma hızlarındaki sürtünme katsayısı değişimi



Şekil 4. Saf Peek polimerinin 50N yük altındaki ve farklı kayma hızlarındaki spesifik aşınma oranı değişimi



Şekil 5. Saf Peek polimerinin alüminyum karşı disk malzemesine karşı 50N yükte ve farklı kayma hızlarda çalışması durumundaki pim ve disk yüzey sıcaklıklarının değişimi



Şekil 6. Saf PEEK polimerin 50N yük ve1.0m/s kayma hızındaki aşınma yüzeyi taramalı elektron mikroyapı görüntüsü

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada PEEK yüksek performanslı mühendislik polimerinin 50N yük altında ve farklı kayma hızlarındaki aşınma ve sürtünme davranışları ile ilgili aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Saf poli-eter-eter-keton yüksek performanslı mühendislik polimerinin 7075 alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı sürtünme katsayısı kayma hızının artması ile azalmıştır. 50N yük altında kayma hızı 0.5, 1.0 ve 2.0 m/s artırıldığında PEEK malzemenin sürtünme katsayısı sırasıyla 0.4284, 0.4192 ve 0.222 olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %200 artırıldığında sürtünme katsayısındaki azalma oranı yaklaşık %48 olmuştur. Saf PEEK polimerinin alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı çalışması durumundaki spesifik aşınma oranı da kayma hızının artması ile azalmıştır. 0.5, 1.0 ve 2.0 m/s kayma hızlarında PEEK malzemenin spesifik aşınma oranı sırasıyla $9.0x10^{-13}$ m^2/N, $5.6x10^{-13}$ m^2/N ve $4.6x10^{-13}$ m^2/N olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %100 ve %200 oranında artırıldığında sürtünme katsayısındaki azalma yaklaşık olarak sırasıyla %37.7 ve %48.8 oranında olmuştur. En düşük

sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerleri saf poli-eter-eter-keton polimeri için 2.0 m/s kayma hızında ve 50N yük altında gerçekleşmiştir.

Saf PEEK polimeri adhezif aşınma davranışı göstermekte olup aşınma yüzeyinde küçük aşınmış PEEK polimer partikülleri görünmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Kalaycı, E. , Yavaş A., Avinç O. (2017), Polieter Eter Eter Keton (PEEK) Lifleri, *Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 38, 1300-1949.

[2] Bijwe, Nidhi(2007), Potential of fibres and solid lubricants to enhance the tribo-utility of PEEK in adverse operating conditions, Industrial Lubrication Tribology, 4, 156–165.

[3] Ovaert, T.C., Cheng, H. S. (1991), Counter-face Topographical Effects on the Wear of

Poly-ether-ether-ketone and a Poly-ether-ether-ketone-carbon Fiber Composite, Wear, 150, 275–287.

[4] Ovaert, T.C., Cheng, H. S. (1991). The Unlubricated Sliding Wear Behavior of Polyetheretherketone against Smooth Mild-steel Counter-faces, ASME J. *Tribology International*, 113, 150–157

[5] Lu, Z. P., Friedrich, K. (1995). On Sliding Friction and Wear of PEEK and its Composites, *Wear*, 181–183(2), 624–631.

[6] Jones, D. P., Leach D. C., Moore, D. R. (1985). Mechanical Properties of Poly(ether-ether-ketone) for Engineering Applications, *Polymer*, 26(9), 1385–1393.

[7] Voorth, J. V., Bahadur, S. (1995). The Growth and Bonding of Transfer Film and the Role of CuS and PTFE in the Tribological Behavior of PEEK, *Wear*, 181–183(1), 212–221.

[8] Rodriguez V., Schlarb A.K., Sukumaran J., DeBaets P. (2016), Reciprocating sliding wear behaviour of PEEK-based hybrid composites, *Wear* 362-363, 161–169.

[9] Chen B., Yan F, Wang J. (2012), Comparative investigation on the tribological behaviors of CF/PEEK composites under sea water lubrication, *Tribology International*, 52, 170–177.

[10] Lin L., Schlarb A.K., Bennewitz R., Pei X.Q. (2018), Friction and wear of PEEK in continuous sliding and unidirectional scratch tests, *Tribology International*, 122, 108–113.

[11] Lin L., Schlarb A.K. (2016), Effect of the varied load conditions on the tribological performance and the thermal characteristics of PEEK-based hybrid composites, *Tribology International*, 101, 218–225.

[12] Sumer M., Mimaroglu A., Unal H. (2008), Evaluation of tribological behavior of PEEK and glass fiber reinforced PEEK composite under dry sliding and water lubricated conditions, *Wear*, 265, 1061-1065.

CAM ELYAF TAKVİYELİ YÜKSEK PERFORMANSLI POLİ-ETER-ETER-KETON (CE/PEEK) KOMPOZİTİN TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNE KAYMA HIZININ ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Harun Güler[1*],
[1] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 54188, Türkiye
harung021@gmail.com

Hüseyin Ünal[2]
[2] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 54188, Türkiye
unal@sakarya.edu.tr.

Özet

Bu çalışma, gıda endüstrisinde çalışan ağırlık olarak %30 oranında cam elyaf takviyeli poli-eter-eter-keton (%30CE/PEEK) polimer kompozitin alüminyum alaşımı karşı disk malzemesine karşı çalışma ortamındaki aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Çalışma mekanizması değişken hızlarda olabilmektedir. Bu sebeple çalışmada üç farklı kayma hızı seçilmiş olup kayma hızının etkisi araştırılmıştır. Deneyler disk üzerinde pim olan bir aşınma cihazında gerçekleştirilmiştir. Tribolojik testler, kuru kayma şartları altında 1.0, 2.0 ve 3.0 m/s kayma hızlarında yapılırken 150N'luk sabit bir yük kullanılmıştır. Yapılan tribolojik çalışmalar sonucunda, %30 oranında cam elyaf takviyeli poli-eter-eter-keton (%30CE/PEEK) polimer kompozitin sürtünme katsayısı ve aşınma oranı değerlerinin kayma hızının artması ile azaldığı tespit edilmiştir. 150N yük altında, en düşük aşınma oranı ve sürtünme katsayısı sırasıyla $3.0x10^{-14}$ mm^2/N ve 0.195 değerleri ile 3.0m/s kayma hızında gözlenirken, en yüksek aşınma oranı ve sürtünme katsayısı ise $12.0x10^{-14}$ mm^2/N değeri ve 0.29 sürtünme katsayısı değeri ile 1.0 m/s kayma hızında gözlenmiştir. Cam elyaf takviyeli PEEK kompozit malzemesinin aşınma yüzey incelemeleri taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Cam elyaf, PEEK, kompozit, triboloji, kayma hızı

THE EFFECT OF SLIDING SPEED ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF GLASS FIBER REINFORCED HIGH PERFORMANCE POLY-ETER-ETER-KETON COMPOSITE

Abstract

In this study, the tribological behavior of glass fiber reinforced poly-ether-ether-ketone (30wt.% GFR/PEEK) polymer composite against the aluminum alloy disc material that is used in the food industry was investigated. The operating mechanism can be at variable speeds in working conditions. Therefore, three different sliding speed were chosen and the effect of sliding speed was investigated. The experiments were carried out on a pin-on-disc wear test device. Tribological tests were performed at sliding speed of 1.0, 2.0 and 3.0 m/s and constant load of 150N under dry sliding conditions. As a result of the tribological studies, it has been determined that the friction coefficient and wear rate of the glass fiber reinforced poly-ether-ether-ketone (30wt.%GFR/PEEK) polymer composite have decreased with the increase in sliding speed. Under the load of 150N, the lowest wear rate and the coefficient of friction were observed at 3.0m/s sliding speed with a values of $3.0x10^{-14}$ m^2/N and 0.195, respectively. The highest wear rate and friction coefficient values were observed at the sliding speed of 1.0 m /s with a values of $12.0x10^{-14}$ m^2/N and 0.29. Worn surface investigations of glass fiber reinforced PEEK composite were investigated by a scanning electron microscopy.

Key words: Glass fiber, PEEK, composite, tribology, sliding speed

1.GİRİŞ

PEEK+%30 cam elyaf katkısı PEEK polimerinin elastiklik modülünü arttırır ve genleşme oranını azaltır. Cam elyaf katkısı özellikle tokluk ve mukavemet değerlerini artırır. PEEK polimerine cam elyaf katkısı mekanik özelliklerini iyileştirmesinin yanında iyi aşınma ve sürtünme özelliklerini de sağlar. Aynı zamanda cam fiber katkılı PEEK kompoziti biyouyumluluk özelliğine sahiptir. İyi aşınma ve mekanik özelliklerinin yanında biyouyumluluğa, yüksek kimyasal ve korozyon direncine sahip olmasından dolayı cam elyaf katkılı PEEK kompoziti dental uygulamalarda ve gıda alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir.PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti ile ilgili literatürde birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Ancak, PEEK+%30GF kompozitine kayma hızının etkisi ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Literatürde yer alan çalışmaların bazılarına aşağıda yer verilmiştir. Zao ve arkadaşları [2017], saf polietereterketon(PEEK) ve karbon fiber(CF) katkılı PEEK biomalzemelerinin tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Li ve arkadaşları [2013], çalışmalarında saf polietereterketon (PEEK) ve % 30 oranında cam fiber (GF) ile takviye edilmiş PEEK kompozitlerinin aşınma ve davranışlarını incelemişlerdir. Sümer ve arkadaşları [2008], saf polietereterketon (PEEK) polimeri ve ağırlıkça% 30 cam fiber (GF) ile güçlendirilmiş PEEK kompozitlerin tribolojik performansı, kuru kayma ve su ile kayganlaştırma koşullarında çalışmışlardır. Testleri kayan çelik disk üzerinde 1.77, 3.54, 5.30 MPa basınç ve 0.80, 1.60 m/s kayma hızı altında gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, PEEK ve PEEK + ağırlıkça% 30 GF kompozit için kayma hızı arttığında sürtünme katsayısının azaldığını ancak spesifik aşınma oranının arttığını belirtmişlerdir. Ağırlıkça %30 oranında cam fiber katkılı PEEK kompozitinin hem sürtünme katsayısının hem de aşınma oranının; katkısız PEEK"e göre daha düşük olduğunu vurgulamışlardır. Friedrich ve arkadaşları [1995], polietereterketonun (PEEK) sürtünme ve aşınma özelliklerini, yumuşak çelik disk karşı malzemesi kullanılarak test etmişlerdir. Kısa fiber takviyelerinin (cam ve karbon) etkilerini ana hatlarıyla açıklamışlardır. Testler 20°C oda sıcaklığı, 1, MPa basınç, 1 ve 3 m/s kayma hızları altında gerçekleştirmişlerdir. Cam fiber takviyeli PEEK kompoziti kayma hızı arttığında aşınma oranının da arttığını gözlemlemişlerdir. Yamamoto ve Hashimoto [2004], saf polietereterketon (PEEK) polimeri ile karbon fiber ve cam fiber katkılı (CF) PEEK kompozitlerin (PEEK+%5CF, PEEK+%18CF, PEEK+%5GF, PEEK+%18GF) sulu ortam şartlarında çelik disk karşı malzemesine göre aşınma ve sürtünme özelliklerini incelemişlerdir. Deneyler, 0.25 MPa basınç altında ve 0.4, 1.2, 3.0 ve 4m/s kayma hızlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarında saf PEEK ve cam fiber ve karbon fiber takviyeli kompozit malzemelerin kayma hızının artması ile aşınma oranı ve sürtünme katsayısının arttığını tespit etmişlerdir. Ganesh ve Dhamejani [2016], çalışmalarında polietereterketon (PEEK) ve %30 cam Fiber (GF) katkılı PEEK kompozitlerinin aşınma ve sürtünme davranışlarını incelemişlerdir. Testleri çelik disk karşı malzemesi kullanarak 1.4 m/s kayma hızı, 2.4 kg ve 8 kg basınç altında gerçekleştirmişlerdir. %30 Cam fiber (GF) katkılı PEEK kompozitinin saf PEEK' e kıyasla aşınma oranının daha düşük sürtünme katsayısının ise daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan çalışmada, PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozit malzemenin 7075 alüminyum alaşımı malzemeye karşı farklı kayma hızlarında ve 150N yük altındaki aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Deneyler % 55±2 nem, 23ºC oda sıcaklığı ve kuru kayma şartlarında disk üzerinde pim cihazında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1 'de pim-disk cihazının şematik görüntüsü verilmiştir. Spesifik aşınma oranı değerleri, deney öncesi ve sonrası PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozit malzemede ölçülen ilk ve son ağırlık kaybı değerlerinden faydalanılarak hesaplanmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Malzemeler

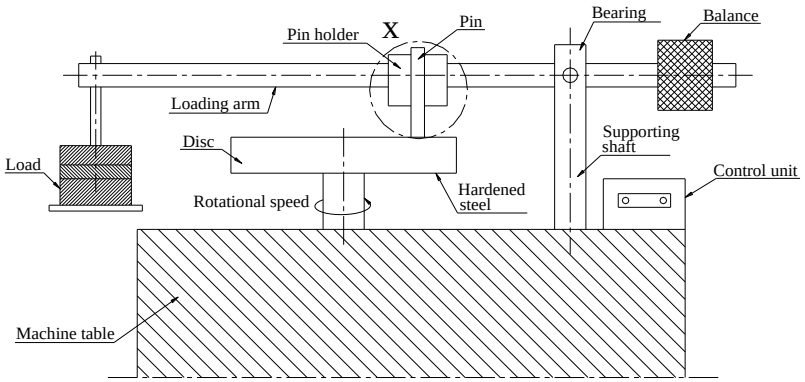
Deneylerde kullanılan alüminyum karşı disk malzemesi ve PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti ile ilgili detaylar aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemeler, ticari adı ve üreticileri

Numune adı	Kısa Gösterimi	Ticari Adı	Üretici Firma	Üretim Yöntemi	Yoğunluk(gr/cm^3)
Cam Elyaflı Polietereterketon	PEEK+%30GF	Ketron GF30	Quadrant Engineering Polymers	Ekstrüzyon	1,51
Alüminyum	Al	7075 Al	Krasnoyarsk Metallurgical	Döküm	2,81

2.2. Numune hazırlama ve Yöntem

Deneylerde kullanılan PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti numuneleri 1000 mm uzunluğunda ve 10 mm çapında ekstrüzyonla üretilmiş olup Quadrant Mühendislik Polimerleri firmasından temin edilmiştir. Numuneler deneylerde kullanmak amacıyla bir revolver tornada 6 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda pim haline getirmek için işlenmiştir. Pim-disk aşınma cihazı, ana gövde, elektrik motoru, bir yük kolu, bir yük hücresi ve bilgisayar gibi kısımlardan oluşmaktadır. Cihaz üzerinde elektrik motorunun tahriği ile dönen bir disk bulunmaktadır. Deneylerde kullanılacak olan disk malzemesi dönen disk üzerine, bir vida yardımıyla sabitlenmektedir. Deneylerde 6 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozit malzeme kullanılmıştır. Disk malzeme olarak ise 100 mm çapında ve 5 mm et kalınlığında yüksek mukavemetli, iyi korozyon dirençli, kolay işlenebilen ve iyi aşınma direnç özelliklerine sahip 7075 alüminyum alaşımı disk malzeme kullanılmıştır. Tablo 2'de deneylerde kullanılan alüminyum malzemenin kompozisyonu verilmiştir. Alüminyum disk malzeme CNC tornada hassas bir şekilde işlenmiştir. Kompozit pim malzemeler kol üzerinde bulunan bir mekanizma ile yük koluna bağlanmaktadır. Aşınma deneyinden önce disk yüzeyi önce alkol veya aseton ile temizlenir. Aşınma ve sürtünme deneyinde yük koluna bağlanan pim numunesi, diskin üzerine yavaşça bırakılmakta ve pim numunesinin diske temas etmesiyle birlikte pim numunesinin bağlı olduğu yük kolu diskin dönme yönüne doğru yavaşça hareket etmektedir. Bu hareket yük kolunda hafif bir kuvvet oluşturmaktadır. Bu kuvvet, yanal kuvveti vermekte olup bu yanal kuvvet bir yük hücresi ile ölçülmektedir. Aşınma deneylerinde dakikada 1000 yanal yük verisi alınacak şekilde cihaz üzerinde program ayarlanmıştır. Elde edilen yanal yük değerleri Excel programında, deneyde kullanılan 150N olan yük değerine bölünerek, Excel programında D sütununda görülen değerler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak sürtünme katsayısı-kayma zamanı ilişkisini gösteren bir grafik haline getirilmiştir. Bu grafik Şekil 2'de verilmiştir. Disklerin yüzeyleri her deney sonucunda 1000 numara zımpara ile parlatılmış ve yüzeyler alkol ile temizlenmiştir.



Şekil 1. Şematik Pim-disk aşınma cihazı

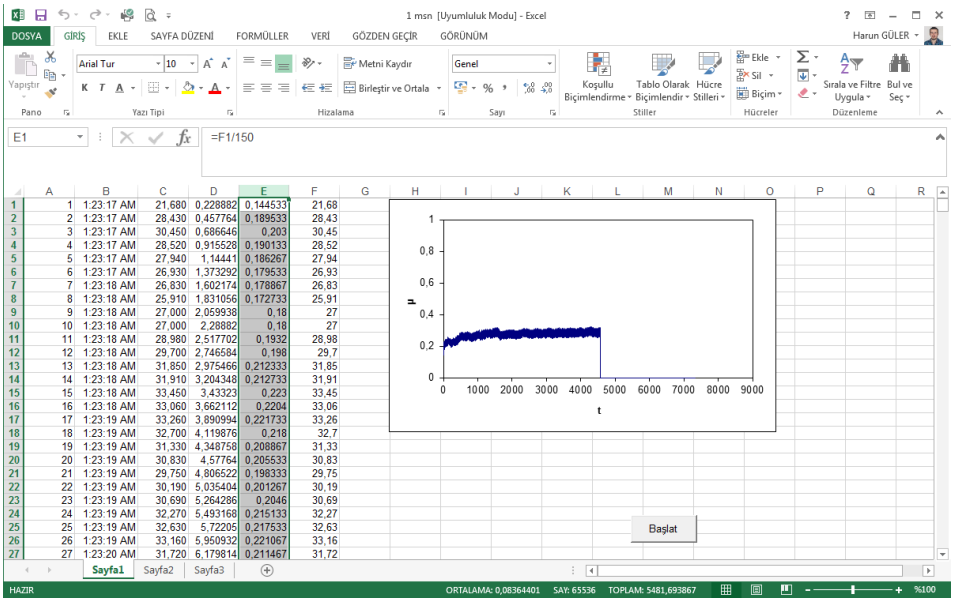
Aşınma deneyi öncesi alüminyum disk malzemenin ortalama yüzey pürüzlülüğü 0,24 µm olarak ölçülmüştür. Sürtünme ve aşınma deneylerinde, yüksek performanslı saf PEEK polimer malzemesinin alüminyum diske karşı hem sürtünme katsayısı hem de aşınma oranları tespit edilmiştir. Sürtünme katsayısı, ölçülen yanal kuvvetin, numuneye uygulanan normal kuvvete oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlik (1) ile hesaplanır.

$$\mu = F_S/F_N \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte; μ: sürtünme katsayısını, F_S: yanal sürtünme kuvveti (N), F_N: ise malzemeye uygulanan normal kuvveti (N) ifade eder.

Tablo 2. Aşınma deneylerinde kullanılan alüminyum diskin kompozisyonu

%Cr	%Cu	%Fe	%Mg	%Mn	%Si	%Ti	%Zn	%Al
0.28	2.0	0.50	2.9	0.30	0.40	0.20	6.1	Kalan



Şekil 2. Aşınma deneyi süresince bilgisayarda excel programı formatında elde edilen sürtünme katsayısı-kayma zamanı ilişkisi grafiği

Aşınma oranını tespit etmek için PEEK polimerinin aşınma öncesi ve sonrası ağırlıkları ölçülmüştür. Ağırlık ölçümleri, $1x10^{-4}$ gr hassasiyetindeki Precisa marka dijital terazi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonra deney numunelerinin ilk ağırlık (m_1) ile son ağırlık (m_2) arasındaki ağırlık kaybı ($\Delta m=m_1-m_2$) belirlenerek numunenin spesifik aşınma oranı hesaplanır. Spesifik aşınma oranı aşağıdaki formül (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Wsp = \Delta m /(S_d \times \rho \times F_N) \quad (2)$$

Yukarıdaki formülde; Wsp: Spesifik aşınma oranı (m2/N), Δm: Ağırlık kaybı (gr), Sd: kayma yolu (m), ρ : Test numunesinin yoğunluğu(gr/cm3), FN: normal kuvvet (N).

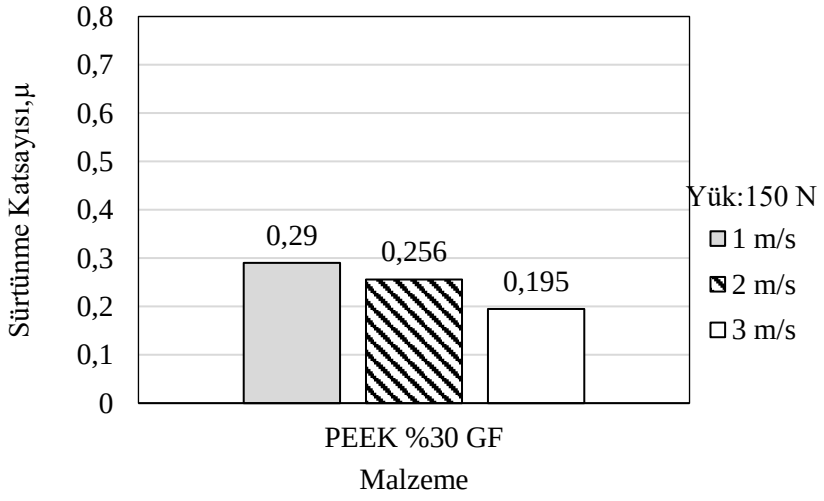
3. SONUÇLAR

PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı 150N yük ve 1.0, 2.0 ve 3.0m/s gibi farklı kayma hızlarındaki sürtünme katsayısı değişimi Şekil 3' te verilmiştir. 7075 alüminyum alaşımı karşı disk malzemeye karşı yapılan testlerde PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin sürtünme katsayısı kayma hızının artması ile azalmıştır. PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti, kayma hızı 1.0 m/s'den 2.0 ve 3.0 m/s hıza %100 ve %200 oranında artırıldığında sırasıyla 0.290, 0.256 ve 0.195 olarak belirlenmiştir. Sürtünme katsayısındaki azalma oranı kayma hızı %100 ve %200 artırıldığında yaklaşık olarak sırasıyla %11,7 ve %32,7 olmuştur. Sümer ve arkadaşları [2008] benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Sürtünme katsayısındaki azalmanın sürtünme ısısının artması ve buna bağlı olarak cam fiberin termal iletkenliğinden dolayı mukavemetinin ve vizkozitenin azalmasını dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Yamamoto ve Hashimoto [2004] benzer olmayan sonuçlara ulaşmışlardır.

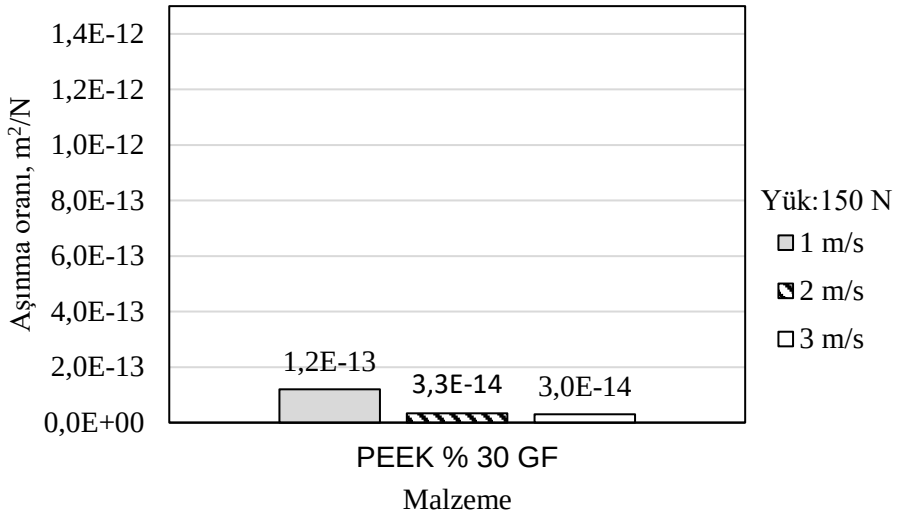
Şekil 4 PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin 7075 alüminyum alaşımı karşı disk malzemeye karşı kuru kayma şartlarında 1.0m/s, 2.0m/s ve 3.0m/s gibi farklı kayma hızlarındaki ve 150N yük altındaki spesifik aşınma oranı değişimi göstermektedir. PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti şekilde görüldüğü gibi alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı çalışması durumundaki spesifik aşınma oranı, kayma hızının artması ile azalmıştır. PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin farklı kayma hızlarında (1.0, 2.0 ve 3.0 m/s) spesifik aşınma oranı değerleri sırasıyla $12x10^{-14}$ m^2/N, $3.3x10^{-14}$ m^2/N ve $3.0x10^{-14}$ m^2/N olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %100 ve %200 oranında artırıldığında spesifik aşınma oranındaki azalma miktarı yaklaşık olarak sırasıyla %72.5 ve %75 oranında olmuştur. Sümer ve arkadaşları [2008] benzer sonuçlar elde etmişlerdir.Ganesh ve Dhamejani [2016] benzer sonuçları elde etmişlerdir. Cam fiber katkılı PEEK kompozitinin kayma hızı arttıkça aşınma oranının azaldığını tespit etmişlerdir. Aşınma oranındaki azalmanın sebebi olarak cam fiber katkısının, yüzey sertliğini arttırması ve oluşan bu sertlikle birlikte uygulanan sürüklenme kuvvetine karşı kompozit yüzeyinin direnç oluşturmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu durumunda aşınma direncini artırdığını vurgulamışlardır.

PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin Şekil 6' da 150N yük ve 1.0m/s kayma hızında alüminyum disk malzemeye karşı kuru ortam şartlarındaki aşınma yüzey taramalı elektron mikroskop mikroyapı görüntüsü verilmiştir. Şekil 6' da PEEK+%30GF kompozitinin bünyesindeki mukavemet artırıcı cam elyaflar oluşan aşınma çizgisi üzerinde görünmektedir.

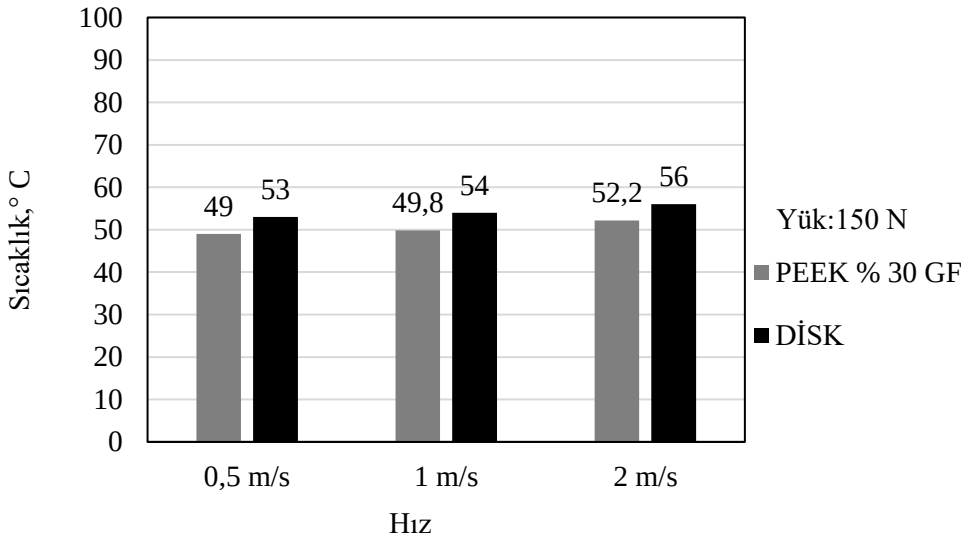
Uygulanan hızın artması ile birlikte hem alüminyum disk malzeme yüzeyinde hem de PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin pim yüzey sıcaklıkları artış göstermiştir (bakınız Şekil 5). PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti için en düşük sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerleri 2.0m/s kayma hızında ve 150N yük altında gerçekleşmiştir.



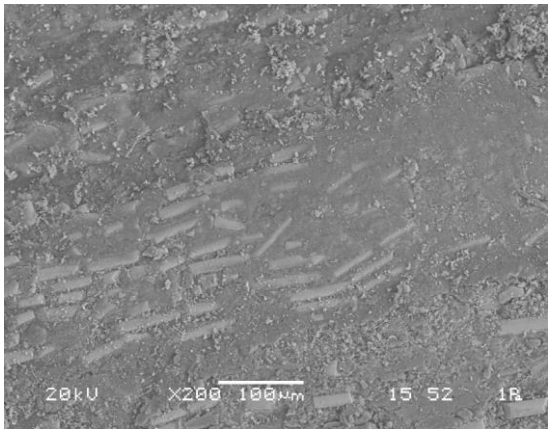
Şekil 3. PEEK+%30GF polimer kompozitin 150N yük altındaki ve farklı kayma hızlarındaki sürtünme katsayısı değişimi



Şekil 4. PEEK+%30GF polimer kompozitin 150N yük altındaki ve farklı kayma hızlarındaki spesifik aşınma oranı değişimi



Şekil 5. PEEK+%30GF polimer kompozitin alüminyum karşı disk malzemesine karşı 150N yükte ve farklı kayma hızlarda çalışması durumundaki pim ve disk yüzey sıcaklıklarının değişimi



Şekil 6. PEEK+%30GF polimer kompozitin 150N yük ve1.0m/s kayma hızındaki aşınma yüzeyi taramalı elektron mikroyapı görüntüsü

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin 150N yük altında ve farklı kayma hızlarındaki aşınma ve sürtünme davranışları ile ilgili aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin 7075 alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı sürtünme katsayısı kayma hızının artması ile azalmıştır. 150N yük altında kayma hızı 1.0, 2.0 ve 3.0 m/s artırıldığında PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti malzemenin sürtünme katsayısı sırasıyla 0.290, 0.256 ve 0.195 olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %200 artırıldığında sürtünme katsayısındaki azalma oranı yaklaşık %32,7 olmuştur. PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompozitinin alüminyum alaşımı disk malzemeye karşı çalışması durumundaki spesifik aşınma oranı da kayma hızının artması ile azalmıştır. 1.0, 2.0 ve 3.0 m/s kayma hızlarında PEEK malzemenin spesifik aşınma oranı sırasıyla $12x10^{-14}$ m^2/N, $3.3x10^{-14}$ m^2/N ve $3.0x10^{-14}$ m^2/N olarak tespit edilmiştir. Kayma hızı %100 ve %200 oranında artırıldığında sürtünme katsayısındaki azalma yaklaşık olarak sırasıyla %72.5 ve %75 oranında olmuştur. PEEK+%30GF(cam elyaflı polietereterketon) kompoziti için en düşük sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerleri 2.0 m/s kayma hızında ve 150N yük altında gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Sumer M., Mimaroglu A., Unal H. (2008), Evaluation of tribological behaviour of PEEK and glass fibre reinforced PEEK composite under dry sliding and water lubricated conditions, *Wear*, 265, 1061–1065.

[2] Friedrich K., Hager A.M., Lu Z. (1995), Recent advances in polymer composites tribology, *Wear*, 190, 139-144.

[3] Yamamoto Y., Hashimoto M. (2004), Friction and wear of water lubricated PEEK and PPS sliding contacts Part 2. Composites with carbon or glass fibre, *Wear*, 257, 181–189.

[4] Zhao X, Xiong D., Wu X. (2017), Effects of Surface Oxidation Treatment of Carbon Fibers on Biotribological Properties of CF/PEEK Materials, *Journal of Bionic Engineering*, 14, 640–647.

[5] Ganesh K.G., Dhamejani C.L. (2016), Investigation of Tribological Behavior of PEEK Composite with Glass Fiber Filled under Harsh Operating Condition, *IJARIIE*, 2, 271-279.

[6] Li E.Z., Xu B.S., Wang H.D., Guo W.L., Liu X.T. (2013), Research on Tribological Behavior of PEEK and Glass Fiber Reinforced PEEK Composite, Physics Procedia 50, 453 – 460.

[7] Ovaert, T.C., Cheng, H. S. (1991), Counter-face Topographical Effects on the Wear of Poly-ether-ether-ketone and a Poly-ether-ether-ketone-carbon Fiber Composite, Wear, 150, 275–287.

[8] Ovaert, T.C., Cheng, H. S. (1991), The Unlubricated Sliding Wear Behavior of Polyetheretherketone against Smooth Mild-steel Counter-faces, ASME J. Tribology International, 113, 150–157.

[9] Kalaycı, E. , Yavaş A., Avinç O. (2017), Polieter Eter Eter Keton (PEEK) Lifleri, *Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 38, 1300-1949.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ ÖĞRENCİ BİLGİ SİSTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ

Onur Öz[1]
[1] Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli,Türkiye.
onur.oz@hotmail.com

Özet
Bu çalışmada amacımız, Kocaeli Üniversitesi öğrenci bilgi sisteminin kullanılabilirlik testini yapmak, kullanılabilirlik açısından zafiyet oluşturan noktaları tespit etmek ve önerilerde bulunmaktır. Bu amaç doğrultusunda, Kocaeli Üniversitesi öğrenci bilgi sistemi yazılımı detaylı olarak araştırılmış, yazılımı kullanan öğrenciler, akademisyenler ve idari personellerden katılımcı grupları oluşturulmuştur. Öğrenci bilgi sisteminin tasarımını değerlendirmek için yapılan anket çalışmasında, katılımcılara ait yaş, cinsiyet, unvan, sistem tecrübesi gibi özel bilgilerin yanı sıra, sistem hakkındaki düşüncelerini öğrenmek amacıyla bazı sorular sorulmuştur. Bu gruplardaki kişilerden bazı görevleri en kısa sürede tamamlamaları istenmiş ve bu sırada video kaydı yapılmıştır. Görevler belirlenirken kullanıcıların en sıklıkla yaptıkları süreçler seçilmiştir. Kullanıcıların bu görevleri tamamlarken geçirdikleri süreler kaydedilmiş, geçirilen sürelerin gruplar arasında anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığına bakılmıştır. Sistemin görsel tasarımının, gruplar açısından etkili bir faktör olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuç olarak, Jacop Nielsen tarafından ortaya koyulan ilkelerden de faydalanarak, öğrenci bilgi sistemi için yeni bir ara yüz tasarımına ihtiyaç duyulduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Öğrenci Bilgi Sistemi, Kullanılabilirlik, Jacob Nielsen sezgiselleri.

Abstract
The aim of this study is to make usability testing of Kocaeli University student information system, to identify weaknesses in terms of usability and to make recommendations. For this purpose, the student information system software of Kocaeli University was investigated in detail, and the participant groups consisting of students, academics and administrative staff were formed. In order to evaluate the design of the student information system, some questions were asked to learn their thoughts about the system, as well as specific information such as age, gender, title, system experience of the participants. People in these groups were asked to complete some tasks as soon as possible and video was recorded. When determining the tasks, the most frequently performed processes were selected. Users' time spent has been recorded while completing these tasks, and it has been examined whether the times spent make a significant difference between the groups. The visual design of the system was investigated whether it is an effective factor for the groups. As a result, it is seen that a new interface design is needed for the student information system by taking advantage of the principles presented by Jacob Nielsen.

Keywords: Student Information System, Usability, Nielsen intuitions.

1. Giriş

Web, İnternet'in bir Web tarayıcısı tarafından erişilebilen sayfalardan oluşan bir alt kümesi olan World Wide Web'in ortak adıdır. Web, İnternet'in büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Web, bilginin İnternet üzerinden paylaşılma yollarından sadece bir tanesidir. Web sayfaları Köprü Metni İşaretleme Dili (HTML) adı verilen bir dilde biçimlendirilmektedir. Bu dil kullanıcılara, Web üzerinde birbirine linklerle bağlanmış sayfalar arasında tıklanma yoluyla gezinti sağlar.

Web tasarımı, web sitelerinin kullanıcı tarafından görülen önyüzüdür. Bu kısım birçok disiplinle harmanlanarak kullanıcıya sunulur. Bu tasarımlar; çeşitli animasyonlar, grafik tasarımlar, grafikler, fotoğraflar, çeşitli veriler (içerikler) ve formlardan oluşur. Bunların derlenip ve düzenlenmesi ise HTML ve CSS dediğimiz programla dilleri ile sağlanır. Web tasarımı, web sitesini daha görsel olarak çekici ve kullanımı kolay hale getirmek için web sitesi oluşturma sürecidir. Web tasarımında, renk, düzen ve genel grafik görünümü gibi işlevler önemli bir yer tutar. Web tasarımcıları, planlamalarını

sitenin kitlesini, işlevini ve iş yükünü (trafiğini) hesaba katarak yaparlar. Bu yüzden birçok bilgi teknolojileri uygulamalarından (Dreamweaver, Photoshop, HTML, CSS) destek alırlar [1].

Erişilebilir bir web tasarımı, tüm kullanıcılar için kullanılabilirliği iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda web sitesini ziyaret edebilecek genel kullanıcı sayısını da artırır. Kullanıcılar aradıklarını daha kolay bulabilir. Bir kurumun web erişilebilirlik konusundaki çabaları kurumun imajını olumlu bir şekilde arttırır. Site geliştirme ve bakım süresini azaltır, sunucu yükünü ve maliyetleri düşürür, tasarruf sağlar. Erişilebilirlik, içeriğin farklı cihazlarda çalışmasını sağladığından, bu cihazlar için bir sitenin birden çok sürümünü oluşturma ihtiyacını azaltır. Erişilebilirlik gelişmiş web teknolojilerinden yararlanmaya yardımcı olduğu için gelecekteki web teknolojilerine geçişi kolaylaştırır [2].

Web sitelerinde kullanılabilirlik büyük bir önem arz etmektedir. Yazılımcılar için arka plan, yani, yazılım kısmı büyük bir önem oluştursa da, kullanıcılar için ön yüz daha büyük bir önem arz etmektedir. Bir ürünün kullanılabilir ölçülerde olabilmesi için, kullanıcı tarafından, belirlenen hedefi etkili, verimli ve tatmin edici şekilde yerine getirebilmelidir [3].

Kullanılabilirlik, kullanıcıların İnternet sitesini daha etkin ve verimli kullanmalarını sağlamanın yanında, kullanıcıların ilgili kuruma karşı olumlu bir algıya sahip olmalarını da desteklemektedir. Aradıkları bilgiye kolayca ulaşabilen ve işlemlerini zorlanmadan İnternet sitesi üzerinden tamamlayabilen kullanıcıların, kurumun verdiği hizmete karşı duyduğu memnuniyetler de artmaktadır. Kullanılabilirlik İnternet sitesi geliştirme süreçlerine dahil edilerek, süreç sonunda yapılan testlerle maliyet ve zaman kaybına neden olabilecek sorunların önüne geçilmesi hedeflenmektedir [4].

Yapılan araştırmalara göre, kullanıcıların dörtte üçü Web'i özel bir bilgi aramak için kullanmaktadır. Kullanıcıların bir siteyi ilk ziyaretlerinde aradıkları bilgiye kolayca erişememeleri ve olumsuz tecrübe yaşamaları durumunda o siteyi yeniden ziyaret etme olasılıkları %40 oranında azalmaktadır [5]. Kullanıcılar için sitenin içerik ve kullanım kolaylığı görsel sunumdan çok daha önemlidir [6]. İyi yapılandırılmış bir bilgi mimarisi içeriğin doğru etiketlenmesi ve sunumu, site içi dolaşım ve erişim kolaylığı gibi birçok kullanılabilirlik ölçütü, bilgiye kolay erişimi mümkün kılarak kullanıcı memnuniyetini artırmaktadır [7].

Bu çalışmada, Kocaeli Üniversitesi öğrenci bilgi sisteminin kullanılabilirlik testi yapılmış, kullanılabilirlik açısından zafiyet oluşturan noktaları tespit edilmiştir. Öğrenci bilgi sistemi yazılımı detaylı olarak araştırılmış, yazılımı kullanan öğrenciler, akademisyenler ve idari personellerden katılımcı grupları oluşturulmuştur. Öğrenci bilgi sisteminin tasarımını değerlendirmek için anket çalışması yapılmış, ayrıca katılımcı gruplardaki kişilerden sistem üzerinde bazı görevleri en kısa sürede tamamlamaları istenmiş ve bu sırada video kaydı yapılmıştır. Kullanıcıların bu görevleri tamamlarken geçirdikleri süreler kaydedilmiş, geçirilen sürelerin gruplar arasında anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığına bakılmıştır.

2. Web Sitelerinde Kullanılabilirlik

Kullanılabilirlik, bir uygulamada belirlenen görevlerin, hedef kitle olarak tespit edilen kullanıcılar tarafından, gerekli eğitim ve teknik desteğin verilmesinin ardından, uygun çevre koşullarında kolaylıkla ve etkili biçimde kullanılabilmesi olarak tanımlanır. Uluslararası Standartlar Kurumu tarafından hazırlanan ISO 9241-11 numaralı standarda göre kullanılabilirlik, bir ürünün, belirli bir kullanıcı gurubu tarafından, belirlenen bağlam ve amaçlar çerçevesinde etkililiği, verimliliği ve kullanıcı memnuniyeti olarak tanımlanmaktadır (Şekil-1). Diğer bir ifadeyle, kullanıcıların işlemlerini gerçekleştirirken deneyimledikleri etkililik, verimlilik ve memnuniyetleri İnternet sitesinin kullanılabilirlik derecesini belirlemektedir. Etkililik, kullanıcıların aradıkları içeriklere erişebilmelerinin ya da işlemlerini doğru bir şekilde tamamlayabilmelerinin göstergesidir. Verimlilik, kullanıcıların en kolay ve en hızlı bir şekilde erişmek istedikleri içeriklere ulaşabilmeleri ve işlemlerini gerçekleştirebilmeleri olarak ifade edilmektedir. Memnuniyet ise, İnternet sitesinin sağlamış olduğu etkililik ve verimlik ile bağlantılı olarak, kullanıcıların İnternet sitesini kullanırken yaşadıkları deneyimden ne kadar memnun olduklarını göstermektedir [4].



Şekil-1. ISO 9241-11 standardına göre kullanılabilirlik [4].

Bunun yanında, Nielsen'a göre kullanılabilirlik temel olarak öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar ve memnuniyet olmak üzere beş başlık altında incelenmektedir. Öğrenilebilirlik, sistemin ne kadar kolay öğrenilebildiğini; verimlilik, öğrenilen sistemin ne kadar verimli kullanılabildiğini; hatırlanabilirlik, belirli bir süre kullanılmasa bile daha sonra tekrar kullanıldığında sistem kullanımının kolaylıkla hatırlanabilmesini; hatalar, kullanıcıların hata yapma oranının düşük olmasını ve hata yapıldığında kolaylıkla düzeltilebilmesini; memnuniyet, kullanıcıların sistemi kullanırken ne kadar tatmin olduğunun ve olumlu veya olumsuz düşüncelerinin ölçüsünü ifade etmektedir [4].

2.1. Nielsen'in Kullanılabilirlik Sezgiselleri

Jakob Nielsen, etkileşimli bir tasarımın için 10 genel prensip tanımlamaktadır. Bu prensipler, etkileşim tasarımı için takip edilmesi gereken tanımlı bir rehber olmayıp, yaygın kullanım kuralları olduğu için "sezgisel" olarak adlandırılmıştır. Bu sezgiseller; Sistem durumunun görünürlüğü, Sistem ile gerçek dünyanın eşleşmesi, Kullanıcı kontrolü ve özgürlük, Tutarlılık ve standartlar, Hataları Önleme, Hatırlamak yerine tanıma, Esneklik ve kullanım verimliliği, Estetik ve sade tasarım, Kullanıcılara hata ile karşılaşmaları durumunda hatayı teşhis etme, tanıma ve hatadan kurtulmaları olanağı tanıma, Yardım ve dokümantasyondur [8, 9].

2.2. Kullanıcı Temelli Değerlendirme

Uzman ve model temelli değerlendirmelerde her ne kadar kullanılabilirlik sorunları tespit edilse de gerçek bir kullanıcıyla yapılan değerlendirmelerin sonuçları kadar gerçekçi veriler elde edilememektedir. Kullanıcı temelli değerlendirmelerde, bir yazılım sisteminin kullanılabilirliği o sistemin gerçek kullanıcıları tarafından değerlendirilmesidir. Değerlendirilen sistemin tasarımı sistemin olası kullanıcıları tarafından incelenerek tasarım problemleri ortaya çıkarılmaktadır. Kullanıcı temelli değerlendirme yöntemleri ve bunların tercih edilme nedenleri aşağıda yer almaktadır [10].

Kart sıralama: Bilgi mimarisinin tasarımı için kullanılan yöntemdir. Kullanıcılar kendilerine verilen kartları kendi isteklerine göre sıralama yaparak, bilgi mimarisinin mantıklı bir organizasyona sahip olması için uğraşırlar.

Bağlamsal görev analizi: Kullanıcıların verilen görevleri nasıl ve hangi sırayla tamamladıklarını tanımlayabilmek için kullanılan bir yöntemdir. Görevlerle ilgili bilgilerin elde edilmesi için kullanıcılar görev esnasında gözlemlenmektedir. Gözlem tamamlandıktan sonra görevlerin süresi, karmaşıklığı, çevresel faktörlerin görevlere etkisi ve kullanıcıların deneyimlerinin görevlere etkisi hakkında bilgiler elde edilmektedir.

Kullanıcı deneyim tasarımı: Kullanıcıların alışkanlıklardan faydalanılmaktadır. Bu nedenle kullanıcı deneyim tasarımı yapılarak geliştirilen sistemin, kullanıcı alışkanlıklarıyla uyumlu olması amaçlanmaktadır. Kullanıcı deneyimi tasarımının başlıca önemli noktalarından birisi de içeriktir.

Kağıt modelleri: Kağıt modelleri, tasarım evresinin erken aşamalarında kullanılarak, sistem tasarımının nasıl olması gerektiğini elde etmeye çalışmaktadır.

Düşük maliyetli kullanılabilirlik testi: Temel olarak senaryolara, sesli düşünme ve sezgisel değerlendirmelere bağlı olarak gerçekleştirilen düşük maliyetli kullanılabilirlik testidir.

Rekabetçi kullanılabilirlik testi: Geliştirilen tasarımın yeni ve benzer ürünlerin tasarımlarıyla karşılaştırılmasıdır. Bu yöntem sayesinde var olan sistem tasarımının olumlu veya olumsuz yönleri belirlenmektedir.

Evrensel kullanılabilirlik testi: Geliştirilen tasarımın acemi, deneyimli, yaşlı, genç veya engelli kullanıcılar olmak üzere tüm kullanıcıların kullanacağı şekilde olup olmadığının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen testlerdir. Farklı kullanıcı profilinden kişilerle bu test gerçekleştirilmektedir.

Alan testleri ve taşınabilir laboratuvar: Yazılım sisteminin, gerçek ortamında kendi kullanıcıları tarafından test edilmesidir. Taşınabilir kullanılabilirlik laboratuvarı, gerçekleştirilecek olan alan testlerini desteklemek için kullanılmaktadır.

Uzaktan kullanılabilirlik testi: Kullanıcıların kullanılabilirlik değerlendirmelerine katılmaları maliyetli ve zor olduğu için bu yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen uzaktan kullanılabilirlik testi ile kullanıcıların laboratuvar ortamında olmalarına gerek kalmadan, elektronik araçlar kullanılarak kullanılabilirlik değerlendirmesi yapılması amaçlanmaktadır.

Bunu kırabilir misin testleri: Kullanıcıların, yazılım sisteminde hata bulmaya çalıştıkları kullanılabilirlik testleridir. Geliştirme sürecinin ileriki aşamalarında karşılaşılan hataların düzeltilmesi çok maliyetli olduğu için tasarım sürecinin erken aşamalarında hata üretilmesini engellemek için bu test yapılmaktadır. Böylelikle, uygun olmayan veya eksik olan verilerin ve sistem tarafından verilen geçersiz bildirimlerin önüne geçilmektedir.

2.3. Kullanılabilirlik Test Yöntemleri

Denetimli Test: Test, belirli koşullar altında, kullanıcı tarafından kullanılabilirlik testi not alan ve rehberlik eden bir moderatör ile belirli bir yerde yapılır.

Denetimli Uzaktan Test: Bu denetimli test ile aynıdır ancak uzaktan yapılır. Kullanıcı ve moderatör aynı yerde değildir, burada ekran paylaşım yazılımı kullanılır.

Kontrolsüz Uzaktan Test: Bu test, moderatörün bulunmadığı, ancak oturumları kolaylaştırmak için çevrimiçi araçların kullanıldığı testlerdir. Bu test genellikle daha fazla esneklik istenildiğinde tercih edilir [11].

3. Araştırma, Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın konusu Kocaeli Üniversitesinin web tabanlı Öğrenci Bilgi Sisteminin kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesidir. Amaç, mevcut Öğrenci Bilgi Sisteminin daha kullanılabilir bir seviyeye güncellenmesine katkı sağlamaktır. Böylece hızlı erişilebilen, güvenilir, anlaşılabilirliği kolay, kullanılabilirlik düzeyi yüksek ve geliştirilmeye açık bir sistem meydana getirilebilir. Araştırmanın kapsamı Kocaeli Üniversitesi Öğrenci Bilgi Sistemi yazılımı ile sınırlıdır. Araştırmaya, katılımcı grubu olarak Kocaeli Üniversitesi Öğrenci Bilgi Sistemi'ni kullanan öğrenciler, akademik ve idari personeller seçilmiştir. Bu kişilere ait bazı istatistikler aşağıdaki Tablo-1, Tablo-2 ve Tablo-3'de verilmektedir. Bu çalışmada, Öğrenci Bilgi Sistemini kullanan üç farklı kullanıcı grubundan belirlenen bazı görevleri tamamlamaları istenmiştir. Görevler belirlenirken kullanıcıların en sıklıkla yaptıkları işler seçilmiştir. Bu görevler yerine getirilir iken kamera ile kayıt altına alınmış ve sonrasında her katılımcının hareketleri incelenmiştir. Araştırmamızda, kullanıcıların bu görevleri tamamlarken

geçirdikleri süreler (saniye) kaydedilmiştir. Öğrenciler devam ettikleri akademik döneme göre (1. sınıf, 2. Sınıf, 3. Sınıf, 4. sınıf), akademik ve idari personel ise ÖBS sistemi ile geçirdikleri kullanım sürelerine (1-3 yıl, 5-8 yıl, >8 yıl) göre gruplara ayrılmıştır. Araştırmada, görevler yerine getirilirken geçirilen sürelerin, gruplar arasında anlamlı bir fark oluşturup oluşturmadığına bakılmıştır. Sistemin görsel tasarımının gruplar açısından etkili bir faktör olup olmadığı araştırılmıştır.

Tablo-1. Katılımcı öğrencilere ait istatistikler.

	Seçenekler	Sayı	Yüzdelik
Öğrencilerin cinsiyete göre dağılımı	Kadın	17	53,1
	Erkek	15	46,9
Öğrencilerin ÖBS tecrübelerine göre dağılımı	0-1 Yıl	5	15,6
	1-3 Yıl	15	46,9
	3-5 Yıl	12	37,5
Öğrencilerin farklı bir üniversitenin ÖBS' ni kullanma durumuna göre dağılımı	Evet	4	12,5
	Hayır	28	87,5
Öğrencilerin ÖBS kullanımının kamera ile kaydedilirken kendilerini baskı altında hissetme durumlarına göre dağılımı	Evet	7	21,9
	Hayır	25	78,1
Öğrencilerin ÖBS'nin görsel tasarımını beğenme/beğenmeme durumuna göre dağılımı	Evet	26	81,3
	Hayır	6	18,7
Öğrencilerin ÖBS'yi kullanırken klavyeyi çift el/tek el kullanımına göre dağılımı	Çift El	29	90,6
	Tek El	3	9,4

Tablo-2. Araştırmaya katılan akademik personele ait istatistikler.

	Seçenekler	Sayı	Yüzdelik
Akademik Personelin cinsiyete göre dağılımı	Kadın	2	20
	Erkek	8	80
Akademik Personelin ÖBS tecrübelerine göre dağılımı	1-3 Yıl	2	20
	5-8 Yıl	1	10
	>8 Yıl	7	70
Akademik Personelin ÖBS kullanımının kamera ile kaydedilirkenkendilerini baskı altında hissetmeleri durumuna göre dağılımı	Evet	1	10
	Hayır	9	90
Akademik Personelin ÖBS'nin görsel tasarımını beğenme/beğenmeme durumuna göre dağılımı	Evet	5	50
	Hayır	5	50
Akademik Personelin ÖBS'yi kullanırken klavyeyi çift el/tek el kullanımına göre dağılımı	Çift El	10	100
	Tek El	0	0

Tablo-3. Araştırmaya katılan idari personele ait istatistikler.

	Seçenekler	Sayı	Yüzdelik

İdari Personelin cinsiyete göre dağılımı	Kadın	6	60
	Erkek	4	40
İdari Personelin ÖBS tecrübelerine göre dağılımı	1-3 Yıl	1	10
	3-5 Yıl	2	20
	5-8 Yıl	2	20
	>8 Yıl	5	50
İdari Personelin ÖBS kullanımının kamera ile kaydedilirken kendilerini baskı altında hissetme durumuna göre dağılımı	Evet	2	20
	Hayır	8	80
İdari Personelin ÖBS'nin görsel tasarımını beğenme/beğenmeme durumuna göre dağılımı	Evet	10	100
	Hayır	0	0
İdari Personelin ÖBS'yi kullanırken klavyeyi çift el/tek el kullanımına göre dağılımı	Çift El	8	80
	Tek El	2	20

4. KOÜ Öğrenci Bilgi Sistemi Kullanılabilirlik Testi Değerlendirilmesi

Çalışmaya katılan tüm katılımcı gruplarının kullanılabilirlik testindeki tüm görevleri tamamlama süreleri Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmektedir. Çalışmaya katılan öğrenci, akademik ve idari personel gruplarının görev tamamlama sürelerine incelendiğinde;

1- Kullanıcı tecrübesinin görev tamamlama süresinde anlamlı bir fark yaratmadığı,
2- Video kaydı sırasında kendini baskı altında hissedip hissetmeme durumunun, kullanıcı gruplarının görev tamamlama sürelerinde anlamlı bir fark yaratmadığı,
3- Sistemin görsel tasarımından memnun kalıp kalmama durumunun, kullanıcı gruplarının görev tamamlama sürelerinde anlamlı bir fark yaratmadığı,
4- Sistemin güvenilir bulunup bulunmama durumunun, kullanıcı gruplarının görev tamamlama sürelerinde anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür.

Farklı kullanıcı gruplarının farklı görevleri ortalama tamamlama süreleri anlamlı bulunmadığından, öğrenci bilgi sisteminde karşılaşılan kullanılabilirlik sorunlarının tüm kullanıcı gruplarını etkileyen genel tasarım sorunları olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo-4. Öğrencilerin kullanılabilirlik testini tamamlama süreleri.

Sorular	Seçenekler	Görev-1 Ortalama	Görev-2 Ortalama	Görev-3 Ortalama	Görev-4 Ortalama

Kaç senedir ÖBS sistemini kullanıyorsunuz?	0-1 Yıl	39	10	30	14
	1-3 Yıl	36	13	32	19
	3-5 Yıl	31	12	34	19
Sınıf	1. Sınıf	36	11	30	16
	2. Sınıf	40	9	36	21
	3. Sınıf	32	16	32	15
	4. Sınıf	31	10	32	24
Size video kaydı alınarak otomasyon sisteminde küçük bir uygulama yaptırılsa, üzerinizde baskı hisseder misiniz?	Evet	40	12	18	18
	Hayır	33	12	36	17
Sitenin görsel tasarımından memnun kaldınız mı?	Evet	36	13	33	17
	Hayır	29	8	29	24
Otomasyon sistemini güvenilir buldunuz mu?	Evet	36	13	33	17
	Hayır	29	9	29	24
Düşünce Durumu	Sesli	44	11	48	15
	Sessiz	34	12	31	18

Tablo-5. Akademik personelin kullanılabilirlik testini tamamlama süreleri.

Sorular	Seçenekler	Görev-1 Ortalama	Görev-2 Ortalama	Görev-3 Ortalama	Görev-4 Ortalama
Kaç senedir ÖBS sistemini kullanıyorsunuz?	1-3	25	79	27	19
	5-8	28	61	25	13
	8+	29	84	19	16
Size video kaydı alınarak otomasyon sisteminde küçük bir uygulama yaptırılsa, üzerinizde baskı hisseder misiniz?	Evet	14	171	22	25
	Hayır	30	67	21	15
Sitenin görsel tasarımından memnun kaldınız mı?	Evet	24	99	15	15
	Hayır	32	68	26	18
Otomasyon sistemini güvenilir buldunuz mu?	Evet	24	99	15	15
	Hayır	32	68	26	18
Düşünce Durumu	Sesli	28	81	20	17
	Sessiz	30	70	32	12
NS1_kullanım	Touchpad	27	171	22	25
	Mouse	28	67	21	15

Tablo-6. İdari personelin kullanılabilirlik testini tamamlama süreleri.

Sorular	Seçenekler	Görev-1 Ortalama	Görev-2 Ortalama	Görev-3 Ortalama	Görev-4 Ortalama

Kaç senedir ÖBS sistemini kullanıyorsunuz?	1-3	23	-	26	14
	5-8	27	-	24	15
	8+	26	-	25	18
Size video kaydı alınarak otomasyon sisteminde küçük bir uygulama yaptırılsa, üzerinizde baskı hisseder misiniz?	Evet	15	-	23	23
	Hayır	32	-	20	17
Sitenin görsel tasarımından memnun kaldınız mı?	Evet	25	-	16	16
	Hayır	30	-	25	18
Otomasyon sistemini güvenilir buldunuz mu?	Evet	23	-	16	16
	Hayır	32	-	27	18
Düşünce Durumu	Sesli	26	-	18	16
	Sessiz	32	-	30	14
NS1_kullanım	Touchpad	26	-	22	25
	Mouse	25	-	21	16

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmasında, Kocaeli Üniversitesi Öğrenci Bilgi Sisteminin kullanılabilirlik değerlendirmesi yapılmaya çalışılmıştır. Öğrenci, akademik ve idari personelden oluşan katılımcılara, sistemle ilgili tanımlanmış bazı görevler verilerek, görev yerine getirirlerken video kayıt cihazı ile kayıt altına alınmışlardır. Ayrıca, katılımcılara anket uygulanarak katılımcı bilgileri toplanmıştır. Analiz işleminde performans temelli ölçütler olarak; ortalama görev tamamlama süreleri kullanılmıştır. Sistemin bütününde kullanılabilirlik sorunları olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak; bazı önemli sembol ve ifadelerin belirgin şekilde gösterilmemesi, hata engelleyici açıklamalardaki yetersizlik, bazı noktalarda gereksiz veya detaylı bilgilendirme, sayfalarda olmaması gereken ifade ve boşluklar, tablo gösterimlerinde standartlardan uzaklaşılması ve uygun renklerin seçilmemesi, kullanılan düğme ve butonların işlevlerinin yeterince basit olmaması görülmüştür. Öğrenci Bilgi Sistemlerindeki kullanılabilirlik sorunlarının çözümünden Jacob Nielsen ve Shneiderman tarafından ortaya koyulan ilkelerden de faydalanarak yeni bir öğrenci bilgi sistemi ara yüzü tasarımına ihtiyaç duyulduğu açıktır. Burada; tutarlılık ve standartlar, kullanıcının özgürlüğü, hata önleme teknikleri, esneklik ve estetik tasarım, bilgilendirici geri besleme ön planda tutulmalıdır. Veri girişlerinde daha az adım ve daha az hafıza yükü, ikili seçimlerde onay tuşu kullanımı, kullanıcı dikkatini çekecek renk uyumu, basit işlem adımları ve açıklayıcı başlıklara yer verilmelidir. Bu durum etkinlik ve verimliliği artırarak, görev tamamlama sürelerini azaltacağından, kullanıcı memnuniyetini ortaya çıkaracaktır. Bu sonuçlara göre çalışmamızın, öğrenci bilgi sistemi tasarımında kullanılabilirliğin artırılmasına, öğrenci bilgi sistemi ara yüzünün farklı cihazlarla uyumlu çalışmasına katkı sağlayacağını umuyoruz.

Kaynakça

[1] Powell, T., 2002. What is web design? Web design: the complete reference. 2nd ed. California: McGraw-Hill/Osborne, pp. 4-14

[2] Pekgöz, N., 2006. Web'de erişilirlik, xhtml ve css. İstanbul: Pusula Yayıncılık.

[3] ISO 9241-11 (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdts) part 11: Guidance on usability. International Organization for Standardization, Geneva.

[4] https://kamis.gov.tr/ (Ziyaret tarihi 17 Ağustos 2018)

[5] Gullikson, S., Blades, R., ve Bragton, M. (1999). The impact of information architecture academic Web site usability. The Electronic Library, 17(5), 293-304.

[6] Abels, E.G., White, M.D., and Hahn, K. (1997) "Identifying user-based criteria for Web pages", Internet Research, Vol. 9, No 4, pp. 252-262.

[7] Rosenfeld, L. & Morville, P. 1998. Information Architecture for the World Wide Web. (Cambridge: O'Reilly)

[8]Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to usability. https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/. (Ziyaret tarihi 12 Ağustos 2018)

[9] Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. In Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems (pp. 206-213). ACM.

[10] Scheiderman, B. and Plaisant, C., 2009, Development Process, Designing User Interfaces: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Fifth Edition, Editör: S. H. Sullivan, Pearson Education, 139-173p.

[11]https://www.justinmind.com/blog/how-to-do-usability-tests-online-before-coding/ (Ziyaret tarihi 12 Ağustos 2018)

BEGONİA SEMPERFLORENS (BEGONYA) POLEN TÜPÜ OLUŞUMUNDA NACL'NİNETKİSİ

Duygu AYDIN
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
duyguuaydinn@outlook.com

Doç.Dr.Özlem AKSOY
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
ozlem.aksoy@kocaeli.edu.tr

Reyhan AVA
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
gulsumavaa@gmail.com

Hatice KILIÇ
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
zaza.emre20@gmail.com

Gökçe KESNİK
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
kesnikgokce36@gmail.com

Özet
Bitkilerin metabolizmasını etkileyerek oksidatif hasara neden olan tuz stresi, büyüme ve gelişimlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, *Begonia semperflorens* polen çimlenmesi üzerinde NaCl etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, *B.semperflorens*'den olgun anterler toplandı ve 4 tanesi 50 µl polen besiyeri (%10 sükroz, %0,01 H_3BO_3, %0,01 $CaCI_2$, %0,02 $MgSO_4.7H_2O$, %0,01 KH_2PO_4) bulunan lam üzerine alındı. Üzerine 1 mM, 2 mM ve 4 mM (ph 5) tuz konsantrasyonlarından 50 µl eklendi ve kontrol grubunda distile su kullanıldı. Polen çimlenmesi, polen tüpü uzunluğu ve polen tüpü anormallikleri 4. saatin sonunda, 50 µl aseto-orcein ile boyandıktan sonra mikroskop altında incelendi. Polen çimlenme yüzdesi, kontrol grubunda %38,41 olarak gözlemlenirken, 1 mM, 2 mM ve 4 mM tuz konsantrasyonlarında sırasıyla %13,15, %30,98 ve %6,18 olarak tespit edildi. Polen tüpü uzunluğu kontrol grubunda 120,49 µm olarak tespit edilirken, 1 mM ve 2 mM tuz konsantrasyonlarında sırasıyla 84,06 µm, 109,73 µm olarak tespit edildi. 4 mM tuz konsantrasyonunda boy ölçümü alınamayacak kadar kısa polen tüpü oluşumu gözlendi. Polen tüpü anormalliklerinde, tüp ucunda şişmeler ve dirsek yapısı gözlendi. Sonuç olarak, miktar artışıyla birlikte bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen tuz stresinin *B. semperflorens* polen tüpü gelişimi üzerinde en yüksek tuz konsantrasyonunda olumsuz etkiye sahip olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler:*Begonia semperflorens*, NaCl, polen çimlenmesi, polen tüpü uzunluğu, polen tüpü anormalliği

Effect of NaCl (Salt) On Pollen Germination of *Begonia semperflorens*

Abstract
Salt stress, which causes oxidative damage by affecting the metabolism of plants, adversely affects the growth and development of the plant. The aim of this study was to investigate the effect of NaCl salt on the development of *Begonia semperflorens* pollen. In this context, 4 of the mature anthers collected from *B. semperflorens*, 50 µl polen medium (10% sucrose, 0.01% H_3BO_3, 0.01% $CaCl_2$, 0.02% $MgSO_4.7H_2O$, 0.01% KH_2PO_4) taken on; 50 µl of 1 mM, 2mM and 4 mM (pH 5) salt concentrations were added and distilled water was used in the control group. After stained with 50 µl of acetone-orcein at the end of the 4th hour, polen germination, polen tube length and polen tube abnormalities were observed under microscope. The percentage of germination was 38.41% in the control group and

13.15%, 30.98% and 6.18% in 1 mM, 2 mM and 4 mM salt concentrations, respectively. Pollen tube length was determined as 120.49 µm in the control group and 84.06 µm, 109.73 µm respectively at 1 mM and 2 mM salt concentrations. In the 4 mM salt concentration, polen tube formation was observed to be too short to be taken. Pollen tube abnormalities, tube ends welling and elbow structure were observed. As a result, salt stres which negatively affects the plant growth with the increase in quantity, has a negative effect on the highest salt concentration on the development of *B. semperflorens* pollen tube.

Key Words:*Begonia semperflorens*, NaCl, pollen germination, pollen tube lenght, pollen tube abnormality

1. GİRİŞ

Bitki büyüme ve gelişmesini tehdit eden en önemli sorunlardan birisi olan tuzluluk; tarım alanlarında toprağın yapısını bozup tuz stresini arttırmaktadır (Koca ve ark., 2007). İyon ve osmotik basınç stresine neden olan tuzluluk, bitkilerde gelişimi olumsuz yönde etkilemektedir (Parida ve Das, 2005). Tuzdan ilk etkilenen kısım olan plazma membranı geçirgenliği tuzluluk sartlarında, hücre zarı hasarının tuza duyarlı formlarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Mansour ve Salama, 2004). Mikrosporların oluşumu ve gelişimi sırasında gelişen herhangi bir anormallik, steril spikelet oluşumuna yol açar. Çiçek kısımlarında Na^+ miktarı arttıkça, polen canlılığı ve stigmanın alış gücü azalır (Khatun ve Flowers, 1995). Petunya (*Petuniahybrida* Vilm. cv. 'Snowstorm') bitkilerine, farklı ozmotik basınç değerlerine sahip tuz çözeltileri (NaCl, MgCl ve CaCl) uygulandıktan sonra polen canlılığının artan tuz miktarı ile azaldığı gözlenmiştir (Reddy ve Goss, 2006). 8 tane kanola türüne yapılan tuz uygulaması, artan tuz miktarı ile orantılı olarak polen canlılığı ve çimlenmesini olumsuz yönde etkilemiştir (Gul ve Ahmad, 2006).

B.semperflorens, gölgeli ve güneşli alanlarda yetişebilen (Kessler ve Armitage, 1993), sürekli çiçek açabilen bir süs bitkisidir, model organizma olarak (Bi ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2010; Jin ve ark., 2011; Aksoy ve ark., 2013) birçok çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışmada, *B. semperflorens* polen çimlenmesi üzerinde NaCl etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

B. semperflorens ticari olarak elde edildi. Çiçeklerinde bulunan olgun anterler toplandı ve 4 tanesi 50 µl polen besiyeri (%10 sükroz, %0,01 H_3BO_3, %0,01 $CaCI_2$, %0,02 $MgSO_4.7H_2O$, %0,01 KH_2PO_4) bulunan lam üzerine alındı. Üzerine 1 mM, 2 mM ve 4 mM (pH 5) tuz konsantrasyonlarından 50 µl eklendi ve kontrol grubunda distile su kullanıldı. Her uygulama üç tekrarlı olarak yapıldı. Polen çimlenmesi, polen tüpü uzunluğu ve polen tüpü anormallikleri 4. saatin sonunda, 50 µl aseto-orcein ile boyandıktan sonra mikroskop altında incelendi. Polen tüpü uzunluğu her bir konsantrasyon için 20 adet polenden ölçüm alınarak hesaplandı. Verilerin istatistiksel analizinde, SPSS 22.0 kullanıldı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar Kruskal – Wallis ile karşılaştırıldı. P değeri 0,05 olarak alındı.

3. SONUÇ

Polen çimlenme yüzdesi, kontrol grubunda %38,41 olarak saptandı ve 4 mM tuz konsantrasyonunda ise %6,18'e düştüğü tespit edildi. Tuz uygulaması sonucunda *B. semperflorens* polen çimlenmesi üzerinde, uygulama ve kontrol grupları arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olduğu gözlendi (Tablo 1).

Tablo 1. Tuz uygulanan *B. semperflorens* polenlerinin çimlenme yüzdeleri.

Tuz Konsantrasyonu (mM)	Polen Çimlenme Yüzdesi (%)
0	38,41
1	13,15*
2	30,98*
4	6, 18*

(* p<0,05 düzeyinde anlamlıdır.)

Farklı konsantrasyonlarda tuz uygulamasının, *B.semperflorens* polen tüpü uzunluğunda önemli bir etki göstermediği ve istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edildi (Tablo 2). Polen tüpü uzunluğu kontrol grubunda 120,49 µm olarak tespit edilirken, 1 mM ve 2 mM tuz konsantrasyonlarında sırasıyla 84,06 µm, 109,73 µm olarak tespit edildi. 4 mM tuz konsantrasyonunda boy ölçümü alınamayacak kadar kısa polen tüpü oluşumu gözlendi.

Tablo 2. Tuz uygulanan *B.semperflorens* polenlerinin polen tüpü uzunlukları ortalamaları.

Tuz Konsantrasyonu (mM)	Polen Tüpü Uzunluğu Ort. (µm) ±S.S
0	120,49 ± 1,65
1	84,06 ± 17,16*
2	109,73 ± 24,95*
4	-

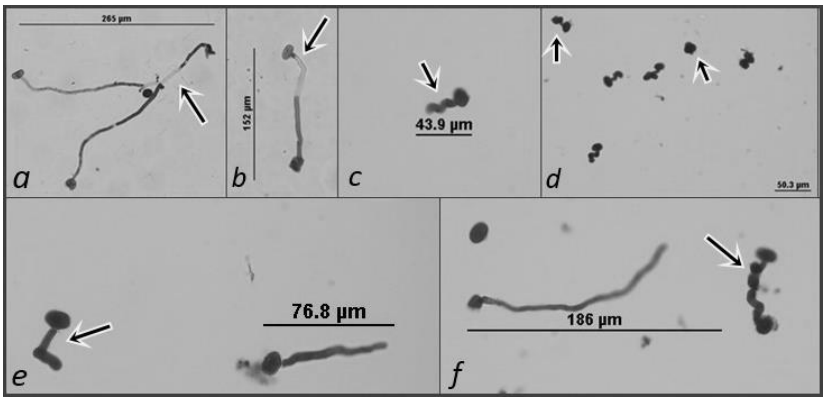
(* p>0,05 düzeyinde anlamsızdır).

Farklı tuz konsantrasyonu uygulamaları yapılan *B.semperflorens* polen tüpü anormalliklerinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edildi (Tablo 3). Kontrol grubunda %0,92 olarak gözlenen polen tüpü anormalliği, 2 mM tuz konsantrasyonunda %1,28 oranında tespit edildi. Polen tüpü anormalliklerinden dirsek, heliks ve anormal büyüklükte kalloz tıpa oluşumu gözlendi (Şekil 1).

Tablo 3. Tuz uygulanan *B.semperflorens* polenlerinin polen tüpü anormalliklerinin ortalamaları.

Tuz Konsantrasyonu (mM)	Polen Tüpü Anormallik Yüzdesi (%)
0	0,92
1	0,61*
2	1,28*
4	0,77*

(* p<0,05 düzeyinde anlamlıdır.)



Şekil 1. *B.semperflorens*'de polen tüpü anormallikleri örnekleri. (a) anormal büyüklükte kalloz tıpa oluşumu (2 mM); (b) anormal büyüklükte kalloz tıpa oluşumu (2 mM); (c) polen tüpü kıvrılması (1 mM); (d) polen tüpü dönmesi (1 mM); (e) polen tüpünde dirsek oluşumu (1 mM); (f) polen tüpünde heliks oluşumu (1 mM).

4. TARTIŞMA

Elde edilen verilere göre kontrol grubunda %38,41 olarak tespit edilen polen çimlenme yüzdesi, 4 mM tuz konsantrasyonunda %6,18 olarak tespit edilirken, polen tüpü uzunluklarının ortalaması kontrol grubunda 120,49 µm, 4 mM tuz konsantrasyonunda ise ölçüm alınamayacak kadar kısaldığı gözlemlendi. Tuz stresi, yoğunluk ve maruz kalma süresine bağlı olarak bitkilerde büyüme, gelişme, hücre bölünmesi, çimlenme ve fotosentez gibi birçok biyolojik süreci etkilemektedir (Parida ve Das, 2005). Sarhadi ve ark., tuza duyarlı ve tuza toleranslı iki farklı pirinç genotipinde, tuz stresinin polen canlılığı üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve tuza duyarlı olan pirinç genotipinde polen canlılığının %83, tuza toleranslı olanda ise %23 oranında azalma gösterdiğini saptamışladır (Sarhadi ve ark., 2012). Başka bir araştırmada; 0 mM, 35 mM ve 50 mM tuz konsantrasyonları nohut tohumlarına uygulandıktan sonra tohum ve çiçek üretimi ile doğrudan ilişkili olan doldurulmuş bakla sayısı azalmış, ancak erken üreme dokularında farklılık görülmemiştir (Kotula ve ark., 2015). 4 mM NaCl konsantrasyonunun *B. semperflorens* polenlerine uygulanmasının ardından çimlenmenin görülmediği çalışmamıza benzer olarak, Tyagi ve Rangaswamy, 11 farklı *Brassica* çeşidinin polenlerine üç farklı NaCl konsantrasyonunu uyguladıktan sonra polen tüpünün oluşmadığını gözlemlemişlerdir (Tyagi ve Rangaswamy, 1993).

NaCl ve $CaCl_2$ karıştırılarak oluşturulan 12 farklı tuz konsantrasyonunu 5 *Pistacia* türünün polenlerine uygulayan Yokaş ve ark. da tuzluluğun türe bağlı olarak farklı oranlarda polen çimlenmesini azalttığını tespit etmiştir (Martinez-Pallé ve ark., 1995). Buna ek olarak, 50 mM NaCl ve 30 mM Na_2SO_4 tuz solüsyonlarına maruz bırakılan domates polenlerinde çimlenme gözlenmemiştir (Yokaş ve ark., 2008). Tuzluluğun polen çimlenmesini olumsuz yönde etkilediğini gösteren araştırmalara karşın, in vitro koşullarda polen canlılığı, polen çimlenmesi ve polen tüpü uzunluğu incelenen nohutun farklı genotiplerinden elde edilen polenler içerisinde, tuza duyarlı ya da hassasiyet gösterenler arasında anlamlı farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir (Turner ve ark., 2013). Buna ilaveten, tuza toleranslı iki arpa türü ile tuza duyarlı bir arpa türü çaprazlanıp, melez üçüncü neslin polenleri tuzluluğa maruz bırakıldığında, polen çimlenmesinin arttığı tespit edilmiştir (Koval, 2004). Tuzluluğa karşı farklı hassasiyet oranlarına sahip bitkiler arasında dayanıklılık türe bağlı değişkenlik göstermekte ve tuza karşı toleransı geliştirilen türlerde tuz stresi zararının azaldığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, *B.semperflorens* bitkisinde polen tüpü oluşumunun tuzluluğa karşı hassasiyet oranını tespit etmek için yaptığımız bu çalışmada, 4 mM NaCl konsantrasyonu uygulanan polenlerde çimlenme oranında önemli bir azalma olduğu tespit edildi. Tuz stresinin polen çimlenmesini olumsuz yönde etkilemesi, meyve oluşumunu ve verimliliği de olumsuz yönde etkileyecektir. Elde ettiğimiz bilgilerin ışığında bir süs bitkisi olan *B.semperflorens*' de üremenin, yüksek tuz konsantrasyonlarında engellenebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Aksoy, Ö., Özkan, A. D., Deveci, A., & Gonca, A. (2013). The Effects of Some Pesticides on Pollen Germination of Begonia semperflorens Investigation of the Effects of Nobiletin Flavonoid on TLR4 and TLR9 Receptors in Prostate Cancer Cells View project Reduction of toxic effects of some heavy metals using Eisenia foetida vermicompost. View project The Effects of Some Pesticides on Pollen Germination of *Begonia semperflorens*. *Journal of Functional and Environmental Botany*, *3*(2), 114–119.

Bi, H., Guo, M., Wang, J., Qu, Y., Du, W., & Zhang, K. (2018). Transcriptome analysis reveals anthocyanin acts as a protectant in *Begonia semperflorens* under low temperature. *Acta Physiologiae Plantarum*, *40*(1), 1–12.

Gul, H., & Ahmad, R. (2006). Effect of salinity on pollen viability of different canola (*Brassica napus* L.) cultivars as reflected by the formation of fruits and seeds. *Pakistan Journal of Botany*, *38*(2), 237–247.

Jin, H. J., Zhou, Y. G., Liu, H. C., & Chen, S. F. (2011). Paenibacillus jilunlii sp. nov., a nitrogen-fixing species isolated from the rhizosphere of *Begonia semperflorens*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *61*(6), 1350–1355.

Kessler, J. R., & Armitage, A. M. (1993). Effects of carbon dioxide, light and temperature on seedling growth of *Begonia* x *semperflorens*- cultorum Effects of carbon dioxide, light and temperature on seedling growth of Begonia x semperjlorens-cultorum. *Journal of Horticultural Science*, *68*(682),281–287.

Khatun, S., & Flowers, T. J. (1995). Effects of salinity on seed set in rice. *Plant, Cell & Environment*, *18*(1), 61–67.

Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, I. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, *60*(3), 344–351.

Kotula, L., Khan, H. A., Quealy, J., Turner, N. C., Vadez, V., Siddique, K. H. M., Colmer, T. D. (2015). Salt sensitivity in chickpea (*Cicer arietinum* L.): Ions in reproductive tissues and yield components in contrasting genotypes. *Plant, Cell and Environment*, *38*(8), 1565–1577.

Koval, V. S. (2004). Male and Female Gametophyte Selection of Barley for Salt Tolerance. *Hereditas*, *132*(1), 1–5.

Mansour, M. M. F., & Salama, K. H. A. (2004). Cellular basis of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*, *52*(2), 113–122.

Martinez-Pallé, E., Herrero, M., Aragüés, R., & Suelos y Riegos, U. (1995). Salt Response Of Seeds And Pollen Of Five Pistacia Species. *Acta Horticulturae*, (419), 49–54.

Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *60*(3), 324–349.

Reddy, P. R., & Goss, J. A. (2006). Effect of Salinity on Pollen. I. Pollen Viability as Altered by Increasing Osmotic Pressure with NaCl, MgCl 2 , and CaCl 2. *American Journal of Botany*, *58*(8), 721.

Sarhadi, E., Bazargani, M. M., Sajise, A. G., Abdolahi, S., Vispo, N. A., Arceta, M., Salekdeh, G. H. (2012). Proteomic analysis of rice anthers under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *58*, 280–287.

Turner, N. C., Colmer, T. D., Quealy, J., Pushpavalli, R., Krishnamurthy, L., Kaur, J., Vadez, V. (2013). Salinity tolerance and ion accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salt stress. *Plant and Soil*, *365*(1–2), 347–361.

Tyagi, R. K., & Rangaswamy, N. S. (1993). Screening of pollen grains vis-à-vis whole plants of oilseed brassicas for tolerance to salt. *Theoretical and Applied Genetics: International Journal of Plant Breeding Research*, *87*(3), 343–346.

Yokaş, I., Tuna, A. L., Bürün, B., Altunlu, H., Altan, F., & Kaya, C. (2008). Responses of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Plant to exposure to different salt forms and rates. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32*(4), 319–329.

Zhang, K. M., Yu, H. J., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J. Q., & Xia, X. J. (2010). Photoprotective roles of anthocyanins in Begonia semperflorens. *Plant Science, 179*(3), 202–208.

BEGONİA SEMPERFLORENS (BEGONYA) POLEN TÜPÜ OLUŞUMUNDA ALÜMİNYUMUN ETKİSİ

Duygu AYDIN
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
duyguuaydinn@outlook.com

Doç.Dr. Özlem AKSOY
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
ozlem.aksoy@kocaeli.edu.tr

Dilek SEZER
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
dlkszr77@gmail.com

Emine TERZİ
Kocaeli Üniversitesi/Fen Edebiyat Fakültesi/Biyoloji Bölümü
terziemine99@hotmail.com

Özet

Endüstriyel faaliyetlerin sonucu olarak doğaya salınan ağır metaller, çevreyi önemli ölçüde kirletmektedir. Alüminyum, bitkilerin gelişimi için çok az miktarda ihtiyaç duyduğu; fazla alındığında ise toksik etkiye sahip olan bir ağır metaldir. Bu çalışmanın amacı, alüminyumun *Begonia semperflorens* polen tüpü oluşumu üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Çalışma kapsamında, *B. semperflors*'den olgunlaşmış anterler toplandı ve lam üzerine pipetlenen 50 µl polen besiyeri (%10 sükroz, % 0,01H_3BO_3, % 0,01$CaCI_2$, %0,02 $MgSO_4.7H_2O$, %0,01 KH_2PO_4) içerisine 4 adet anter konuldu. Ardından 0,5 mM, 1 mM ve 2 mM (ph 5) alüminyum konsantrasyonlarından 50 µl eklendi ve kontrol grubunda ise distile su kullanıldı. 4. saatin sonunda 50 µl aseto-orsein ile boyanan polenlerin çimlenmesi, polen tüpü uzunluğu ve polen tüpü anormallikleri mikroskop altında incelendi. Her konsantrasyon 3 tekrarlı olarak yapıldı. Kontrol grubunda %38,41 olarak tespit edilen çimlenme yüzdesinin, 0,5 mM, 1 mM, 2 mM alüminyum konsantrasyonlarında sırası ile %19,67, %10,06 ve %7,45'e düştüğü gözlendi. Polen tüpü uzunluğu kontrol grubunda 120,49 µm olarak tespit edilirken, konsantrasyon miktarı arttıkça polen tüpü uzunluklarında kısalmalar gözlendi. Polen tüpü uzunlukları 0,5 mM ve 1 mM alümnyum konsantrasyonlarında sırası ile 91,63 µm, 82,07 µm olarak saptanırken 2 mM alüminyum konsantrasyonunda boy ölçümü alınamadı. Polen tüpü anormalliklerinde, tüp ucunda şişmeler ve dirsek yapısı tespit edildi. Sonuç olarak, alüminyum konsantrasyonu arttıkça *B. semperflorens* bitkisinde polen çimlenme yüzdesinde ve polen tüpü uzunluklarında önemli ölçüde azalmalar olduğu tespit edildi. Zigot ve embriyoyu oluşturacak olan polen çimlenmesinde, alüminyum etkisi ile görülen bu değişimler *B. semperflorens'* de tohum oluşumunu da etkileyeceğinden bitki yetiştiriciliği açısında önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Begonia semperflorens*, alüminyum, polen çimlenmesi, polen tüpü uzunluğu, polen tüpü anormalliği

The Effect of Aluminium on Pollen Tube Formation of *Begonia semperflorens* (Begonia)

Abstract

Heavy metals are released into the environment as a result of industrial activities significantly pollute the environment. Aluminum needs only a small amount for the development of plants; it is a heavy metal with a toxic effect. The aim of this study was to investigate the effect of aluminum on the development of *Begonia semperflorens* pollen. In this study, mature anthers from *B. semperflorens* were collected and 50 µl of pollen medium (10% sucrose, 0.01% H_3BO_3, 0.01% $CaCl_2$, 0.02% $MgSO_4.7H_2O$, 0.01% KH_2PO_4) pipetted onto the slide and were placed 4 anthers. Then 50 µl of 0.5

mM, 1 mM and 2 mM aluminum concentrations were added and distilled water were used in the control group. At the end of the 4th line, the germination of pollen, pollen tube length and pollen tube anomalies after stained with 50 µl of acetone-orsein were examined under a microscope. Each concentration was performed in 3 replicates. It was observed that the percentage of germination determined as 38.41% in the control group, decreased to 19.67%, 10.06% and 7.45% at 0.5 mM, 1 mM, 2 mM aluminum concentrations, respectively. Pollen tube length was determined as 120.49 µm in the control group, but shortening of pollen tube lengths was observed with increasing concentration. Pollen tube lengths were determined to be 91.63 µm, 82.07 µm in 0.5 mM and 1 mM aluminum concentrations, while 2 mM aluminum concentration could not be measured. Pollen tube abnormalities, tube end swelling and elbow structure was detected. As a result, as the concentration of aluminum increased, the percentage of pollen germination and pollen tube lengths decreased significantly in the *B. semperflorens* plant. These changes which has been seen with the effect of aluminum on pollen germination that will form the zygote and embryos, will also affect seed formation and this is important in terms of plant breeding.

Key Words: *Begonia semperflorens*, aluminium, pollen germination, pollen tube lenght, pollen tube abnormality

1. GİRİŞ

Asit yağmurları, aşırı amonyum bazlı gübreleme, elektrik santralleri, endüstriyel faaliyetler, egzost gazı, organik madde birikimi vb. faktörler toprağı asidikleştirir ve alüminyumun çözünmesine neden olur, fitotoksik hale geçirir (Matsumoto, 2000; Wang et al., 2006). Alüminyum toksisitesi, apoplasttaki bağlanma bölgelerinde Ca^{+} iyonları ve Al^{+} iyonlarının yer değiştirmesi sonucunda hücre dejenerasyonuna neden olur (Caldwell, 2008; Blamey, 2001). Al, hücre duvarındaki pektine hızlı ve güçlü bir şekilde bağlanarak Ca^{+} iyonlarının deformasyonuna (Blamey, 2001) ve Ca^{+} bağlanma proteini kalmodulinin yapısını bozarak kalmodulin - Ca^{+} aktivasyonunun inhibisyonuna neden olur (Siegel ve Haug, 1983). Al, hem sıvı kültürde hem de agarda çimlenen çay polenlerinin tüp büyümesini engellemektedir (Konishi ve Miyamoto, 1983). 0 µM, 10 µM, 20 µM ve 40 µM Al uygulandıktan 20 saat sonra bakılan çay poleninde (*Camellia sinensis* L.), en yüksek dozda tüp uzamasını %70 oranında inhibe ettiği gözlemlenmiştir (Konishi ve ark., 1988). *Lilium longiflorum* polenlerine 3 µM, 10 µM ve 30 µM konsantrasyonlarında Al uygulayan Sawidis ve Reiss (1995), alüminyumun tüp uzamasını azalttığını tespit etmişlerdir.

Gölgeli ve güneşli alanlarda yetişebilen (Kessler ve Armitage, 1993), sürekli çiçek açabilen *B. semperflorens*, model organizma olarak (Zhang et al., 2010; Aksoy ve ark., 2013; Bi ve ark., 2018) birçok çalışmada kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, alüminyumun *B. semperflorens* polen tüpü oluşumu üzerindeki etkisinin incelenmesidir.

2. MATERYAL METOD

B.semperflors'den olgunlaşmış anterler toplandı ve lam üzerine pipetlenen 50 µl polen besiyeri (%10 sükroz, %0,01 H_3BO_3, %0,01 $CaCI_2$, %0,02 $MgSO_4.7H_2O$, %0,01 KH_2PO_4) içerisine 4 adet anter konuldu. Ardından 0,5 mM, 1 mM ve 2 mM (ph 5) alüminyum konsantrasyonlarından 50 µl eklendi ve kontrol grubunda distile su kullanıldı. 4.saatin sonunda 50 µl aseto-orsein ile boyanan polenlerin çimlenmesi, polen tüpü uzunluğu ve polen tüpü anormallikleri mikroskop altında incelendi. Her konsantrasyon 3 tekrarlı olarak yapıldı. Her bir konsantrasyon için polen tüpü uzunlukları, 20 adet polenden ölçüm alınarak hesaplandı. Verilerin istatistiksel analizinde, SPSS 22.0 kullanıldı. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar Kruskal – Wallis ile karşılaştırıldı. P değeri 0,05 olarak alındı.

3. SONUÇ

Birbirinden farklı Al konsantrasyonları uygulanan *B.semperflorens* polenlerinin çimlenmesi ve polen tüpü uzunlukları arasında anlamlı bir farklılık gözlendi. Kontrol grubunda %38,41 olarak tespit edilen

polen çimlenme yüzdesi; 0,5 mM, 1 mM ve 2 mM Al konsatrasyonlarında sırasıyla %19,67, %10,06 ve %7,45'e düştüğü gözlendi (Tablo 1).

Tablo 1. Alüminyum uygulanan *B. semperflorens* polenlerinin çimlenme yüzdeleri.

Alüminyum Konsantrasyonu (mM)	Polen Çimlenme Yüzdesi (%)
0	38,41
0,5	19,67*
1	10,06*
2	7,45*

(*p<0,05 düzeyinde anlamlıdır)

Kontrol grubunda 120,49 µm olarak tespit edilen polen tüpü uzunluğu, 0,5 mM ve 1 mM alüminyum konsantrasyonlarında sırasıyla 91,63 µm, 82,07 µm olarak saptanırken, 2 mM alüminyum konsantrasyonunda boy ölçümü alınamayacak kadar kısa tüp oluşumları tespit edildi (Tablo 2).

Tablo 2. Alüminyum konsantrasyonları uygulanan *B. semperflorens* polenlerinde tüp uzunluğu ortalamaları.

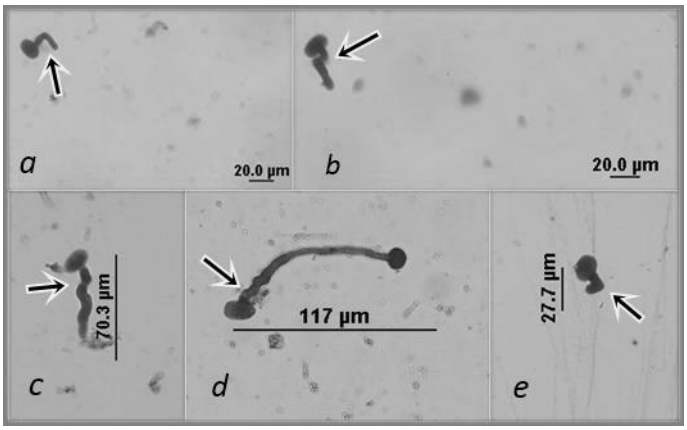
Alüminyum Konsantrasyonu (mM)	Polen Tüpü Uzunluğu Ort. (µm) ±S.S
0	120,49 ± 1,65
0,5	91,63 ± 11,5*
1	82,07 ± 1,95*
2	-

(*p<0,05 düzeyinde anlamlıdır)

Kontrol grubunda polen tüpü anormallikleri %0,92 iken 1 mM Al konsantrasyonunda %2,79 ile en yüksek oran gözlendi (Tablo 3). Polen tüpü anormalliklerinde, dirsek ve heliks yapıları gözlendi (Şekil 1).

Tablo 3. Alüminyum konsantrasyonları uygulanan *B. semperflorens* polenlerinde tüp anormallikleri ortalamala yüzdeleri.

Alüminyum Konsantrasyonu (mM)	Polen Tüpü Anormallik Yüzdesi (%)
0	0,92
0,5	0,77
1	2,79
2	0,82



Şekil 1. *B. semperflorens*'de polen tüpü anormallikleri örnekleri. (a) dirsek oluşumu (0,5 mM); (b) dirsek oluşumu (0,5 mM); (c) polen tüpünde kıvrılma (0,5 mM); (d) polen tüpünün boynunda ondüleli görünüm (1 mM); (e) dirsek oluşumu (2 Mm).

4. TARTIŞMA

Çalışmamızın sonuçlarına göre kontrol grubunda %38,41 olarak tespit edilen polen çimlenme yüzdesi, en yüksek Al konsantrasyonunda %7,45; polen tüpü uzunluklarının ortalaması kontol grubunda 120,49 µm iken en yüksek Al konsantrasyonunda ölçüm alınamayacak kadar kısaldığı gözlemlendi. Polen çimlenmesi ve polen tüpü uzunlukları arasında anlamlı bir farklılık gözlenirken, polen tüpü anormalliklerinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edildi.

Bitkiler için düşük dozlarda önemli mikro-element olan bazı ağır metaller, yüksek dozlarda bitkilerin büyümesini engeller ve metabolik düzensizliğe sebep olabilir (Carlson ve ark., 1991; Fernandes ve Henriques, 1991). Kök büyümesi inhibisyonu, su alımı, protein sentezi, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, membran stabilitesi gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayların sekteye uğramasına ağır metaller neden olur (Kennedy ve Gonsalves, 1987). Ağır metal kirliliğinin sebepleri arasında, tarımda gübreleme ve ilaçlama, evsel atıklar, endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtlar ve volkanik faaliyetler gibi pek çok etken yer alır (Sresty ve Rao, 1999). Metale karşı toleranslı *Silene dioica* ve *Mimulus guttatus*, çinko veya bakırın toksik konsantrasyonlarına maruz bırakıldıktan sonra klonlanlanıp, büyütülen bitkilerin çiçeklerinde toksik miktarlarda çinko ve bakır tespit edilmiştir (Bot, 1985). 4. saatin sonunda 4 mM tuz konsantrasyonunun polen çimlenmesini azalttığını saptadığımız çalışmamıza benzer olarak, 2008 yılında Sawidis, *Nicotiana tabacum* ve *Lilium longiflorum* polenlerine kadmiyum uygulamasının ardından konsantrasyon artışıyla birlikte toksik etkinin arttığını, polen çimlenmesinin durdurduğunu ve 1. saatin sonunda polenlerin patladığını gözlemlemiştir (Sawidis, 2008). 100 mM, 300 mM, 500 mM ve 700 mM nikel konsantrasyonlarını *Arabis alpina* polenlerine uygulayan Pavlova'da, polen çimlenmesi ve polen tüpünün oluşmadığını gözlemlemiştir (Pavlova, 2016).

Sonuç olarak, alüminyum konsantrasyonu arttıkça *B. semperflorens* bitkisinde polen çimlenmesi ve polen tüpü uzunluklarında önemli ölçüde azalmalar olduğu tespit edilirken, polen tüpü anormalliklerinde önemli bir farklılık olmadığı tespit edildi. Zigot ve embriyoyu oluşturacak olan polen çimlenmesinde, alüminyum etkisi ile görülen bu değişimler *B. semperflorens* tohum oluşumunu olumsuz yönde etkileyerek, verimi azaltmaktadır. Bu nedenle bitki yetiştiriciliği açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Aksoy, Ö., Özkan, A. D., Deveci, A., & Gonca, A. (2013). The Effects of Some Pesticides on Pollen Germination of Begonia semperflorens Investigation of the Effects of Nobiletin Flavonoid on TLR4 and TLR9 Receptors in Prostate Cancer Cells View project Reduction of toxic effects of some heavy metals using Eisenia foetida vermicompost. View project The Effects of Some Pesticides on Pollen Germination of *Begonia semperflorens*. *Journal of Functional and Environmental Botany*, *3*(2), 114–119.

Bi, H., Guo, M., Wang, J., Qu, Y., Du, W., & Zhang, K. (2018). Transcriptome analysis reveals

anthocyanin acts as a protectant in *Begonia semperflorens* under low temperature. *Acta Physiologiae Plantarum*, *40*(1), 1–12.

Blamey, F. P. C. (2001). The Role of the Root Cell Wall in Aluminum Toxicity. In *Plant Nutrient Acquisition* (pp. 201–226). Tokyo: Springer Japan.

Bot, J. (1985). Pollen Selection And The Gametophytic Expression Of Metal Tolerance In *Silene dioica* (Caryophyllceae) And *Mimulus guttatus* (*Scrophulariaceae*), *72*(11), 1700–1706.

Caldwell, C. R. (2008). Analysis of Aluminum and Divalent Cation Binding to Wheat Root Plasma Membrane Proteins Using Terbium Phosphorescence. *Plant Physiology*, *91*(1), 233–241.

Carlson, C. L., Adriano, D. C., Sajwan, K. S., Abels, S. L., Thoma, D. P., & Driver, J. T. (1991). Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. *Water, Air, and Soil Pollution*, *59*(3–4), 231–240.

Fernandes, J. C., & Henriques, F. S. (1991). Excess Copper in Plants. *The Botanical Review*, *57*(3), 246–273.

Kennedy, C. D., & Gonsalves, F. A. N. (1987). The Action of Divalent Zinc , Cadmium , Mercury , Copper and Lead on the Trans-Root Potential and H + Efflux of Excised Roots, *38*(190), 800–817.

Kessler, J. R., & Armitage, A. M. (1993). Effects of carbon dioxide, light and temperature on seedling growth of *Begonia* x *sempeiflorens*- cultorum Effects of carbon dioxide, light and temperature on seedling growth of Begonia x semperjlorens-cultorum. *Journal of Horticultural Science*, *68*(682), 281–287.

Konishi, S., Ferguson, L. ., & Putterill, J. (1988). Effect Of Acidic Polypeptides On Alliuminium Toxicity in Tube Growth Of Pollen From Tea (*Camellia sinensis* L.), *56*, 55–59.

Konishi, S., & Miyamoto, S. (1983). Alleviation of Aluminum Stress and Stimulation of Tea Pollen Tube Growth by Fluorine. *Plant and Cell Physiology*, *24*(5), 857–862.

Matsumoto, H. (2000). Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *International Review of Cytology*, *200*, 1–46.

Pavlova, D. (2016). Effect of nickel on pollen germination and pollen tube length in *Arabis alpina* (*Brassicaceae*). *Australian Journal of Botany*, *64*(4), 302.

Sawidis, T. (2008). Effect of cadmium on pollen germination and tube growth in *Lilium longiflorum* and *Nicotiana tabacum*. *Protoplasma*, *233*(1–2), 95–106.

Sawidis, T., & Reiss, H.-D. (1995). Effects of heavy metals on pollen tube growth and ultrastructure. *Protoplasma*, *185*(3–4), 113–122.

Siegel, N., & Haug, A. (1983). Aluminum interaction with calmodulin: Evidence for altered structure and function from optical and enzymatic studies. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, *744*(1), 36–45.

Sresty, T. V. S., & Rao, K. V. M. (1999). Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cells of pigeonpea, *41*, 3–13.

Wang, J., Raman, H., Read, B., Zhou, M., Mendham, N., & Venkatanagappa, S. (2006). Validation of an Alt locus for aluminium tolerance scored with eriochrome cyanine R staining method in barley cultivar Honen (*Hordeum vulgare* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, *57*(1), 113.

Zhang, K. M., Yu, H. J., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J. Q., & Xia, X. J. (2010). Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. *Plant Science*, *179*(3), 202–208.

FARKLI TANECİK BOYUTUNDAKİ SİLİSYUM KARBÜRLERİN YAPIŞMAZ KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Onurhan TOÇ
Kocaeli Universitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü Kocaeli-TURKİYE
Gizem Seramik Frit ve Glazür San. Tic. A.Ş, Sakarya-TURKİYE
onurhan.toc@gmail.com

Doç. Dr. Ayşe AYTAÇ*
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
Kocaeli Üniversitesi, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
*Sorumlu yazar: aaytac@kocaeli.edu.tr

Özet

Yapışmaz kaplama olarak, teflon kullanılan mutfak gereçleri, dış etkenlerden çok kolay etkilenmekte ve çok çabuk zarar görmektedirler. Bu tür kaplamalarda aşınma sorununu gidermek amacıyla kaplama reçetesi içinde genel olarak silisyum karbür (SiC) kullanılmaktadır. Silisyum Karbür (SiC) endüstride farklı tanecik boyutlarında bulunmaktadır. Bu çalışmada aşınma problemini gidermek ve daha uzun süreli kullanılabilen mutfak gereçleri elde etmek için farklı tanecik boyutlarının, yapışmaz kaplama özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, dolgu malzemesi olarak kullanılan SiC'nin üç farklı tanecik boyutu elde edilmiştir. Daha sonra reçeteye önce tek tek sonrada karışım halinde SiC eklenmesi ile yapışmaz kaplamalar hazırlanmış ve kaplama özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda; ilk önce kontrol yöntemi olarak yüzey analiz testleri yapılmaktadır. Yüzey testlerinden geçen denemeler ise aşınma testleri uygulanmıştır. Farklı tane boyutlarındaki malzemelerin yapı içerisindeki dağılımları ise Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri ile incelenmiştir. Kaplamaların, yapışmazlık özelliğine etkisi ise Temas Açısı Ölçüm Cihazları ile belirlenmiştir. Temas açısı ölçümleri sonucunda en yüksek değer SiC1000-SiC400 karışımında elde edilmiş ve karışımlarda aşınma, renk, yüzey dağılımı ve porozite de farklılıklar gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Poli(tetra floro etilen), Aşınma, Silisyum Karbür (SiC), Tane Boyutu

Abstract

Teflon is used as a non-stick coating in the kitchen utensils. It is very easily affected by external factors and scratch very quickly. Silicium carbide (SiC) is used in the coating recipe to eliminate the wear problem in such coatings. Silicium carbide (SiC) is available in different particle sizes in the industry. In this study, the effects of different particle sizes of silicium carbides on non-stick coating properties were investigated in order to reduce the wear problem and to obtain longer-lasting kitchen utensils. For this purpose, three different particle sizes of SiC were obtained as filling material. The non-stick coatings were then prepared by the addition of SiC individually and the mixture form to the recipes. Then the coating properties were examined. Firstly, surface analysis tests are performed as the control method to the coatings. Samples undergoing surface tests are applied to the wear tests. The distributions of materials of different particle sizes within the structure were examined by Scanning Electron Microscope (SEM) images. The effect on the non-stick properties of the coatings was determined by Contact Angle Measurements. As a result of contact angle measurements, the highest value was obtained in SiC1000-SiC400 mixture and differences were observed for wear, color, surface distribution and porosity properties.

Keywords: Poly (polytetrafluoroethylene), Abrasion, Silicium carbide (SiC), Particle Size

1.GİRİŞ

Artan dünya nüfusuna paralel olarak, yoğun iş yaşamları nedeniyle hayatı kolaylaştıracak, zamandan tasarruf sağlayacak yenilikler günümüzde oldukça fazla tercih edilmektedir. 1900'lü yıllarda mutfaklarda sıklıkla kullandığımız çelik tencerelerin yıkama zorluğu ve yemek artıklarının çok zor temizlenmesi, bilim insanlarını farklı arayışlar içerisine sürüklemiştir. 1938 yılında Du Pont firmasında çalışan kimyacı Dr. Roy J. Plunkett tarafından tesadüfen keşfedilen teflon, ilk olarak 2.dünya savaşında silah sanayisinde conta üretiminde kullanılmıştır. Savaşın devam ettiği 1940'lı yıllarda ise teflona şekil verme ve metal yüzeyleri kaplama yöntemleri geliştirilmiştir. 1938 yılında keşfedilen bu ürün 1960'lı yıllara doğru günlük hayatımıza girmeye başlamıştır. (Akbulut, U. 2009)
Yapışmaz kaplamalar (non-stick) düşük sürtünme katsayısına, yüksek korozyon direnci, dielektrik dayanımı ve sıcaklık dayanımına sahip olmaları nedeniyle farklı endüstriyel alanlarda günümüzde kullanım olanağı bulmaktadır. Yapışmaz kaplamalar, polimer esaslı kaplamalardır ve ana bileşenleri bağlayıcı (reçine), pigment (renk verici kimyasal), floropolimerler, katkılar ve taşıyıcılardır (su veya çözücü kimyasallar) (Bozan, U., Altuncu, E., Üstel, F. 2014). Politetrafloroetilen (PTFE) içerikli malzemeler yapısal özellikleri gereğince kaplanmış olduğu yüzeye yapışmazlık özelliği kazandırır. Bu özelliğinin yanı sıra sürtünme katsayısının düşük olması, yüksek korozyon direnci ve yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi özelliğinden dolayı sıklıkla tercih edilen bir floropolimerdir. En büyük eksikliği ise aşınma direncinin düşük olmasıdır. (Akıncı, A., Akbulut, H., Yılmaz, F. 2017) Teflon kaplamalar günümüzde özellikle mutfak gereçlerinin kaplanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Aşınma direncinin düşük olması, malzeme ömrünün kısa olmasına neden olmaktadır. Aşınma direnci, astar kat olarak tanımlanan alüminyum taban ile üst kat arasında bulunan ve yapıyı alüminyumdan gelebilecek zararlı etkilerden koruyan katman tarafından iyileştirilebileceği düşünülmüştür. Astar katın içerisinde bulunan dolgu malzemeleri yapının aşınma direncini belirler. Yapılan araştırmalar sonucunda ise yapının içerisinde bulunan malzemelerin tane boyutu, aşınma direnci üzerinde iyileşmelere sebep olmuştur. (Akıncı, A., Akbulut, H., Yılmaz, F. 2017)

Bu çalışmada dolgu malzemesi olarak kullanılan Silisyum Karbürün (SiC) farklı tanecik boyutundaki etkileri incelenmiştir. Denemelerde SiC 1000, SiC 500, SiC 400 reçete içerisinde önce tek tek sonra da karışım olarak eklenmiştir. Bant testi, yumurta testi ve aşınma testine tâbi tutulan kaplamalı yüzeyler değerlendirildikten sonra sonuçlar; Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Temas Açısı Ölçümü, Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR), Termal Gravimetrik Analiz (TGA) ile desteklenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Teflon Formülasyonunda Kullanılan Hammaddeler

Yapışmaz kaplamalı teflon malzemeler floropolimer esaslı polimerik malzemelerdir. Teflon kaplama malzemelerinin yapısında floropolimer olarak politetrafloroetilen (PTFE) kullanılmıştır. PTFE ilavesi kaplama yüzeyine yapışmazlık özelliği kazandırmıştır. Yapıda kullanılan diğer bileşenler ise pigment, reçine, dolgu malzemesi, çözücü ve surfaktantlardır. Surfaktantlar, yüzey aktif madde olarak yapıya dâhil edilmiştir. Gemiciler Boya Kimyevi Maddeler San. Tic. A.Ş firmasından tedarik edilen siyah ve mavi pigmentler renklendirici olarak ve yapının bağlanmasını sağlayan PAI (Poliamid-imid) bileşiği ise reçine olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada farklı tane boyutlarında kullanılan silisyum karbürün (SiC) kaplama yüzeyinin aşınma direncine olan etkileri incelenmiştir**.**

2.2. Teflon Malzemelerin Hazırlanması

Teflon kaplama malzemelerinin reçetelerinde SiC katkısı saf (bir çeşit SiC) ve karışım (farklı tane boyutlarına sahip iki çeşit SiC) olmak üzere iki farklı şekilde yazılarak 6 farklı reçete oluşturulmuştur. Karışım içeren reçetelerde farklı tane boyutuna sahip iki farklı SiC türü, her biri %1,5 oranında ve saf reçetelerde ise aynı tane boyutuna sahip tek çeşit SiC %3 oranında olacak şekilde eklenmiştir. Silisyum karbür katkılı teflon kaplama malzemelerinin hazırlanması için öncellikle %40-44 saf su ise %1-3 miktarındaki reoloji ajanı karıştırılmak üzere behere alınmıştır. Hazırlanan karışıma surfaktant, çözücü, pH düzenleyici, pigment (mavi, siyah), MICA ve %18-22 oranında reçine eklenerek 20 rpm

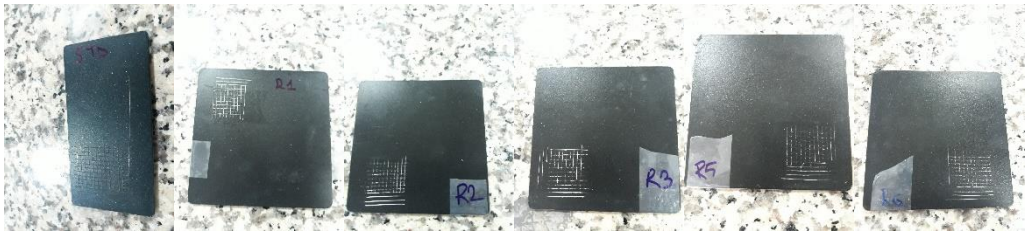
hızda homojenize olana kadar karıştırılmıştır. Elde edilen homojen karışım bir porselen değirmene alınarak 1 saat kadar öğütülmüştür. Öğütülen malzemeye %0-4 oranında kollaidal silika ve SiC 1000, SiC 500 ve/veya SiC 400 ticari adındaki her biri farklı tane boyutlarına sahip silisyum karbürler reçetelerde verilen oranlarda ilave edilip karıştırılmıştır. Son olarak karışımın içerisine %17-21 oranında PTFE ve %0-4 miktarında PMA ilave edilerek silisyum karbür katkılı teflon kaplama malzemeleri elde edilmiştir.

Reçete kodları ise; **STD** SiC 1000, **R2** SiC 500, **R3** SiC 400 tek çeşit; **R1** SiC 1000- SiC 500, **R5** SiC 1000- SiC 400, **R6** SiC 500- SiC 400 karışım formunda hazırlanmıştır.

3. SONUÇLAR

3.1. Bant Testi

Teflon kaplamalı yüzeyin alüminyum altlık ile yapışma performansının değerlendirildiği test yöntemidir. Temizliği sağlanan yüzeyler keskin uçlu bir bıçak ile düz şeritler halinde çizilmektedir. Bu işlem çift yönlü ve birbirlerini 90° açı oluşturacak şekilde uygulanmaktadır. Yüzeyde oluşan karelerin üzerine özel bir bant yapıştırılarak hızlıca çekilmektedir. Bu işlem 3 kere tekrarlanmaktadır ve kaplamanın yüzeye tutunması ISO-2409:2007 standartlarına göre değerlendirilmektedir. Bu çalışmada yapılan bant denemeleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Tüm formülasyonlar bant testinden geçmiş olup yüzeye tutunma problemi gözlemlenmemiştir.



STD R1 R2 R3 R5 R6

Şekil 3.1. Bant Testi Denemeleri

3.2. Yumurta Testi

Günlük hayatımızda teflon kaplı malzemeler kolay temizlenebilme özelliği sebebi ile sıkça tercih edilmektedir. Yumurta testi ile hazırlanan reçetelerin temizlenebilme seviyeleri belirlenmiştir. Testler 150°C ye ulaşan yüzeyler üzerine uygulanmıştır. İstenilen sıcaklık seviyesine ulaşan yüzeylere yumurtanın beyaz kısmı 3 dakika süre ile pişirilmiştir. 3 dakika sonucunda yüzeye yapışmaları değerlendirilmiştir. Bu işlem her yüzey için 5 defa tekrarlanmıştır. Yumurta testi görselleri şekil 3.2'de verilmiştir. R1 formülasyonunda yapışmalar gözlemlenmiş olup, R5 formülasyonunda ise yapışma ve lekelenme gözlemlenmemiştir.



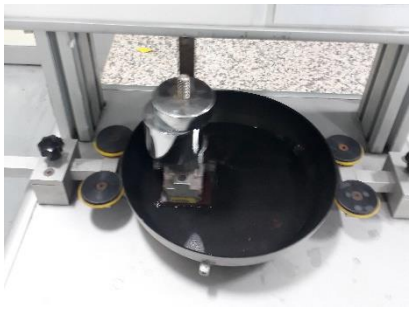
STD R1 R2 R3 R5 R6

Şekil 3.2. Yumurta Testi Denemeleri

3.3. Aşınma Testi

Teflon kaplanmış yüzeyin aşınmalara karşı göstermiş olduğu direncin değerlendirildiği test yöntemidir. Test uygulanacak numuneler şekil 3.3.1'deki gibi düzeneğe sabitlenmiştir. Numune yüzeyi ile sünger arasına %1 lik deterjan karışımı eklenmiştir. Aşınma testi, 3M firmasından tedarik edilen özel süngerler ile 3,2 kilogramlık bir yük altında, dakikada 1 tur atacak şekilde yapılmıştır. Yüzeylerde çizilme gözlemlendiği anda testler sonlandırılmıştır. Aşınma testi denemelerinin sonuçları Şekil 3.3.2'de gösterilmiştir.

Yapısında iri taneli SiC 400 bulunduran R3 reçetesi, 10.000 turun üzerinde bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir. İnce taneli SiC 1000 içeren formülasyonda ise 500 turun altında aşınma gözlemlenmiştir.



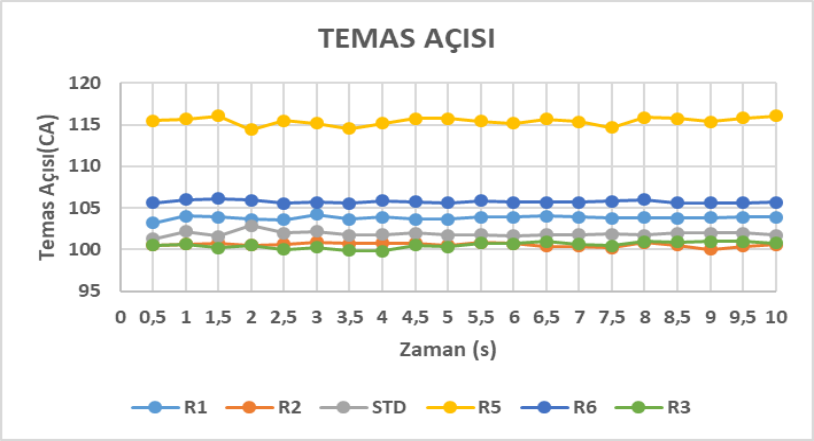
Şekil 3.3.1. Test Düzeneği



Şekil 3.3.2. Aşınma Testi Denemeleri

3.4 Temas Açısı Ölçümleri (Islatma Açısı)

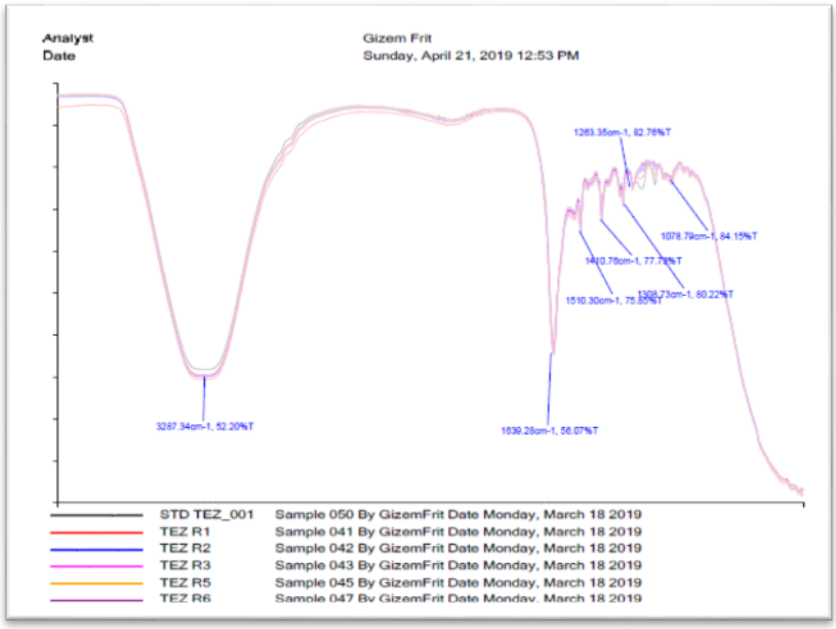
Temas Açısı, sıvının katı bir yüzeye damlatılmasıyla yüzey ile sıvı arasında oluşan açı (θ) olarak tanımlanır. Temas açısı ölçümlerinde damlatılan bir saf su yüzeyin hidrofobikliği hakkında bilgi verir. (Duran, T. 2009) Temas açısı ölçüm değerleri Şekil 3.4'de verilmiştir. Yapılan testler sonucunda, R5 reçetesinin (SiC 1000- SiC 400) yüzeyinde oluşan pürüzlülüğün optimum seviyelerde olması nedeniyle bu reçetede diğer denemelerden daha yüksek temas açısı değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Temas Açısı Ölçüm Değerleri

3.5. Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR)

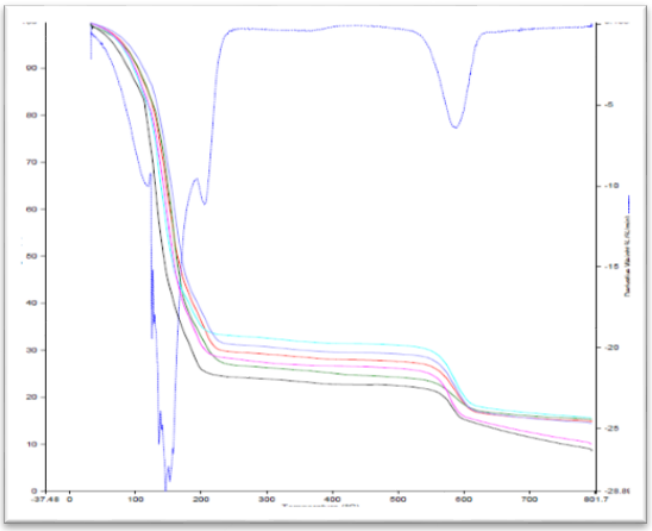
FTIR analizi ile reçetelerin kimyasal yapıları ve içerdiği fonksiyonel grupları incelenmiştir. Elde edilen FTIR spektrumları Şekil 3.5'de verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, dolgu malzemelerinin tane boyutundaki değişim kimyasal bağ yapılarında değişime sebep olmamıştır. Bütün denemelerde -OH, -CF ve -NH bağları olduğu tespit edilmiştir. Numuneler sıvı formda analiz edilmesinden dolayı –OH piki net bir şekilde gözlemlenmiştir. Damdhar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre; –CF bağları yapıda bulunan PTFE'yi, -NH bağları ise yapıdaki Poliamid-İmid (PAI) varlığını gösterdiği belirtilir (Damdhar ve ark., 2015).



Şekil 3.5. FTIR Ölçüm Değerleri

3.6. Temal Gravimetrik Analiz (TGA)

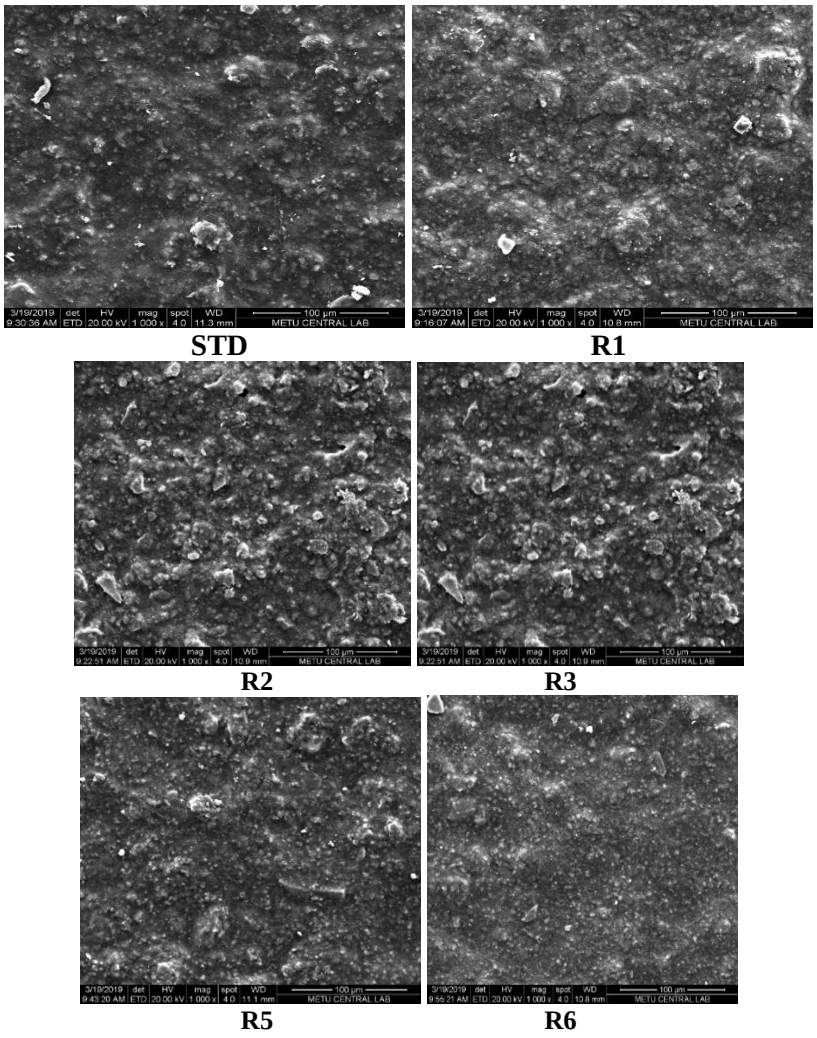
Teflon reçeteleri için yapılan TGA analizlerinin sonuçları Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Numuneler sıvı formda analiz edilmiş olup analizler sonucunda yapıda 2 basamaklı bir bozunma gözlenmiştir. 160°C'de gerçekleşen ilk bozunmanın yapıdan çözücünün uzaklaşması ve 580°C de gerçekleşen ikinci bozunmanın ise PTFE'nin bozunması ile meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 3.6. TGA Ölçüm Değerleri

3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Numunelerde farklı tanecik boyutlarındaki SiC'lerin dağılımı SEM analizi ile incelenmiştir. Tane boyutu arttıkça SEM mikrograflarında SiC'ler net bir şekilde görüldüğü ve yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı gözlemlenmiştir. R3 reçetesindeki iri taneli SiC parçaları x1000 büyütmede net bir şekilde görülürken, tane boyutu azaldığı formülasyonlarda SiC tanelerinin yapıdaki görünürlüğü azaldığı tespit edilmiştir.



4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, yapışmaz kaplamalarda, alt katmanda dolgu malzemesi olarak farklı tanecik boyutlarında SiC kullanılmıştır. Standart formülasyonda SiC ince taneli olarak kullanılmıştır. Yüzeye tutunmasının belirlendiği bant testi çalışmalarında bütün formülasyonlar uygun yapışma performansı göstermiştir. Yumurta testlerinde R5 reçetesi en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Temas açısı değerleri yumurta testini destekleyen bir sonuç vermiş olup R5 reçetesi en hidrofobik yüzey olarak belirlenmiştir. Tane boyutu değişikliği, kimyasal yapıda herhangi bir değişime neden olmamıştır. FTIR analizinde bütün formülasyonlar yakın değerler vermiştir. TGA analizinde iki basamaklı bozunma gözlemlenmiştir. İlk bozunmada yapıdan çözücü ve ikinci basamak da ise PTFE'nin uzaklaştığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile silisyum karbürün tane boyutunun artmasıyla aşınma direncinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç tanecik boyutunun ayarlanması ile uzun ömürlü teflon kaplamalar elde edilebileceğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaların gerçekleşmesinde desteklerini esirgemeyen Gizem Seramik Frit ve Glazür San. Tic. A.Ş AR-GE Merkezi çalışanlarına yaptıkları katkıdan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

AKBULUT, U (2009) *Teflon Nasıl Keşfedildi? Mutfağımıza Nasıl Girdi?* 2009 tarihinde Ortadoğu Teknik Üniversitesi: http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/TEFLON-NASIL-KESFEDILDI.doc-15-Hqaziran.pdf adresinden alındı.

AKINCI, A., AKBULUT, H., YILMAZ, F. (2017), *Floropolimer (TEFLON) kaplamaların yapı ve özellikleri,* Metalurji Dergisi, Sakarya Üni. http://metalurji.org.tr/dergi/dergi133/d133_5359.pdf

BOZAN, U., ALTUNCU, E., ÜSTEL, F. (2014), Nano partikül takviyeli teflon kaplamaların üretilmesi ve karakterizasyonu. *SAU J. Sci. Vol 18, No 1, p. 21-30, 2014*

DAMDHAR, V.S., PANDE, K.N., PESHWE, D.R. ve GOGTE, C.L. (2015), To Investigate the Wear Mechanism on Cryogenic Treatment of PTFE-Mica Filled Composite Coatings in Cookware, *Trans Indian Inst Met,* 68(4), 611-621.

DURANİ T. (2009), 2-Aminopridin'in camsı karbon elektrot yüzeyinde temas açısı ölçümü tekniğiyle özelliklerinin incelenmesi, *Selçuk üniversitesi FBE dijital arşiv,* 2009,74 sayfa

HOMER İLE SİNOP İLİNDE BİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMİNİN MODELLENEREK TEKNİK VE EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Zafer ÖZTÜRK
Düzce Üniversitesi, FBE, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
zafer14034@ogr.duzce.edu.tr

Doç. Dr. Salih TOSUN
Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
salihtosun@duzce.edu.tr

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
aliozturk@duzce.edu.tr

Özet:

Bu çalışmada, Sinop ilinin İnceburun bölgesinde bulunan müstakil bir binanın elektrik yük ihtiyacını karşılamak üzere şebekeden bağımsız bir hibrit yenilebilir enerji sisteminin ekonomik ve teknik açıdan uygulanabilirliği araştırılmıştır. HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) yazılımı ile hibrit enerji sistem modeli tasarlanmıştır. Bu çalışmadaki hibrit enerji sistem modeli HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) yazılımı ile tasarlanmıştır. İnceburun bölgesinin rüzgâr hızı ve güneş radyasyon verileri kullanılarak program ile elektriksel yük ihtiyacı hesaplanmıştır. Bu sistem içerisinde birden çok akü depolama birimleri kullanılarak ekonomik ve teknik açıdan karşılaştırılmıştır. Program analizinde sistemin yenilebilir enerji bileşenleri ele alınmış, hassasiyet analizleri ile enerji optimizasyon çalışmaları yapılmış ve bunun sonucunda farklı olasılıklar altında hangi sistemin daha uygulanabilir olacağı ortaya konmuştur. Bu çalışma hibrit sistem tasarımının değerlendirilmesine önayak olacak çalışma olacaktır.

Anahtar Kelimeler: HOMER, Hibrit Enerji Sistemleri, Enerji Maliyeti, Optimizasyon, Yenilebilir Enerji

AN INVESTIGATION OF A HYBRID ENERGY SYSTEM WITH HOMER IN MODERNENEREK TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS

Abstract:

In this study, the economical and technical applicability of a hybrid renewable energy system independent of the grid was investigated in order to meet the electrical load requirements of a detached building located in the Inceburun area of Sinop province. HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) software is designed with hybrid energy system model. The hybrid energy system model in this study was designed with HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) software. Electrical load requirement was calculated by using wind energy potentials and solar radiation data of Inceburun region. In this system, multiple battery storage units are compared economically and technically. In the program analysis, the renewable energy components of the system have been taken into consideration, energy optimization studies have been carried out with sensitivity analyzes and as a result it has been revealed which system will be more applicable under different possibilities. This study will be the study that will lead to the evaluation of the hybrid system design.

Keywords: HOMER, Hybrid Energy Systems, Energy Cost, Optimization, Renewable Energy.

1. GİRİŞ

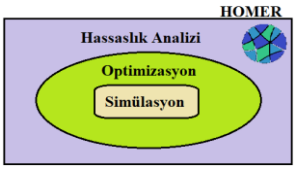
Günümüz dünyasında bilim ve teknolojinin gelişmesinin paralelinde nüfus artışı, sanayileşmenin büyümesi, şehirleşmelerin gelişmesi gibi durumlar gözlenmektedir. Bu gibi durumlar enerjiye olan talepleri artırmaktadır. Enerji bu sistem içerisinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle enerjinin ekonomik, verimli ve temiz şekillerde kullanılması gelecek açısından önem taşımaktadır. Dünya'da enerji kaynaklarının sınırlı miktarda olduğu düşünülürse enerji ekonomik kullanılmalı ve bunun paralelinde yenilebilir enerji kaynakları sisteme etkili şekilde dahil edilmelidir (HABIB ve ark., 1999).

Yenilebilir enerji kaynaklarının (YEK) artan gereksinimleri ve şebeke hatlarına uzak bölgelerde yüklerin beslenmeleri sebebiyle hibrit enerji sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu sistemlerin ortaya çıkmasında; elektrik enerjisinin verimli kullanılması, enerjinin istenilen düzeyde kontrol edilmesi ve çeşitli YEK'in dahil edilebilirliği de etkili olmuştur. Bunun dışında fosil kaynaklarla YEK'larını bir arada kullandırarak enerji üretimini gerçekleştirirler; ancak bu avantaj yenilebilir enerji kaynaklarının değişkenlikleri yüzünden dezavantaja dönüşür (Farret ve Felix, 2006). YEK'larının ay ve yıl içerisindeki değişimleri dikkate alınmak zorundadır. Güneş ve rüzgârın gün içinde bile değişken olması neticesinde elde edilen enerji miktarını dolayısıyla oluşabilecek birim maliyetini etkilemektedir (Yıldız ve Bingöl, 2017).

Hibrit sistemi içerisinde dizel jeneratörler önemli bir yer kaplarlar ve bu jeneratörlerin kullandığı yakıt miktarı nedeniyle sisteme oldukça yakıt maliyeti olarak yansırlar. Bunun yanında çevreye verdikleri zararlar da önemli derecede olmaktadır. Hibrit enerji sisteminde YEK'larla dizel jeneratörün birlikte kullanılması ile bu yakıt maliyetini yeterince düşürerek çevre kirliliğinin azalmasında rol oynayacaktır (Matthew ve Ernest, 2009).

Hibrit sistemlerinin kullanım alanlarının artmasıyla birlikte bu sistemlerin nasıl tasarlanıp kullanılacağı de önem taşımaktadır. Günümüzde **HOMER** (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable), TRNSYS (A TRaNsient SYstems Simulation), H2RES (Energy Planning of Islands And Isolated Regions), NEPLAN, EnergyPLAN vb. birçok programda hibrit sistemlerinin modellemeleri yapılmaktadır (Gioutsos, 2016). Bu yazılımlar içerisinde kullanım kolaylığı, alınan sonuçların gerçekliğe yakınlığı, daha çok kaynağın etkili olarak hesaplanması gibi sebeplerden HOMER yazılımı ön plana çıkmaktadır.

HOMER, enerji sisteminin davranışını, kurulum maliyetini, yaşam süresince oluşabilecek gelir ve giderleri, çeşitli durumlar ışığında hangi kaynakların nasıl kullanılması gerektiğini teknik ve ekonomik değerler çerçevesinde modelleyerek kullanıcıya tasarım seçenekleri sunar. Ayrıca enerji sistemindeki girişlerde değişiklerin ve belirsizliklerin ölçülmesinde olanak sağlar. Bu belirsizlikler içerisinde YEK'larındaki kendine has nedenler (mevsimsel enerji değişkenlikleri, gün içi saatlerde farklı enerji üretimleri vb.) önemli ölçüde sebep oluşturmaktadır (HOMER, 2019). HOMER; simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi şeklinde üç görev altında bu işleri yürüterek bütün bu zorlukların üstesinden rahatlıkla gelmektedir (Özcan, 2009).



Şekil 1. HOMER yazılımında simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi arasındaki ilişki

Bu çalışmada, Sinop ilinin en uç noktasında bulunan İnceburun'da bulunan elektrik şebekesinden bağımsız bölgedeki bir müstakil bina ele alınmıştır. Bu binanın elektrik enerji gereksinimleri analiz edilmiş ve bu analiz içerisinde hibrit enerji sistemi içerisinde YEK'ları kullanılmıştır. Bu binanın yükünü karşılayabilecek en uygun yenilebilir enerjili karma sistemi tasarlamak için HOMER programı kullanılmıştır. Bölgenin güneş ve rüzgâr verileri, binanın elektriksel yük ihtiyacı bilgileri kullanılarak hibrit sistem modellenmiştir. Bu sistemde birden çok akü grubu kullanılarak ekonomik ve teknik açılardan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Hibrit enerji sisteminin ekipmanları incelenmiş, programda hassasiyet analizi yapılarak çeşitli senaryolar altında en uygun sistem belirlenmiştir (İnceburun, 2019).

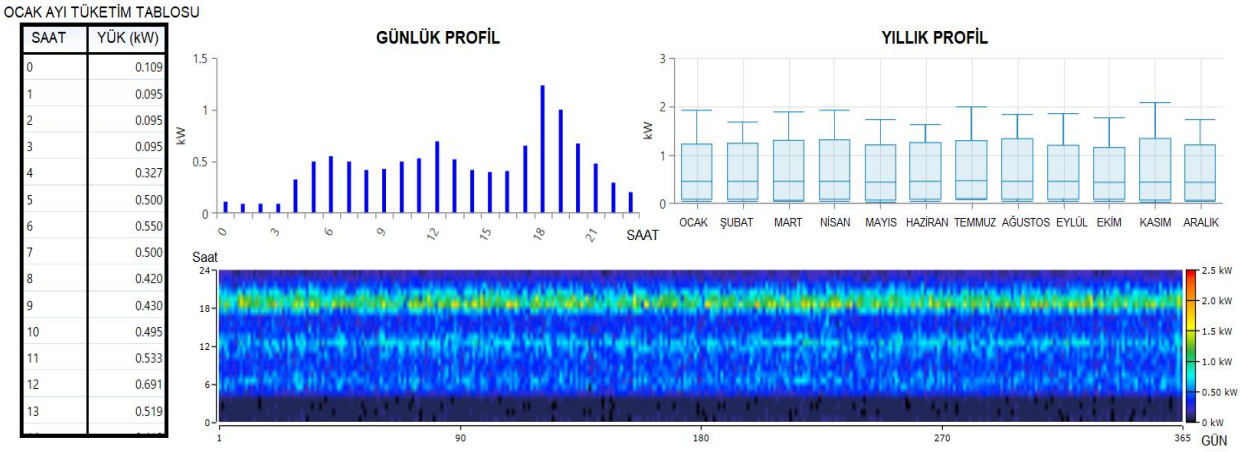
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Bölge Profilleri



Şekil 2. Sinop ili İnceburun bölgesinin haritadaki yeri ve binanın konumu

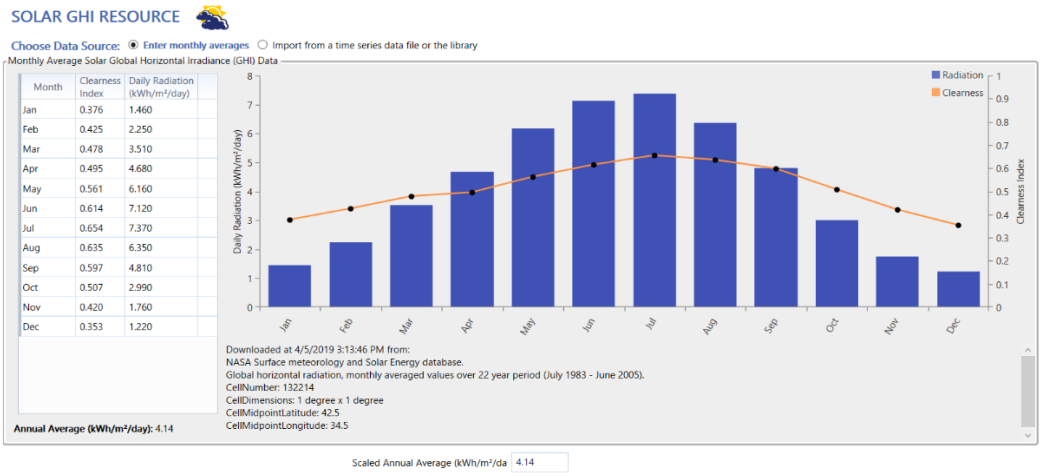
Bu çalışmada bir hibrit sistem, Sinop ilindeki en uç nokta olan İnceburun bölgesinde deniz yüzeyinden 38 metre yükseklikte ve 12 m uzunluğunda bir müstakil binanın konumunda (42^0 5' 42" N, 34^0 56' 29" E) tasarlanacaktır. Şekil 2'de bu bölgenin konumu ve il içerisindeki yeri görülmektedir (İnceburun, 2019). Bu bölgedeki binanın günlük elektrik enerjisi tüketim miktarı yaklaşık olarak **11,26 kW/gün** ve peak değeri ise **2,09 kW** olarak tespit edilmiştir. Şekil 3'de bu binanın tüketim verileri görülmektedir.



Şekil 3. Ortalama günlük elektrik enerjisi tüketimi ve zamana göre değişimleri

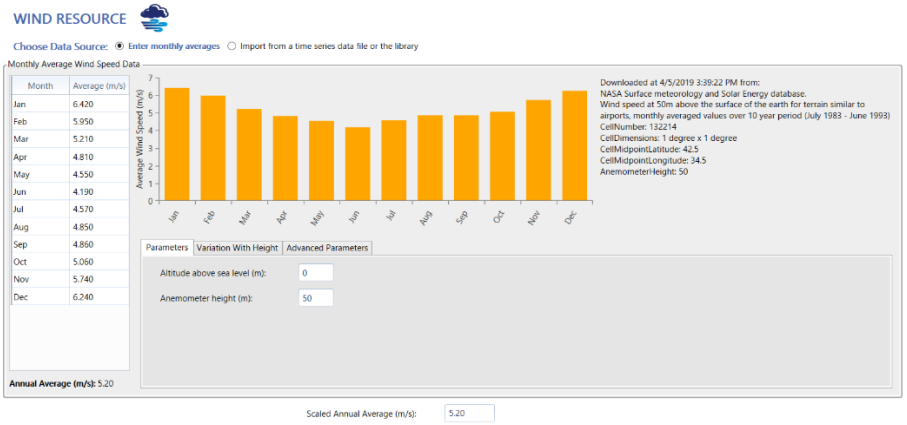
Şekil 3'de görüleceği üzere binada çalışma saatleri aralığında (özellikle 06.00 ila 18.00 aralığı) enerji tüketimi yoğun olmaktadır. Bunun yanında akşam vaktinde enerjiye olan ihtiyacın da devam ettiği görülmektedir. Yıllık olarak incelediğimizde kış ayı tüketimi biraz daha fazla olmaktadır.

HOMER yazılımının NASA veri tabanından aldığı bölgenin solar enerji profili Şekil 4'de görülmektedir. Bu veriler ışığında güneş radyasyon ışınım değeri ortalama olarak 4,14 kWh/m^2/gün şeklinde görülmektedir. Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü Nisan 2019 verileri ışığında bu oran 3,47 kWh/m^2/gün şeklindedir (YEGM, 2019). Bu bölgede havanın kapalı olması ve yıl içindeki güneşlenme sürelerindeki değişmeler bu oranı etkilemektedir. Genel olarak NASA verileri ideal şartlarda uygun bulunmaktadır ve hesaplamalarda dikkate alınmıştır.

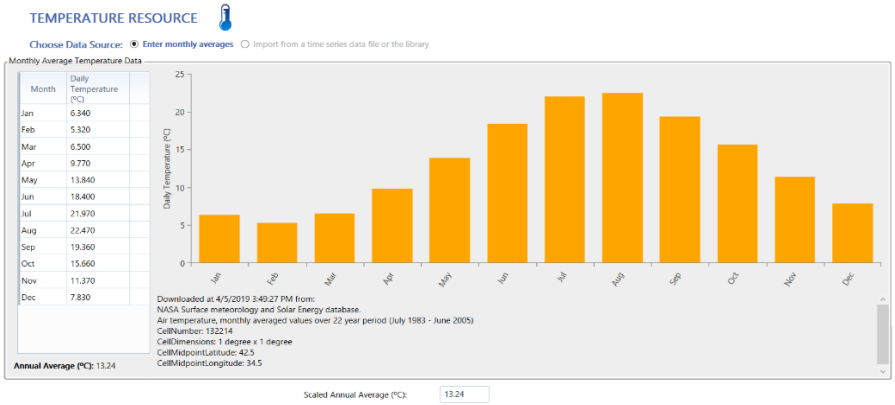


Şekil 4. Solar enerji profili (NASA veri tabanlı)

Şekil 5'de bölgenin rüzgâr hızı profili verilmiştir. Çalışmamızda HOMER yazılımına Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan verileri entegre edilerek grafik elde edilmiştir. Bu veriler ışığında ortalama rüzgâr hızı 5,2 m/s idir ve bu değer, enerji yatırımı için gerekli rüzgâr hızı 7 m/s'den küçüktür. Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü Nisan 2019 verileri ışığında bu oran 6 ila 6,5 m/s şeklindedir (YEGM, 2019). Bölgenin denize açık olması ve açık alana sahip olması neticesinde rüzgâr hızlarında değişkenlik göstermektedir. Çalışmamızda programın verileri dikkate alınacaktır.



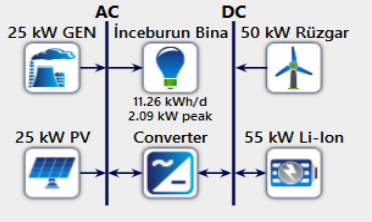
Şekil 5. Rüzgâr hızı profili



Şekil 6. Bölgenin sıcaklık profili

Şekil 6'da bölgenin sıcaklık profil grafiği görülmektedir. NASA verileri dikkate alınarak ölçülen sıcaklık ortalama değeri 13,24 ^{0}C şeklindedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerini ele aldığımızda yıllık ortalama sıcaklık değeri 14,2 ^{0}C şeklindedir (Meteoroloji, 2019).

2.2. Hibrit Sistemin Tasarımı



Şekil 7. Hibrit sistem modellemesi (off-grid)

Şekil 7'de sistemin modellenmesi görülmektedir. Planlamada şebekeden bağımsız (off-grid) olarak düşünülmüştür. Hibrit sistem modellemesi içeresinde; dizel jeneratör, rüzgâr türbini, güneş paneli, Lityum-Ion tipi batarya ve dönüştürücü mevcuttur. Her bir elemanın özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Hibrit sisteminde kullanılan elemanlar ve özellikleri

Hibrit Bileşen	Kapasitesi	Yatırım Sermayesi	Değiştirme Maliyeti	İşletme ve Bakım Maliyeti	Yaşam Süresi
Dizel Jeneratör	25 kW	12,500.00 $	12,500.00 $	0.750 $/saat	15,000.00 saat
Güneş Paneli	25 kW	3,000.00 $	3,000.00 $	10.00 $/yıl	25 yıl
Rüzgâr Türbini	50 kW	30,000.00 $	20,000.00 $	30.00 $/yıl	20 yıl
Konvertör	25 kW	300.00 $	300.00 $	10.00 $/yıl	20 yıl
Lityum-Ion Batarya	55 kW	60,000.00 $	36,000.00 $	6,000.00 $/yıl	5 yıl

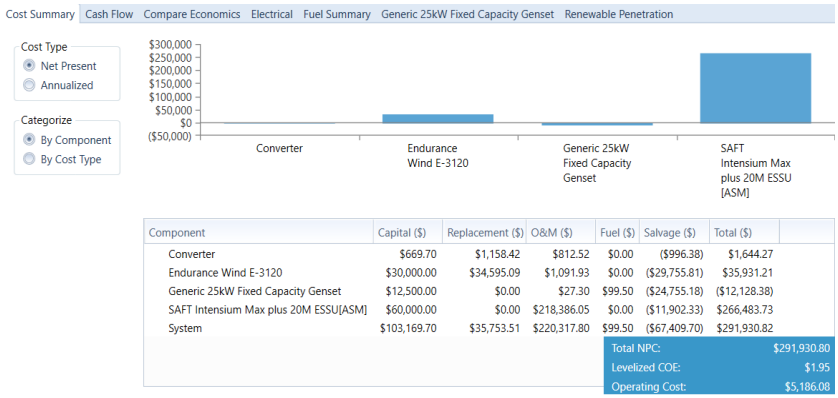
Ekipmanlar incelendiğinde enflasyon oranı %11, faiz oranı %8, sistemin çalışma ömrü 25 yıl olarak ayarlanmıştır. Dizel litre yakıt fiyatı 6,42 TL, 1 dolar 5,94 TL günlük kura bağlı olarak belirlenmiştir. Buradan dizelin yakıt maliyeti 1.08 $/litre olarak ayarlara belirtilmiştir. Sistemde yüksek kapasite ve güç yerleşimi; kullanıcının elektriği tüketmesinin yanında enerjiyi yedeklemesi, gerektiğinde çevre bölgelere dağıtması ve hatta satması şeklinde düşünülmüştür. Şu anki tasarım şebekesiz sistemin modellenmesidir.

2.3. Hibrit Sistem Modelinin Sonuçlandırılması

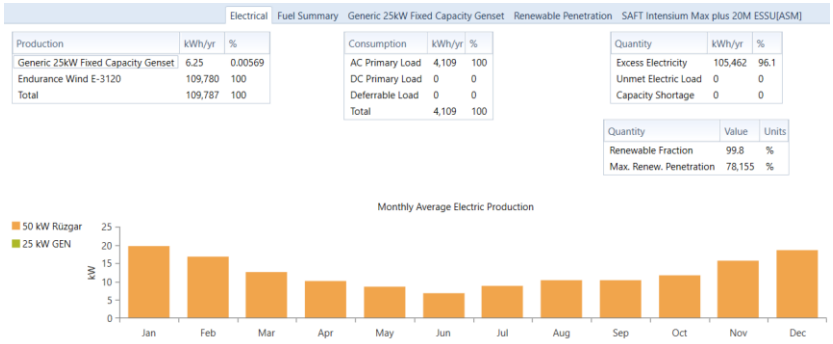
HOMER yazılımı ile yapılan analizler neticesinde Şekil 8'deki durum neticesi görülmektedir. Bu tabloda net şimdiki maliyet durumları ele alındığında en uygun sistem; 1 adet 50 kW'lık rüzgâr türbini, 1 adet 25 kW'lık dizel jeneratörü, 1 adet 55 kW'lık Li-Ion bataryayı ve 2,23 kW'lık konvertör şeklinde belirlenmiş; bu sistemin yenilebilir enerji kaynaklarının toplam oranının %99,8 olduğu görülmüştür. Bu sistem kullanıldığında yıllık kullanılan dizel yakıt 2,53 litre olarak düşünülmüş olup yıllık net şimdiki toplam maliyeti $291,931, yıllık bakım maliyeti $5,186, birim enerji maliyeti $1.95 şeklinde hesaplanmıştır. Güneş panellerinin kullanımı sisteme yansıması daha az olduğu düşünülmüştür. Dizel jeneratörün çevreye verdiği etkileri düşündüğümüzde dizel jeneratörün sistemde olmaması birim ve net şimdiki maliyeti ufak oranda artırmasına rağmen ilk yatırım maliyetini azaltmakta ve dizel yakıt kullanımını ortadan kaldırmaktadır. Tüm elemanlar sisteme yansıtılsa idi; bu sistemin yenilebilir enerji kaynaklarının toplam oranının %99,8 olduğu (aynı oran), yıllık kullanılan dizel yakıt 2,53 litre olarak belirlendiği (aynı litre), yıllık net şimdiki toplam maliyeti $439,860 ($147,929 artış), yıllık bakım maliyeti $6,778 ($1,592 artış), birim enerji maliyeti $2.94 ($0.99 artış) şeklinde hesaplanmıştır. Görülüyor ki tüm sistemin kullanılması, sisteme belli oranda maliyet etkisi yaratmaktadır.

KAYNAKLAR	Güneş Paneli	Güneş Paneli (İnvert.)	Rüzgar Türbini	Dizel Generatör	Lityum-Ion Batarya	Dönüştürücü	Net Şimdiki Maliyet	Birim Enerji Maliyeti	Operasyon Maliyeti	İlk Yatırım Maliyeti	Yenilebilir Enerji Kullanım Oranı	Toplam Yakıt Maliyeti
Architecture							Cost				System	
	25 kW PV (kW)	25 kW PV-Inv. (kW)	50 kW Rüzgar	25 kW GEN (kW)	55 kW Li-Ion	Converter (kW)	NPC ($)	COE ($)	Operating cost ($/yr)	Initial capital ($)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
			1	25.0	1	2.23	$291,931	$1.95	$5,186	$103,170	99.8	2.53
			1		1	1.85	$303,779	$2.03	$5,858	$90,556	100	0
	25.0	25.0		25.0	1	2.24	$403,926	$2.70	$6,615	$163,171	99.8	2.53
	25.0	25.0			1	1.73	$415,683	$2.78	$7,285	$150,520	100	0
	25.0	25.0	1	25.0	1	2.24	$439,860	$2.94	$6,778	$193,172	99.8	2.53
	25.0	25.0	1		1	1.74	$451,618	$3.02	$7,448	$180,521	100	0
⚠			1	25.0		2.33	$481,292	$3.22	$12,036	$43,198	0	7,267
⚠	25.0	25.0	1	25.0		2.33	$506,562	$3.39	$10,258	$133,200	0	5,290
⚠	25.0	25.0		25.0			$1.03M	$6.91	$25,575	$102,500	0	14,403
				25.0			$1.37M	$9.14	$37,204	$12,500	0	22,174
				25.0	1	0.167	$1.40M	$9.35	$36,444	$72,550	0	18,390

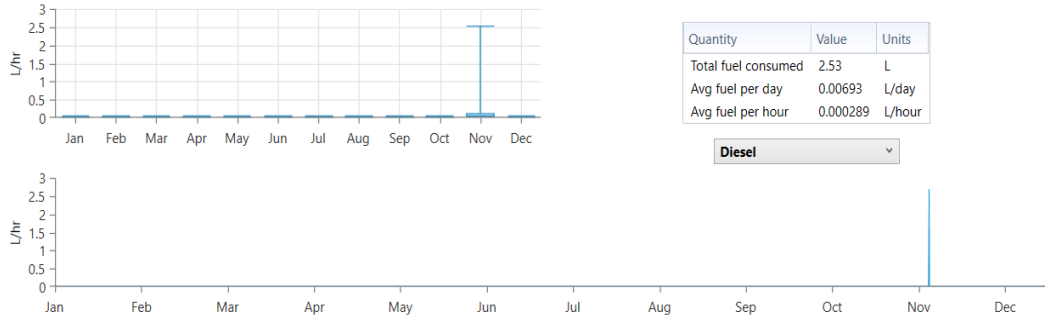
Şekil 8. HOMER simülasyonu sonucu elde edilen değerler (Off-grid sistem)



Şekil 9. İlk belirlenen sistemin maliyet toplamları tablosu



Şekil 10. İlk belirlenen sistemin aylara göre hibrit sistemdeki ortalama enerji üretim dağılımı



Şekil 11. İlk belirlenen sistemin aylara göre dizel yakıt kullanımı

Şekil 9'da ilk tercih edilen sistemin yıllık toplam maliyet tablosu görülmektedir. Burada operasyon maliyeti toplamda yıllık $5,186.08, net şimdilik maliyet toplamda yıllık $291,930.80 olarak hesaplanmıştır. Sistemde en büyük maliyeti batarya oluşturmaktadır ve maliyetin %91'idir. Bataryanın büyük seçilmiş olması bu maliyette etkisi bulunmaktadır. Şekil 10'da ise bu sistemin hibrit sistemi içerisinde aylık ortalama enerji üretim dağılımı görülmektedir. Enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu rüzgâr türbinlerinden karşılanmaktadır. En fazla enerji üretimi kış ayı içerisinde olmaktadır. Ancak rüzgâr hızının değişkenlik göstermesi düşünüldüğünde elektrik üretiminde belli bir standart yakalanması zor olacağından dizel jeneratörün devreye girmesi önem teşkil edecektir. Bu sistem içeresinde payı az gözükse de rüzgardaki dalgalanmanın yaratacağı etkileri minimize etmede yararı olabilecektir. Şekil 11'de bu sistemde dizel yakıtın en çok Kasım ayında tercih edilmesi; bu ayda enerjiye olan talebin artması şeklinde düşünebiliriz. Diğer aylarda dizelin kullanılmaması rüzgâr türbinlerinin tek başına sistemi beslemeye yettiği durumunu ortaya çıkarmaktadır. Binanın 11,26 kW/gün şeklinde elektrik tüketmesi, üretilen en düşük elektriğin bataryadaki depolanan enerji ile beslenmesi ile yeterli olabilmektedir. Dizel jeneratör sistem içeresinde bir nevi destekleyici görev üstlenir. Bunun yanında depolanan enerjinin fazlası satılarak maliyeti minimuma indirger. Sistem on-grid yani şebekeye entegre edildiğinde Şekil 12'deki durum elde edilir.

Architecture														Cost				System	
						25 kW PV (kW)	25 kW PV-Inv. (kW)	50 kW Rüzgar	25 kW GEN (kW)	55 kW Li-Ion	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC ($)	COE ($)	Operating cost ($/yr)	Initial capital ($)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
						25.0	25.0	1	25.0		999,999	12.0	CC	-$211,026	-$0.0662	-$9,537	$136,100	99.4	0
						25.0	25.0	1			999,999	12.0	CC	-$199,349	-$0.0626	-$8,873	$123,600	99.4	0
								1	25.0		999,999	12.0	CC	-$196,848	-$0.100	-$6,675	$46,100	98.2	0
								1			999,999	12.0	CC	-$185,171	-$0.0945	-$6,011	$33,600	98.2	0
						25.0	25.0		25.0		999,999		CC	-$4,747	-$0.00362	-$2,947	$102,500	94.9	0
						25.0	25.0				999,999		CC	$6,930	$0.00529	-$2,282	$90,000	94.9	0
									25.0		999,999		CC	$10,758	$0.0719	-$47.87	$12,500	0	0
											999,999		CC	$22,434	$0.150	$616.37	$0.00	0	0
						25.0	25.0	1	25.0	1	999,999	12.0	CC	$55,232	$0.0173	-$3,870	$196,100	99.4	0
						25.0	25.0	1		1	999,999	12.0	CC	$66,909	$0.0210	-$3,206	$183,600	99.4	0
								1	25.0	1	999,999	12.0	CC	$69,410	$0.0354	-$1,008	$106,100	98.2	0
								1		1	999,999	12.0	CC	$81,087	$0.0413	-$343.79	$93,600	98.2	0
						25.0	25.0		25.0	1	999,999	0.0833	CC	$261,536	$0.199	$2,720	$162,525	95.0	0
						25.0	25.0			1	999,999	0.0833	CC	$273,213	$0.208	$3,384	$150,025	95.0	0
									25.0	1	999,999	0.0833	CC	$277,028	$1.85	$5,619	$72,525	1.23	0
										1	999,999	0.0833	CC	$288,704	$1.93	$6,283	$60,025	1.23	0

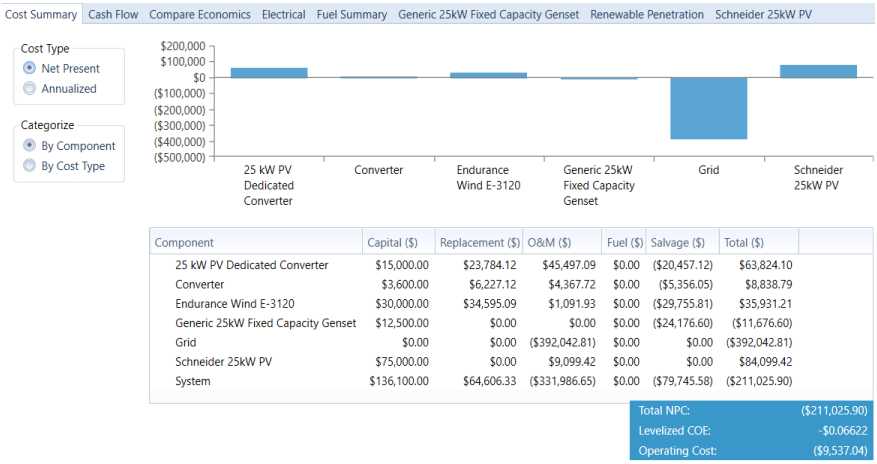
Şekil 12. HOMER simülasyonu sonucu elde edilen değerler (On-grid sistem)

Görüldüğü üzere ilk tasarlanan sistemde "**rüzgâr türbin + dizel jeneratör + batarya**" en uygun olarak belirlenmişken; şebekenin sisteme entegresi neticesinde **bataryasız tüm elemanlı sistem** en uygun olarak belirlenmiştir (Enerji maliyet, 2019).

Tablo 2. Hibrit sistemlerin karşılaştırılması

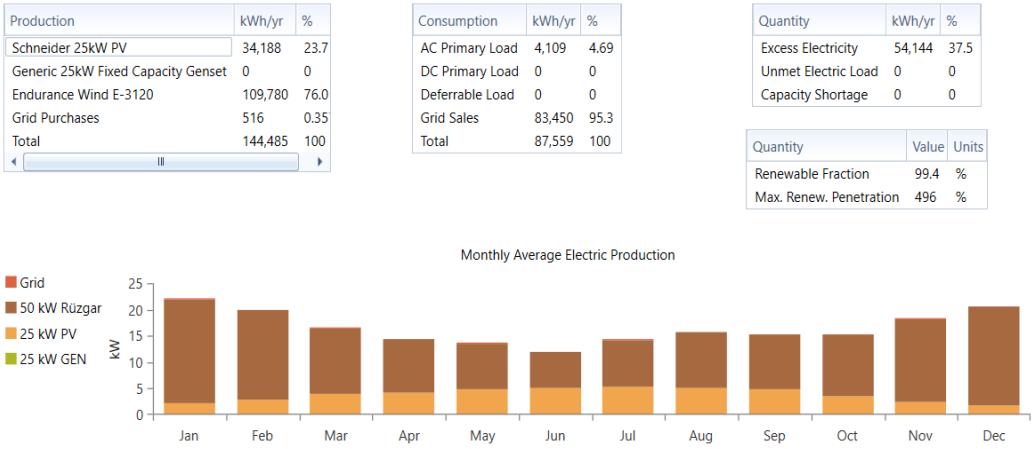
Hibrit Sistem						Net Şimdiki Maliyet ($)	Birim Enerji Maliyeti ($)	Operasyon Maliyeti ($/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti ($)	Yenilebilir Enerji Kullanım Oranı
Off-Grid Sistem	-	+	+	+	+	**+$291,931**	**+$1.95**	**+$5.186**	**+$103,170**	%99,8
On-Grid Sistem	+	+	+	-	+	**-$211,026**	**-$0.066**	**-$9.537**	**-$9,537**	%99,4

Tablo 2'de şebekenin durumuna göre sistemin karşılaştırılması görülmektedir. Burada bataryanın hesaplamaya dahil edilmemesi bu maliyeti oldukça etkilemiştir. Birim maliyetin eksi (-) çıkması tüketicinin artık kâr durumuna geçtiğini göstermektedir; yani üretilen enerjinin çoğu sisteme satılmaktadır. Hesaplamada dizel yakıtın kullanılmamış olması, dizel generatöre gerek duyulmamıştır; ancak ani durumlar için gereksinim duyulmuştur.



Şekil 13. On-grid sistemin maliyet toplamları tablosu

Şekil 13'de on-grid sistemin maliyet toplamları tablosu görülmektedir. Şekil 9'daki durumla karşılaştırıldığında toplam net şimdiki maliyet $291,930.80'den $211,025.90'a inmiştir. Bu durum toplam maliyette $80,904.90 değerinde maliyete olumlu derecede yansımıştır.



Şekil 14. On-grid sistemin aylara göre hibrit sistemdeki ortalama enerji üretim dağılımı

Şekil 14'deki grafiği incelediğimizde; %76 oranda rüzgâr enerjisi, %23,7 oranda güneş enerjisi ve %0,35 oranda şebekeden gelen enerji sisteme yansımaktadır. Güneş enerjisinin oranı yaz aylarında artmaktadır. Şebeke yokken bu durum rüzgâr enerjisi %100 şeklindedir. Şebekenin sistemde olması ile başka enerjilerin aktif olarak sisteme entegresi artmış oranda olabilmektedir. Şebekeli sistemde bataryanın büyük kapasitede ve maliyette olması neticesinde dahil edilmemesi maliyeti olumlu anlamda etkilemiştir. Kullanıcı gerek duyarsa kullandığı kapasite oranlarına yakın bir kapasitede batarya sisteme dahil edebilir. Ayrıca maliyetin eksi çıkması da kullanıcının para kazandığı anlamı da oluşmaktadır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada Sinop ili İnceburun mevzisinde bulunan bir bina için HOMER yazılımı kullanılarak yenilebilir enerji kaynaklarının şebekenin olup olmaması durumlarında hibrit kullanımına ilişkin ekonomik analizler gerçekleştirilmiştir. Hibrit bir tesis için enerji talebinin %99,4'lik kısmı yenilebilir enerji kaynaklarından sağlanmış olacaktır. Şebekenin sisteme dahil edilmesi ile enerji çeşitlerinin kullanılabilirliğinin artmasına yardımcı olacağı gibi üretici için elektriği satmasına olanak oluşturacaktır.

Bölgenin rüzgâr potansiyelinin olması ile sistemin çoğunluğu rüzgâr türbinleri ile kurulması hesaplara yansıtılmıştır. Bu nedenle şebeke dahilinde düşük kapasitede bir batarya destekli (15 kW civarı) tüm kaynakların olduğu bir sistemin modellenmesi en uygun olarak düşünülmektedir. Sistemde dizel jeneratörün etkisi çok az olsa da destekleyici etki göstermesi için konulması yararlı olacaktır.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, bir bölgedeki yükü besleyecek bir hibrit sistem HOMER yazılım ile tasarlanmış, şebekesiz ve şebekeli şekillerde modellenerek maliyet analizi yapılmıştır. Bu modelleme esnasında güneş, rüzgâr vb. bölgenin dinamik parametreleri hesaba katılmıştır. Bu çalışmadan yola çıktığımızda, böyle bir sistemin bölgeye yerleştirilmesi ile bina sahibi hem enerji maliyetini azaltabilecek hem de ürettiği enerjinin çoğunu elektrik üreticilerine satabilecektir. İsterse kendi enerjisini depolayarak daha sonradan kullanabilecektir. Günümüzde elektrik tüketiminin arttığı ve yenilebilir enerji kaynaklarına ihtiyacın fazlalığı düşünülürse yakın gelecekte her binanın kendi hibrit sisteminin kurması için bu çalışma yol gösterici olabilecektir.

KAYNAKLAR

Enerji Maliyeti, Nisan 2019 tarihinde https://www.enerjiportali.com/ocak-ayi-indirimli-elektrik-fiyatlari-belli-oldu/ adresinden alındı.

FARRET, FELIX A. (2006), Integration Of Alternative Sources Of Energy, *Wiley-Interscience*.

GIOUTSOS, D. M. (2016). Determination of Cost-Optimal Electricity System Configurations for the Transition to Sustainable Energy Systems on Islands, *Master Of Science Thesis,* For the degree of Master of Science in Sustainable Energy Technology (SET) at Delft University of Technology.

HABIB, M. A., SAID, EL-HADIDY S. A. M., AL-ZAHARNA (1999), Optimization Procedure Of A Hybrid Photovoltaic Wind Energy System, *Energy*, Vol. 24, 919-929.

HOMER programı, Mart 2019 tarihinde https://www.homerenergy.com/ adresinden alındı.

İNCEBURUN Bölgesi, Mart 2019 tarihinde https://www.haritatr.com/harita/Inceburun/41227 adresinden alındı.

ÖZCAN, H. (2009). Bir Hibrid Enerji Sisteminin Modellenmesi ve Analizi, *Yüksek Lisans Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

MATTHEW, A., ERNEST, F. B. (2009), Feasibility Of Solar Technology Adoption: A Case Study On Tennessee's Poultry Industry, *Renewable Energy*, Vol. 34, 748-754.

METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (2019), Nisan 2019 tarihinde https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=SINOP adresinden alındı.

YENİLEBİLİR ENERJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (YEGM) (GÜNEŞ ATLASI) (2019), Nisan 2019 tarihinde http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/57.aspx adresinden alındı.

YENİLEBİLİR ENERJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (RÜZGAR ATLASI) (YEGM) (2019), http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/SINOP-REPA.pdf adresinden alındı.

YILDIZ, M., BİNGÖL, F. (2017), Küçük ve Mikro Ölçekli Enerji Yatırımı İçin Hibrit Enerji Modeli, *IV. İzmir Rüzgâr Sempozyumu*, İzmir.

FLOROKARBON/KARBON SİYAHI KAUÇUK KOMPOZİTİNİN MEKANİK VE TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNE POLİTETRAFLORETİLEN (PTFE) KATKININ ETKİSİ

Atilla Osman Özdemir
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
SKT Yedek Parça ve Makina Sanayi A.Ş
atillaozdemirx@gmail.com

Prof. Dr. Hüseyin Ünal
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
unal@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, yüksek sıcaklıklara dayanıklı karbon siyahı katkılı florokarbon kauçuk kompoziti (FKM) ve karbon siyahı ile 10 phr birim poli-tetra-flor-etilen (PTFE) katkılı florokarbon kauçuk karışımı kompozitin (FKM+10phr PTFE) mekanik ve tribolojik özellikleri incelenmiştir. Hamur karışımı laboratuvar tipi bir açık karıştırıcı kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan hamurlardan 2 mm kalınlığında levha üretimi ve sertlik disklerini üretmek için hidrolik vulkanizasyon presi kullanılmıştır. Hazırlanan plakalar ve sertlik diskleri 15 saat süre ile post-cure işlemine tabi tutulmuştur. Plakalardan standartlara uygun kalıplar kullanılarak çekme ve yırtılma test numuneleri kesilmiştir. Mekanik deneylerinden kauçuk kompozit malzemelerin çekme mukavemeti, elastiklik modülü, % uzama değerleri, yırtılma mukavemeti ve sertlik değerleri belirlenmiştir. Tribolojik deneylerde ise malzemelerin sürtünme katsayısı ile aşınma hacmi kaybı değerleri tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, FKM kompozitine PTFE ilavesi ile elde edilen kompozit malzemenin çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti, sürtünme katsayısı ve aşınma hacmi değerleri azalırken, sertlik ve %uzama değerlerinde pek bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, kompozit malzemenin elastiklik modülü ve yoğunluk değerlerinde ise artış gözlenmiştir.
Anahtar kelimeler: florokarbon, kauçuk, PTFE, karbon siyahı, mekanik, triboloji

THE EFFECT OF POLY-TETRA-FLUORO-ETHYLENE CONTENT ON THE MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PPROPERTIES OF FLUOROCARBON RUBBER

Abstract

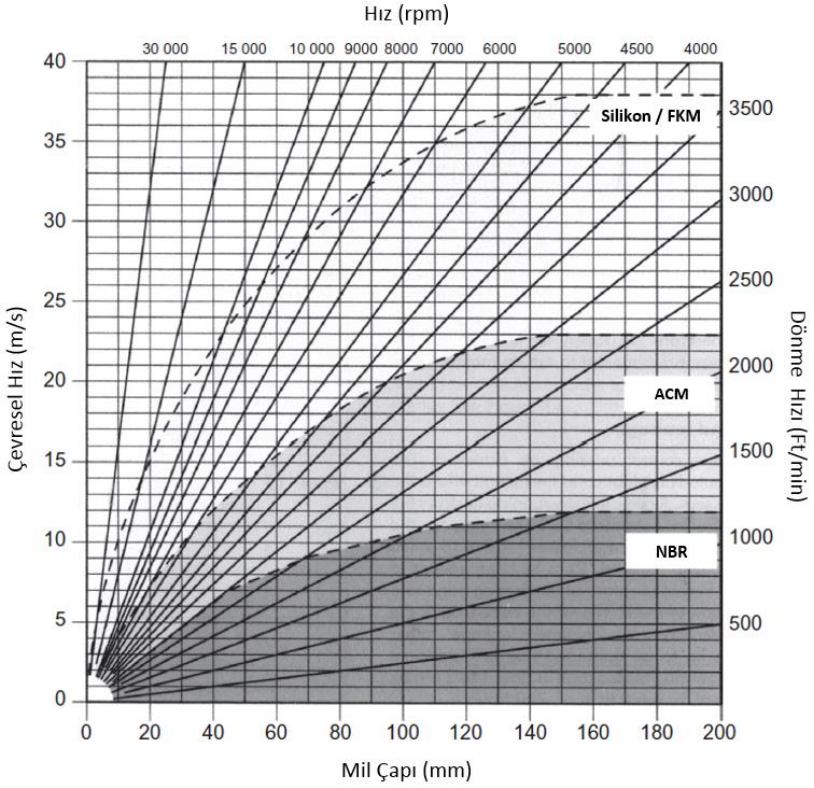
In this study, the mechanical and tribological properties of the high temperature resistant carbon black added fluorocarbon rubber composite (FKM) and 10 phr poly-tetra-fluoro-ethylene (PTFE) filled fluorocarbon rubber compound composite (FKM+10phr PTFE) were investigated. The dough mixture was prepared using a laboratory type open mixer. Hydraulic vulcanization press was used to produce 2 mm thick sheet and hardness discs from prepared doughs. Prepared sheets and hardness discs were post-cure for 15 hours. Tensile and tear test specimens were cut from the sheets using standard molds. Tensile strength, tensile modulus, elongation at break, tear strength and hardness values of FKM rubber composite materials were determined from mechanical experiments. In the tribological experiments, the friction coefficient and volume loss values of the rubber composite materials were determined. As a result of the experiments, the tensile strength, tear strength, friction coefficient and wear volume values of the rubber composite material obtained by the addition of PTFE to the FKM composite decreased, while hardness and elongation at break values did not change much. However, the elastic modulus and density values of the rubber composite material increased.

Keywords: Fluorocarbon, rubber, PTFE, carbon black, mechanical, tribology

1. GİRİŞ

Otomotiv yakıtlarında aromatik bileşenlerin kullanılmasıyla birlikte daha yüksek kaporta altı sıcaklıklar oluşmakta ve değişen otomotiv yönetmelikleri ile birlikte kullanılan kauçuk parçaların dayanım sınırları da zorlanmaktadır. Geleneksel kauçuklar bu dayanımı sağlayacak özelliklerde değillerdir. Fakat FKM kauçuklar bu dayanımı sağlamaktadırlar. Bu dayanımlarının ön plana çıkması ile FKM polimerlerinin %60'ı otomotiv sektöründe kullanılmaktadır (Drobny, 2008).

Floroelastomerler (FKM), flor atomu içeren monomerlerin polimerizasyonu ile elde edilen elastomerlere verilen genel addır ve FKM şeklinde kısaltılırlar. Flor içeren monomerlerin kopolimerleri hazırlanarak farklı özelliklerde floroelastomerler elde edilir. FKM Polimerleri 200 oC ye kadar kullanılabilme ve ısıya, kimyasallara, yağlara karşı yüksek direnç gibi eşsiz özellikler taşırlar. Ayrıca; diğer polimerlere kıyasla, düşük sıcaklıklarda esnekliğe sahiptirler (Drobny, 2008). Bunun nedeni, zincirlerinde C- H bağından güçlü C-F bağları taşımaları ve yapılarında doymamış bağ bulunmamasıdır. Flor atomu sayısı arttıkça polimerlerin sıvılara karşı direnci yükselir. FKM polimeri, otomotiv sektöründe sızdırmazlık elemanlarının kullanıldığı dinamik uygulamalarda diğer polimerlerle kıyasla, silikon polimeri ile birlikte çalışma hızı en yüksek olan polimerlerdir (DIN 3761., 1983).



Şekil 1: Farklı polimerlerden üretilmiş yağ keçelerin farklı çap millerdeki çalışma hızları diyagramı.

(Ref: DIN 3761., 1983)

Yüksek sıcaklık ve yüksek devirli ortamlarda ve krank keçelerinde kullanılır. Keton, amin, ester ve eter içeren akışkanlara dayanımı iyi değildir. Diğer polimerlere kıyasla, yüksek sıcaklıklarda sızdırmazlık uygulamalarında daha uzun ve etkili performans sergilemektedirler (Drobny, 2016).

PTFE, ticari adı Teflon olan bu malzeme, bir termoplastik floropolimerdir. Flor atomlarıyla doymuş uzun ve düz bir karbon zincirinden meydana gelmiş moleküler yapı, atomlar arasındaki kuvvetli bağlar sebebiyle oldukça inert özelliklere sahiptir. Isıya, kimyevî maddelere, neme, elektrik atlamasına (dielektrik), sürtünmeye dayanıklıdır. Teflon 260 °C maksimum çalışma sıcaklığıdır ve 300 °C sonrasında bozunmaya başlar (Khan and Heinrich, 2010). En çok kullanıldığı yerler yüksek ısıya dayanıklı conta, keçe ve makina sanayinde sürtünmeye dayanıklı yağsız yataklar sayılabilir.

Uzun zamandır bir elastomerin özelliklerini PTFE'nin özellikleriyle birleştirme çalışmaları yapılmıştır. Yararlı özelliklere sahip kompozisyonlar üretmek için geçmiş çabalar tamamen başarılı olamamıştır. Ek olarak, PTFE'yi kauçuğa dahil etme girişimleri genellikle ağırlıkça %20'den fazla PTFE yüklemesi içermeyen girişimler ve bileşimlerle sınırlandırılmıştır. Elastomer-PTFE bileşiminde homojen dağılım elde etmedeki zorluk nedeniyle daha yüksek PTFE yüklemeleri elde edilememiştir. PTFE'nin son derece düşük sürtünme özellikleri iyi bilinmektedir, ancak literatürde bu malzemenin farklı elastomer tipleri ile birleştirilmesiyle ilgili çok az çalışma vardır. İlk olarak, PTFE, üstün sıcaklıkları ve kimyasal dirençleri nedeniyle sızdırmazlık ve dinamik uygulamalar için silikon ve florosilikon kauçuk gibi özel polimerlerde kullanılmıştır. Bununla birlikte, nispeten düşük yırtılma mukavemeti ve aşınma direnci, beklenen yararlı uygulamalarını da sınırlamaktadır (Khan ve Heinrich, 2010).

Sürtünme ile ısıtma ve bunun sonucunda oluşan temas sıcaklıkları, kayma bileşenlerinin tribolojik davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Yüzey ve yüzeye yakın sıcaklıklar, sürtünen malzemelerin yapısında ve özelliklerinde değişikliklere, yüzeyin oksidasyonuna ve hatta temas eden katıların erimesine neden olacak kadar yüksek olabilir. Bu sıcaklık artışları, malzemenin sürtünme ve aşınma davranışındaki değişikliklerden sorumlu olabilir. Temas sıcaklıkları ve ortaya çıkan termal gerilmeler, kayan metal bileşenlerin aşınmasında önemli bir rol oynayabilir (Kennedy, 2001).

Bu çalışmada, florokarbon kauçuk kompozitin mekanik ve tribolojik özelliklerine 10 phr PTFE katkısının etkisi araştırılmıştır. Açık karıştırıcıda hazırlanan kauçuk karışımından sıcak preste levha haline getirildikten 15 saat süre ile post-cure işlemine tabi tutulmuştur. Plakalardan çekme ve yırtılma test numuneleri kesilmiştir. Kauçuk kompozit malzemelerin çekme mukavemeti, elastiklik modülü, % uzama değerleri, yırtılma mukavemeti ve sertlik değerleri gibi mekanik özellikler ile sürtünme katsayısı ve aşınma hacmi değerleri tespit edilmiştir. Aşınma deneyleri 15N ve 30N yüklerde ve 500 rpm dönme hızında gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, FKM kompozitine 10 phr PTFE ilavesi ile malzemenin sertlik ve %uzama değerlerinde pek bir değişim gözlenmemiş, çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti, sürtünme katsayısı ve aşınma hacmi değerleri azalmış fakat elastiklik modülü ve yoğunluk değerlerinde ise artış gözlenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Metot

Deneylerde kullanılan FKM kauçuk malzemesi %66 flor içerikli ve 34 Mooney viskoziteli (ML 1+10, 121ºC) Tecnoflon T636 kodu ile levha formunda Solvay, Türkiye firmasından temin edilmiştir. PTFE polimer katkı ise, FLON 9013 FT-905 kodlu olarak Klinger, Almanya firmasından temin edilmiştir. N990 MT Thermax Floform kodlu karbon siyahı ise Cancarb limited, Kanada firmasından temin edilmiştir. Ortalama karbon siyahı partikül boyutu 280 nm'dir.

2.2. Numunelerin hazırlanması

Karbon siyahı katkılı florokarbon kauçuk kompoziti (FKM) ve karbon siyahı ile 10 phr birim poli-tetra-flor-etilen (PTFE) katkılı florokarbon kauçuk karışımı kompozit (FKM+10 phr PTFE) malzemeler ile diğer kimyasallar önce Farrel marka laboratuvar tipi bir açık karıştırıcı **(Bakınız Şekil 2)** kullanılarak 920 saniye boyunca karıştırılmıştır. Sonra pişirici ilave edilerek 370 saniye süresince karıştırma işlemine devam edilmiştir. Hazırlanan hamurlar daha sonra 6 saat boyunca oda sıcaklığında şartlandırmaya tabii tutulmuştur. Hazırlanan hamurlardan ASTM D412DieC standardına uygun 2 mm kalınlığında levha ve sertlik disklerini ASTM D 2240 standardına uygun üretmek için SKT A.Ş.'nin kendi ürettiği hidrolik vulkanizasyon presi kullanılmıştır. Preste 180ºC 'de 10 dakika boyunca plakalar üretilmiş ve vulkanize edilmiştir. Hazırlanan plakalar ve sertlik diskleri kademeli olarak ısıtılan VötschVTL 60/60 marka post-cure fırınında maksimum 230ºC sıcaklıkta 15 saat süre ile post-cure işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra standartlara uygun kalıplar kullanılarak 2 mm kalınlığında vulkanize olmuş kauçuk plakalardan çekme ve yırtılma test numuneleri kesilmiştir.

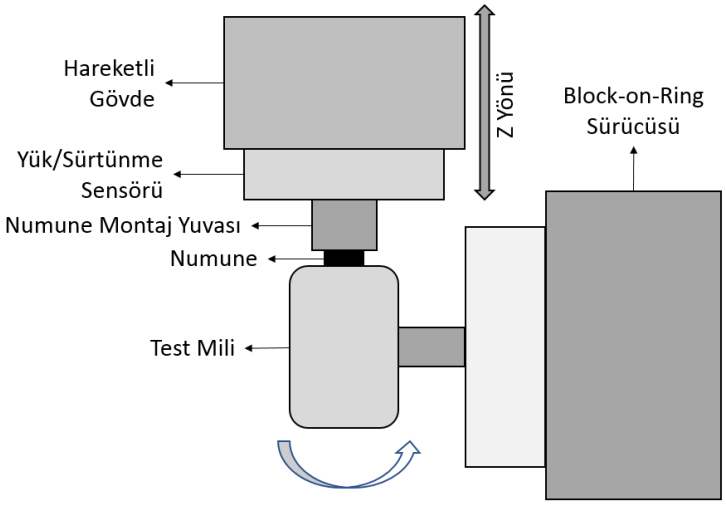


Şekil 2. Laboratuvar tipi açık karıştırıcı

Mekanik deneylerinden kauçuk kompozit malzemelerin çekme mukavemeti, elastiklik modülü, % uzama değerleri, yırtılma mukavemeti ve sertlik değerleri belirlenmiştir. Çekme testleri, 500 mm/dakika çekme hızında ve Zwick marka çekme cihazında gerçekleştirilmiştir. Yırtılma test numuneleri ASTM D624 Type B standardına uygun şekilde hazırlanmıştır. Sertlik testleri Zwick marka cihazda Shore A cinsinden ölçülmüştür. Aşınma ve sürtünme test numuneleri, 19,40x39x12,40 mm^3 ölçülerinde üretilmişlerdir. Tribolojik deneylerde, silindir üzerinde plaka aşınma cihazında (CETR marka) gerçekleştirilmiştir. Silindir üzerinde plaka aşınma cihazı şematik görüntüsü **Şekil 3**'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan silindir malzeme DIN 1.2842 soğuk iş takım çeliği olup sertliği 45 HRC'dir.

Aşınma deneyleri 500 dev/dk dönme hızında 15N ve 30N yükler altında 23ºC oda sıcaklığında ve kuru ortam şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, FKM esaslı kauçuk kompozit malzemelerin sürtünme katsayısı ile aşınma hacmi değerleri tespit edilmiştir. **Denklem 1**'de belirtilen formüle göre sürtünme katsayısı hesaplanmıştır. Burada Fs=sürtünme kuvveti, F= Uygulanan yük ve k=sürtünme katsayısı olarak tanımlanmıştır. Her 15 saniyede 1 sürtünme katsayısı verisi ve Optris marka termal kamera ile sürtünme sıcaklığı verisi alınmıştır. Aşınma öncesi (m1) ve sonrası (m2) numuneler tartılarak ağırlık kayıpları (m) tespit edilmiştir. Aşınma hacmi ve sürtünme katsayısı değerlerini tespit etmek için her bir malzemeye için en az 3 kez deney yapılmıştır. Aşınma yüzeylerinin 34x büyütmedeki görüntüleri Zeiss SmartZoom 5 marka optik mikroskop ile çekilmiştir. Aynı yüzeylerin aşınma morfolojisinin incelemek üzere Tubitak-Butal Laboratuvarında TESCAN Vega3 SBU marka cihazda 241x büyütmede SEM görüntüleri çekilmiştir.

$$k = Fs / F \quad (1)$$

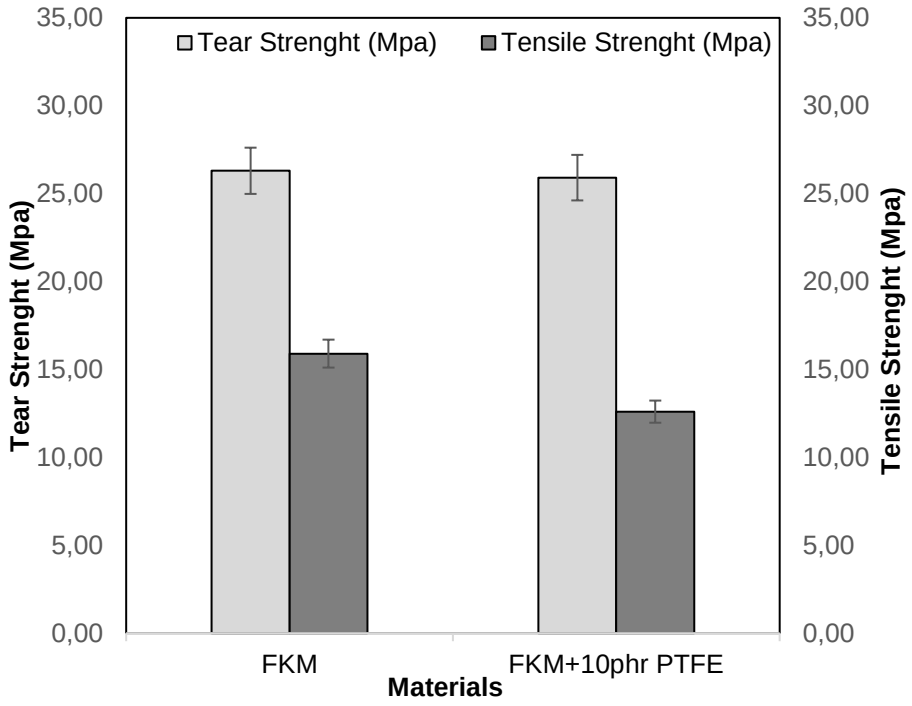


Şekil 3. Silindir üzerinde plaka aşınma cihazı

2.3. Deneysel Bulgular

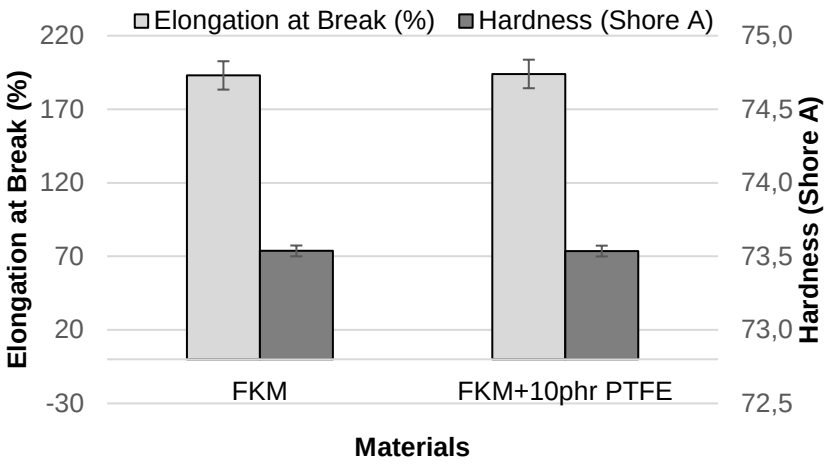
Şekil 4 karbon siyahı katkılı florokarbon kauçuk kompoziti ile karbon siyahı ve 10 phr poli-tetra-flor-etilen (PTFE) katkılı florokarbon kauçuk karışımı kompozitin çekme mukavemeti, çekmedeki elastiklik modülü ve yırtılma mukavemeti değişimini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi FKM kompozitin çekme mukavemeti 15.9 MPa olarak gözlenirken FKM+10phr PTFE kompozitinin çekme mukavemeti 12.6 MPa olarak belirlenmiştir. Yani PTFE katkısı ile kompozit malzemenin çekme mukavemeti azalmıştır. Bu azalma miktarı yaklaşık olarak %20,7 kadar olmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda da benzer durum gözlemlenmiş olup, kauçuklara eklenen PTFE miktarı arttıkça çekme mukavemetinde düşüş görülmüştür (Park, 2008). Bunun nedeni; PTFE'nin inaktif dolgu maddesi olarak matriste yer alması ve matrisin dayanımını düşürücü yönde etki etmiş olmasıdır.

Yırtılma mukavemetinin de önemli bir değişim görülmemiştir. FKM kompozitin yırtılma mukavemeti 26,3 MPa iken FKM+10phr PTFE kompozitin yırtılma mukavemeti 25,91 MPa olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. FKM kompoziti ile FKM+10phr PTFE karışımı kompozitin çekme mukavemeti ve yırtılma mukavemeti değişimi.

Karbon siyahı katkılı FKM kauçuk kompoziti ile karbon siyahı ve 10 phr PTFE katkılı FKM kauçuk karışımı kompozitin %uzama ve sertlik özelliklerindeki değişimi **Şekil 5**'de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi karbon siyahı katkılı FKM kauçuk kompoziti ile karbon siyahı katkılı FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin % uzama değerleri sırasıyla %193 ve %194 olarak tespit edilmiş olup çok belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Benzer şekilde FKM kompozit ile karbon siyahı katkılı FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin Shore A cinsinden sertlik değerleri de sırasıyla 73,7 ve 73,6 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak FKM kauçuğuna 10phr PTFE ilave edilmesi kauçuk kompozitin sertliğinde belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Yapılan bazı çalışmalarda da benzer durum gözlemlenmiş olup, kauçuklara eklenen PTFE miktarı ağırlıkça %10 oranında olan kompozitlerde, sertlik değişimi 1 Shore A civarında olduğu görülmüştür (Park, 2008). Bu çalışmada eklenen PTFE miktarının, sertlik değişimini artıracak miktarda olmadığı görülmektedir.



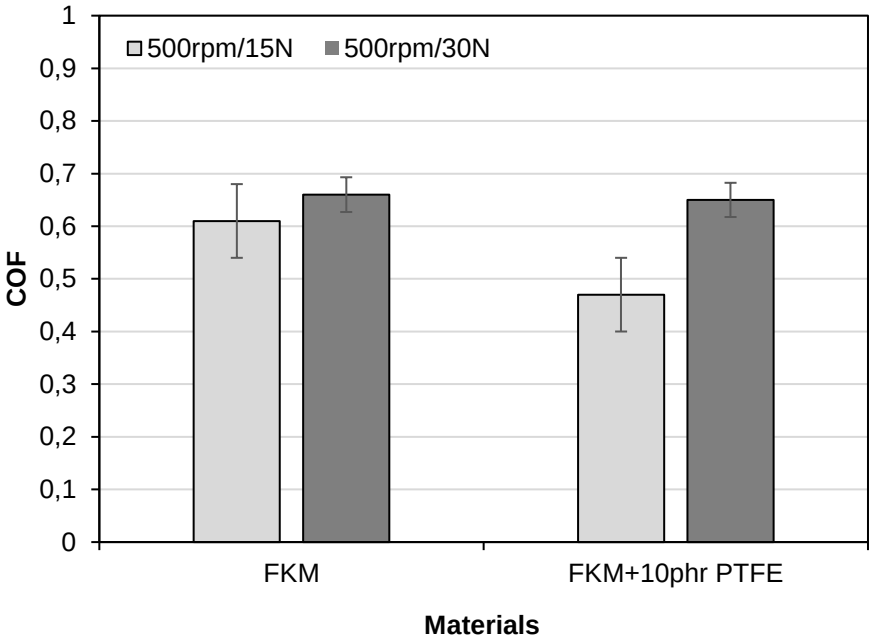
Şekil 5. FKM kompoziti ile FKM+10phr PTFE karışımı kompozitin % uzama ve sertlik özelliklerinin değişimi

Karbon siyahı katkılı FKM kauçuk kompoziti ile 10 phr PTFE katkılı FKM kauçuk karışımı kompozitlerin 500 dev/dakika hızdaki 15N ve 30N yükler altındaki sürtünme katsayısı değişimi **Şekil 6**' de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi hem FKM kauçuk kompozitinin hem de FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin sürtünme katsayıları uygulanan yükün artması ile arttığı gözlenmiştir. 500 dev/dakika dönme hızında 15N ve 30N yükler altındaki FKM kompozitinin sürtünme katsayıları sırasıyla 0,61 ve 0,66 olarak tespit edilmiştir. Uygulanan yükün artması ile sürtünme katsayısı %8,19 oranında artış göstermiştir. FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin sürtünme katsayıları da sırasıyla 0,47 ve 0,65 olarak belirlenmiştir. Yükün artması ile malzemelerin sürtünme katsayısı değerleri artış göstermiştir. Bu artış oranı ise yaklaşık olarak %38 olmuştur. Yapılan çalışmalarda uygulanan yükün artmasıyla CoF değerinin de aksine azaldığı görünmektedir (Yuan ve Yang, 2010). Bu çalışmada ise uygulanan 30N'luk yük altında PTFE katkısı aşınma yüzeyinde film tabakası yapamamış ve artan sıcaklıkla birlikte sürtünme katsayısı da arttığı söylenebilir. Karışımları kendi aralarında değerlendirdiğimizde ise; Karbon siyahı katkılı FKM kauçuk kompozitinin 15N yük altında sürtünme katsayısı, PTFE katkısı ile 0,61'den 0,47'ye azalmıştır. 15N yük altında PTFE katısı sürtünme yüzeyinde film tabakası oluşturarak, sürtünmeyi azaltmıştır (Bakınız **Şekil 6)**. Yapılan çalışmalarda da benzer yüzey alanına sahip PTFE katkısı ile oluşturulan farklı kauçuk kompozitlerinin, PTFE katsı ile sürtünme katsayısında düşüş görülmektedir (Khan ve Franke, 2009).

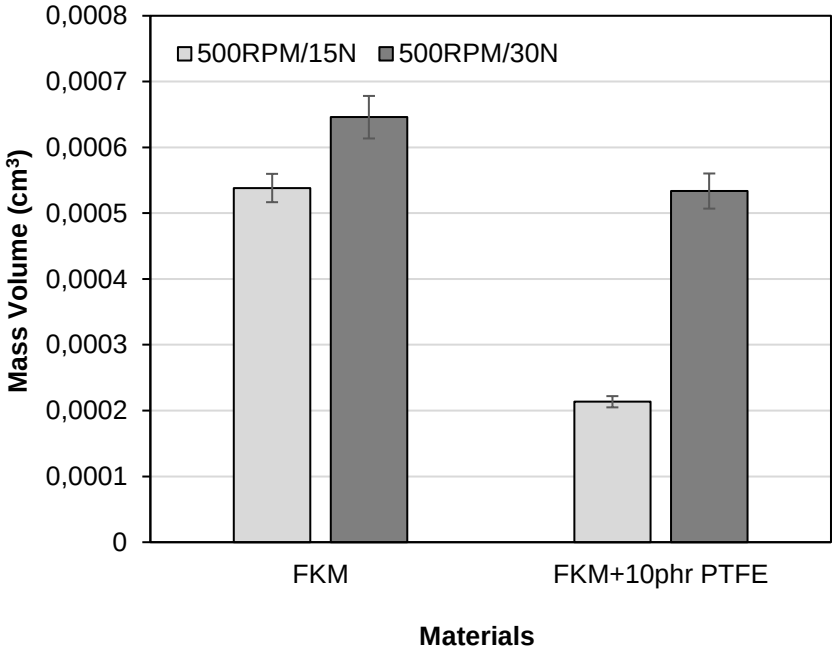
FKM kauçuk kompozitine 10 phr PTFE ilavesi ile kompozitin aşınma hacminin önemli derecede azalmasına sebep olmuştur (bakınız **Şekil 7**). 500 dev/dk. dönme hızında ve 15N yükte aşınma hacmindeki bu azalma oranı yaklaşık olarak %60 civarında iken 30N yükte ise azalma oranı yaklaşık %18,7 civarında olmuştur. Yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar görülmüş olup, PTFE katkısı ile aşınma oranında azalma görülmektedir (Khan ve Heinrich, 2010). Aşınma süresince çelik silindir ile temas eden kauçuk arasındaki yüzey sıcaklığının, uygulanan yük ile birlikte artmıştır (bakınız **Şekil 8**). Bunun sebebi olarak; sürtünme yüzey genişliğinin artması ile sürtünme katsayısının artması ve sürtünme yüzey sıcaklığının da buna bağlı olarak yükselmesidir. Yapılan çalışmalarda da sürtünme yüzey genişliği belirli bir kalınlığa kadar arttıkça, sürtünme yüzey sıcaklığının arttığı görülmektedir (Frölich ve Magyar, 2014).

FKM kauçuk kompoziti ile karbon siyahı katkılı FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin 500 rpm dönme hızı ve 15 N yük altındaki aşınma yüzey görüntüleri **Şekil 9**'de verilmektedir. Şekil 9a' da görüldüğü gibi karbon siyahı katkılı FKM kauçuk kompozitin aşınma yüzeyi abrazif aşınma olarak görünmektedir. Yüzeylerde derin ve geniş aşınma izleri gözlenirken FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin aşınma yüzeyi daha düzgün olarak gözlenmiştir (Bakınız **Şekil 9b**). FKM kauçuk kompoziti ile karbon siyahı katkılı FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitin 500 rpm dönme hızı ve 15 N yük altındaki aşınma yüzey SEM görüntüleri **Şekil 10**'da verilmektedir. **Şekil 10a**'da karbon siyahı katkılı FKM kauçuk kompozitinde, aşınmanın başladığı yerden kayma yönüne doğru

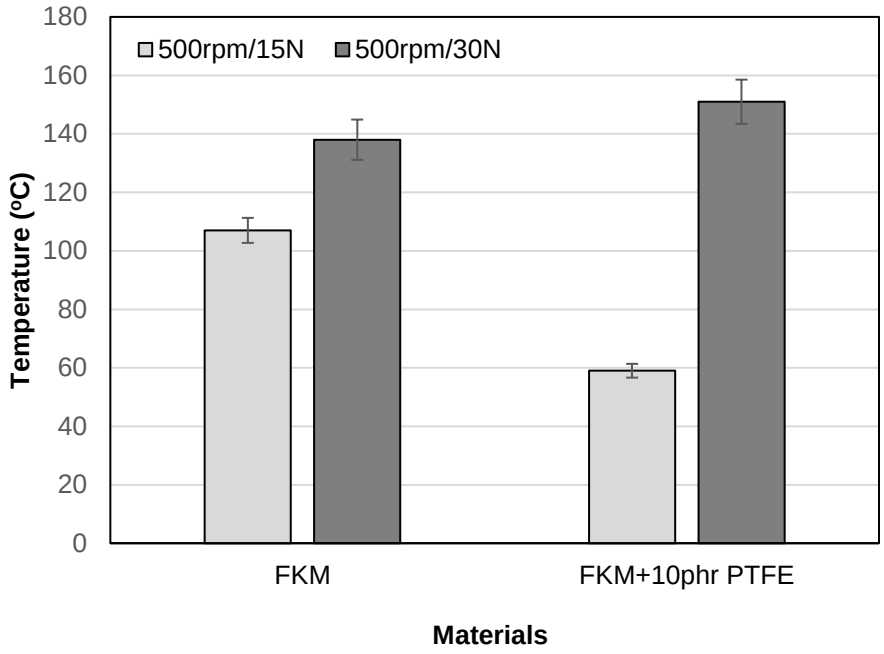
malzemede kayıplar ve aşınmalar görülmektedir. **Şekil 10b**'de karbon siyahı katkılı FKM+10phr PTFE kauçuk karışımı kompozitinde malzemede kopmalar görülmemektedir. Bunun nedeni ise; ilave edilen PTFE katkısının, sürtünme yüzeylerinde yağlayıcı etkisinin ve aşınmanın tüm yüzeylere homojen olarak dağılması olarak açıklanabilir. Yapılan farklı kauçuklar üzerindeki çalışmalarda da PTFE katkısı ile aşınan yüzeylerde daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir (Khan ve Franke, 2009).



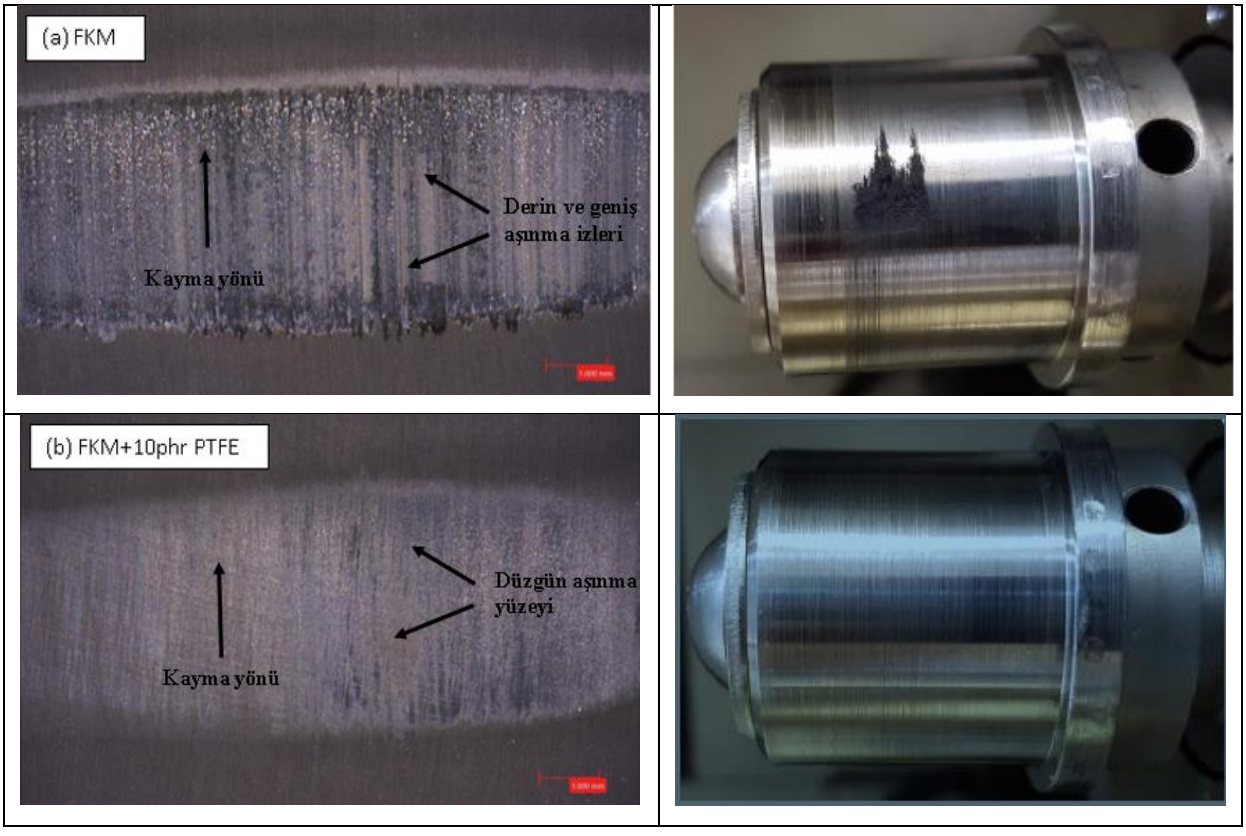
Şekil 6. FKM kompoziti ile FKM+10phr PTFE karışımı kompozitin 15N ve 30N yükler altında ve 500 dev/dk. hızdaki sürtünme katsayısı değişimi



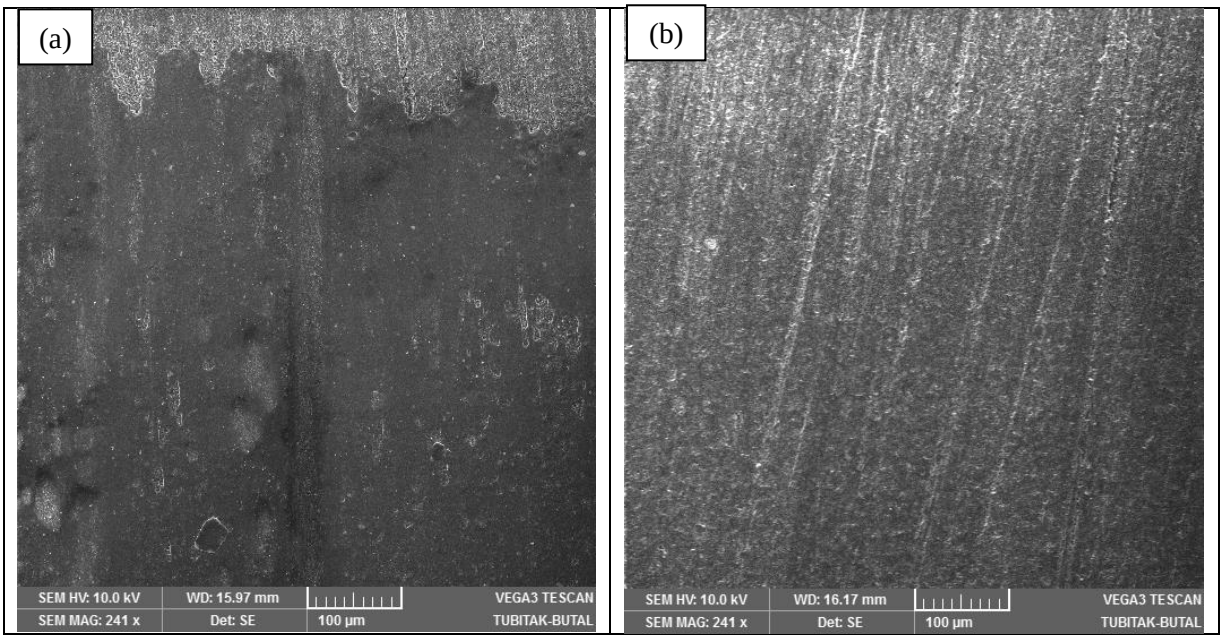
Şekil 7. FKM kompoziti ile FKM+10phr PTFE karışımı kompozit malzemelerin 500 dev/dk. dönme hızındaki ve 15N ve 30N yükler altındaki aşınma hacmi değişimi



Şekil 8. FKM kompoziti ile FKM+10phr PTFE karışımı kompozit malzemelerin aşınma deneyi koşullarında karşı çelik malzeme temasında oluşan maksimum yüzey sıcaklığının değişimi



Şekil 9. 500 rpm dönme hızı ve 15 N yük altındaki numunelerin (a) FKM, b) FKM+10phr PTFE kauçuk kompozit malzemelerin aşınma yüzeylerinin 34x büyütme ile çekilen optik mikroskop görüntüleri



Şekil 10. 500 rpm dönme hızı ve 15 N yük altındaki numunelerin (a) FKM, b) FKM+10phr PTFE kauçuk kompozit malzemelerin aşınma yüzeylerinin 241x büyütme ile çekilen SEM görüntüleri.

3. TARTIŞMA

Karbon siyahı katkılı FKM kompozitine 10 phr oranında PTFE ilavesi ile kauçuk kompozitin çekme mukavemeti %20,7 oranında, yırtılma mukavemeti ve % uzama ve sertlik değerlerinde ise hemen hemen önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Ancak elastiklik modülü ise FKM kauçuğuna PTFE ilavesi ile %11,6 oranda artmıştır.

FKM kauçuk kompozitine 10 phr PTFE ilavesi ile kompozitin aşınma hacmi önemli derecede azalmıştır. 500 dev/dk. dönme hızında ve 15N ve 30N yüklerde, aşınma hacmindeki bu azalma oranı sırasıyla %60 ve %18.7civarında olmuştur. Aynı şartlar altında sürtünme katsayısındaki azalma oranı ise sırasıyla %22,9 ve %1,5 civarında olmuştur.

FKM kauçuk kompozitine PTFE polimer ilavesi ile kompozitin çelik ile temas yüzey sıcaklığı azalmıştır. Bu sonuç 15N yükte ve 500 dev/dk. dönme hızında daha belirgin olarak görülmektedir. FKM kauçuk kompozitindeki aşınma mekanizması genel olarak abrazif aşınma olarak gözlenirken, PTFE katkılı FKM kauçuk kompozit malzemesinde aşınma mekanizması adhezif aşınmaya yönlenmiştir.

KAYNAKLAR

DIN. (1983), *DIN 3761-2 Rotary shaft lip type seals for automobils; applications*, Germany: DIN.

DROBNY, J.G. (2008), *Technology of Fluoropolymers*, Florida: CRC Press

DROBNY, J.G. (2016), *Fluoroelastomers Handbook The Definitive User's Guide 2.nd Edition*, Pennsylvania : Plastics Design Library

FROLICH D., MAGYAR, B., (2014), A comprehensive model of wear, friction and contact temperature in radial shaft seals, *Wear*, 311, 71-80.

KENNEDY, Francis,E. (2001), Frictional Heating and Contact Temperatures, B. BHUSHAN içinde, *Modern Tribology Handbook (Section 1)*, Ohio : CRS Press.

KHAN, M.S., FRANKE, R. (2009), Physical and tribological properties of PTFE micro powder filled EPDM rubber, *Tribology International*, Volume 42, 890–896.

KHAN, M.S., HEINRICH, G. (2010), PTFE-Based Rubber Composites for Tribological Applications, *Springer-Verlag*, 239, 249-310.

PARK, E., (2008) Processibility and Mechanical Properties of Micronized Polytetrafluoroethylene Reinforced Silicone Rubber Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 107 1, 372-381.

YUAN, X., YANG, X., (2010), A study on friction and wear properties of PTFE coatings under vacuum conditions, *Wear*, 269, 291-297.

TREYLER SEKTÖRÜNDE BİR KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (QFD) UYGULAMASI

İlayda Akbulut
KocaeliÜniversitesi, Fen BilimleriEnstitüsü, EndüstriMühendisliğiYükseklisansProgramı
akbulut_ilayda@hotmail.com

Dr.Öğr. Üyesi. BurcuÖzcan
KocaeliÜniversitesi, MühendislikFakültesi, EndüstriMühendisliği
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr

Özet

Müşteri beklentilerinin değer kazandığı günümüz piyasa şartlarında, firmalar yerlerini koruyabilmek ve rekabet kuvvetlerini artırmak için hızla değişiklik gösteren müşteri beklentilerine en hızlı şekilde yanıt vermek zorundadırlar. Rekabetin en yüksek düzeyde yaşandığı sektörlerden biri olan otomotiv sektöründe yer alan üreticiler, bu rekabet ortamında yerlerini sağlamlaştırmak ve müşteri memnuniyetini kazanabilmek için sürekli yeni yöntemler denemekte ve başarılı bulunanlar uygulamaya konulmaktadır. Bu konuda günümüzde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment)'dır. Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD), şirketlerin ürün tasarım proseslerinde müşteri beklenti ve ihtiyaçlarını karşılamak için uyguladıkları bir yöntemdir. QFD, müşteri beklentilerine uyumlu ürünlerin geliştirilme süresini azaltarak firmalara bulundukları sektörde rekabet avantajı sağlar ayrıca müşteri ve ürün gelişim toplulukları arasındaki bağlantıyı sağlar. QFD' nın tercih edilmesinde ki başlıca sebepler; müşteri ihtiyaç ve beklentilerini tanımlayarak bunları teknik parametrelere çevirmesi sayesinde matematiksel olarak işlemlere dahil ederek daha objektif bir inceleme yapılmasına olanak vermesi ve müşteri ihtiyaç ve beklentilerini doğrudan tasarıma yansıtılabilmesidir. Bu çalışma kapsamında firmaların müşteri memnuniyetini göz önüne almak ve ölçmek amacıyla, müşteri ihtiyaç ve beklentilerinden başlayarak tasarım ve üretime giden süreçte tüm problemleri ve beklentileri ortaya çıkaran Kalite Fonksiyon Yayılımı metodu, treyler sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uygulanmıştır. Çalışmada müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin önem dereceleri belirlenirken "Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE)" nden, yöntemin uygulanmasında ise Excel çözücüden yararlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Treyler sektörü, Kalite Fonksiyon Yayılımı, PROMETHEE Yöntemi.

AN APPLICATION OF QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT(QFD) IN TRAILER SECTOR

Abstract

In today's market conditions where customer expectations gain value, firms are obliged to respond as soon as possible to rapidly changing customer expectations for are secure one's positions and increase competitiveness. The manufacturers in the automotive sector, which is one of the sectors with the highest level of competition, are constantly trying new methods to secure one's positions in this competitive environment and meet the customer satisfaction then the successful ones are put into practice. Nowadays one of the commonly used methods in this subject is 'Quality Function Deployment'. Quality Function Deployment (QFD) is a method used by companies to meet customer needs and expectations in product design processes. QFD decreases the development time of products that meet customer expectations and provides companies with competitive advantage in the sector also provides the link between customer and product development communities. The main reasons for choosing QFD are; by identifying customer needs and expectations then converting them into technical parameters, it is possible to incorporate them in mathematical processes and enable them to conduct a more objective examination and to reflect their needs and expectations directly to the design.Within the scope of this study, in order to take into consideration and measure the customer

satisfaction of the firms, QFD method, which reveals all problems and expectations in the process leading to design and production, starting from customer needs and expectations, has been implemented in a company operating in the trailer sector. In the study, “Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)” method was used to determine the level of importance customer needs and expectations, in the implementation of the Method, the Excel solver has been utilized.

Keywords: The Trailer Sector, Quality Function Deployment , PROMETHEE Method.

1. GİRİŞ

Kalite fikrinin gelişmesi ile müşteri beklentilerinin değer kazandığı günümüz piyasa şartlarında, firmalar yerlerini koruyabilmek ve rekabet kuvvetlerini artırmak için süratle değişiklik gösteren müşteri beklentilerine en hızlı şekilde yanıt vermek zorundadırlar. Rekabetin en yüksek düzeyde olduğu sektörlerden biri olan otomotiv sektöründe yer alan üreticiler, bu rekabet koşullarında yerlerini sağlamlaştırmak ve müşteriyi tatmin edebilmek için devamlı yeni yöntemler denemekte ve başarı sağlananlar uygulamaya konulmaktadır. Bu konuda günümüzde çokça kullanılan yöntemlerden birisi de Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment(QFD))’ dır.

Ürün ve hizmet üreten firmaların pazarda rekabet etme güçleri, müşterilerin talep ettiği kalite ve teknik özelliklere sahip ve ücreti müşterilerin ödemeyi kabulleneceği düzeyde olan ürün/hizmet tasarlayıp piyasaya çıkarmalarına bağlıdır. Bu nedenle yeni ürün/hizmet tasarımı prosesleri müşteri odaklı olmalıdır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Kalite Fonksiyon Yayılımının Tarihçesi, Tanımı ve Amacı

Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment (QFD)), müşteri beklentilerini belirlenebilen performans değişikliklerine dönüştürüp, en iyilenmiş bir süreç ve iyi bir dağıtım/satış aracı elde edilmesine yardımcı olan müşteri odaklı ve birlikte çalışmayı gerektiren bir kalite yöntem bilimidir(Sevük, 1998). Kalite Fonksiyonunun Yayılımı’ndan ilk kez 1960'lı yıllarda söz edilmeye başlanmıştır. Bu konudaki ilk makale de 1972'de yayınlanan Standardization and Quality Control adlı dergide bulunan "Development and Quality Assurance of New Products: A System of Quality Deployment" başlıklığıyla yazılan yazıdır. Kalite Fonksiyon Yayılımı uygulaması (QFD) ilk kez 1972 yılında Japon menşeili Mitsubishi şirketinde uygulanan, 1984 yılı ve sonrasında da Amerika’da araştırılan ve uygulanan, şuan bütün dünyada kabul görmüş bir kalite tekniğidir. QFD uygulamasında, müşteriler için neler önemli onları belirlemek, bu önemli faktörler nasıl elde edilebilir bunun tespitini yapmak, müşteri ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçlar arasında ilişkinin varlığını sorgulamak ve eğer ilişki varlığı tespit edilirse bu ilişkinin ne olduğunu tespit etmek, teknik ihtiyaçların nasıl ve ne kadar kullanacağını belirlemek için sorular sorulup cevaplar aranır. QFD yönteminde bu soruların sorulması aşamalı olarak yapılır. Bu aşamalar aşağıdaki gibidir:

1. Müşteri özelliklerinin ve rakip ürünlerinin belirlenmesi
2. Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi
3. Müşteri ihtiyaçlarının gruplanması , sıralanması ve önem derecelerinin belirlenmesi
4. Müşteri ihtiyaçlarının mutlak ve bağıl ağırlıklarının belirlenmesi ve rakip analizi
5.Teknik ihtiyaçların belirlenmesi
6. Müşteri ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişki matrisinin oluşturulması
7. Teknik ihtiyaçların mutlak ve bağıl önem değerlerinin hesaplanması
8. Teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişkinin belirlenmesi
9. Teknik açıdan rakip analizi (Güllü ve Ulcay, 2002)

Tüm adımlardan elde edilen veri ve sonuçlar sentezlenerek Kalite Evi oluşturulur. Ve bu kalite evinde bulunan değerler üzerinden müşteri beklenti ve ihtiyaçlarına, teknik ihtiyaçlara yönelik önceliklendirmenin hangi sıralamayla yapılacağı gibi çıkarımlarda bulunulur. Bu aşamalar uygulama anlatılırken ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır.

2.2 PROMETHEE Yönteminin Tarihçesi, Tanımı ve Amacı

1982 yılında çok kriterli karar verme tekniği olarak Brans tarafından geliştirilen PROMETHEE'nin ilk uygulamaları aynı yıl Davignon tarafından sağlık alanında gerçekleştirilmiş ve işgücü planlaması, porföy seçimi, ilaç ve kimya endüstrileri gibi pek çok alanda uygulanmıştır. Asıl adı "The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation" olan metod, ilk harfleri ile kısaca PROMETHEE olarak ifade edilebilmektedir. Ayrıca PROMETHEE yöntemine ilave olarak PROMETHEE I ve PROMETHEE II metodları geliştirilmiştir. PROMETHEE I yöntemi ile kısmi önceliklendirmesi ve PROMETHEE II yöntemi ile ise alternatiflerin tayin edilen kriterler temelinde kıyaslanması sonucunda net önceliklerin tespiti mümkündür. PROMETHEE yöntemi bu çalışmada müşteri beklenti ve ihtiyaçları önceliklendirilirken kullanılmaktadır(Şahin ve Akkaya, 2013).

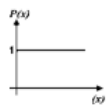
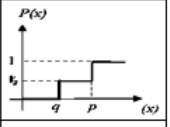
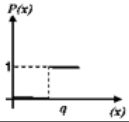
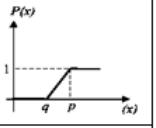
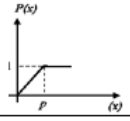
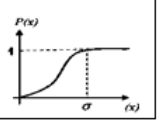
2.3 PROMETHEE Yönteminin Aşamaları

PROMETHEE yöntemi 7 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar:

Aşama 1: Alternatifler, kriterler, kriter ağırlıkları $w_n(w_1, w_2, .., w_n)$ ve belirlenen her alternatif için kriter değerlerini bulunduran bir veri matrisi oluşturulur. X, Y, Z olası alternatifleri temsil ederken satırlara, f_k (f_1, f_2,…, f_k) değerleri kriterleri belirterek sütunlara yazılırlar.Bu aşamada alternatifler, karar verilmek üzere belirlenen seçenekler kümesini oluşturmaktadır. Kriterler ise alternatiflerin bulundurması istenen niteliklerdir. Kriter ağırlığı ise, kriterlerin önem derecelerinin ağırlığıdır.

Aşama 2: Her bir kriter için tercih fonksiyonları belirlenir. Yöntemin uygulanmasında kullanılan 6 farklı tercih fonksiyonu Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Tercih Fonksiyonları

Tip	Parametre	Fonksiyon	Grafik, p(x)	Tip	Parametre	Fonksiyon	Grafik, p(x)
Birinci Tip (Olağan)	-	$p(x)=\begin{cases}0, & x\le 0\\ 1, & x>0\end{cases}$		Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$p(x)=\begin{cases}0, & x\le q\\ 1/2, & q<x\le p\\ 1, & x>p\end{cases}$	
İkinci Tip (U-Tipi)	q	$p(x)=\begin{cases}0, & x\le q\\ 1, & x>q\end{cases}$		Beşinci Tip (Lineer)	q, p	$p(x)=\begin{cases}0, & x\le q\\ (x-q)/(p-q), & q<x\le p\\ 1, & x>p\end{cases}$	
Üçüncü Tip (V-Tipi)	p	$p(x)=\begin{cases}0, & x\le 0\\ x/p, & 0\le x\le p\\ 1, & x>p\end{cases}$		Altıncı Tip (Gaussian)	ð	$p(x)=\begin{cases}0, & x\le 0\\ 1-e^{-x^2/2\sigma^2}, & x>0\end{cases}$	

Aşama 3: Tercih fonksiyonları esas alınarak alternatif seçenek çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Aşağıdaki örnek gösterimdeki gibi tüm alternatifler belirlenen kriterlere göre tanımlanan tercih fonksiyonlarına uygun olarak birbiri ile karşılaştırılır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta değerlendirme faktörünün yani kriterin , maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olduğudur.

$$P(X,Y)=\begin{cases}0 & f(X)\le f(Y)\\ p[f(X)-f(Y)] & f(X)>f(Y)\end{cases} \quad (1)$$

Aşama 4: Ortak tercih fonksiyonlarının hesaplanmasından sonra belirlenen her alternatif çifti için tercih indeksleri hesaplanır. Örneğin w_n ağırlıklarına sahip olan k kriter tarafından değerlendirilen X ve Y alternatiflerinin tercih indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\pi(X,Y)=\frac{\sum_{i=1}^{k} Wi\ x\ Pi(X,Y)}{\sum_{i=1}^{n} Wi} \quad (2)$$

Aşama 5: Bütün alternatifler için pozitif (Φ^+) ve negatif (Φ^-) üstünlükler hesaplanır. Örneğin X alternatifinin pozitif ve negatif üstünlükleri aşağıdaki gibi hesaplanır. Buradaki n alternatif sayısı, x ise X alternatifinin dışındaki alternatiflerdir.

$$\Phi^+(X)=(1/(n-1))\ x\ \sum \pi(X, x) \quad (3)$$

$$\Phi^-(X)=(1/(n-1))\ x\ \sum \pi(x, X) \quad (4)$$

Aşama 6: PROMETHEE I ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarının, birbirinden farksız olan alternatiflerin ve birbirleriyle kıyaslanamayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlar.
Aşama 7: PROMETHEE II ile alternatifler için tam öncelikler aşağıdaki gibi hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirerek tam sıralama belirlenir.

$$\Phi^{Net}(X) = \Phi^{+}(X) - \Phi^{-}(X) \quad (5)$$

X ve Y gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değerine (Φ^{Net}) bağlı olarak aşağıda verilen kararlar alınır.

- $\Phi(X) > \Phi(Y)$ ise, X alternatifi daha üstündür,
- $\Phi(X) = \Phi(Y)$ ise, X ve Y alternatifleri farksızdır.

En olarak Φ^{Net} değerleri yukarıdaki durumlara göre karşılaştırılarak sıralama yapılır.

2.4 Treyler Üretimi Yapan Bir Firmada QFD Uygulaması

Yapılan QFD çalışması, piyasa araştırması yapılarak pazardaki eksiğin ne olduğunun tespitinin yapılmasıyla AR-GE mühendisleri ve üretim departmanında çalışanlardan oluşan bir ekip oluşturularak, bu ekipten müşteri ihtiyaç ve beklentilerini belirlemeleri ve bunların karşılanmasına yönelik bir isteğe özel şuan için seri üretimi olmayan bir Treylerin tasarımının yapılarak üretilmesinin istenmesi üzerine yapılmıştır. Burada üretilecek ürüne ait teknik özellikler, ürün henüz piyasaya sunulmadığı ve şirkete ait özel bilgiler (Know-how) olduğu için paylaşılamamaktadır.

Bu çalışmada üzerine çalışılan ürün müşteri beklenti ve ihtiyaçlarına göre tasarlanan Treyler' dir. Treyler genel olarak büyük ve geniş vagonlardır. Kamyon, otomobil ya da traktör gibi araçların yardımı ile taşımacılık maksadıyla kullanılmaktadırlar. Yarı römork olarak da adlandırılan, en az bir dingilli ve çekici ile çekilerek kullanılan yük taşıma araçlarıdır. QFD aşamalı olarak firmaya uygulanmıştır.

1. Müşteri özelliklerinin ve rakip ürünlerinin belirlenmesi: Bu aşamada hedef pazar belirlenip çalışmayı yapacak olan ekibe, proje sunulmuştur. Ekip bunun üzerine 2 ana rakip firmanın kendine rakip olabilecek ürünlerini belirlemiştir.
2. Müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi ve gruplanması: Müşteri ihtiyaç ve beklentileri, ekip tarafından treyler kullanıcıları ile yüz yüze konuşularak nelerden şikayetçi oldukları, kendi düşüncelerine göre nelerin geliştirilmesi ve değiştirilmesi gerektiğine dair sorular sorularak bunların cevapları toparlanarak, elde edilen dağınık ihtiyaç ve beklentiler çeşitli departmanlardan çalışanlarla yapılan toplantılardaki beyin fırtınaları sonucunda belirli başlıklar altında toplanmıştır. Bunlar:

1.Yüksek gabarili yükü taşıma isteği: Bu sayede treyler ebatlarıyla ilgili oluşturulan yasal sınırlar içerisinde kalarak taşınabilecek en yüksek miktardaki yükü taşınmış olunur.
2.Düz olmayan (bozuk, off-road) yollarda aracın güvenli bir şekilde yükü taşıması isteği
3.Müşterinin (Treyler kullanıcısının), aracın iyi dönmesi isteği: Treylerin regülasyonlara uygun dönmesi ihtiyacıdır.
4.Müşterinin aracın hafif olması isteği
5.Müşterinin yüksek ağırlıklı yük taşıması ve dayanıklı olması ihtiyacı
3. Müşteri ihtiyaçlarının, sıralanması ve önem derecelerinin belirlenmesi: Buradaki müşteri ihtiyaçlar ve beklentileri olmazsa olmaz yani kritik öneme sahiplerdir. Bu çalışma, isteğe özel bir Treyler üretimi kapsamında yapıldığı için tüm maddeler gerçekleştirilmek durumundadır. Burada müşteri ihtiyaçlar ve beklentilerinin önceliklendirilmesi işlemi PROMETHEE ile yapılmıştır.

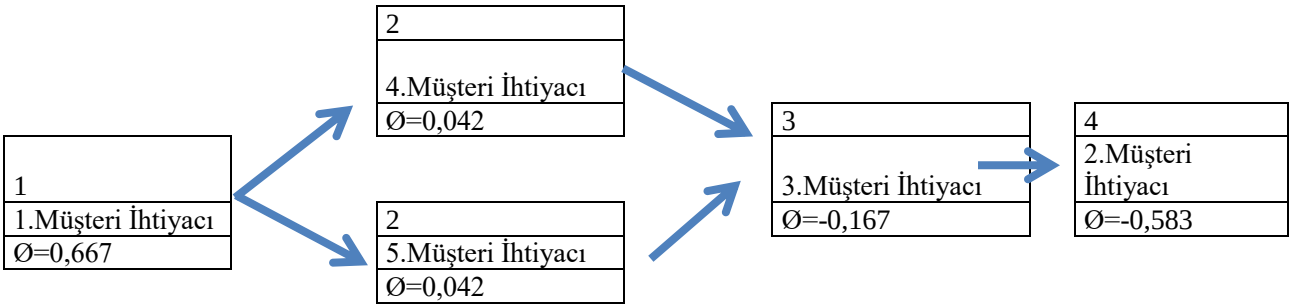
İlk olarak piyasada yer alan üst düzey lojistik firmasından 3 kişi ile görüşülerek daha önceki adımda belirlenen müşteri ihtiyaç ve beklentilerini 1-9 skalasında puanlamaları istenmiş ve bu puanlar kaydedilmiştir. Sonrasında bunların önem derecelerini belirlemek için kullanılan PROMETHEE yöntemi ile çözümü için kullanılacak tercih fonksiyonunun literatürde bulunan çalışmalar referans alınarak 3.tip tercih fonksiyonu olmasına karar verilmiştir. Burada 3.tip tercih fonksiyonunu seçmemizin nedeni çalışmayı yaparken değerlendirme faktörü açısından (karar veren kişiler) ortalamanın üstünde değere sahip müşteri beklenti ve ihtiyaçlarından yana kullanmak istememiz, fakat bu değerden düşük olan değerleri de göz ardı etmek istememizdir. Bu fonksiyon tipi için

kullanacağımız parametre ‘p’dir. Bu parametre değerlendirme faktörlerinin karar noktalarına (müşteri ihtiyaç ve beklentilerine) göre en büyük fark değerinin hesaplanması ile bulunmuştur. Karar vericiler, hepsi eşit derecede işler alıp yapan üst düzey lojistik firmasındaki çalışanlar olduğu için ağırlıkları (w_i) eşit alınmıştır. Son olarak tercih fonksiyonlarımızın yönü maksimum olarak belirlenmiştir yani amacımız bu değerler için en yükseğini almaktır. Bu değerler toparlanarak veri matrisi oluşturulmuştur(Tablo 2).

Tablo 2. Veri Matrisi

Ağırlıklar (w)	0,333	0,333	0,333
Tercih Fonksiyonu Yönü	Max	Max	Max
Tercih Fonksiyonu Tipi	3. Tip	3. Tip	3. Tip
Parametresi	2	2	2
Müşteri İstekleri	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3
1.Yüksek gabarili yükü taşıma isteği	9	9	9
2.Düz olmayan (bozuk, off-road) yollarda aracın güvenli bir şekilde yükü taşıması isteği	7	7	7
3.Müşterinin, aracın iyi dönmesi isteği	7	8	8
4.Müşterinin aracın hafif olması isteği	8	8	8
5.Müşterinin yüksek ağırlıklı yük taşıması ve dayanıklı olması ihtiyacı	8	8	8

Tablo 2’deki veriler kullanılarak PROMETHEE yönteminin adımları uygulanıp müşteri beklenti ve ihtiyaçları sıralanmıştır(Şekil 1).



Şekil 1. PROMETHEE Yöntemi ile Müşteri İhtiyaçlarının Sıralanması

Bu sıralama sonucuna göre önem dereceleri 1-5 skalasında puanlanarak kalite evinde ilgili sütuna yerleştirilmiştir(Şekil2).

4. Müşteri ihtiyaçlarının mutlak ve bağıl ağırlıklarının belirlenmesi ve rakip analizi: Bu adımda ise müşteri beklenti ve ihtiyaçları tek başına yeterli olmayacağı ve tam anlamıyla gerçeği yansıtmayacağı için rakip firmaların ürünlerinin incelenmesi gerekliliği sebebiyle, üretilecek treylerin ilgili kısımları ile uzman olan tasarım ekibindeki çalışanlar ayrı ayrı müşteri ile birlikte konuşarak ve treylerin ilgili bölümlerini inceleyerek müşterinin kendi ve rakip firmaları sıralamasını notlandırır. Ve kalite evinde ilgili bölüme yerleştirilir. Müşteri beklenti ve ihtiyaçlarını ölçmedeki önemli parametreler şunlardır:

a) İyileştirme Oranı: Müşteri beklentileri ve ihtiyaçlarında eski çalışmaya göre yeni çalışmada ne kadarlık bir iyileştirme olacağının hesaplanması olarak ifade edilebilir.

b) Satış Avantajı: 1,0-1,2-1,5 olarak puanlanır ve değişikliğin ya da iyileştirmenin satış kazancına etkisini belirler. Burada:

1,5: Satış potansiyelini çok yükseltir.

1,2: Satış potansiyelini yükseltir.

1,0: Eski çalışmadan farklı herhangi bir değişme yok anlamına gelir.

Aşağıda bulunan formüller, bu aşamada yapılması gereken hesaplamalar için kullanılabilir. Ürünün henüz satışı olmadığı için beklenen tahmini değerler üzerinden değerler belirlenmiştir.

İyileştirme Oranı (İO) = Planlanan Kalite Düzeyi/QFD Çalışması ile Elde edilen Şirket Memnuniyeti (6)

= 5/5 = 1

Mutlak Ağırlık = Önem Derecesi x (İO) x (Satış Avantajı) (7)
= 5 x 1 x 1,5 = 7,5

Bağıl Ağırlık (%) = (Herhangi Bir Satırın Mutlak Ağırlığı / Toplam Mutlak Ağırlık) x 100 (8)
= (7,5 / 27,75) x 100 = 27,03

Hesaplamalar her bir satır için yapılarak Şekil 2'de kalite evinin uygun bölümüne yerleştirilmiştir.
5.Teknik ihtiyaçların belirlenmesi: Bu adımda belirlenen müşteri ihtiyaç ve beklentileri çalışmayı yapan ekip tarafından yapılan toplantılardaki fikir alışverişleri ve treylerin ilgili bölümlerinden sorumlu uzmanların incelemeleri ve çeşitli denemeleri sonrası mühendislik tanımlarına çevrilmiştir.
a. Aracın Platform Yüksekliği: Burada platform yüksekliği düşürülerek yüksek gabarili yük taşımaya imkan sağlanır.
b. Süspansiyon Stroğu: Bu ayarlamalarla aracın yaylanma hareketini ne kadar yapacağı hesaplanır. Bu sayede düz olmayan yollarda güvenli bir şekilde yük taşınması sağlanır.
c. Teker Dönme Açısı: Bu açının doğru bir şekilde hesaplanması ile treylerin virajlarda kolay ve regülasyonlara uygun dönme ihtiyacı karşılanmış olur.
d. Araç Ağırlığı: Aracın ağırlığı ne kadar hafif olursa ona oranla taşıyacağı yükün miktarını ve ağırlığını arttırabilir. Bu sayede müşterinin yüksek ağırlıklı yük taşıma beklentisini de karşılaşmış olur.
e. Aracın Yük Taşıma Kapasitesi: Aracın yük taşıma kapasitesi arttırılırsa müşterinin yüksek ağırlıklı yük taşıma beklentisini de karşılaşmış olur.
Ve bunlar belirlenerek kalite evinin alakalı kısmına yerleştirilmiştir(Şekil 2).
6. Müşteri ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişki matrisinin oluşturulması: Bu adımda müşteri ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçları ilişkilendirilmiştir. Bu maksatla, ilişkinin güçlü, orta ve zayıf olmasına göre 1-3-9 ölçeği kullanmıştır. Bu değerler Şekil 2'de ilgili yere yerleştirilmiştir. İlişki simgeleri matriste incelenerek hangi teknik ihtiyaçları göz önüne almamız gerektiği, ekip tarafından belirlenir. Müşteriler için iyileştirme yönünün gösteriminde, bazı simgeler kullanılabilir.
7. Teknik ihtiyaçların mutlak ve bağıl önem değerlerinin hesaplanması: Bütün teknik ihtiyaçlar için, müşteri beklentilerinin karşılanmasındaki mutlak ve bağıl önem dereceleri aşağıdaki gibi teker teker hesaplanmıştır.
Mutlak Önem = $\sum$ (Mutlak Ağırlık) x (O satıra ait ilişkinin gücü) (9)
= 9 x 7,5 = 67,5

Bağıl Önem(%) = (Mutlak Önem / Toplam Mutlak Önem) x 100 (10)
= (67,5 / 249,8) x 100 = 27,02

Bu hesaplama sonucunda elde edilen verilen Şekil 2'de ilgili kısma yerleştirilmiştir.
8. Teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişkinin belirlenmesi: Bu adımda teknik ihtiyaçların geliştirilmesi maksadıyla yapılan çalışmaların diğer teknik ihtiyaçlar üzerindeki etkisi uzman görüşüyle ilişkilendirilmiştir. Ve bu ilişkiler dereceleri ve etki durumlarına göre sembollerle ifade edilerek Şekil 2'de kalite evinin çatısına yerleştirilmiştir.
9. Teknik açıdan rakip analizi: Bu çalışmada, çalışmanın yapıldığı firma ve rakip firmaların teknik özellikleri paylaşılmak istenilmediği için teknik açıdan rakip değerlendirmesi, kıyaslama yapılarak yapılmıştır. QFD uygulaması yaptığımız şirket ve diğer rakiplerin teknik nitelikleri, ürünlere yönelik denemeler, incelemeler ve testler yapılarak bulunur. Böylece kalite evinde hem müşterinin uygulamanın yapıldığı şirketi ve rakiplerini nasıl değerlendirdiğinin karşılaştırılması, hem de teknik özelliklere göre treyler kıyaslaması gerçekleştirilerek rakipler karşısındaki konumu belirlenir. Teknik açıdan yapılan değerlendirme; denemeler, incelemeler ve testler sonucunda bulunan değerler Şekil 2'de simgesel olarak gösterilmektedir.

Tüm adımlarda derlenen ve hesaplanan veri ve sonuçlar sentezlenerek Şekil 2'de gösterilen Kalite Evi oluşturulur.

3. SONUÇ ve Tartışma

Müşteri beklentilerinin değer kazandığı günümüz piyasa şartlarında, firmalar yerlerini koruyabilmek ve rekabet güçlerini artırmak için hızla değişiklik gösteren müşteri beklentilerine en hızlı şekilde yanıt vermek zorundadırlar. Üreticiler, bu rekabet ortamında yerlerini sağlamlaştırmak ve rekabet

kuvvetlerini arttırmak için müşteri memnuniyetini kazanma ihtiyacının olduğu her alanda uygulanabilen bir yöntem olan QFD ’i çeşitli alanlarda kullanmaktadır.

Uygulama sonucunda müşteri beklenti ve ihtiyaçları ve teknik ihtiyaçlar belirlenip, önceliklendirilmiştir ve yine çeşitli analizler yapılmıştır. Ayrıntılı bir şekilde kalite evindeki sonuçlarına bakıldığında bağıl ağırlık ve bağıl önem değerlerinin birebir örtüştüğü görülmüştür. Bu da bize aslında her müşteri ihtiyacına karşılık gelen bir teknik ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Müşteri ihtiyaçlarının analizinde elde edilen bağıl ağırlık sonuçlarına bakıldığında % 27,02’lik değeri ile “Yüksek gabarili yükü taşıma isteği” nin en önemli müşteri isteği olduğu, bu beklentiyi karşılamak için belirlenen “Aracın platform yüksekliği” teknik ihtiyacının bağıl önem derecesi değerinin %27,02 olduğu gözükmektedir. Ortaya çıkan bu durum bu tür araçlar yüksek hacim ve boyutlu yükler taşıdığı için platform yüksekliğinin kritik olduğunu ve tasarım sürecinde birincil olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Teknik İhtiyaçlar		Önem Derecesi	Aracın Platform Yüksekliği	Süspansiyon Stroğu	Teker Dönme Açısı	Araç Ağırlığı	Aracın Yük Taşıma Kapasitesi	QFD uygulayan Şirket	Müşterilerin Rakip Analizi: Rakip A firması	Rakip B firması	Planlanan kalite	İyileştirme oranı	Satış avantajı	Mutlak ağırlık	Bağıl ağırlık (%)
1.Yüksek gabarili yükü taşıma isteği		5	9					5	5	4	5	1	1,5	7,5	27,03
2.Düz olmayan (bozuk, offroad) yollarda aracın güvenli bir şekilde yükü taşıması isteği		2		9				4	4	4	5	1,25	1,5	3,75	13,51
3.Müşterinin , aracın iyi dönmesi isteği		3			9			4	4	4	4	1	1,5	4,5	16,22
4.Müşterinin aracın hafif olması isteği		4				9		4	4	4	4	1	1,5	6	21,62
5.Müşterinin yüksek ağırlıklı yük taşıması ve dayanıklı olması ihtiyacı		4					9	5	5	5	5	1	1,5	6	21,62
Mutlak Önem			67,5	33,75	40,5	54	54								
Bağıl Önem (%)			27,02	13,51	16,21	21,62	21,62								
Gelişmenin yönü			↓	↑	↑	↓	↑								
Teknik Açıdan Rakip Analizi(QFD Uygulayan Şirket ile Kıyaslama)	Rakip A Firması		+	+	Eşit	Eşit	Eşit								
	Rakip B Firması		++	+	Eşit	Eşit	Eşit								
	Ölçü Birimleri		mm	mm	°	Ton	ton								

İlişki Anahtarı
Boş: İlişki yok
◎ : Kuvvetli olumlu
O: Zayıf olumlu
xx : Kuvvetli olumsuz
x : Zayıf olumsuz

İlişki Anahtarı
Biraz İyi ise +
Çok İyi ise ++
Eşit ise Eşit
Biraz Kötü ise -
Çok kötü ise --

Şekil 2. Kalite Evi

"Müşterinin aracın hafif olması isteği" ve "Müşterinin yüksek ağırlıklı yük taşıması ve dayanıklı olması ihtiyacı" müşteri isteklerinin bağıl ağırlık değerleri %21,62 ile ikinci sırada yer almaktadırlar. "Araç ağırlığı" ve "Aracın yük taşıma kapasitesi" teknik ihtiyaçlarının bağıl önem değerleri de buna bağlı olarak başta belirtildiği gibi eşit çıkmıştır. Yani teknik ihtiyaçları önceliklendirirken ikisi aynı derecede önemlidir. Bunun sebebi yine Şekil 10'da da görüldüğü üzere bu iki teknik ihtiyaç birbirini güçlü olumlu etkilemektedir. Ve yine bu teknik ihtiyaçlarda projenin kritik noktalarındandır. Benzer şekilde "Müşterinin, aracın iyi dönmesi isteği" müşteri isteği, "Teker Dönme Açısı" teknik ihtiyacı için bağıl ağırlık ve bağıl önem değeri % 16,22 ile üçüncü sıradadır. Bu değerlere bakıldığında diğer değerlerle arasında ciddi bir fark olmadığı ve bu sebeple de projenin önemli tasarım girdilerinden biridir. "Düz olmayan (bozuk, off-road) yollarda aracın güvenli bir şekilde yükü taşıması isteği" müşteri isteği ve "Süspansiyon stroğu" teknik ihtiyacı için bağıl ağırlık ve bağıl önem değeri % 13,51 ile önemli bir girdidir. Süspansiyon stroğunun daha da kritik olduğu durumlar için farklı süspansiyon tipine sahip araçlar tercih edilmelidir.

QFD uygulayan şirket teknik açıdan rakip değerlendirilmesi yapılarak elde edilen değerler sonucunda tasarım girdileri ve projenin teknik adımları buna göre belirlenmiştir. Bu araç sınıfında teknik açıdan en iyi speklere sahip araç olmuştur.
Araştırma QFD' nin endüstriyel açıdan uygulama alanını genişleterek literatüre ve uygulama alanına katkı yapmaktadır. Uygulama sonucunda firmaya ürettikleri Treyler için müşteri tatminini arttıracak ve rekabet üstünlüğü sağlayabilecek önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışma sayesinde şirket kaynak planlaması, zaman planlaması gibi kazanımlar elde etmiştir. Çalışmada, müşteri beklenti ve ihtiyaçları farklı sıralama metotları ile sıralanabilir, kullanılan puanlamalar dilsel ifade ile tekrar ifade edilerek bulanıklaştırılıp çalışma daha kapsamlı bir şekilde incelenebilir.

KAYNAKLAR

AKAO, Yoji, (1990), "Quality Function Deployment- Integrating Customer Requirement Into Product Design", Productivity Press, Massachusetts, p. 60-61.

BEHZADİAN, Majid, Seyyed-MahdiHosseini-Motlagh, Joshua IGNATIUS, Mark GOH and Mohammad Mehdi SEPEHRİ, (2013), "PROMETHEE GroupDecisionSupportSystemandthe House of Quality", GroupDecisNegot 22:189-205 DOI 10.1007/s10726-011-9257-3.

BAĞCI, Haşim ve Ömer Faruk RENÇBER, (2014), "Kamu Bankaları ve Halka Açık Özel Bankaların PROMETHEE Yöntemi İle Kârlılıklarının Analizi", Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 6, No 1, s. 39-47.

BEDİR, Eren ve Tamer EREN, (2015), "AHP-PROMETHEE Yöntemleri Entegrasyonu ile Personel Seçim Problemi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama", Social Sciences Research Journal, Volume 4, Issue 4, p. 46-58.

DAĞDEVİREN, Metin ve Ergun ERASLAN, (2008), "PROMETHEE Sıralama Yöntemi ile Tedarikçi Secimi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 1, s. 69-75.

GÜLLÜ, Emin ve Yusuf ULCAY, (2002), "Kalite Fonksiyonu Yayılımı ve Bir Uygulama", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, s. 71-91.

SEVÜK, A, (1998), "Kaynak Elektrodu Üretiminde Kalite Fonksiyon Açılımı (QFD) Yaklaşımına Bir Örnek", Tüsiad-Kalder 7. Ulusal Kalite Kongresi, Tebliğler ve Özgeçmişler, İstanbul, s. 133-160.

SOBA, Mustafa, (2012), "PROMETHEE Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama", Journal of Yasar University, Volume 28, Issue 7, p. 4708-4721.

UĞUR, Nazan, "Bir Üçüncü Parti Lojistik Şirketinde Kalite Fonksiyonu Yayılımı Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2007.

YILDIZ, Mehmet Selami ve Züleyhan BARAN, (2011), "Kalite Fonksiyon Göçerimi ve Homojenize Yoğurt Üretiminde Uygulaması", Ege Akademik Bakış Dergisi, Cilt: 11, Sayı 1, s. 1347 -1360.

YILMAZ, Burcu ve Metin DAĞDEVİREN, (2010), "Ekipman Seçimi Probleminde PROMETHEE Ve Bulanık PROMETHEE Yöntemlerinin Karşılaştırılmalı Analizi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 25, No 4, s. 811-826.

DİZEL- BİYODİZEL KARIŞIMI VE EGR UYGULAMASININ DI BİR DİZEL MOTORUN PERFORMANS PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Çiçek Çangal
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi/ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
cicek_ceyhan@hotmail.com

Doç. Dr. Vezir Ayhan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makina Mühendisliği Bölümü
vayhan@subu.edu.tr

Özet

Dizel motorları, daha fakir karışımlarda çalışabilmeleri ve yüksek sıkıştırma oranları sebebiyle benzin motorlarına göre avantaj sağlamaktadır. Fakat motorlarda dizel yakıt kullanıldığında fazla oranda emisyon açığa çıktığı için bu durum çevre kirliliği açısından sorun teşkil etmektedir. Aynı zamanda petrol kökenli yakıt kaynaklarının gün geçtikçe azalması farklı yakıt kaynaklarının araştırılmasını zorunlu kılar. Bu farklı yakıtlar arasında en çok tercih edileni biyodizeldir. Yenilenebilir ve sürdürülebilir olması sebebiyle en çok kullanılan alternatif yakıtlardan biri olan biyodizelin, motor performans parametrelerine ve bazı emisyon karakteristiklerine iyi yönde etki ettiği bilinmektedir. NO_x emisyonları ise biyodizel kullanımı ile artış göstermektedir. Bunun önüne geçmek için dizel motorlarında alternatif yakıtlarla beraber emisyon azaltıcı yöntemlerin kullanılması daha uygundur. Bu çalışmada, tek silindirli bir dizel motorunda yakıt olarak mısır yağı metil esteri (B20) kullanılmasının ve motora EGR (%15 oranında) uygulanmasının motor performans parametrelerine etkisi incelenmiştir. EGR uygulaması sonucu elde edilen veriler, B20 ve dizel yakıt ile EGR'siz çalışan motora göre ayrı ayrı karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Genel olarak motora EGR uygulandığında EGR'siz duruma göre motor performansında kötüleşme tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, EGR, motor performans parametreleri

INVESTIGATION OF THE EFFECTS ON THE PERFORMANCE PARAMETERS OF A DI DIESEL ENGINE APPLIED DIESEL-BIODIESEL MIXTURE AND EGR

Abstract

Diesel engines offer advantages over gasoline engines due to their ability to work in poorer mixtures and high compression rates. However, this is a problem in terms of environmental pollution since when diesel fuel is used in engines, much emissions are released. At the same time, the decrease in the fuel resources of petroleum makes it necessary to investigate different fuel sources. Among these different fuels, biodiesel is the most preferred. Biodiesel, which is one of the most commonly used alternative fuels due to being renewable and sustainable, is known to have a good effect on engine performance parameters and some emission characteristics. But, NO_x emissions increase with the use of biodiesel. In order to avoid this, it is more appropriate to use emission reduction methods with alternative fuels in diesel engines. In this study, the effect of corn oil methyl ester (B20) as a fuel on a single cylinder diesel engine and the application of EGR (in 15% ratio) to engine performance parameters were investigated. The data obtained as a result of the EGR application are given in comparison according to EGR-free engine applied B20 and diesel fuel. Generally, when EGR was applied to the engine, deterioration of engine performance was detected according to the EGR-free condition.

Keywords: Biodiesel, EGR, engine performance parameters

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması ve sanayileşmeyle birlikte ihtiyaç duyulan enerji miktarı da artmaktadır. Artan nüfusla beraber motorlu araç sayısı sürekli artış göstermektedir. Birçok alanda olduğu gibi içten yanmalı motorlarda enerji gereksinimi uzun yıllardır fosil kökenli yakıtlardan sağlanmaktadır. Bu durum, fosil kökenli kaynakların gitgide tükenmesinin yanı sıra kirletici emisyonların artması gibi olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Emisyon miktarındaki artış, yürürlüğe giren emisyon standartlarının daha kısıtlayıcı olmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda araştırmacılar, alternatif yakıt kullanımıyla birlikte emisyon azaltıcı yöntemlerin uygulanmasına yönelmiştir. Alternatif yakıt olarak en çok tercih edilen yakıtlardan biri bitkisel yağlardan üretilen biyodizeldir. Biyodizel, dizele alternatif yakıt olmasının yanı sıra dizel motorlarında belli oranlarının kullanılması performans ve bazı emisyonlar açısından olumlu sonuçlar vermektedir. Ancak biyodizelin NO_x emisyonlarında olumsuz etkileri olduğundan emisyon azaltma yöntemleriyle beraber kullanılması daha iyi sonuçların alınması bakımından önem arz etmektedir. Egzoz gazı resirkülasyonu (EGR) bu yöntemlerden biridir. Yüksek yanma odası sıcaklıklarında oluşan NO_x emisyonlarının azaltılması için geliştirilen EGR sistemi bu konuda iyi sonuçlar vermektedir (Abed ve ark., 2019; Haşimoğlu, 2005; Tat, 2003).

Biyodizel ile yapılan deneysel çalışmalar incelendiğinde biyodizelin motor performansı ve emisyonları açısından olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır. Bu durum biyodizelin dizel motorlarında alternatif ve sürdürülebilir bir yakıt olduğunu göstermektedir (Manigandan ve ark., 2019; Usta ve ark., 2005; Ayhan ve ark., 2019). Keskin ve Ekşi (2006) mısır yağı biyodizeli kullanarak yaptıkları deneysel çalışmada, motor momenti ve motor gücünde kayda değer bir değişimin olmadığını tespit etmişlerdir. Biyodizel kullanımı ile CO ve is emisyonlarının azaldığını, NO_x emisyonlarının ise arttığını saptamışlardır. Ayhan ve arkadaşları (2019) direkt püskürtmeli bir dizel motorunda yaptıkları deneysel çalışmada farklı oranlarda ayçiçek yağı metil esteri kullanmışlardır. Motor performansı açısından en iyi biyodizel oranının B20 olduğunu tespit etmişlerdir.

Dizel motorlarında egzoz gazı resirkülasyonunun (EGR) yapıldığı çalışmalarda motor performansının kötüleştiği, NO_x emisyonunun ise azaldığı görülmektedir (Haşimoğlu ve ark., 2002; Tok, 2010). Haşimoğlu ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada dizel motorlarında egzoz gazı resirkülasyonun (EGR) motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmalar esnasında farklı oranlarda egzoz gazlarını emme hattına geri göndererek motor performans ve emisyonlarındaki değişimi izlemişlerdir. Deneyler sonucunda EGR uygulamasıyla NO_x emisyonlarında kayda değer bir düşüş gözlemlemişlerdir. He ve ark. (2018) tek silindirli bir dizel motorunda farklı EGR oranları uygulayarak yapmış oldukları deneysel çalışmada, EGR oranlarının orta seviyelerde seçilmesiyle motor performansının ve emisyonlarının daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir.

Karabaş (2009) tek silindirli, su soğutmalı bir dizel motorunda tütün tohumu yağı biyodizeli kullanarak motorun performans ve emisyonlarındaki değişimlerini deneysel çalışma yaparak incelemiştir. Tam yük koşullarında ve %10, %20, %50 ve %100 kütlesel biyodizel oranlarında gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarını standart motor verileri ile karşılaştırmıştır. B10, B20 ve B50 karışımları ile yaptığı deneyler sonucu dizel yakıta göre daha yüksek motor gücü ve motor momenti tespit etmiştir. B100 yakıtı kullanıldığında ise moment ve güçte azalmalar gözlemlemiştir. Tüm biyodizel karışımları kullanarak yaptığı deneyler sonucunda dizel motora göre efektif verimin azalıp, özgül yakıt sarfiyatının arttığını tespit etmiştir. B10, B20, B50 ve B100 kullanımı ile ve yakıt içerisindeki biyodizel oranı arttıkça NO_x emisyonlarının artış gösterdiğini, HC, CO ve is emisyonlarının ise azaldığını saptamıştır. Behçet ve Oral (2014) direkt enjeksiyonlu, tek silindirli ve hava soğutmalı bir dizel motorunda balık ve fındık yağından ürettikleri biyodizeli kullanarak, biyodizelin motor performans ve emisyonlardaki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Her iki biyodizeli transesterifikasyon yöntemiyle üretmişler ve biyodizelleri %50 oranlarda dizel yakıt ile hacimsel olarak karıştırmışlardır. Karışım yakıtlarıyla yapılan deneyler sonucunda motor döndürme momenti, efektif güç, CO, HC ve SO_2 emisyonlarında dizel motora göre düşüş gözlemlemişlerdir. NO_x emisyonları ve özgül yakıt sarfiyatında ise artma meydana gelmiştir. Karışım yakıtlarında NO_x emisyonun daha yüksek olmasının çalışma sıcaklığının daha fazla olmasından ve biyodizel

içerisindeki oksijen miktarından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar çalışmanın sonunda, biyodizelin neden olduğu NO_x artışının SCR (seçici katalitik redüksiyon), LNT (fakir azot oksit tuzağı), EGR (egzoz gazı resirkülasyonu) gibi emisyon azaltıcı sistemler ile azaltılabileceği önerisinde bulunmuşlardır. Verma ve arkadaşları (2019) çift yakıtlı (dizel-biyogaz) bir dizel motorunda farklı EGR ve sıkıştırma oranlarının motor performans ve emisyonlarındaki etkilerini deneysel çalışmalar yaparak incelemişlerdir. İlk aşamada deneyleri uygun sıkıştırma oranının tespiti için yapmışlar ve motor performans ve emisyonlar açısından optimum sıkıştırma oranını (19,5) olarak tespit etmişlerdir. İkinci aşamada deneyleri bu sıkıştırma oranında (19,5) ve %5, %10, %15 EGR yüzdeleri ile yapmışlardır. Motora EGR verilmesiyle düşük yüklerde motor veriminde bir miktar artış ve NO_x emisyonlarında azalma tespit etmişlerdir. Yüksek yüklerde ve artan EGR oranlarında ise motor veriminde azalmanın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Bu çalışmada, tek silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda biyodizel ve EGR'nin kullanılması ile motor performans parametrelerinden meydana gelen değişimler deneysel olarak test edilmiştir. Sonuçlar standart motor verileriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

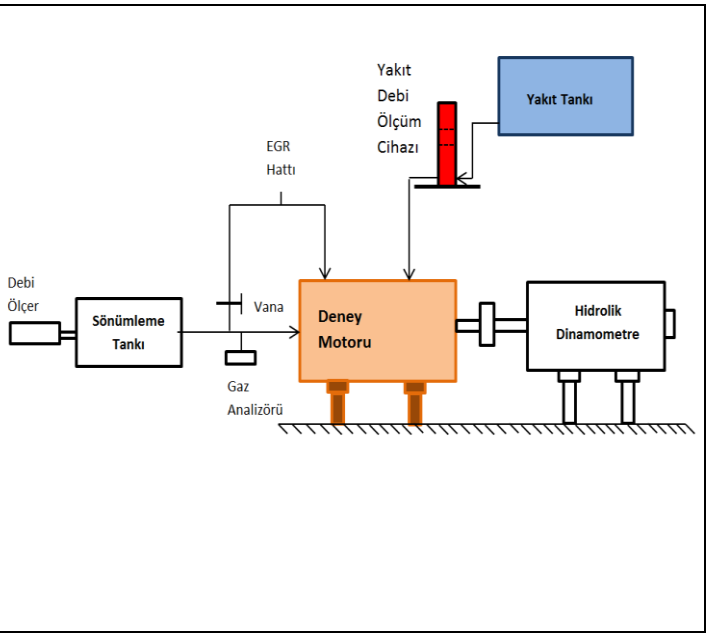
2.1. Deney düzeneği

Deneyler esnasında kullanılan motorun teknik özellikleri ve deneylerin gerçekleştirildiği deney düzeneğinin şematik gösterimi Tablo 1.'de verilmiştir.

Deneysel çalışmalarda motoru yüklemek için 50 kg yük tutma kapasiteli hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı, egzoz gaz sıcaklığı ve soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları NiCr-Ni tipi Elimko 680 marka termokupullar kullanılarak ölçülebilmiştir. Deneyler 29 ° püskürtme avansı değerinde gerçekleştirilmiştir. Gerekli ölçümler alınmadan önce motor kararlı hale getirilmiştir. Deneyler boyunca soğutma suyu çıkış sıcaklığı 85 °C'de sabit tutulmuştur. Deneyler %100, %80, %60, %40 kısmi yük şartlarında ve 1200 d/d, 1600 d/d, 1800 d/d, 2200 d/d, 2400 d/d motor hızlarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri ve deney düzeneğinin şematik gösterimi

Motor Tipi	Süper Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm3]	0,92
Güç, 2200 d/d, [kW]	13
Enjektör Açma Basıncı [bar]	225
Püskürtme Avansı [Krank Açısı]	29
Sıkıştırma Oranı	17
Maksimum Devir [d/d]	2500
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direkt Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak Piston



2.2. Deney yöntemi

Deneysel çalışmalarda dizel ve %20 oranında biyodizel-dizel karışım yakıtı kullanılmıştır. Karışım yakıtı, deneyler öncesinde biyodizelin dizel yakıt ile kütlesel oranda birleştirilmesiyle elde edilmiştir.

Yakıt miktarlarını ölçmek için 0,1 gram hassasiyetinde bir hassas terazi kullanılmıştır. Biyodizel olarak mısır yağı tercih edilmiş ve biyodizel transesterifikasyon yöntemiyle üretilmiştir. Deneylerde kullanılan dizel ve biyodizel yakıtlarının özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan yakıtların özellikleri

Özellikler	Dizel	Biyodizel
Kinematik viskozite, mm^2/s (40°C'de)	2,8475	3,8679
Alt ısıl değer, kJ/kg	42797	37386
Yoğunluk, kg/m^3 (15°C'de)	827,60	881,36
Kapalı formülü	$C_{14,09}H_{24,78}$	$C_{18,66}H_{35,13}O_2$

Deneysel çalışmalar EGR'siz ve %15 EGR oranında gerçekleştirilmiştir. EGR uygulamasının yapılabilmesi için deney düzeneğine bazı donanımlar ilave edilmiştir. Egzoz manifoldunda bulunan egzoz gazlarını emme manifolduna transfer etmek için boru bağlantısı yapılmıştır. EGR oranlarını ayarlamak için manuel olarak kontrol edilen çok turlu bir vana sisteme ilave edilmiştir. Deneyler esnasında bu vananın ayarlanması ile istenilen EGR oranları verilmiştir. Emme hattına gönderilen egzoz gazının miktarının belirlenmesinde denklem (1) kullanılmıştır.

$$\mathrm{EGR}(\%) = \frac{\left[(CO_2)_{\text{emme manifoldu}} - (CO_2)_{\text{çevre}}\right]}{\left[(CO_2)_{\text{egzoz manifoldu}}\right]} \times 100 \qquad (1)$$

Motor deneylerinden elde edilen veriler sonucu döndürme momenti, efektif güç, özgül yakıt sarfiyatı (ÖYS) ve efektif verim değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan formüller Tablo 3.'te verilmiştir.

Tablo 3. Motor performans parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formülleri

Döndürme momenti (Nm):	Efektif güç (kW):	Özgül yakıt sarfiyatı (g/kWh):	Efektif verim (%):
$M_d = F \cdot L$	$P_e = \frac{2\pi \cdot F \cdot L \cdot n}{60000}$	$b_e = \frac{3600 \cdot \Delta V \cdot \rho_y}{P_e \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot \dot{m}_y}{P_e}$	$\eta_e = \frac{P_e}{\dot{m}_y \cdot Hu}$

Deneyler üç aşamada gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanırken oluşabilecek karışıklıkların önüne geçmek için her bir aşama numaralandırılmıştır. 1. aşamada, motorun standart verilerini elde etmek ve karşılaştırma yapabilmek için deneyler dizel yakıtla ve EGR uygulanmadan farklı yük ve devirlerde yapılmıştır. 2. aşamada, deneyler B20 yakıtı kullanılarak ve EGR uygulanmadan farklı yük ve devirlerde gerçekleştirilmiştir. 3. aşamada, B20 yakıtı ile çalışan motora %15 EGR uygulayarak aynı şartlarda deneyler tekrarlanmıştır. Sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

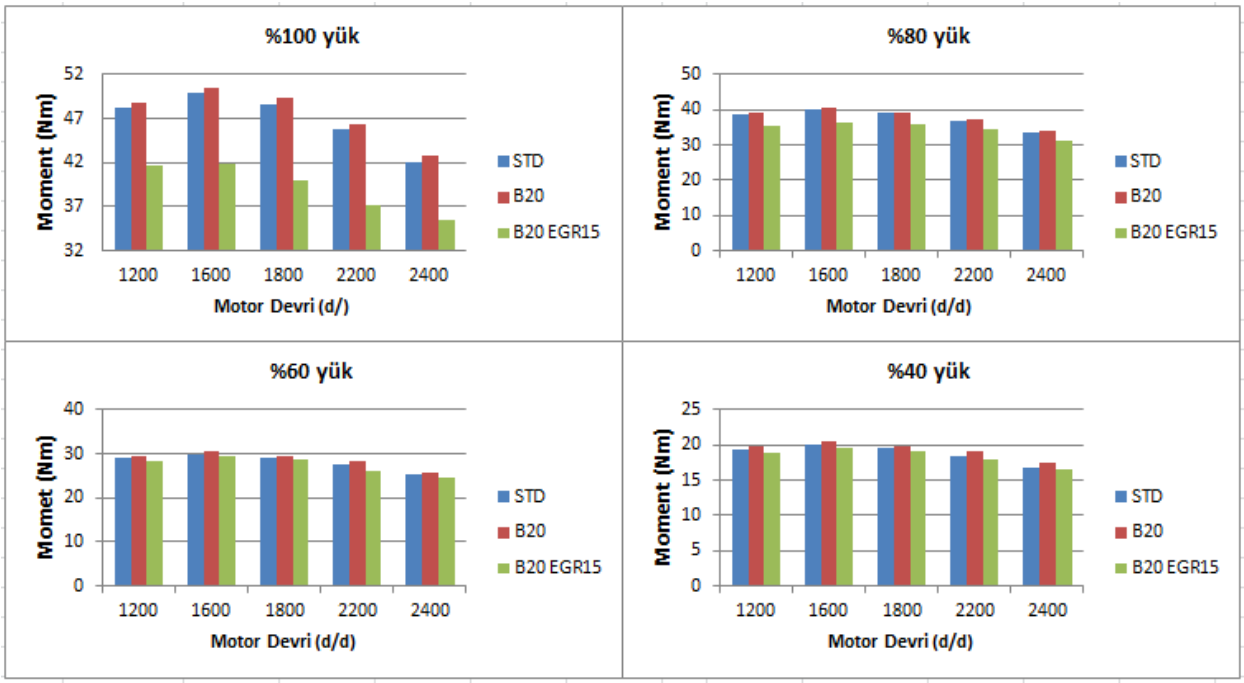
3. SONUÇ

Yapılan farklı yük ve devir testleri sonucunda elde edilen döndürme momenti, efektif güç, efektif verim ve özgül yakıt sarfiyatı (ÖYS) grafikleri her üç deney aşaması için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Grafikler dört farklı yük durumuna göre ayrılmış ve her bir performans parametresi için motor devrine bağlı olarak gösterilmiştir.

Şekil 1.'de momentin farklı yük ve deney aşamalarında motor devrine göre değişimi görülmektedir. Tüm yük koşulları için B20 karışım yakıtı kullanıldığında standart motora göre momentin bir miktar arttığı görülmektedir. Maksimum momentin elde edildiği 1600 d/d'da %100, %80, %60 ve %40 yük koşulları için moment artış oranları sırasıyla %1,23, %1,36, %1,57 ve %3,09'dur. Biyodizel kullanıldığında momentte meydana gelen bu iyileşmelerin sebebinin biyodizelin oksijen içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Biyodizel ile çalışan motora EGR uygulandığında 1. ve 2. aşamaya

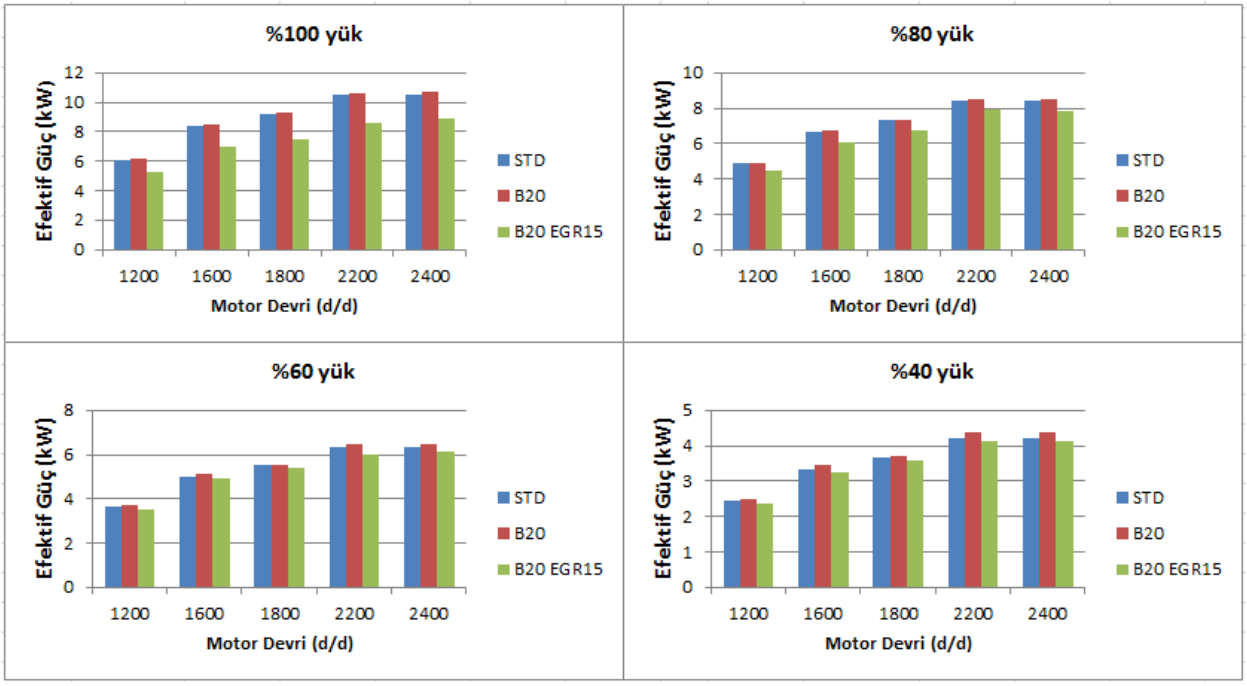
göre momentin azaldığı görülmektedir. Bu azalmalar, 2. aşamaya göre1600 d/d'da %100, %80, %60 ve %40 yüklerde sırasıyla %17,17, %10,13, %3,34 ve %5,29 oranlarında kaydedilmiştir. Motora EGR uygulandığında silindir içerisindeki karışımın sıcaklığı azaldığından yanma verimi düşmektedir. Tam yük şartlarında EGR'nin etkisi daha fazla olduğundan EGR'den dolayı momentteki azalma en fazla bu yük koşullarında gözlenmiştir.

Efektif gücün farklı yüklerde her üç deney aşamasındaki değerlerinin motor devrine bağlı olarak değişimleri Şekil 2.'de görülmektedir. Tüm yük şartları değerlendirildiğinde B20 yakıtının kullanılması ile motor gücünde bir miktar artış saptanmıştır. Efektif gücün maksimum olduğu 2400 d/d'da %100, %80, %60 ve %40 yük koşulları için artış oranları sırasıyla %1,64, %0,97, %2,30 ve %3,90'dır. B20 karışım yakıtı kullanılırken aynı zamanda motora EGR verildiğinde 1. ve 2. aşamaya göre efektif gücün azaldığı saptanmıştır. 3. aşama sonuçları 2. aşama ile karşılaştırıldığında 2400 d/d'da gücün azalış oranları %100, %80, %60 ve %40 yük koşulları için sırasıyla %17,09, %7,92, %5,49 ve %5,41 şeklindedir.



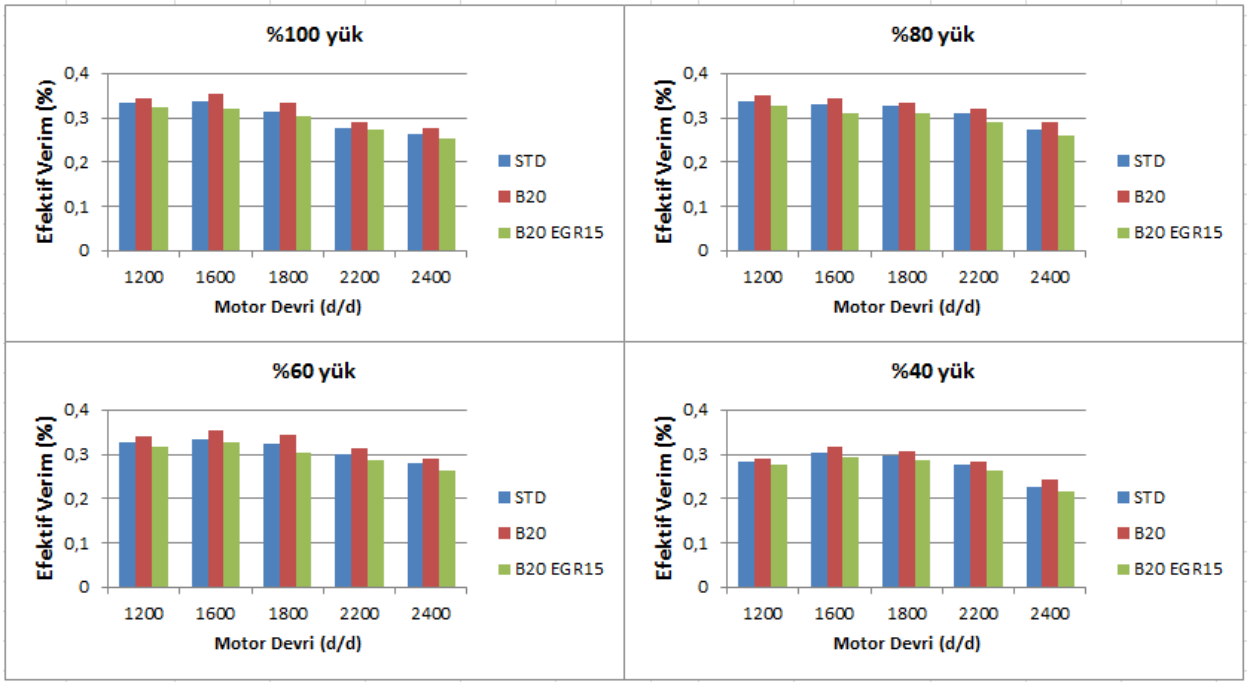
Şekil 1. Motor devrine bağlı olarak döndürme momentinin değişimleri

Deneysel çalışmalar sonucunda motorda farklı oranlarda biyodizel kullanıldığında standart motora göre, efektif gücün artması biyodizelin içerdiği oksjen miktarı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Yakıttaki oksijen miktarının fazla olması yanmanın iyileşmesini sağlamaktadır. Bu durum momentin ve dolayısıyla efektif gücün artmasına sebep olmaktadır. EGR uygulandığında ise silindir içerisine geri verilen egzoz gazları nedeniyle güç azalmaktadır.



Şekil 2. Motor devrine bağlı olarak efektif verimin değişimleri

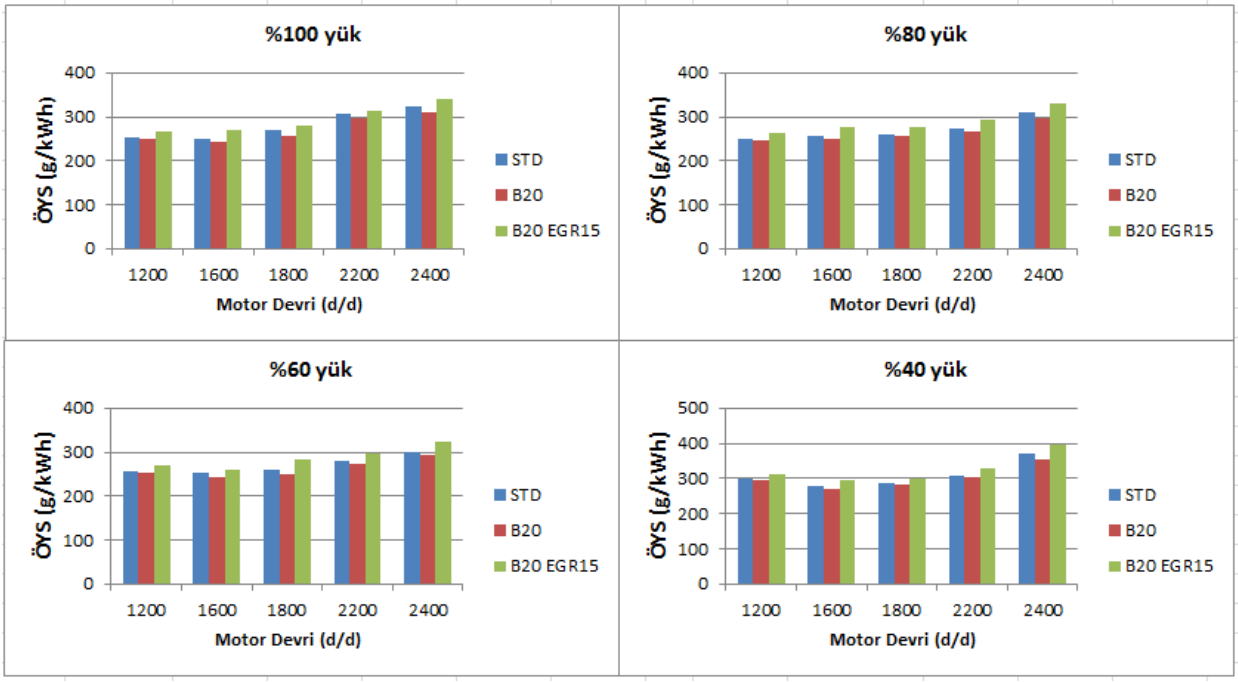
Şekil 3. incelendiğinde efektif verimin farklı deney aşamalarında ve farklı yüklerde motor devrine bağlı olarak değişimi görülmektedir. Efektif verimin B20 yakıtı kullanıldığında dizel yakıta göre genel olarak arttığı sonucuna varılmıştır. 1600 d/d'da %100, %80, %60 ve %40 yük koşulları için efektif verimin artış oranları sırasıyla %5,12, %4,37, %5,49 ve %4,92'dir. Diğer yandan motora EGR verildiğinde hem 1. aşamaya hem de 2. aşamaya göre motorun efektif gücünde azalma kaydedilmiştir. Azalma oranları 2400 d/d ve %100, %80, %60 ve %40 yük koşulları için sırasıyla %9,78, %10,31, %7,05 ve %8,26'dır.



Şekil 3. Motor devrine bağlı olarak efektif verimin değişimleri

Şekil 4.'de özgül yakıt sarfiyatının farklı yük ve deney aşamalarında motor devrine göre değişimi görülmektedir. Tüm yük koşulları için biyodizel kullanıldığında standart motora göre özgül yakıt sarfiyatının bir miktar azaldığı görülmektedir. 1600 d/d'da %100, %80, %60 ve %40 yük koşulları için

özgül yakıt sarfiyatının azalış oranları sırasıyla %3,41, %2,71, %3,75 ve %3,23'dur. Biyodizel ile çalışan motora EGR uygulandığında 1. ve 2. aşamaya göre özgül yakıt sarfiyatının arttığı görülmektedir. Bu artışlar, 2. aşamaya göre1600 d/d'da %100, %80, %60 ve %40 yüklerde sırasıyla %10,85, %11,07, %7,58 ve %9,01 oranları şeklinde elde edilmiştir.



Şekil 4. Motor devrine bağlı olarak özgül yakıt sarfiyatının değişimleri

Biyodizel yakıtının kullanılması ile efektif verim ve özgül yakıt sarfiyatında iyileşmelerin meydana gelmesi biyodizelin oksijen barındırmasından dolayı yanma verimini artırması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. EGR uygulanmadığında efektif verim ve özgül yakıt sarfiyatında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Motora EGR verildiğinde dolgu içerisindeki oksijen miktarı azaldığından ve yanma hızı yavaşladığından motor performans parametrelerinde kötüleşme meydana gelmiştir. Özellikle yüksek devirlerde artan EGR oranı karışımın fakirleşmesine ve yanmanın kötüleşmesine neden olmaktadır.

4. TARTIŞMA

Yapılan çalışmada dizel yakıt, biyodizel yakıtı ve biyodizel yakıtı ile beraber motora EGR uygulayarak motor performansında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Her üç deney aşamasının sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Biyodizel yakıtı kullanıldığında dizel yakıta göre motor momenti, efektif güç, efektif verim ve özgül yakıt sarfiyatında iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir. B20 yakıtı kullanıldığında moment, efektif güç ve efektif verim bir miktar artarken, özgül yakıt sarfiyatı ise azalmıştır.

Biyodizel yakıtı ile beraber motora EGR uygulandığında motor performans parametreleri kötüleşmiştir. EGR ile moment, efektif güç ve efektif verim azalırken, özgül yakıt sarfiyatı artmıştır. EGR'nin performans parametreleri üzerindeki etkisi en çok tam yük koşullarında meydana gelmiştir.

Genel olarak bakıldığında B20 yakıtının alternatif bir yakıt olması ve performans parametreleri açısından iyi sonuçlar vermesi dizel motorlarında kullanımını teşvik etmektedir.

KAYNAKLAR

ABED, K.A., GAD, M.S., EL MORSİ, A.K., SAYED, M.M., ELYAZEED, S.A. (2019), Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions, *Egyptian Journal of Petroleum, Journal Homepage*: www.sciencedirect.com, 2019.

AYHAN, V., TUNCA, S., CESUR, İ., ÖZSERT, İ., ERGEN, G. (2019), Ayçiçek yağı metil ester karışımlarının DI bir dizel motorunun performans ve emisyonlarına etkisi, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7-1, syf. 67-73.

BEHÇET, R., ORAL, F. (2014). Dizel Motor Performans ve Emisyonları Üzerindeki Biyodizel-Dizel Karışım Yakıtların Etkisi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), syf. 15-23.

HAŞİMOĞLU, C., İÇİNGÜR, Y., ÖĞÜT, H. (2002), Dizel motorlarında egzoz gazları resirkülasyonunun (EGR) motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizi, TÜBİTAK, 26, syf. 127-135.

HAŞİMOĞLU, C. (2005), Düşük ısı kayıplı bir dizel motorunda biyodizel kullanımının performans ve emisyon parametrelerine etkisi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

HE, T., CHEN, Z., ZHU, L., ZHANG, Q. (2018), The ınfluence of alcohol additives and EGR on the combustion and emission characteristics of diesel engine under high-load condition, Applied Thermal Engineering, 140, syf. 363–372.

KARABAŞ, H. (2009), Tütün Tohumu Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Sakarya.

KESKİN, A., EKŞİ, K. (2006), Dizel motorlarda mısır yağı biyodizelinin yakıt olarak kullanımının motor performans ve emisyonuna etkisi, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 2.1, syf. 49-55.

MANIGANDAN, S., GUNASEKAR, P., DEVIPRIYA, J., NITHYA, S. (2019), Emission and ınjection characteristics of corn biodiesel blends in diesel engine, Fuel, 235, syf. 723–735.

TAT, M.E. (2003), Investigation of oxides of nitrogen emissions from biodiesel-fueled engine, Ph. D. Iowa State University, 41.

TOK, A. (2010), Egzoz gazı resirkülasyonunun (EGR) motor performansı üzerindeki etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

USTA, N., CAN, Ö., ÖZGTÜRK, E. (2005), Alternatif dizel motor yakıtı olarak biyodizel ve etanolün karşılaştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Sayı:3, Denizli.

VERMA, S., DAS, L.M., KAUSHIK, S.C., BHATTI, S.S. (2019), The Effects of Compression Ratio and EGR on The Performance and Emission Characteristics of Diesel-Biogas Dual Fuel Engine, Applied Thermal Engineering, 150, syf. 1090–1103.

CAM BİLYA İLE DÖVÜLEN AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ YÜZEY ÖZELLİKLERİNE BİLYA BOYUTU VE BİLYA ÇARPMA AÇISININ ETKİSİ

Berkay Gönül
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
berkaygonul@gmail.com

Okan Yetik
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
oknyetik@gmail.com

Ahmet Burak Çubuk
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
abcubuk26@gmail.com

Ar. Gör. Yasemin Yıldıran Avcu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
yaseminyildiran89@gmail.com

Ar. Gör. Hürol Koçoğlu
Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
kocogluhurol@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Rıza Emre Ergün
Kocaeli Üniversitesi, Ford Otosan İhsaniye Otomotiv Meslek Yüksek Okulu,
Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri
r.emreergun@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Egemen Avcu
Kocaeli Üniversitesi, Ford Otosan İhsaniye Otomotiv Meslek Yüksek Okulu,
Makine ve Metal Teknolojileri
avcuegemen@gmail.com

Özet

Bilyalı dövme, malzeme yüzeyinde kalıcı kalıntı gerilme katmanı oluşturup malzemenin mekanik özelliklerini geliştirerek yorulma direncini arttırmaktır. Günümüzde bilyalı dövme işlemi, havacılık ve otomotiv endüstrileri gibi malzemelerin yoğun olarak dinamik yükler altında çalıştıkları alanlarda önemli bir yere sahiptir. Bilyalı dövme işleminin başlıca parametreleri; bilya türü, bilya şekli, bilya boyutu, çarpma açısı, püskürtme basıncı ve nozul malzeme arası mesafe olarak söylenebilir. Bu çalışmada 70-110 ve 300-400 mikron boyutlu cam bilyalar ile eğik (30°) ve dik (90°) çarpma açılarında gerçekleştirilen bilyalı dövme işleminin AA7075 alaşımının kütle kaybı ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Kütle kaybının, her iki cam bilya boyutunda da eğik açıyla gerçekleştirilen bilyalı dövme işlemlerinde dik açıyla yapılan bilyalı dövme işlemlerine göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğüne etki eden temel parametrenin bilya boyutuna kıyasla bilya çarpma açısı olduğu, artan bilya boyutunun ve azalan bilya çarpma açısının dövme doğrultusundaki ortalama çizgisel pürüzlülük (Ra) değerini arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda AA7075 alaşımının yüzey pürüzlülüğündeki artışın cam bilya boyutuyla doğru orantılı, bilya çarpma açısı değeriyle ise ters orantılı olduğu yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: AA7075, Bilyalı dövme, Kütle kaybı, Yüzey pürüzlülüğü.

THE EFFECT OF GLASS BEADS ON THE SHOT PEENING PROPERTIES OF AA7075 AL ALLOY

Abstract

The main objective of shot peening is to form a residual compressive stress layer on the surface and to improve the mechanical properties fatigue behavior of materials. Nowadays, shot peening has been mostly preferred in aerospace and automotive industries, where most of the materials need to be performed under dynamic loads. The most important parameters of shot peening process can be listed as shot material, shot velocity, shot shape, shot size, impingement angle and distance from nozzle to the material surface. In this study, the effect of different sizes of glass beads and impact angles on the weight loss and surface roughness of AA7075 Al alloy were investigated. Shot peening parameters used in the experiment were glass bead sizes of 70-110 and 300-400 microns, and impact angles of inclined (30°) and vertical (90°). Shot peening with inclined impact angles resulted in larger weight loss values than vertical impact angles for both small and large glass beads. It is observed that surface roughness increases as glass bead size increases and impact angle decreases. In addition, results have shown that angle of impact affects surface roughness more compared to the glass bead size. To conclude, increase in the surface roughness of AA7075 Al alloy has been interpreted as directly proportional with the glass bead size, and inversely proportional with the angle of impact.

Keywords: AA7075, Shot peening, Surface roughness, Weight loss.

1. GİRİŞ

Bilyalı dövme işlemi, malzemelerin yorulma dayanımının arttırılmasında sıklıkla kullanılan, soğuk şekil verme işlemlerden biri olmakla beraber düşük maliyetli ve uygulaması basit bir yöntemdir (Oguri, 2011, Ciuffini, Barella ve ark., 2018). Ayrıca, bilyalı dövme işlemi malzemelerin tekrarlı yükler altında, aşınma ve korozyon gibi etkilere karşı direncini artırmak amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özellikler nedeniyle, bilyalı dövme işlemi özellikle havacılık ve otomotiv gibi endüstrilerde yaygın olarak tercih edilmektedir (Ciuffini, Barella ve ark., 2018). Bu işlem, malzeme yüzeyine çarpan yüksek hızlı bilyaların yüzey ve yüzey altı katmanlarında plastik deformasyon oluşturulması şeklinde gerçekleşmektedir (Bagherifard, Ghelichi ve ark., 2012). Bilyalı dövmenin şiddeti, bilyaların sahip olduğu kinetik enerjinin çarpma yüzeyine aktarılmasıyla orantılıdır. Bu enerji iletimini etkileyen parametreler ise bilya hızı, bilya boyutu, bilya malzemesi, bilyanın sertliği ve bilyanın malzeme yüzeyine çarpma açısı olarak sıralanabilir (Vielma, Llaneza ve ark., 2014). Bahsedilen bu parametreler yüzey özelliklerini de etkilemekle beraber yorulma dayanımı, korozyon dayanımı gibi malzeme özelliklerini de etkilediğinden parametre seçimi önemlidir (Žagar ve Grum, 2013).

Alüminyum 7075 alaşımı, kolay şekillendirilebilirliği, yüksek korozyon dayanımı ve yüksek mukavemet-ağırlık oranı gibi özellikleri nedeniyle havacılık ve otomotiv endüstrilerinde yoğun olarak tercih edilmektedir (Mhaede, 2012, Dursun ve Soutis, 2014). Ancak, AA7075 alüminyum alaşımı denizcilik uygulamalarında korozif ortam nedeni ile düşük yorulma dayanımı sergilemektedir (Mhaede, 2012). Alüminyum alaşımları genellikle kompleks şekilli makine parçalarında kullanıldıklarından ve bu kompleks şekiller bu alaşımların yorulma direncini azalttığından dolayı sıklıkla bilyalı dövme uygulamasına tabi tutulurlar (Benedetti, Fontanari ve ark., 2015).

Avcu yaptığı çalışmalarda AA7075 alüminyum alaşımını paslanmaz çelik bilyalar ile dövdükten sonra, yüzey pürüzlüğünün belirgin bir şekilde arttığını saptamış ve püskürtme basıncı arttıkça yüzey pürüzlülüğündeki artışı ortaya koymuştur. Bilyalı dövmenin amacının yorulma direncini arttırmak olduğunu belirtip, yüzeyde oluşan yüksek pürüzlülük değerlerinin aynı zamanda yorulma direncini azaltabileceğini söylemiştir (Avcu, 2017). Ahmed ve ark., bilyalı dövme işleminde yüksek enerji ile çarpan bilyaların yüzeyde derin çukurlar oluşturarak bilya hızıyla doğru orantılı artan bir pürüzlülük profili oluşturduğunu ve yüzeyin pürüzlü olmasının daha büyük bir temas alanı oluşturup korozyonu artırdığını yorumlarmışlardır. Ahmed ve ark. yaptıkları başka bir çalışmada 316L paslanmaz çelik üzerinde küçük bilyaların büyük bilyalara göre çarptıkları noktada daha küçük çukurlar oluşturdukları

ve birim alana daha fazla bilya isabet etmesine sebep olduklarından dolayı, büyük bilyaların daha homojen ve daha az pürüzlü bir yüzey oluşturduğunu bildirmişlerdir (Ahmed, Mhaede ve ark., 2015).

Bu çalışmada Alüminyum 7075 alaşımına, farklı boyutlardaki cam bilyalar ve farklı çarpma açılarında uygulanan bilyalı dövme işleminin yüzey pürüzlülüğü ve kütle kaybına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

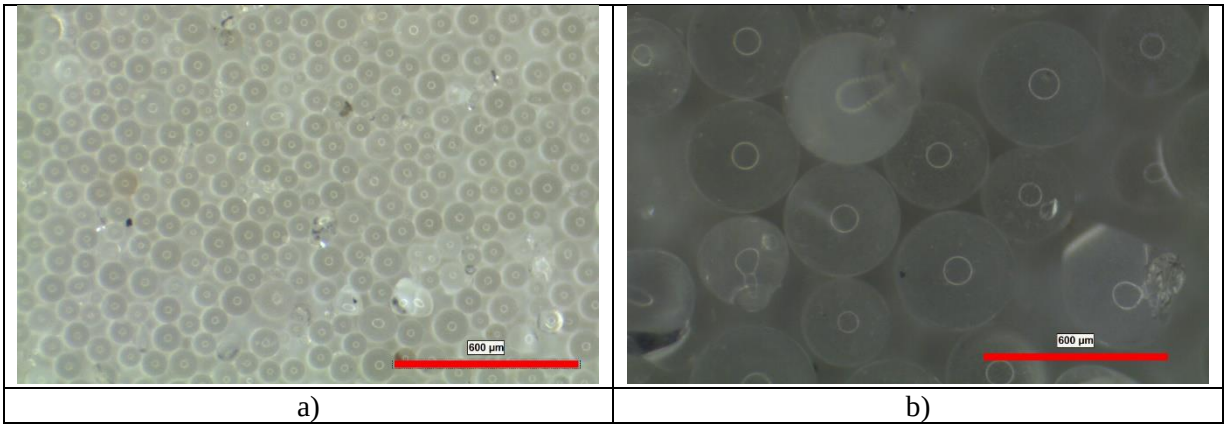
2.1. Materyal

Hedef malzeme olan 25 mm çaplı çubuk halinde alüminyum 7075-T6 alaşımından 10 mm kalınlığında silindirik numuneler şerit testere ile kesilmiştir. Kesim işlemi sonrası numune yüzeylerine alın tornalama yapılmış ve sırasıyla 600, 1000 meshlik su zımparaları ile zımparalanarak dövme işlemine hazır hale getirilmiştir. Alüminyum 7075-T6 alaşımının kimyasal bileşenleri ve mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Alüminyum AA7075 alaşımının kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri

Kimyasal Kompozisyon (%)					
Element	%	Element	%	Element	%
Si	0,110	Cu	1,350	Ti	0,170
Zn	5,700	Fe	0,220	Cr	0,210
Mg	2,380	Mn	0,170	Zr	0,035
Mekanik Özellikler					
Çekme Dayanımı (MPa)		Akma Dayanımı (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Sertlik (HV)	
572		503	11	175	

Bilyalı dövme işleminde bilya malzemesi olarak 70-110 ve 300-400 µm boyut aralıklarında iki farklı cam bilya gurubu kullanılmıştır. Şekil 1'de bilyalı dövme işlemlerinde kullanılan cam bilyaların stereo mikroskop görüntüleri verilmiştir. Cam bilyalar Fetaş Metalürji firmasından temin edilmiş olup, Tablo 2'de bilyaların fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.



a) b)

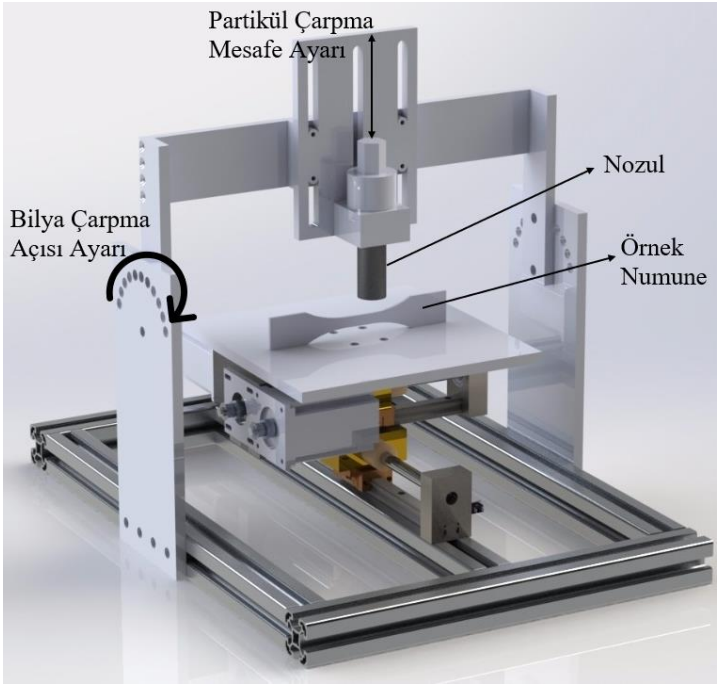
Şekil 1. Cam kürelerin optik mikroskop görüntüleri a) 70-110 µm, b) 300-400 µm

Tablo 2. Cam bilyaların kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Kompozisyon (%)			
Element	%	Element	%
SiO2	72,00 - 73,00	MgO	3,50 - 4,00
Na2O	13,30 - 14,30	Al2O3	0,80 - 2,00
K2O	0,20 - 0,60	Fe2O3	0,08 - 0,11
CaO	7,20 - 9,20	SO3	0,20 - 0,30
Fiziksel Özellikler			
Tane Yapısı	Sertlik (Mohs)	Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	Spesifik Yoğunluk (gr/cm^3)
Küresel	6	2,60	1,60

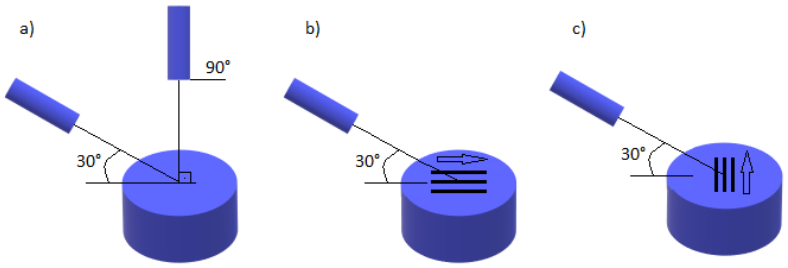
2.2. Metod

Bilyalı dövme işlemi Kocaeli Üniversitesi Ford Otosan İhsaniye Otomotiv Meslek Yüksekokulu'nda bulunan özel tasarımlı CNC kontrollü bilyalı dövme sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de verilen şemada, bilyalı dövme sisteminin çalışma prensibi görülmektedir. Kompresörden gelen basınçlı hava bir manometre ile kontrol edilerek nozula iletilmektedir. Bilya besleme ve basınçlı hava hortumları birbirine bağlı olup, basınçlı havanın yarattığı vakum etkisi ile bilyaların nozuldan akışı sağlanmaktadır. Nozul istenilen açıda ve mesafede bilyaları numune yüzeyine gönderebilmektedir.



Şekil 2. Bilyalı dövme deney düzeneği

Tablo 3'te deneysel çalışmalarda kullanılan bilyalı dövme işlem parametreleri verilmiştir. Deneyler çift tekrarlı olarak yapılmış, bu sayede sonuçların daha güvenilir olması hedeflenmiştir. Bilyalı dövme işlemi öncesi ve sonrası numunelerin kütleleri hassas terazi ile ölçülerek, işlem sırasında gerçekleşen kütle kaybı hesaplanmıştır. Bu işlemler sonrası numune yüzeyleri ultrasonik banyo ile temizlenmiş ve Mitotuyo marka temaslı yüzey ölçüm cihazı ile 4 mm uzunluğunda çizgiler taranarak yüzey pürüzlülük testleri yapılmıştır. Şekil 3'te görüldüğü gibi pürüzlülük değerleri alınırken dövme yönünde ve dövme yönüne dik olarak 3'er ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3. a) Bilyalı dövme açı parametreleri, b) Dövme yönüne paralel pürüzlülük ölçümleri, c) Dövme yönüne dik pürüzlülük ölçümleri

Tablo 3. Bilyalı dövme işlem operasyon parametreleri

Bilya türü	Cam	
Bilya çapı (µm)	70-110	300-400
Bilya sertliği (HV)	817	
Püskürtme basıncı (bar)	4	
Çarpma açısı (°)	30, 90	
Nozul çapı (mm)	10	
Süre (sn)	60	

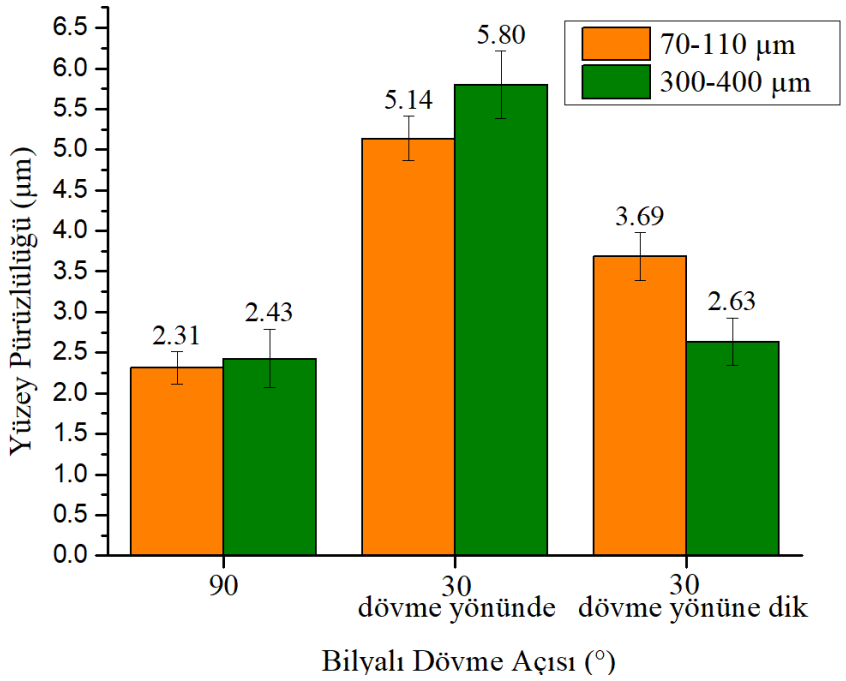
3. SONUÇ

3.1. Yüzey Pürüzlülüğü İncelemeleri

Şekil 4 incelendiğinde, bilya çarpma açısının yüzey pürüzlülüğünü etkilediği, bilya çarpma açısının eğik olduğu durumda (30°) dik olduğu duruma (90°) göre daha pürüzlü yüzeyler oluşturduğu her iki bilya boyutu için belirlenmiştir. Ayrıca numune yüzey pürüzlülüğünün dik çarpma açısında homojen olarak değişim gösterdiği ancak eğik bilya çarpma açısında dövme doğrultusuna bağlı olarak değişim gösterdiği gözlemlenmiş, bu nedenle eğik bilya çarpma açısında gerçekleştirilen işlemlerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi çarpma yönüne dik ve paralel olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir;

i) Dövme yönüne paralel yüzey pürüzlülüğü değerlerinin, dövme yönüne dik olan pürüzlülük değerlerinden daha fazla olduğu hem küçük hem de büyük çaplı bilyalar için söylenebilir.
ii) Dik ve eğik çarpma açılarında (dövme yönüne paralel incelemelerde), büyük boyutlu cam bilyaların, küçük bilyalara göre daha pürüzlü bir yüzey oluşmasına yol açtıkları görülmektedir.
iii) Bilya çarpma açısının eğik olduğu durumda dövme yönüne dik olarak yapılan pürüzlülük ölçümlerinde ise küçük cam bilyaların büyük cam bilyalara göre daha yüksek pürüzlülük değerlerine sebep olduğu saptanmıştır.

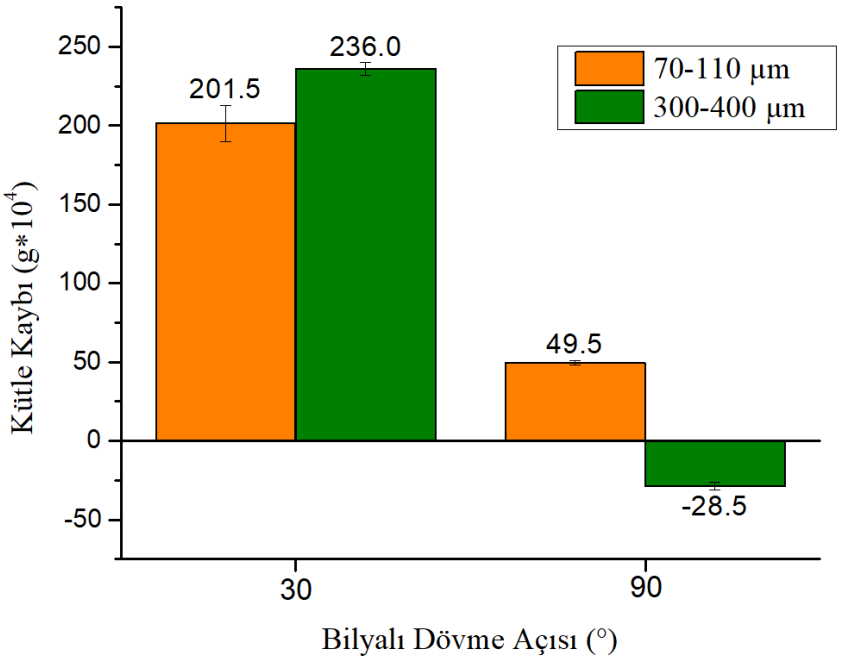
Yıldıran ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarda bilya boyutu arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığını ve bilya çarpma açısının dik (90°) olduğu durumlarda daha düşük çarpma açılarına (75°) göre dövülen yüzeylerde daha yüksek pürüzlülük değerlerinin görüldüğünü ortaya koymuştur (Yıldıran, Avcu ve ark., 2015).



Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğünün bilyalı dövme açısı ve bilya boyutuna bağlı değişimi

3.2. Kütle Kaybı İncelemeleri

Gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında kütle kaybına etki eden temel parametrenin bilya çarpma açısı olduğu görülmüştür (Şekil 5). Eğik çarpma açısıyla gerçekleştirilen dövme işlemlerinde her iki bilya boyutunda da belirgin kütle kaybı gözlemlenirken, dik çarpma açısı ile dövülen numunelerde kütle kaybının bilya boyutuna bağlı olarak değişim gösterdiği görülmüştür. Dik açı ile dövülen numunelerde, küçük bilyalar kütle kaybına sebep olurken, büyük bilyalarla dövülen numunelerde kütle artışı gözlemlenmiştir. Bu kütle artışının sebebi, camın gevrek bir malzeme olması ve cam bilyaların boyutları arttıkça daha kırılgan bir yapı sergilemeleri, bunun sonucunda ise yüzeye gömülmeleri şeklinde yorumlanabilir. Gariépy ve ark., yaptıkları çalışmalarda bilyaların yüzeye dik açı ile püskürtüldüğü durumlarda kırıldıklarını ve arkalarından gelen diğer bilyalarla beraber yüzeye tekrar çarparak yüzeye gömüldüklerini belirtmişlerdir (Gariépy, Bridier ve ark., 2013). Avcu ve ark., Ti6Al4V alaşımı ile yaptıkları çalışmalarda farklı çarpma açıları ve farklı hızlar ile yüzeye püskürtülen aşındırıcı partiküllerin yüzeyde meydana getirdiği aşınma miktarını araştırmışlardır. Çalışmalarında sünek davranış gösteren malzemelerde eğik (30°) çarpma açısı ile yüzeye çarpan partiküllerin yüzeye dik çarpan (90°) partiküllere göre daha aşındırıcı davranış gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır. Bu sonuçlar cam bilyalar ile yapılan bilyalı dövme işleminde ortaya çıkan kütle kaybı sonuçlarıyla örtüşmektedir (Avcu, Yıldıran ve ark., 2014).



Şekil 5. Kütle kaybının bilyalı dövme açısı ve bilya boyutuna bağlı değişimi

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Alüminyum 7075 alaşımına, farklı boyutlardaki cam bilyalar ve farklı çarpma açılarında uygulanan bilyalı dövme işleminin yüzey pürüzlülüğü ve kütle kaybına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen önemli sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Cam bilyalar ile eğik (30°) çarpma açısı ile bilyalı dövülmüş yüzeylerin, dik (90°) çarpma açılarıyla dövülmüş yüzeylere göre daha pürüzlü olduğu saptanmıştır.

2. Büyük cam bilyaların, küçük cam bilyalara göre daha pürüzlü bir yüzey oluşturduğu (dövme yönünde alınan pürüzlülük ölçümlerinde) ancak dövme yönüne dik ölçülen yüzey pürüzlülüğünde küçük bilyaların daha pürüzlü bir yüzey oluşturduğu görülmüştür.

3. Eğik (30°) çarpma açılarında, dik (90°) açı ile bilyalı dövülmüş yüzeylere göre çok daha fazla kütle kaybı gözlemlenmiştir

4. Eğik çarpma açısı ile yapılan bilyalı dövme işlemlerinde, büyük bilyalar küçük bilyalara göre daha fazla kütle kaybına sebep olurken, dik çarpma açısı ile yapılan bilyalı dövme işlemlerinde, büyük bilyalar yüzeye gömülerek kütle artışına sebep olmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya 2017/049 numaralı proje desteği veren Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (KOU-BAP) desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

AHMED, A. A., MHAEDE, M., ve ark. (2015), The effect of shot peening parameters and hydroxyapatite coating on surface properties and corrosion behavior of medical grade AISI 316L stainless steel, *Surface and Coatings Technology* 280, 347-358.

AVCU, E. (2017), Surface Properties of AA7075 Aluminium Alloy Shot Peened under Different Peening Parameters, *Acta Materialia Turcica*.

AVCU, E., YILDIRAN, Y., ve ark. (2014), The Influences of the Particle Impingement Angle and Velocity on the Surface Roughness, the Erosion Rate and the 3D Surface Morphology of the Solid Particle Eroded Ti6Al4V Alloy, *Acta Phys. Pol. A* 125(2), 541-543.

BAGHERIFARD, S., GHELICHI, R., ve ark. (2012), On the shot peening surface coverage and its assessment by means of finite element simulation: A critical review and some original developments, *Applied Surface Science* 259, 186-194.

BENEDETTI, M., FONTANARI, V., ve ark. (2015), Very high-cycle fatigue resistance of shot peened high-strength aluminium alloys: role of surface morphology, *Fracture, Fatigue, Failure, and Damage Evolution, Volume 5*, 127-138.

CIUFFINI, A. F., BARELLA, S., ve ark. (2018), Influence of Microstructure and Shot Peening Treatment on Corrosion Resistance of AISI F55-UNS S32760 Super Duplex Stainless Steel, *Materials (Basel)* 11(6).

DURSUN, T. ve SOUTIS, C. (2014), Recent developments in advanced aircraft aluminium alloys, *Materials & Design (1980-2015)* 56, 862-871.

GARIÉPY, A., BRIDIER, F., ve ark. (2013), Experimental and numerical investigation of material heterogeneity in shot peened aluminium alloy AA2024-T351, *Surface and Coatings Technology* 219, 15-30.

MHAEDE, M. (2012), Influence of surface treatments on surface layer properties, fatigue and corrosion fatigue performance of AA7075 T73, *Materials & Design* 41, 61-66.

OGURI, K. (2011), Fatigue life enhancement of aluminum alloy for aircraft by Fine Particle Shot Peening (FPSP), *Journal of Materials Processing Technology* 211(8), 1395-1399.

VIELMA, A. T., LLANEZA, V., ve ark. (2014), Effect of coverage and double peening treatments on the fatigue life of a quenched and tempered structural steel, *Surface and Coatings Technology* 249, 75-83.

YILDIRAN, Y., AVCU, E., ve ark. (2015), Optimization of Surface Properties of Shot Peened TI6AL4V Alloy, *Acta Physica Polonica A* 127(4), 984-986.

ŽAGAR, S. ve GRUM, J. (2013), Surface Modification Analysis after Shot Peening of AA 7075 in Different States, *Materials Science Forum* 768-769, 519-525.

GELİŞTİRİLMİŞ FLYBACK LED SÜRÜCÜ

Elektrik Mühendisi Furkan KAPUSUZOĞLU
Kocaeli Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü/Elektrik Mühendisliği Bölümü
furkankapusuzoglu@gmail.com

Prof Dr Nurettin ABUT
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/Elektrik Mühendisliği Bölümü
nurettinabut@hotmail.com

Özet

Çalışma ; az enerji ile daha çok ışık veren ,UV-IR gibi zararlı ışınlar yaymayan , diğer aydınlatma ürünlerine göre daha az ısı veren vb birçok özelliği olan led teknolojisinin ; geliştirilmiş ,yeni nesil, yüksek güç faktörlü, 50khz'de çalışan, düşük güçlü flyback sistemiyle kontrol edilmesi üzerinedir. Matlab simscape kullanılarak yapılan bu çalışmada , gerçek zamanlı simülasyonlar gerçekleştirilerek anahtarlama elemanının , dönüştürücü trafonun, yükün girişindeki ve çıkışındaki akım-gerilim grafikleri elde edilmiştir .Araştırmada Flyback trafosu hesaplanması ve tasarlanması , kullanılan kompanentlerin hesaplanması, snubber devre tasarımı ve hesapları yer almaktadır. Alınan sonuçların uygunluğuna göre kullanılacak elemanlar seçilmiş Proteus üzerinden devre çizilmiş , Ares ile de baskıya devre şeması oluşturulup test ve deneylere hazır hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: led sürücü,flyback,matlab,simscape

IMPROVED NEW GENERATION FLYBACK LED DRIVER

Abstract

Study; LED technology, which gives more light with less energy, does not emit harmful rays such as UV-IR, and provides less heat than other lighting products. advanced, new generation, high power factor, working at 50khz, low-power flyback system is on the control.In this study using Matlab simscape, real-time simulations were realized and current-voltage graphs of the switching element, transformer transformer, input and output of the load were obtained.In this research, calculation and design of Flyback transformer, calculation of used components, design of snubber circuits and calculations. According to the appropriateness of the results taken to be used according to the selected elements of the circuit was drawn through the Proteus, Ares with the circuit to print the pressure was created and ready for testing and experiments.

Keywords: led driver ,flyback,matlab,simscape

1. GİRİŞ

Led kullanılan yerlerde sistemin sorunsuz çalışması için akım ve voltajı ayarlayabilen sürücülere ihtiyacımız vardır. Sürücü tasarımı yaparken koruma, verimlilik, güç kat sayısı, harmonikler ve elektromanyetik uyumluluk konularına çok dikkat edilmeilidir.Özellikle yüksek verimlilik ve güç kat sayısındaki doğru oranı yakalamak açısından flyback bu alanda diğer sürücülere üstünlük sağlamaktadır. Bu çalışmada 12V , 30W değerinde Flyback Led Sürücü Tasarımı Nüve ve sargı hesapları , kullanılacak entegrelerin hesaplarına göre elemanlar seçilmiştir ve Matlab Simscape'de bir devre oluşturulup simule edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Sistem Matlab Simscape üzerinden modellenmiş ve simule edilmiştir.

Referans alınan değerler ;

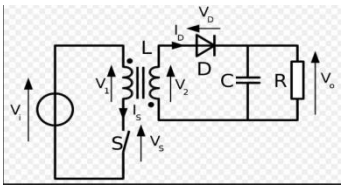
Vacmin:= 85 V Vacmax:= 265 V Fr := 60 Hz Vout1 := 15 V Iout1 := 0.5 A
Vout2 := 5 V Iout2 := 1 A ΔVoutret := 0.05 V (5%) Fcon := 50000 Hz
Vd := 1 V ΔVout := 0.01 V (1%) Voutaux := 15 V Ioutaux := 0.2 A

Giriş Kondansatörü ;
Vcpkmin:= 2Vacmin − Vd Vcpkmin= 119.208 V
(1)
Vcpkmax:= 2Vacmax− Vd Vcpkmax= 373.767 V (2)
Vcmin:= (1 − ΔVoutret)·Vcpkmin Vcmin= 113.248 V (3)
ΔVc := Vcpkmin− Vcmin ΔVc = 5.96 V (4)
Ccalc : Pin/Fr (Vcpkmin² − Vcmin²)= 2.387 x10⁻⁴ = F (5)

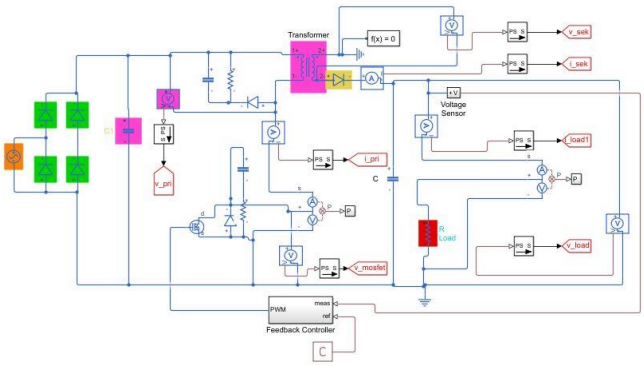
Trafo;
Dmax:= 0.4 Jmax:= 400A/cm2
ΔB := 0.25 T μo =4π10⁻⁷ H/m
Kp := 0.5 Kw:= 0.4 Voutaux := 15 V Ioutaux := 0.2 A

AeAw: =(1.1xPoutx104)/(KpxKwxJmax Δ Bx Fcon) (6)
AeAw = 0.196 cm⁴

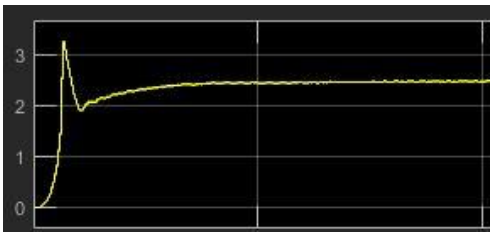
3. SONUÇ



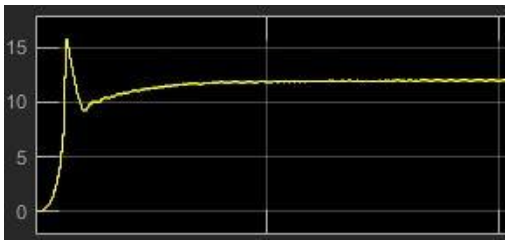
Şekil1 : Temel Flyback



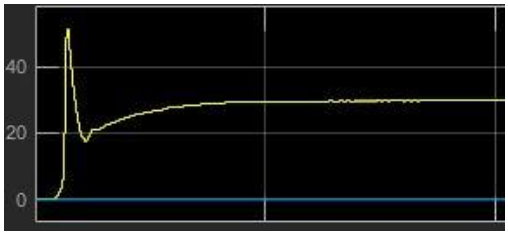
Şekil2: Tasarlanan Flyback Sürücü



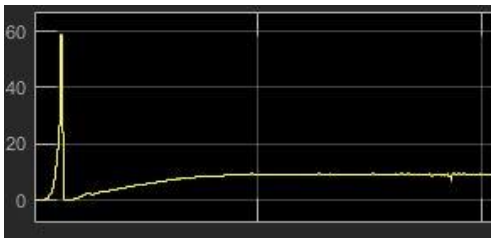
Şekil3 :Çıkış Akımı



Şekil4:Çıkış Gerilimi



Şekil5: Çıkış Gücü



Şekil6: Mosfet Gücü

4. TARTIŞMA

Mosfet ve çıkış gücündeki peakler azaltılarak daha sağlıklı bir çalışma elde edilebilir. Bunlar dışında yüksek frekanslarda ve düşük harmoniklerde verimi yüksek bir devre oluşturulabilir .

TEŞEKKÜR

Yardımlarından dolayı Prof Dr Nurettin ABUT ve Dr Fuat KILIÇ'a sonsuz teşekkürler ederim.

KAYNAKLAR

[1] Shu Zhang, Student Member, IEEE, Yijie Wang, Senior Member, IEEE, J. Marcos Alonso, Senior Member, IEEE, Xiaosheng

[2] Liu, Member, IEEE, Dianguo Xu, Senior Member, IEEE Hanjing Dong, Xiaogao Xie , Member, IEEE, Lei Jiang, Zheliang Jin, and Xiaodong Zhao

[3] Lloyd H. Dixon, Jr., Filter Inductor and Flyback Transformer Design for Switching Power Supplies, Unitrode Power Supply Design Seminar Manual SEM-1100, 1996.

[4] Bill Andreycak, Practical Considerations in High Performance MOSFET, IGBT and MCT Gate Drive Circuits, Unitrode Application Note U-137, Unitrode Applications Handbook IC# 1051, 1997.

B20 BİYODİZEL YAKITI KULLANILAN BİR DİZEL MOTORUNDA EGR UYGULAMASININ EMİSYON KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Çiçek Çangal
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi/ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
cicek_ceyhan@hotmail.com

Doç. Dr. Vezir Ayhan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makina Mühendisliği Bölümü
vayhan@subu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi İdris Cesur
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makina Mühendisliği Bölümü
icesur@subu.edu.tr

Özet

Araç motorlarında uzun yıllardır petrol kökenli yakıtların kullanılması bazı sıkıntıları da beraberinde getirmektedir. Bunların başında petrol kaynaklarının gitgide azalması ve çevrenin olumsuz yönde etkilenmesi gelir. Bu durum araştırmacıların alternatif yakıtlara yönelmesine sebep olmuştur. Alternatif yakıtların tercih edilmesi motor performans parametrelerini olumlu yönde etkilerken bazı emisyon karakteristiklerinde kötüleşme meydana getirmektedir. Bunun yanında emisyon standartlarının sürekli olarak değişmesi ve kısıtlayıcı yasaların yürürlüğe girmesi emisyonların azaltılmasını zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla motorlarda alternatif yakıtların kullanılmasının yanı sıra emisyon azaltıcı yöntemlerin de uygulanması önerilmektedir. Bu çalışmada, biyodizel (mısır yağı metil esteri) kullanılan ve EGR uygulanan tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda emisyon karakteristiklerinin değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Yakıt olarak %20 biyodizel ve %80 dizel karışım yakıtı kullanılmış ve motora %15 oranında EGR uygulanmıştır. Deney sonuçları standart motor verileriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. EGR uygulaması ile NO emisyonlarında önemli derecede azalma görülürken, HC, CO ve is emisyonlarında kötüleşme meydana gediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, EGR, emisyon karakteristikleri

THE EFFECT ON THE EMISSION CHARACTERISTICS OF EGR APPLICATION IN A DIESEL ENGINE USED B20 BIODISEL

Abstract

The use of petroleum fuels for many years in vehicle engines brings with them some problems. The most important of these is the decrease in the oil resources and the negative impact of the environment. This situation led researchers to turn to alternative fuels. The choice of alternative fuels positively affects the motor performance parameters and causes a deterioration in some emission characteristics. Besides, the continuous changes in the emission standards and the introduction of restrictive laws necessitate the reduction of emissions. Therefore, the use of alternative fuels in engines as well as emission reduction methods are recommended. In this study, the changes in the emission characteristics of a single-cylinder direct-injection diesel engine operated with biodiesel (corn oil methyl ester) and with EGR were investigated experimentally. 20% biodiesel and 80% diesel fuel was used as fuel and EGR was applied to the engine at 15% . The test results are compared with the standard engine data. With the application of EGR, NO emissions were significantly reduced, while HC, CO and smoke emissions were deteriorated.

Keywords: Biodiesel, EGR, emission characteristics

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde bulunan ve gittikçe azalan fosil yakıtlar, enerji üretimi için gerekli olan kaynakların başında gelir. Bu yakıtların azalmasının oluşturduğu tehdidin yanı sıra küresel ısınmayı artırması ve zararlı emisyonlara neden olması gibi olumsuzlukları da vardır. Bu nedenle bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılması büyük önem taşımaktadır (Abed ve ark., 2019). Bunun yanında bitkisel yağların yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir olması, toksik madde içermemesi ve NO_x haricinde düşük emisyon profillerine sahip olması dizel motorlarındaki kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Karabaş, 2009). Bitkisel yağlar ayçiçek, mısır, pamuk, gibi farklı bitkilerden elde edilebilmektedir. Keskin ve Ekşi (2006) yaptıkları deneysel çalışmada mısır yağı metil esterini kullanarak motorun performans ve emisyonlarını incelemişlerdir. Karabaş (2009) ise tütün tohumu metil esterini kullanarak egzoz emisyonlarını etkileyen faktörleri araştırmışlardır.

Petrol kökenli yakıtların kullanımının azaltılması, emisyon standartlarına getirilen kısıtlamalar nedeniyle zorunlu hale gelmiştir. Özellikle en son yürürlüğe giren Euro 6 emisyon standardı ile egzoz emisyonlarının çevreye verdiği zararın büyük oranda azaltılması hedeflenmektedir. Petrolden elde edilen yakıtların yanı sıra standart dizel motorunda biyodizel yakıt kullanıldığında, biyodizelin oksijen içermesi ve hava fazlalık katsayısının daha düşük olmasından dolayı NO_x emisyonu dizel yakıt ile çalışan standart motora göre artma eğilimindedir (Haşimoğlu, 2005). NO_x salınımını azaltmak için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en etkilisi egzoz gazı resirkülasyonu (EGR) sistemidir. Bu sistem egzoz gazlarının bir bölümünün silindire geri verilmesini sağlayarak, karışımın içerdiği oksijen miktarını azaltıp, karışım oranını düşürmek ve silindir içerisindeki gazların ısı kapasitesinin artmasını sağlayarak gaz sıcaklığını düşürmektir. Silindire geri verilen egzoz gazları sayesinde yanma odasındaki karışım seyreltilerek yanma sonu sıcaklığı ve buna bağlı olarak üretilen NO_x miktarı azaltılmaktadır (Haşimoğlu ve ark., 2002; Tat, 2003; Ayhan ve ark., 2018).

Nabi ve Rasul (2018) bir dizel motorunda üç farklı biyodizel ile yapmış oldukları deneysel çalışmalarda dizel motorunun performansını ve emisyonlarını incelemişler ve sonuçları satandart motor ile karşılaştırmışlardır. Biyodizel olarak atık pişirme yağı ve macadamia yağı kullanmışlardır. İlk karışım %30 atık pişirme biyodizeli ile %70 dizelden, ikinci karışım %30 macadamia biyodizeli ile %70 dizelden, üçüncü karışım %10 macadamia biyodizeli, %20 atık pişirme biyodizeli ile %70 dizelden oluşmaktadır. Her üç biyodizel ile yapılan deneylerin sonuçlarına bakıldığında motor performansında kayda değer bir değişimin meydana gelmediğini gözlemlemişlerdir. İs, HC ve CO emisyonlarında azalma kaydederken, NO_x emisyonlarında bir miktar artış olduğunu tespit etmişlerdir. Chen ve arkadaşları (2018) dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılan (%100) biyodizelin NO_x emisyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yapmış oldukları deneysel çalışmada dizel motora göre, biyodizel ile çalışan motorun yüksek yanma sıcaklığı meydana getirdiğinden, düşük ve orta hızlarda düşük yükler haricinde, biyodizelin açığa çıkardığı NO_x emisyonunun daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Tok (2010) yapmış olduğu çalışmada common rail yakıt püskürtme sistemine sahip bir dizel motorunda emme manifolduna EGR'nin farklı oranlarını (%10, %15, %20, %25, %30) vererek motor performans ve emisyonlarındaki değişimleri incelemiştir. Deneyler farklı aşamalarda gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada egzoz gazları silindire kontrollü bir şekilde geri verilmiştir. Bunun sonucunda NO_x emisyonları ve motor performansında azalma görülürken; is, CO ve HC emisyonlarında artış gözlemlemiştir. Daha sonra ise yakıt olarak dizele farklı oranlarda soya yağı metil esteri ekleyerek deneyleri aynı koşullar altında gerçekleştirmiştir. Soya yağı metil esteri ile yapılan deneylerde EGR'nin motor performans ve emisyonlara etkisi dizel yakıttan elde edilen sonuçlara yakın çıkmıştır. EGR uygulanması ile zengin karışımın oluştuğunu, yanmanın kötüleştiğini belirtmiş ve buna bağlı olarak is, CO ve HC emisyonlarının arttığını tespit etmiştir. Biyodizel kullanımının, biyodizelin içeriğindeki oksijen oranı nedeniyle HC ve CO emisyonlarını iyileştirdiğini, NO_x emisyonlarını ise kötüleştirdiğini saptamıştır. Ancak EGR'nin NO_x emisyonlarını azaltma üzerindeki etkisinin biyodizel yakıtta dizel yakıta göre daha fazla olduğu sonucuna varmıştır.

Bu çalışmada, B20 biyodizel yakıtının ve EGR uygulamasının motor emisyonlarına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Biyodizel olarak mısır yağı metil esteri kullanılmış ve biyodizel

transesterifikasyon yöntemiyle üretilmiştir. Deneylere başlamadan önce standart motor verileri alınmıştır. Daha sonra aynı çalışma koşullarında biyodizel ve EGR ile deneyler yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

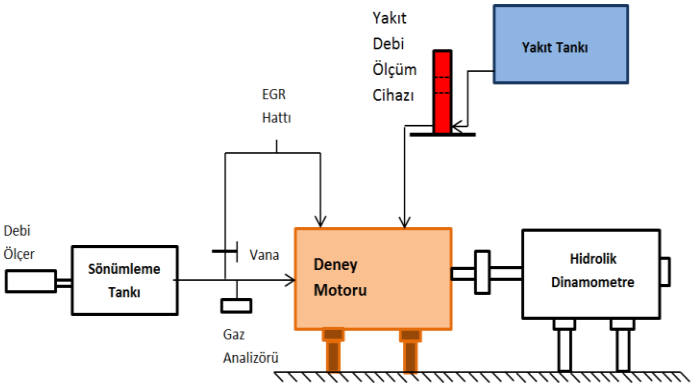
2.1. Deney düzeneği

Deneyler esnasında kullanılan motorun teknik özellikleri ve deneylerin gerçekleştirildiği deney düzeneğinin şematik gösterimi Tablo 1.'de verilmiştir.

Deneysel çalışmalarda motoru yüklemek için 50 kg yük tutma kapasiteli hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı, egzoz gaz sıcaklığı ve soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları NiCr-Ni tipi Elimko 680 marka termokupullar kullanılarak ölçülebilmiştir. Deneyler 29 ° püskürtme avansı değerinde gerçekleştirilmiştir. Gerekli ölçümler alınmadan önce motor kararlı hale getirilmiştir. Deneyler boyunca soğutma suyu çıkış sıcaklığı 85 °C'de sabit tutulmuştur. Deneyler %100, %80, %60, %40 kısmi yük şartlarında ve 1200 d/d, 1600 d/d, 1800 d/d, 2200 d/d, 2400 d/d motor hızlarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri ve deney düzeneğinin şematik gösterimi

Motor Tipi	Süper Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm3]	0,92
Güç, 2200 d/d, [kW]	13
Enjektör Açma Basıncı [bar]	225
Püskürtme Avansı [Krank Açısı]	29
Sıkıştırma Oranı	17
Maksimum Devir [d/d]	2500
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direkt Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak Piston



2.2. Deney yöntemi

Deneysel çalışmalarda dizel ve %20 oranında biyodizel-dizel karışım yakıtı kullanılmıştır. Karışım yakıtı, deneyler öncesinde biyodizelin dizel yakıt ile kütlesel oranda birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Yakıt miktarlarını ölçmek için 0,1 gram hassasiyetinde bir hassas terazi kullanılmıştır. Biyodizel olarak mısır yağı tercih edilmiş ve biyodizel transesterifikasyon yöntemiyle üretilmiştir. Deneylerde kullanılan dizel ve biyodizel yakıtlarının özellikleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan yakıtların özellikleri

Özellikler	Dizel	Biyodizel
Kinematik viskozite, mm^2/s (40°C'de)	2,8475	3,8679
Alt ısıl değer, kJ/kg	42797	37386
Yoğunluk, kg/m^3 (15°C'de)	827,60	881,36
Kapalı formülü	$C_{14,09}H_{24,78}$	$C_{18,66}H_{35,13}O_2$

Deneysel çalışmalar EGR'siz ve %15 EGR oranında gerçekleştirilmiştir. EGR uygulamasının yapılabilmesi için deney düzeneğine bazı donanımlar ilave edilmiştir. Egzoz manifoldunda bulunan egzoz gazlarını emme manifolduna transfer etmek için boru bağlantısı yapılmıştır. EGR oranlarını ayarlamak için manuel olarak kontrol edilen çok turlu bir vana sisteme ilave edilmiştir. Deneyler esnasında bu vananın ayarlanması ile istenilen EGR oranları verilmiştir. Emme hattına gönderilen egzoz gazının miktarının belirlenmesinde denklem (1) kullanılmıştır.

$$\mathrm{EGR}(\%) = \frac{\left[(CO_2)_{\text{emme manifoldu}} - (CO_2)_{\text{çevre}}\right]}{\left[(CO_2)_{\text{egzoz manifoldu}}\right]} \times 100 \qquad (1)$$

Deneylerde emisyon ölçümleri için iki ayrı ölçüm cihazı kullanılmıştır. NO, CO, CO_2 ve HC emisyonlarının değerleri BOSH BAE 060 marka emisyon ölçüm cihazı ile ppm ve % cinsinden ölçülmüştür. İs emisyonu ise BOSH BAE 070 marka emisyon ölçüm cihazı ile % ve K faktörü cinsinden ölçülmüştür. Tablo 3.'te deneylerde kullanılan ölçüm sistemleri ve ölçüm aralıkları verilmiştir.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan ölçüm sistemleri ve ölçüm aralıkları

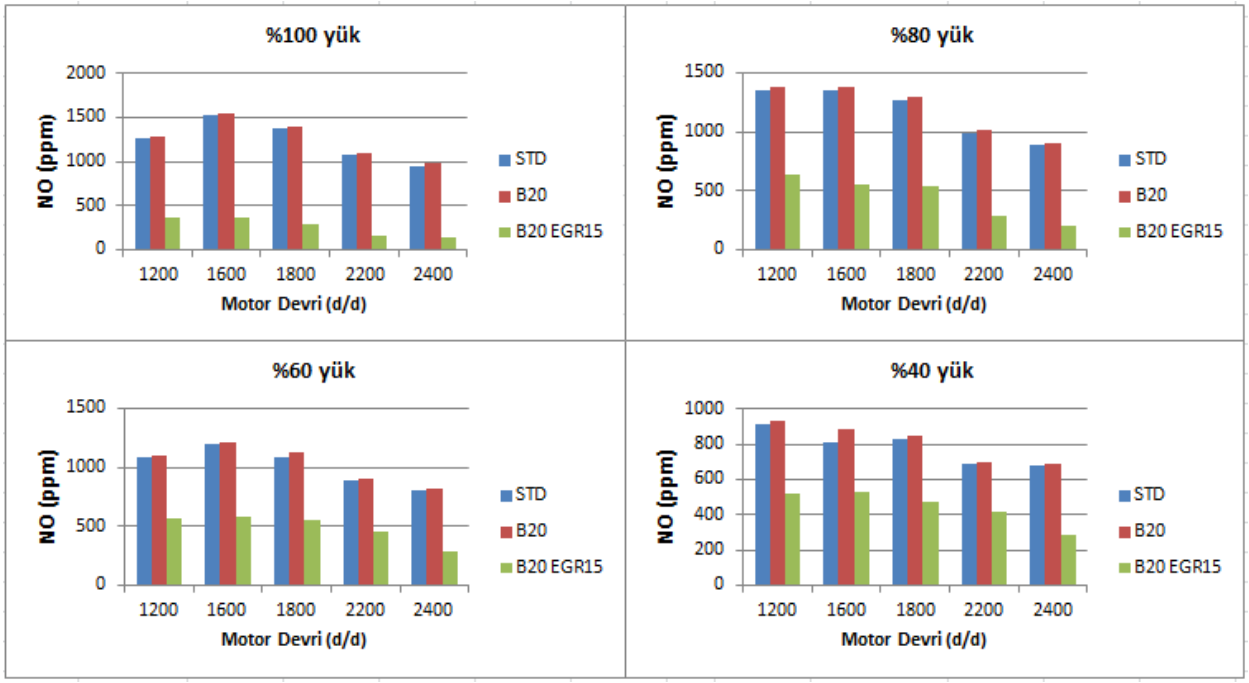
Ölçülen paremetreler	Birim	Ölçüm aralığı	Ölçme aleti	Ölçüm hassasiyeti
Motor Devri	dev/dak	0–9999	Dijital takometre	1 dev/dak
Egzoz sıcaklığı	^{o}C	0–1000	Ni-Cr-Ni	1 ^{o}C
Fren terazi kuvveti	Kg	0–100	Su freni	0,1 Kg
CO emisyonu	%	% 0–15,0	Bosh BAE 060	% ± 0,055
CO_2 emisyonu	%	% 0–20,0	Bosh BAE 060	% 0,5–5
HC emisyonu	ppm	0–20000	Bosh BAE 060	±12 ppm
NO emisyonu	ppm	0–2000	Bosh BAE 060	± 5 ppm
İs emisyonu	%	0–99	Bosh BAE 070	%1

Deneyler üç aşamada gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanırken oluşabilecek karışıklıkların önüne geçmek için her bir aşama numaralandırılmıştır. 1. aşamada, motorun standart verilerini elde etmek ve karşılaştırma yapabilmek için deneyler dizel yakıtla ve EGR uygulanmadan farklı yük ve devirlerde yapılmıştır. 2. aşamada, deneyler B20 yakıtı kullanılarak ve EGR uygulanmadan farklı yük ve devirlerde gerçekleştirilmiştir. 3. aşamada, B20 yakıtı ile çalışan motora %15 EGR uygulayarak aynı şartlarda deneyler tekrarlanmıştır. Sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

3. SONUÇ

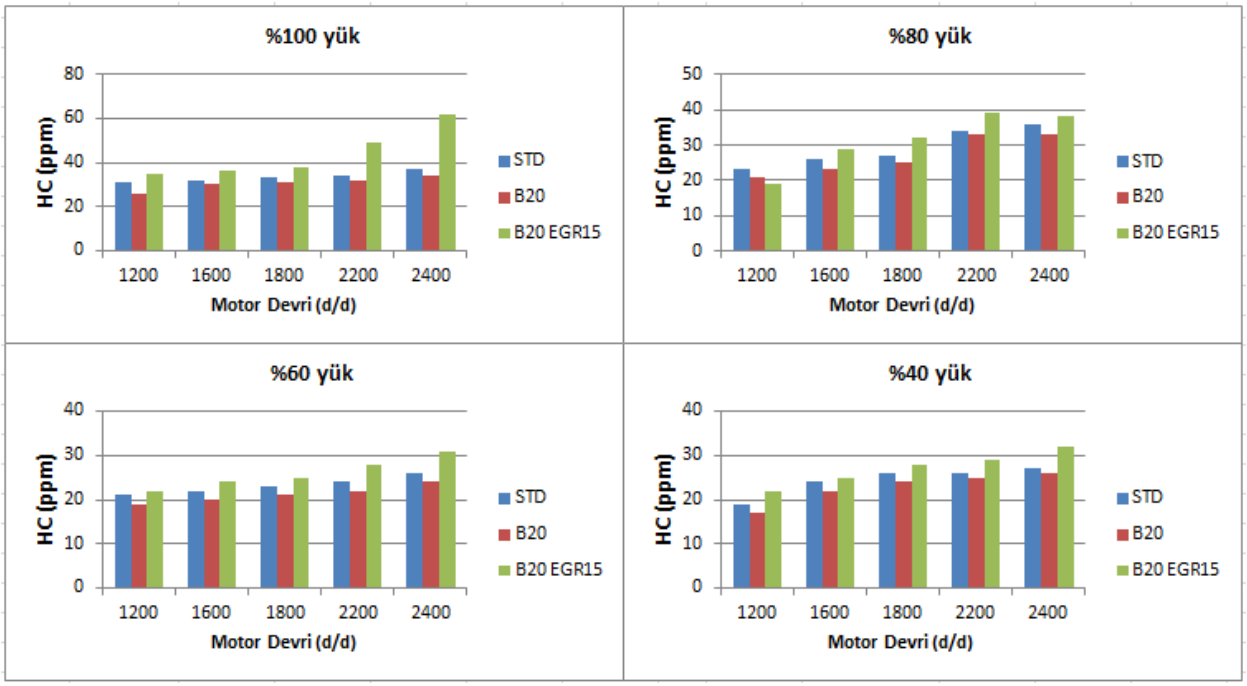
Farklı yük ve devir şartlarında her üç deney koşuluna göre yapılan testlerden elde edilen NO, HC, CO, CO_2 ve is emisyonlarının sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tüm grafikler her bir motor yükü için ayrı ayrı ve motor devrine bağlı olarak snulmuştur. Biyodizel ve EGR'nin emisyon karakteristiklerine nasıl etki ettiği grafiklerde açık bir şekilde belirtilmiştir.

Şekil 1.'e göre NO emisyonun üç farklı deney koşulundaki motor devrine bağlı değişimleri görülmektedir. B20 yakıtı kullanıldığında dizel yakıta göre NO emisyonlarında bir miktar artış gözlenmiştir. NO emisyonlarındaki bu artışın, biyodizelin bünyesinde oksijen barındırması ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir. Oksijenin varlığında yanma verimi artmakta ve NO oluşumu hızlanmaktadır. Diğer yandan biyodizel ile çalışan motora EGR uygulandığında NO emisyonlarında kayda değer bir düşüş görülmektedir. EGR ile silindire geri verilen egzoz gazları yanma odası sıcaklığını düşürmekte ve NO oluşumunu azaltmaktadır. En fazla azalma, EGR'nin daha iyi etki ettiği tam yük koşullarında olmuştur. Maksimum momentin elde edildiği 1600 d/d'da, tam yük koşullarında ve 1. ve 2. deney aşamalarında elde edilen NO miktarları 1500 ppm civarında iken, EGR ile 400 ppm civarına kadar gerilemiştir.



Şekil 1. Motor devrine bağlı olarak NO emisyonlarının değişimleri

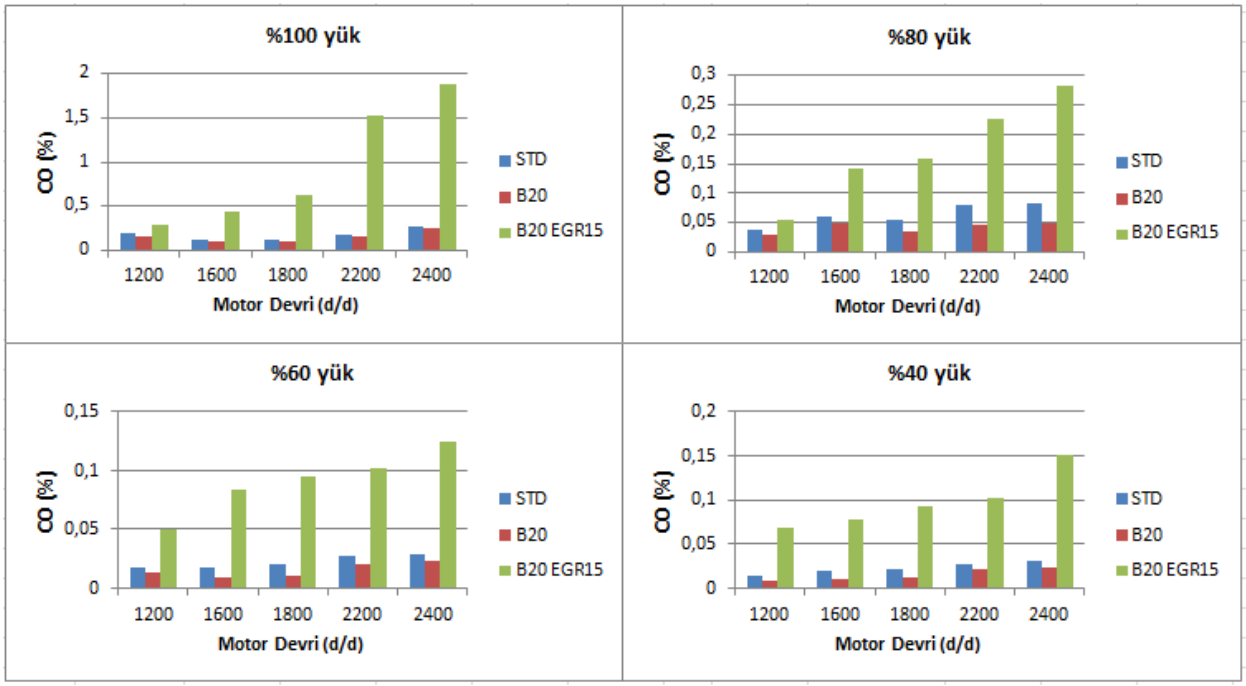
Şekil 2.'de HC emisyonlarının farklı yük ve deney koşullarında motor devrine göre nasıl değiştiği görülmektedir. Biyodizel kullanımı ile dizel motora göre HC emisyonları azalırken, motora EGR verildiğinde diğer deney koşullarına göre HC emisyonları artış göstermiştir. EGR sonucu artışın en fazla olduğu nokta tam yük koşullarında elde edilmiştir. Tam yükte özellikle yüksek devirlere çıkıldığında HC emisyonlarındaki artış miktarı yükselmektedir.



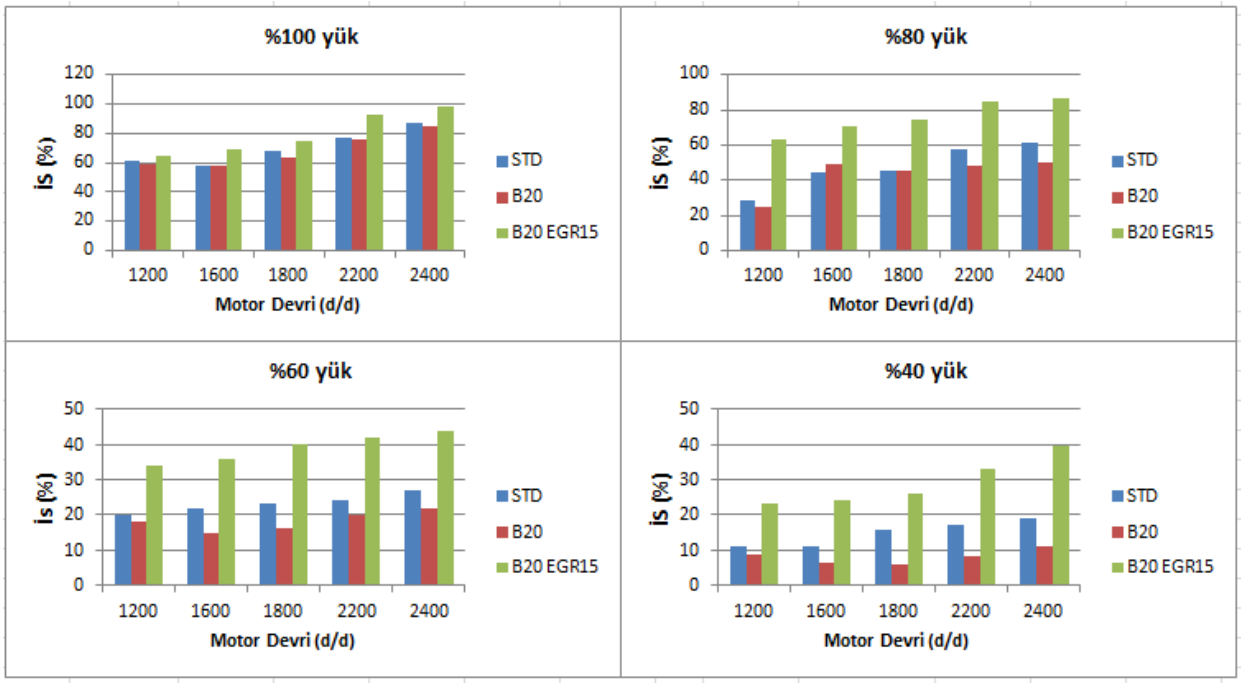
Şekil 2. Motor devrine bağlı olarak HC emisyonlarının değişimleri

Şekil 3.'te CO emisyonlarının dizel, biyodizel ve biyodizel-EGR koşullarında motor devrine bağlı olarak farklı yüklerdeki değişimleri görülmektedir. Dizel ve biyodizel-dizel yakıtları kullanıldığında

CO emisyonlarında yakın değerler elde edilirken, EGR'nin devreye girmesiyle CO emisyonları büyük oranda artmıştır. Artış miktarı, tam ve kısmi yüklerde özellikle yüksek devirlerde daha fazla olmuştur.

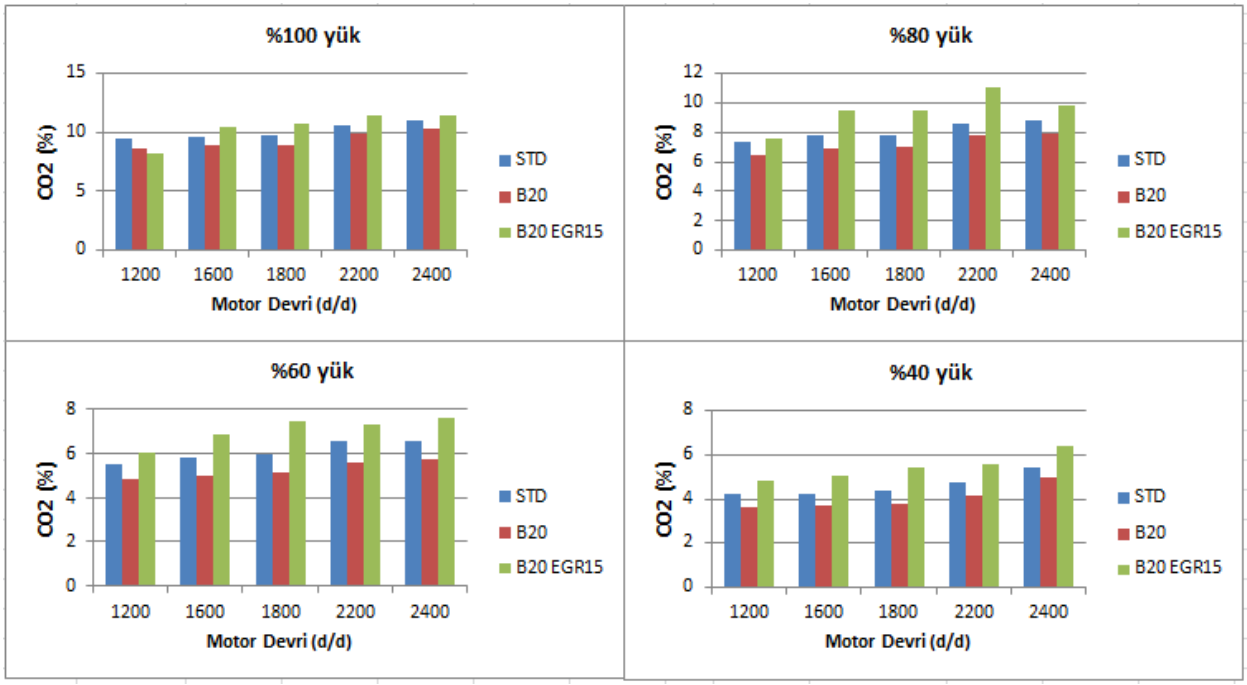


Şekil 3. Motor devrine bağlı olarak CO emisyonlarının değişimleri



Şekil 4. Motor devrine bağlı olarak İs emisyonlarının değişimleri

Şekil 4.'te dizel, biyodizel ve biyodizel-EGR koşullarının is emisyonlarına etkileri görülmektedir. B20 yakıtı kullanıldığında genel olarak is emisyonlarının azaldığı ifade edilebilir. EGR uygulanması ile is emisyonları artış göstermiştir. Tam yük koşulunda is emisyonlarının EGR ile artışı daha az olurken, kısmi yüklerde daha fazla olmaktadır.



Şekil 5. Motor devrine bağlı olarak CO_2 emisyonlarının değişimleri

Şekil 5.'te CO_2 emisyonlarının her üç deney koşuluna göre değişimleri motor devrine bağlı olarak verilmiştir. Buna göre B20 yakıtı kullanıldığında dizel motora göre CO_2 emisyonlarında bir miktar düşüş gözlenmiştir. Motora EGR verildiğinde ise diğer deney durumlarına göre CO_2 emisyonlarında artış meydana gelmiştir.

Yakıt olarak biyodizel kullanılması ile genel olarak HC, CO, CO_2 ve is emisyonları azalmış, NO emisyonları ise artmıştır. Bu duruma, biyodizelin oksijen içeriğinden dolayı yanmayı iyileştirici etkisinin sebep olduğu düşünülmektedir.

EGR'nin uygulanmasıyla HC, CO, CO_2 ve is emisyonlarının arttığı görülmektedir. Bunun sebebinin tam yanmanın sağlanamaması, silindir içerisindeki oksijen miktarının düşmesi ve alev sıcaklığının azalması olduğu düşünülmektedir. Egzoz gazlarının silindire geri verilmesi silindir içerisinde yanma sonucu oluşan maksimum sıcaklığı düşürdüğü için NO emisyonları azalma göstermiştir.

4. TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışma sonucu B20 yakıtı ve EGR'nin motor emisyonlarında meydana getirdiği değişimler her üç deney koşulu için karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. B20 yakıtı kullanıldığında NO emisyonlarında bir miktar artış gözlenirken, motora EGR uygulandığında NO emisyonları büyük oranda azalmıştır. HC, CO, CO_2 ve is emisyonlarının B20 yakıtı kullanıldığında bir miktar azaldıkları tespit edilirken, motora EGR verildiğinde kötüleştikleri gözlenmiştir.

Genel olarak incelendiğinde B20 yakıtının kullanılması ile HC, CO, CO_2 ve is emisyonları azalırken, NO emisyonlarının arttığı saptanmıştır. %15 EGR uygulandığında ise NO emisyonları azalırken, diğer emisyonlar artmıştır. Ancak biyodizel kullanımı ile NO emisyonlarında meydana gelen artış miktarı az olduğundan ve biyodizel diğer emisyonlar açısından olumlu sonuçlar verdiğinden dizel motorlarında biyodizel kullanımı önerilmektedir. Ancak EGR NO emisyonlarında olumlu sonuçlar verirken, HC, CO, CO_2 ve is emisyonlarını artırması istenmeyen bir durumdur. Bunun için EGR'nin diğer emisyonlar açısından olumsuzluklarının giderilmesi için geliştirilmesi gerektiği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ABED, K.A., GAD, M.S., EL MORSİ, A.K., SAYED, M.M., ELYAZEED, S.A. (2019), Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions, *Egyptian Journal of Petroleum, Journal Homepage*: www.sciencedirect.com, 2019.

AYHAN, V., ÖZSERT, İ., ÇAY, Y., ÇOBAN, A., CESUR, İ. (2018), DI bir dizel motorunda optimum buhar püskürtme oranı ve yakıt püskürtme zamanının taguchi metodu ile deneysel olarak belirlenmesi, *Journal of New Results in Engineering and Natural Science*, No:8, syf. 128-136.

CHEN, H., XIE, B., MA, J., CHEN, Y. (2018), NO_x Emission of Biodiesel Compared to Diesel: Higher Or Lower?, Applied Thermal Engineering, 137, syf. 584–593.

HAŞİMOĞLU, C., İÇİNGÜR Y., ÖĞÜT, H. (2002), Dizel motorlarında egzoz gazları resirkülasyonunun (EGR) motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizi, TÜBİTAK, 26, syf. 127-135.

HAŞİMOĞLU, C. (2005), Düşük ısı kayıplı bir dizel motorunda biyodizel kullanımının performans ve emisyon parametrelerine etkisi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

KARABAŞ, H. (2009), Tütün Tohumu Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Sakarya.

KESKİN, A., EKŞİ, K. (2006), Dizel motorlarda mısır yağı biyodizelinin yakıt olarak kullanımının motor performans ve emisyonuna etkisi, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 2.1, syf. 49-55.

NABİ, M.N., RASUL, M.G. (2018), Influence of Second Generation Biodiesel on Engine Performance, Emissions, Energy and Exergy Parameters, Energy Conversion and Management, 169, syf. 326–333.

TAT, M.E. (2003), Investigation of oxides of nitrogen emissions from biodiesel-fueled engine, Ph. D. Iowa State University, 41.

TOK, A. (2010), Egzoz Gazı Resirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN KARAR DESTEK ARACI OLARAK YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Arş. Gör. Dr. Simge ÇANKAYA
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
simge.taner@kocaeli.edu.tr

Prof. Dr. Beyhan PEKEY
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
bpekey@kocaeli.edu.tr

Özet

Atıksu arıtma tesisleri (AAT) giriş atıksuyunda bulunan nütrientleri, metalleri ve organik kirleticileri gidererek temiz çıkış suyu üretmek için tasarlanmaktadır. Bu tesisler, hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme sonucunda meydana gelen su kalitesi krizi nedeniyle kentsel sistemler için temel gereksinimdir. Bununla birlikte, tesis boyutuna ve arıtma seçeneklerine (klasik aktif çamur, yapay sulak alan veya ileri arıtım..vb) bağlı olarak atıksu arıtımı ile ilgili birçok çevre sorunu bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalara göre, küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon ve ötrofikasyon en dikkat çekici etki kategorileri olarak belirlenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) bir ürün, hizmet veya prosesin beşikten kapıya tüm aşamaları ile ilgili etkileri belirleyen bir tekniktir ve atıksu arıtımı alanında ilk defa 1990'lı yıllarda uygulanmıştır. Son yıllarda ise YDD kentsel ve endüstriyel atıksu arıtma sistemlerinin çevresel performanslarını değerlendirmek amacıyla güvenilir bir karar destek aracı olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede, YDD ve AAT ile ilgili çalışmalar analiz edilmiştir. Seçilen YDD çalışmalarının sistem sınırları, fonksiyonel birim seçiminin önemi ve AAT'lerinin önemli çevresel etkileri eleştirel bir şekilde derlenmiştir. Ayrıca, YDD çalışmalarının avantajları ve kısıtları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtma, çevresel etki, yaşam döngüsü değerlendirme

LIFE CYCLE ASSESSMENT AS A DECISION SUPPORT TOOL FOR THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Abstract

Wastewater treatment plants (WWTP) have been designed to produce clean effluent wastewater by removing nutrients, metals and organic pollutants present in influent wastewater. They are essential for municipal systems because of the water quality crisis resulting from rapid population growth, urbanization, and industrialization. However, there are numerous environmental issues related to wastewater treatment based on the plant size and treatment option (such as conventional activated sludge, constructed wetland, or advanced treatment). Global warming potential, acidification, and eutrophication have been determined as the most remarkable impact categories that received more attention according to the literature. Life cycle assessment (LCA) is a technique to determine the impacts associated with all the stages of a product, service or process from cradle-to-grave and it was first applied in the 1990s within the field of wastewater treatment (WWT). Recently, LCA has used for a reliable decision support tool in order to assess environmental performances of urban and industrial wastewater systems. In this review, we have analyzed the studies dealing with LCA and WWT. System boundaries of the selected LCA studies, the importance of the selection of functional unit, and the significant environmental impacts of WWTPs were reviewed critically. Additionally, advantages and limitations of LCA studies were discussed.

Keywords: Environmental impact, Life cycle assessment, Wastewater treatment.

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma tesisleri (AAT) ham atıksuyun alıcı ortamlara deşarjı nedeniyle oluşabilecek çevresel etkilerin azaltılması için tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. (Pasqualino ve ark., 2009). Bununla birlikte, kirletici giderimi ve yeniden kullanılabilir su temini açısından kentsel sistemler için hayati bir öneme sahip iken, tesis faaliyetleri süresince kaynak tüketimi ve emisyon oluşturması nedeniyle dikkat çekmektedirler. Arıtma tesislerinin yapımı ve işletilmesi süreçlerinde önemli miktarda malzeme ve enerji tüketimi, ekonomik ve teknolojik yatırım ihtiyacı duyulmaktadır (Buonocore ve ark., 2018).

Atıksu arıtma prosesi patojenleri, ağır metalleri, organik kirletici çamurun yapısında biriktirme eğiliminde olmakla birlikte, atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurun aynı zamanda nütrient değeri de olduğundan, arıtma çamurunun yönetimi atıksu arıtma tesisleri ile ilgili çevresel konuların başında yer almaktadır (Yoshida ve ark., 2013). Kentsel atıksu arıtma tesisleri ayrıca sera gazlarının (özellikle metan ve nitröz oksit) emisyon kaynakları arasında bulunmaktadır. Direkt sera gazı emisyonlarının belirlenmesi, en temel şekliyle, metan (CH_4) ve nitröz oksit (N_2O) emisyonlarının izlenmesi ile gerçekleştirilmektedir. İki sera gazı da atıksu arıtma tesislerinde farklı ünitelerde ve çevrelerde üretilmektedir (Lorenzo-Toja ve ark. 2016).

Son yıllarda, ürün veya proseslerin çevresel sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında bütünsel analitik bir yaklaşım olan YDD, bir ürünün tüm yaşam ömrü boyunca (beşikten mezara), çevresel boyutlarını ve olası çevresel etkilerini (kaynakların kullanımı ve salınımların çevresel sonuçları gibi) inceleyen bir araç olarak tanımlanmaktadır (ISO, 2006). Atıksu arıtma tesislerinde yaşam döngüsü değerlendirme, direkt ve dolaylı sera gazı emisyonlarının ve asidifikasyon, ötrofikasyon, fotokimyasal oksidasyon, arazi kullanımı gibi çevresel etkilerin izlenmesini kapsamaktadır (Polruang ve ark., 2018). Literatürde YDD çalışmaları uzun yıllardan beri su arıtma sistemleri, kanalizasyon sistemleri ve atıksu arıtma tesisleri için uygulanmaktadır. Son yıllarda ise literatürdeki çalışmalar tıbbi ilaçlar ve kişisel bakım ürünleri, üçüncül arıtma, çamur arıtımı ve bertarafı ve küresel ısınma etkisi konularına odaklanmıştır (Rodriguez-Garcia ve ark., 2011).

Bu çalışmada, literatürde atıksu arıtma tesislerinde yaşam döngüsü değerlendirmesi konusunda gerçekleştirilen çalışmalar derlenmiştir. Gerçekleştirilen YDD çalışmaları sistem sınırları, fonksiyonel birim seçimleri, etki değerlendirme metotları ve sonuçları yorumlamada kullandıkları yöntemlerdeki farklılıklar temel alınarak değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Ayrıca, ilgili alanda gerçekleştirilecek YDD çalışmalarında karşılaşılabilecek kısıtlara ve gelecekte üzerinde durulması beklenen konulara değinilmiştir.

2. LİTERATÜRDE GERÇEKLEŞTİRİLEN YDD ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Literatürde yapılan YDD çalışmaları ISO 14044 standardında belirtilen 4 ayrı aşama için (amaç ve kapsam tanımı, envanter analizi, etki değerlendirme, yorumlama) detaylı olarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

2.1. Amaç ve Kapsam Tanımı

Yaşam döngüsü değerlendirme metodolojisinin ilk adımını oluşturan bu aşama, herhangi bir veri toplama veya sonuç hesaplamayı içermez. Amaç tanımı çalışmanın gerçekleştirilmesinin sebeplerini, çalışma sonuçlarının ulaştırılması istenen hedef kitleyi içerirken; kapsam tanımlamada, sistem sınırları ve fonksiyonel birim gibi temel seçimler gerçekleştirilmektedir (ISO, 2006). Tablo 1'de literatürde gerçekleştirilen bazı çalışmalarda seçilen fonksiyonel birim ve sistem sınırları verilmektedir.

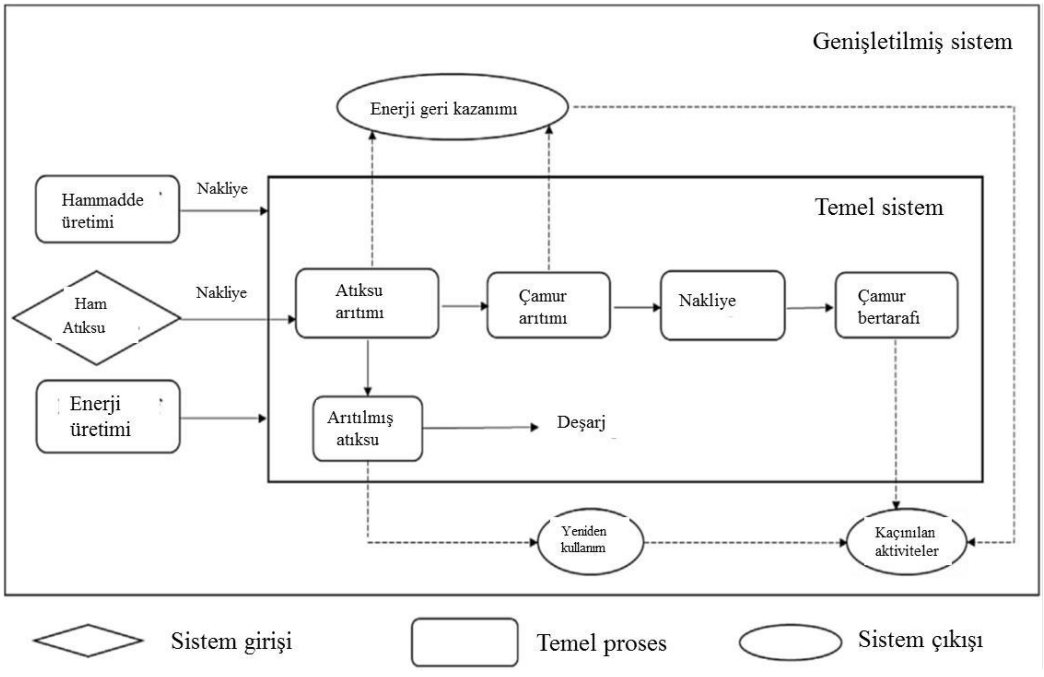
ISO 14044 standardına göre fonksiyonel birim, ürünün tanımlanan fonksiyonlarının (performans özellikleri) sayısını belirtir (ISO, 2006). Aynı standartta, bir fonksiyonel birimin fiziksel miktardan ziyade ürünün fonksiyonu ile ilgili olması gerektiği vurgulanmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, en çok kullanılan fonksiyonel birimin birim hacimde arıtılmış su (m^3) olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, bu birimin atıksu arıtma tesisinin giriş suyu kalitesini veya giderim verimini yansıtmadığından, her zaman temsili olamayacağı belirtilmiştir (Corominas ve ark., 2013).

Bazı çalışmalarda "eşdeğer nüfus" fonksiyonel birim olarak seçilmiştir. Literatürde önerilen diğer bir yaklaşım ise fonksiyonel birim olarak giderilen kirletici miktarının kullanılması gerektiğidir (Rodriguez-Garcia ve ark., 2011).

Tablo 1. Çalışmalarda seçilen fonksiyonel birimler ve kapsam

Referans	**Fonksiyonel birim**	**Sistem sınırları**
Hospido ve ark. 2008	1 eşdeğer nüfus	İşletme
Rodriguez-Garcia ve ark. 2011	1 m^3 atıksu ve giderilen 1 kg PO_4^{-3}	İşletme
Yıldırım ve Topkaya 2012	1 eşdeğer nüfus	İnşaat, işletme
Li ve ark. 2013	20 yıl boyunca 10000 m^3/gün atıksuyun arıtılması	İnşaat, işletme
Niero ve ark. 2014	1 m^3 atıksu	İşletme
Meneses ve ark. 2015	1 m^3 arıtılmış su	İşletme
Piao ve ark. 2016	1 m^3 atıksu	İşletme
Garfi ve ark. 2017	1 m^3 arıtılmış su	İnşaat, işletme
Buonocore ve ark. 2018	1000 m^3 atıksu	İnşaat, işletme
Polruang ve ark. 2018	1 m^3 arıtılmış su	İşletme

Çalışmaların sistem sınırları değerlendirildiğinde, genellikle atıksu arıtma tesislerinin kullanım ömrünü tamamladıktan sonraki süreç olan yıkım aşamasının çevresel etkilerinin, yapım ve işletme faaliyetlerinin etkilerine oranla oldukça düşük olduğu ve ihmal edilebileceği belirtilmiştir (Foley ve ark., 2010). İnşaat ve işletme aşamalarını içeren çalışmalarda ise inşaat aşamasının çevresel etkilerinin işletme aşamasına oranla daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda, inşaat aşamasının çevresel etkilerinin kazı, malzeme toplama, doldurma ve rüzgar erozyonu nedeniyle oluşan tozlardan kaynaklandığı belirtilmiştir (Sabeen ve ark., 2018). Atıksu arıtma tesislerinde gerçekleştirilecek yaşam döngüsü değerlendirme çalışması için örnek sistem sınırları Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Örnek sistem sınırları (Corominas ve ark. 2013'den uyarlanmıştır)

2.2. Envanter Analizi

Bu aşamada, ürünün tüm yaşam döngüsü süreçleri boyunca girdi ve çıktıları tanımlanmakta; enerji ve hammadde akışları, havaya, suya ve toprağa olan emisyonlar ve diğer atıklara ait veriler bir önceki aşamada seçilmiş olan fonksiyonel birim temel alınarak hesaplanmaktadır (Tuna Taygun, 2005).

Veri ulaşılabilirliği ve veri kalitesi bu aşamada karşılaşılan temel problemlerdendir. Envanter için gerekli veriler laboratuvar, pilot çalışmalar veya mevcut tesislerden toplanabileceği gibi ilgili literatür ve/veya YDD veri tabanlarından da (Ecoinvent, USLCI, vb.) derlenebilir. Direct envanter verileri ölçümlerden, detaylı tasarım dokümanlarından, satıcı tarafından sağlanan bilgilerden yararlanılarak derlenmektedir. Dolaylı envanter verileri ise (elektrik üretim sistemleri, beton ve kimyasal üretim prosesleri, vb.) genellikle Ecoinvent, USLCI gibi yaşam döngüsü envanteri veri tabanlarından toplanmaktadır (Corominas ve ark., 2013).

Literatürde, arıtma tesislerinin yaşam döngüsü değerlendirmesinin gerçekleştirildiği çalışmalardan yararlanılarak oluşturulan ve YDD çalışmaları için gerekli olabilecek örnek verilerin listesi Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Atıksu arıtma tesislerinin işletme aşaması için kullanılabilecek örnek veriler

Parametre	**Birim**	**Açıklama**
Biyokatılar:		
Çamur üretimi	ton	Fonksiyonel birim bazında hesaplanan çamur oluşumu
Kaçınılan ürün	kg	Sentetik gübre (DAP: Diamonyum fosfat)
Nakliye (varsa)	tkm	Arıtma tesisinde üretilen çamurun tarımsal alana nakliyesi
Yakıt kullanımı	MJ (dizel)	Çamurun tarımsal alana uygulanması aşamasında yakıt kullanımı
Toprağa verilen emisyonlar	mg	Fe, Al, As, Cd, Cu, Pb, Ni, Zn, Hg, Se, Mo
Kaçınılan emisyonlar	mg	As, Cd, Cu, Pb, Ni, Zn, Hg, Se, Mo
Kimyasal kullanımı:		
Malzeme/Yakıt:	kg	Demir Klorür, Alüminyum sülfat, Kireç, Metanol, Toz polimer, Sodyum hipoklorit, vb.
Nakliye	tkm	Tüm kimyasallar ve atıklar için ayrı ayrı hesaplanmalı.
Çıkış kalitesi:		
Suya verilen emisyonlar	kg/mg	COD, N,P, Fe, Al, As, Cd, Cr, Cu, Pb, N, Zn, Hg, Se, Mo, vb.
Atmosferik emisyonlar		CO_2, CH_4, N_2O, Amonyak, SO_x, NO_x, CO
Toplam sera gazı emisyonları	kg CO_2-eq	Sera gazları (CO_2, CH_4, N_2O)
Arazi kullanımı	m^2.yr	%100 dolu alan (temel proses üniteleri için)
Güç tüketimi (Elektrik)	kWh	Arıtma tesisi ünitelerinin elektrik tüketimleri ayrı ayrı verilmelidir (Izgaralar, giriş suyu pompaları, havalandırma, vb.).

2.3. Etki Değerlendirme

Yaşam döngüsü değerlendirme çalışmalarında gerçekleştirilecek çalışmanın amaç ve kapsamına göre farklı etki kategorilerine ihtiyaç duyulmaktadır ve etki kategorilerinin seçimi en önemli konulardan biridir. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan etki değerlendirme metotları ve etki kategorilerine ait bilgiler Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3'de verilen çalışmalar değerlendirildiğinde, etki değerlendirme metodu olarak genellikle CML metodunun kullanıldığı göze çarpmıştır. Bazı çalışmalarda ise birden çok etki değerlendirme metodu kullanılarak sonuçlar yorumlanmıştır (Renou ve ark., 2008; Rodriguez-Garcia ve ark., 2011). Küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon ve kaynak tükenmesi gibi etki kategorileri için etki değerlendirme metodunun seçimi kritik bir konu olmamakla birlikte (sonuçlar birbirine çok yakın olduğu için); insan toksisitesi ve ötrofikasyon potansiyeli etki kategorilerine ait sonuçlarda önemli çelişkiler olduğu dikkat çekmiştir (Corominas ve ark., 2013).

Tablo 3. Çalışmalarda kullanılan metotlara ve değerlendirilen etki kategorilerine ait bilgiler

Referans	**Metot**	**Etki kategorileri**
Hospido ve ark. 2008	CML	Ötrofikasyon, ozon tükenmesi, küresel ısınma, asidifikasyon, foto-oksidant oluşumu, abiyotik tükenme, insan toksisitesi, ekotoksisite (temiz su, deniz ve karasal)
Rodriguez-Garcia ve ark. 2011	CML, IPCC	Ötrofikasyon ve küresel ısınma
Yıldırım ve Topkaya 2012	CML 2000	Abiyotik tükenme, asidifikasyon, ötrofikasyon, küresel ısınma, ozon tükenmesi, insan toksisitesi, ekotoksisite (temiz su, deniz ve karasal), fotokimyasal oksidasyon
Li ve ark. 2013	CML	Abiyotik kaynak tükenmesi, küresel ısınma, karasal ekotoksisite, fotokimyasal oksidasyon, asidifikasyon, ötrofikasyon
Niero ve ark. 2014	ReCiPe	İklim değişikliği, fosil tüketimi, insan toksisitesi, ekotoksisite, temiz su ötrofikasyonu, deniz ötrofikasyonu
Meneses ve ark. 2015	CML 2000	Asidifikasyon, küresel ısınma, ötrofikasyon, fotokimyasal oksidasyon, abiyotik kaynakların tükenmesi, ozon tükenmesi, karasal ekotoksisite
Piao ve ark. 2016	CML 2001	Asidifikasyon, ötrofikasyon, küresel ısınma, insan toksisitesi
Garfi ve ark. 2017	ReCipe	Metal tükenmesi, fosil tükenmesi, iklim değişikliği, ozon tükenmesi, karasal asidifikasyon, ötrofikasyon (temiz su ve deniz)
Buonocore ve ark. 2018	ReCipe	İklim değişikliği, fosil tüketimi, insan toksisitesi, partikül madde oluşumu, fotokimyasal oksidant oluşumu, karasal asidifikasyon
Polruang ve ark. 2018	CML-IA	Küresel ısınma potansiyeli (100yıl), fotokimyasal oksidasyon, abiyotik tükenme, abiyotik tükenme (fosil yakıtlar), asidifikasyon ve ötrofikasyon

Atıksu arıtma tesisleri ile ilgili karakteristik etki kategorileri temel olarak ötrofikasyon potansiyeli, küresel ısınma potansiyeli, toksisite ile ilişkili etki kategorileri, asidifikasyon potansiyeli, fotokimyasal oksidasyon potansiyeli, ozon tükenmesi, enerji kullanımı, su kullanımı ve arazi kullanımını içermektedir (Zang ve ark., 2015). Rodriguez-Garcia ve ark. (2011) atıksu arıtma tesislerinin işletilmesinin temel amacı organik madde ve nütrient giderimi olsa bile, arıtılmış suyun ortama verilmesiyle oluşan ötrofikasyon potansiyelinin en temel çevresel etki olduğunu belirtmiştir. Ötrofikasyon etkisinin azaltılmasına çözüm olarak nütrient giderim verimini artıran teknolojilerin uygulanabileceği, fakat bu durumun diğer çevresel etkilerde artışa neden olabileceğine dikkat çekilmiştir (Zang ve ark. 2015). Foley ve ark. (2011) yapmış oldukları envanter çalışması sonucunda, azot gideriminde artışa bağlı olarak (özellikle, toplam azotun deşarj standardı 5 mg/L'den az olduğunda) yapı kaynakları, enerji, direkt sera gazı emisyonları ve kimyasal tüketiminin de arttığını tespit etmişlerdir. Fosfor giderimindeki artışın etkileri değerlendirildiğinde ise benzer şekilde yapı kaynakları ve kimyasal kullanımı artarken, işletme enerjisi ve direkt sera gazı emisyonlarının büyük oranda etkilenmediği sonucuna varmışlardır (Foley ve ark., 2010).

Diğer etki kategorilerinin boyutu ise arıtma tesisine göre değişiklik göstermektedir. Üçüncül veya ileri arıtma içeren atıksu arıtma tesislerinin küresel ısınma ve asidifikasyon üzerine önemli etkileri bulunurken, toksisite ile ilişkili etkilerin tüm arıtma tesislerinde mevcut olduğu; buna karşılık, ozon tükenmesi ve fotokimyasal oksidant oluşumu gibi diğer etkilerin ise çoğu durumda ihmal edilebilir düzeyde bulunduğu belirtilmiştir (Rodriguez-Garcia ve ark., 2011).

Küresel ısınma potansiyeli çoğu durumda, atıksu arıtma tesisleri ile en alakalı etki kategorisi olmamakla birlikte, son zamanlarda politik ve sosyal açıdan önemli bir hale geldiği için, araştırılması gereken konular arasında yer almaktadır (Rodriguez-Garcia ve ark., 2011; Zang ve ark., 2015). Atıksu arıtma sistemleri için, sera gazı emisyonları genel olarak direkt ve dolaylı CO_2, CH_4, ve N_2O emisyonlarının toplamından oluşmaktadır. Direkt sera gazı emisyonları ikincil biyolojik arıtmadan (denitrifikasyon) kaynaklanan N_2O emisyonlarını ve anaerobik arıtma ve/veya çamur arıtma

prosesinden kaynaklanan CH_4 emisyonlarını içermektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından arıtma prosesinden (aerobik biyolojik bozunma) kaynaklanan CO_2 emisyonlarının biyojenik olarak dikkate alınması önerilmektedir. Dolaylı sera gazı emisyonları ise atıksu arıtma tesislerinde kullanılan elektrik ve kimyasalların üretiminden; yakıt, kimyasal ve atıkların taşınmasından kaynaklanmaktadır (Zang ve ark., 2015).

Atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi ile ilgili önemli problemlerden biri olan çamur yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalarda, çamurun tarımsal alanlarda kullanılması durumunda, sentetik gübre kullanımından kaçınılacağı ve bu durumun temiz su ekotoksisitesi üzerinde pozitif etki sağlayacağı tespit edilmiştir (Niero ve ark., 2014; Zang ve ark., 2015). Buna karşılık, çamur bertaraf seçeneklerinin değerlendirildiği çalışmalarda karasal ekotoksisite dikkat çekmiştir (ağır metal ve mikro kirleticilerin göze çarptığı durumlarda) (Niero ve ark., 2014).

2.4. Yorumlama

ISO 14040 standardına göre, yorumlama aşaması envanter analizi ve etki değerlendirme aşamasındaki sonuçlara dayanarak önemli konuların belirlenmesi, duyarlılık ve belirsizlik analizlerinin gerçekleştirilmesi, kısıtların ve önerilerin açıklanmasından oluşmaktadır. Dolayısıyla, bu aşamada YDD çalışmasında duyarlılık analizleri gerçekleştirilerek seçilen girdilerin ve/veya metotların çıktılar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi beklenmektedir. Literatürdeki çalışmalar analiz edildiğinde, duyarlılık analizlerinin sınırlı sayıda çalışmada yapıldığı görülmüştür.

Niero ve ark. (2014) çamur ve çıkış suyu kalitesindeki değişikliği açıklamak ve ilgili belirsizliklere değinmek için Monte Carlo simülasyonu ve duyarlılık analizi gerçekleştirmiştir. Etki değerlendirme metodu seçimi ve farklı veri kaynağı kullanımı ile ilgili belirsizlikler tartışılmıştır. Gerçekleştirilen duyarlılık ve belirsizlik analizleri sonucunda, ötrofikasyon ve toksisite ile ilişkili etki kategorileri üzerinde sağlam ve güvenilir yargılara varılamadığı belirtilmiştir. Zang ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilmiş bir derlemede de ötrofikasyonun alana özgü bir etki kategorisi olduğu vurgulanmıştır. Dolayısıyla, bölgesel karakterizasyon faktörlerinin kullanılarak, atıksu arıtma tesislerinin alıcı ortamdaki etkisini belirlemenin önemine dikkat çekilmiştir. Kabul edilmiş bölgesel ölçekte karakterizasyon faktörlerinin kullanılması, gerçekleştirilecek YDD çalışmasının belirsizliğinin azaltılması, doğruluğu ve güvenilirliği için önem taşımaktadır. (Corominas ve ark., 2013).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derlemede, insan aktiviteleri sonucu oluşan atıksu kirliliğinin azaltılması için tasarlanan ve işletilen atıksu arıtma tesislerinin çevresel sürdürülebilirliğinin yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) metodu ile belirlendiği çalışmalar ISO 14040 standardında belirtilen 4 aşama temel alınarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

Değerlendirilen çalışmaların kapsam ve sistem sınırları dikkate alındığında çoğu çalışmada arıtma tesisi işletilmesi aşamasının çevresel etkilerinin değerlendirildiği, düşük etkileri nedeniyle inşaat ve yıkım aşamasının ihmal edildiği gözlenmiştir. Çalışmalarda dikkat çeken diğer bir konu ise fonksiyonel birim seçimindeki çeşitliliktir. İncelenen çalışmalarda fonksiyonel birim seçimi daha çok hacimsel birimler (m^3 cinsinden arıtılan su) üzerine yoğunlaşmakla birlikte, bu konuda literatürde çelişkiler bulunmaktadır. Nitekim, son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, ISO 14040 standardında yer alan fonksiyonel birim tanımına dayanarak, arıtma tesisleri ile ilgili gerçekleştirilecek YDD çalışmalarında fonksiyonel birimin giderilen kirletici miktarı olması gerektiğini savunurken, diğer bir kısmı ise eşdeğer nüfus olması gerektiğini savunmaktadır.

Envanter analizi, YDD çalışmalarının en kritik sürecini oluşturmaktadır. Bu aşamada toplanan veriler ve çeşitli etki değerlendirme metotları kullanılarak, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmaların amaç ve kapsamına göre değişmekle birlikte etki değerlendirme metodu olarak daha çok CML ve ReCiPe metotlarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Atıksu arıtma tesisleri işletilmesine bağlı oluşabilecek olası çevresel etkiler arasında en dikkat çekenin ise ötrofikasyon potansiyeli olduğu göze çarpmaktadır. Fakat, alana özgü olduğu belirtilen ötrofikasyon potansiyelinin doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi ve bu kategorideki

belirsizliklerin azaltılması için, bölgesel karakterizasyon faktörlerinin kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. İnsan toksisitesi ve ekotoksisite gibi toksisite ile ilişkili etki kategorileri, toksisite için karakterizasyon modellerinin geliştirilmesinde son yıllardaki üstün çabalardan dolayı oldukça önem kazanmıştır. Buna ek olarak, arazi kullanımı ve su kullanımı gibi yeni gelişen göstergeler son yıllarda dikkat çekmekte ve YDD çalışmalarında hızla geliştirilmektedir.

İncelenen çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde, CO_2 emisyonlarına ek olarak, atıksu arıtma tesislerinde ikincil biyolojik arıtmadan ve alıcı ortamlardan (çıkış suyu ve çamur kaynaklı) oluşan N_2O emisyonlarının küresel ısınma potansiyeli üzerinde önemli katkıları olabileceğinin gözönünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılmıştır. Metan emisyonları ise enerji geri kazanım potansiyelleri nedeniyle, atıksu arıtma tesisleri ile ilgili gerçekleştirilecek YDD çalışmalarında önemlidir.

Dolayısıyla, gelecekte gerçekleştirilecek YDD çalışmalarında N_2O emisyonlarına ve CH_4 emisyonlarına özel bir önem verilmesi, arıtma tesislerinin en önemli çevresel problemlerinden biri olduğu düşünülen çamur oluşumunun etkilerinin detaylıca irdelenmesi ve uygun bertaraf yöntemlerinin değerlendirilmesi, su ve arazi kullanımı etkilerinin araştırılarak, bu değerlendirmeler temel alınarak çözüm önerilerinin getirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

BUONOCORE, E., MELLINO, S., DE ANGELIS, G., LIU, G., ve ULGIATI, S. (2018),Life cycle assessment indicators of urban wastewater and sewage sludge treatment. *Ecological Indicators*, 94, 13-23.

COROMINAS, L., FOLEY, J., GUEST, J.S., HOSPIDO, A., LARSEN, H.F., ve diğ. (2013). Life cycle assessment applied to wastewater treatment: state of the art. *Water Research*, 47(15), 5480-5492.

FOLEY, J., DE HAAS, D., HARTLEY, K., ve LANT, P. (2010). Comprehensive life cycle inventories of alternative wastewater treatment systems. *Water Research*, 44(5), 1654-1666.

GARFÍ, M., FLORES, L., VE FERRER, I. (2017), Life Cycle Assessment of wastewater treatment systems for small communities: Activated sludge, constructed wetlands and high rate algal ponds. *Journal of Cleaner Production*, 161, 211-219.

HOSPIDO, A., MOREIRA, M.T., ve FEIJOO, G. (2008), A comparison of municipal wastewater treatment plants for big centres of population in Galicia (Spain). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(1), 57.

ISO 2006: Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve Standardı ISO 14040, Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Cenevre, İsviçre.

LI, Y., LUO, X., HUANG, X., WANG, D., ve ZHANG, W. (2013), Life cycle assessment of a municipal wastewater treatment plant: a case study in Suzhou, China. *Journal of Cleaner Production*, 57, 221-227.

LORENZO-TOJA, Y., ALFONSÍN, C., AMORES, M.J., ALDEA, X., MARIN, D., ve diğ (2016). Beyond the conventional life cycle inventory in wastewater treatment plants. *Science of the Total Environment*, 553, 71-82.

MENESES, M., CONCEPCIÓN, H., VRECKO, D., ve VILANOVA, R. (2015), Life cycle assessment as an environmental evaluation tool for control strategies in wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 107, 653-661.

NIERO, M., PIZZOL, M., BRUUN, H.G., ve THOMSEN, M. (2014), Comparative life cycle assessment of wastewater treatment in Denmark including sensitivity and uncertainty analysis. *Journal of Cleaner Production*, 68, 25-35.

PASQUALINO, J. C., MENESES, M., ABELLA, M., ve CASTELLS, F. (2009), LCA as a decision support tool for the environmental improvement of the operation of a municipal wastewater treatment plant. *Environmental Science & Technology*, 43(9), 3300-3307.

PIAO, W., KIM, Y., KIM, H., KIM, M., ve KIM, C. (2016), Life cycle assessment and economic efficiency analysis of integrated management of wastewater treatment plants. *Journal of Cleaner Production*, 113, 325-337.

POLRUANG, S., SIRIVITHAYAPAKORN, S., VE TALANG, R.P.N. (2018), A comparative life cycle assessment of municipal wastewater treatment plants in Thailand under variable power schemes and effluent management programs. *Journal of Cleaner Production*, 172, 635-648.

RENOU, S., THOMAS, J.S., AOUSTIN, E., ve PONS, M. N. (2008), Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA. *Journal of Cleaner Production*, 16(10), 1098-1105.

RODRIGUEZ-GARCIA, G., MOLINOS-SENANTE, M., HOSPIDO, A., HERNÁNDEZ-SANCHO, F., MOREIRA, M.T., ve FEIJOO, G. (2011). Environmental and economic profile of six typologies of wastewater treatment plants. *Water Research*, 45(18), 5997-6010.

SABEEN, A. H., NOOR, Z. Z., NGADI, N., ALMURAISY, S., VE RAHEEM, A. B. (2018), Quantification of environmental impacts of domestic wastewater treatment using life cycle assessment: a review. *Journal of Cleaner Production*, 190, 221-233.

TUNA TAYGUN G., Yapi Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, 0023261.

YILDIRIM, M., ve TOPKAYA, B. (2012), Assessing environmental impacts of wastewater treatment alternatives for small-scale communities. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 40(2), 171-178.

YOSHIDA, H., CHRISTENSEN, T.H., ve SCHEUTZ, C. (2013), Life cycle assessment of sewage sludge management: a review. *Waste Management & Research*, 31(11), 1083-1101.

ZANG, Y., LI, Y., WANG, C., ZHANG, W., VE XIONG, W. (2015), Towards more accurate life cycle assessment of biological wastewater treatment plants: a review. *Journal of Cleaner Production*, 107, 676-692.

ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN BİR OTOMOBİL ÖN TAKIM SALINCAK TAKOZU PARÇASININ MEKANİK VE MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNE BÖLGESEL SOĞUTMA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Emre GÜRÇAY
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
emregurcay9@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
burak.ozturk@bilecik.edu.tr

Prof. Dr. Özkan KÜÇÜK
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
ozkan.kucuk@bilecik.edu.tr

Özet

Alüminyum salıncak takozu ön takım ile tekerlek taşıyıcısını birbirine bağlayan bir üründür. Bu ürünler maksimum gerilmelere maruz kalmaktadır. Özellikle yüksek hızlarda kullanılan araçlarda bu ürünler yüksek oranlarda gerilme miktarlarına maruz kalmaktadır. Bu malzemelerde bağlantı kısmında zamana bağlı yorulma çatlakları ve kırılma gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Seri üretimde bu ürünler alüminyum ekstrüzyon yöntemi ile üretilmektedir. Bu ürünlerde yüksek dinamik yüklere maruz kalan bağlantı kısmının mekanik özelliklerini artırmak için su ile ani soğutma işlemi uygulanmıştır. Böylece sertlik miktarı artırılmak istenmiştir. Bu ürünlerin farklı kalınlık ve genişliklere sahip olan kısımları kesilmiş her bir bölgenin mikro sertlik değerleri ölçülmüştür. Ayrıca hem ekstrüzyon soğuma hızına bağlı hem de bölgesel ani soğutmanın malzeme özellikleri üzerine etkisi karakterize edilmiştir. Ortaya çıkan izotermal dönüşüm sonucunda malzemenin mikro yapısında tane boyutları küçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre malzemenin maksimum gerilme oluşan kısımlarında bu tip bir üretimde ortalama %25 mukavemet arışı gözlemlenmiştir. Üniversite & Sanayi işbirliği kapsamında bir otomobil yedek parçasının malzeme ve mekanik özellikleri bu çalışma sonucunda iyileştirilmiştir.

Anahtar Kelime: Alüminyum Ekstrüzyon, Alüminyum Alaşımları, Mikroyapı, Sertlik

Investigation of the Regional Cooling Effect on the Mechanical and Microstructural Properties of Automobile Swing Block of Front Geometry Part Produced via Aluminum Extrusion Method

Abstract

The aluminum block is a product that connects the front geometry with the wheel carrier. These products are subject to maximum stresses. Particularly in high-speed vehicles, these products are subject to high rates of tensile stress. In these materials, there are problems such as time-related fatigue cracks and fracture in the connection part. In mass production, these products are produced by aluminum extrusion method. These products have been subjected to cooling with air to increase the mechanical properties of the block which is exposed to high dynamic loads. Thus, it was desired to increase the amount of hardness. Microhardness values of each section of these products with different thicknesses and widths were measured. In addition, both the effect of the extrusion cooling rate and the effect of the regional abrupt cooling on the material properties have been characterized.

As a result of the resulting isothermal transformation, the grain boundaries of the material were reduced in the microstructure. According to the obtained results; a maximum of 25% strength in this type of production was increased in the parts of the block. Within the scope of University & Industry cooperation, the material and mechanical properties of an automobile spare part were improved.

Keyword: Aluminum Extrusion, Aluminum Alloys, Microstructure, Hardnes

1. GİRİŞ

Süspansiyon sistemi araçların tekerleklerini gövde parçalarıyla bağlayan elemanların tümüne verilen isimdir. Sistemin en temel görevi yol tutuşu sağlamak ve araç güvenliğini sağlamaktır(Megep,2013). Otomobil salıncağı da süspansiyon sisteminin içerisinde yer alan bir parçadır.

Şekil 1'de otomobillerin süspansiyon sisteminde yer alan salıncak parçası gösterilmiştir.



Şekil 1. Bir aracın salıncak sistemi (url,2015).

Bir taşıtın süspansiyon sistemi tasarlanırken tüm parametrelerinin nasıl sonuçlar doğurduğu iyi bilinmesi gereklidir. Süspansiyonun sisteminin tasarımı yapılırken iki amaç vardır; birincisi araç içindeki yolcuların fiziksel ve ruhsal yapısındaki zedelenmeyi en aza indirecek konforu sağlamak, ikincisi ise taşıtın yolla temas kuvvetinin değişmemesi yani yol hâkimiyetinin iyi olmasıdır (Yelkencioğlu,2009). Bu tasarım yapılırken taşıt elemanlarının mekanik olarak yeterliliği göz önüne alınmalıdır. Tekerlekleri aracın şasisine bağlantısı gerçekleştiren salıncaklar çeşitli zorlanmalara karşı mukavemetli olmak durumundadır(Kutlak, 2014).

Salıncak şaseye burçlar vasıtasıyla araç sürüş ekseninde dönme serbestliği verilerek monte edilmektedir. Otomobillerde bulunan parçalar arasında oldukça önemli olan otomobil salıncağının da kendi içerisinde önemli parçaları bulunmaktadır(Kutlak, 2014). Araba salıncak burcu da bu parçalardan birisidir. Salıncak burçlarının dış çapında bir takoz parçası bulunmaktadır. Bu parça burçların alt tablaya bağlanmasını sağlar ve gelen gerilmelerin bir kısmını absorbe etmektedir.

Bu gerilmeler sonucunda takoz parçaları zamanla yorulma çatlakları ve kırılmalar meydana gelmektedir. Salıncakların bağlantı parçaları olan takozlar genellikle seri üretimde plastik şekil verme yöntemi olan ekstrüzyonla üretilmektedir. Ekstrüzyon, döküm yöntemiyle üretilmiş bir takozun(billet) kovan denen bir alıcı içerisinde kalıbın içerisinden geçmeye zorlandığı bir metal şekillendirme yöntemidir. Ekstrüzyon daha çok hafif metallerin ekonomik olarak üretildiği bir yöntemdir. Ekstrüzyon yöntemi gelişen uçak endüstrisiyle birlikte önem kazanmıştır. Bu yöntem avantajları nedeniyle yapı ve mimari tasarımcıları tarafından da talebi artmıştır. Bu yöntemle beraber ekonomik ve istenen özelliklerde bir ürün elde etmek mümkündür (Demirci ve ark,2009).

Alüminyum-Magnezyum-Silisyum(Al-Mg-Si)alaşımları, alüminyum ekstrüzyon endüstrisinde en çok kullanılan alaşımlardır. Bu alaşımlar AA 6000 serisi olarak sınıflandırılır. Bu serideki alaşımlar iyi ekstrüze edilebilirlik, iyi korozyon dayanım, iyi kaynak edebilirlik ve orta derecede dayanımları yanında düşük maliyetli olmalarıyla tanınırlar. Ekstrüzyonla üretilen ürünlerin % 80'i 6000 serisi alaşımlar, %70'ini de bu serinin AA 6063 alaşımı oluşturmaktadır(Abdulla ve ark, 2000, Şendeniz, 2006).

Malzemeye ekstrüzyon işlemi yapılırken meydana gelen sürtünme kuvveti nedeniyle sıcaklık artışları olur. Sıcaklık artışını malzemenin şekil değişme direnci, takoz sıcaklığı ve boyu, ekstrüzyon hızı, kalıp sıcaklığı gibi parametreler belirler. Bu sıcaklıklardaki artış üründe ürünün yüzey kalitesi düşürür aynı

zamanda iri taneli bir mikro yapı oluşmasına neden olur. Bu sıcaklık artışların kontrol edilmesi için ekstrüzyon parametrelerinin optimize edilmesi ve bunun yanı sıra soğutma, homojenleştirme gibi işlemlere gerek vardır (Demirci ve 2009, Karamış ve ark 2009, Saha, 1986) .Tipik bir AA 6063 alüminyum alaşımında mikro yapısına bakıldığında, alüminyum katı çözeltisi, denge fazı AlFeSi ve iğne şeklinde çok küçük Mg_2Si çökeltilerden oluştuğu görülür. Bu yapıya sahip ürünler, en iyi mekanik özelliklere sahiptir. Bu bahsedilen yapının elde edilmesi ekstrüzyon sonrası ani soğutmaya ihtiyaç vardır. Aksi takdirde büyük partikül boyutuna sahip Mg_2Si çökeltileri oluşacak ve bunun sonucu kötü mekanik özellikler elde edilecektir (Ulucak, 2013).

Bu çalışmada, ekstrüzyon yöntemiyle üretilen AA 6063 alaşımın mekanik özelliklerine soğutmanın etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla farklı kalınlık ve genişliğe sahip olan bir otomobil salıncak takoz parçası ekstrüzyon işlemi sonrasında hava ve su ortamında soğutulmuşlardır. Daha sonra iki farklı şekilde soğutulan ürünlerin farklı kesitlerinden numuneler hazırlanmış ve sertlik testleri yapılmıştır. Sertlik testi yapılan numunelerin mikro yapısı optik mikroskopla incelenmiş ve soğuma hızlarının mekanik özelliklere etkisi incelenmiştir.

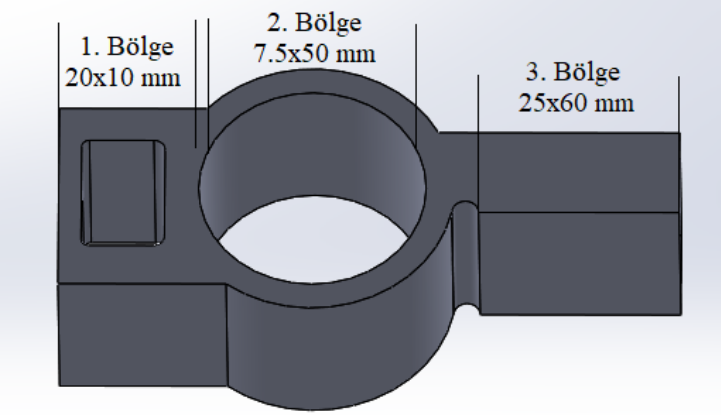
2. MATERYAL VE METOD

Deneysel çalışmalarda, ekstrüzyon sonrası su ve havada soğutulmuş AA 6063 kalite 2 adet takoz parçası kullanılmıştır. AA 6063'ün en önemli alaşım elementleri magnezyum ve silisyumdur. Bu malzemenin kimyasal bileşim % ağırlık olarak Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. AA 6063 Alüminyum Alaşımı kimyasal bileşimi.

AA 6063 Alüminyum Alaşımı kimyasal bileşimi (ağırlıkça%)						
Mg	Si	Fe	Cu	Zn	Cr	Mn
0.45-0.9	0.2-0.6	0.35	0.1	0.1	0.1	0.1

İncelemesi gerçekleştirilen takoz parçası farklı kalınlık ve genişlere sahip olduğu için her iki yöntem içinde üç farklı bölgeden numuneler alınmıştır. Bu parça şekil 2 'de şematik olarak gösterilmiş ve numune alınan bölgeler gösterilmiştir.



Şekil 2. Ekstrüzyon parçasının bölgesel olarak şematik gösterimi.

Numuneler sırasıyla 200,400,600,800,1000,1200 mesh zımparalarla yüzeydeki çizikler yok oluncaya kadar zımparalanmıştır. Bu yüzeyler daha sonra sırasıyla 9 µm, 6 µm 'lik elmas pastalarla ardından 1

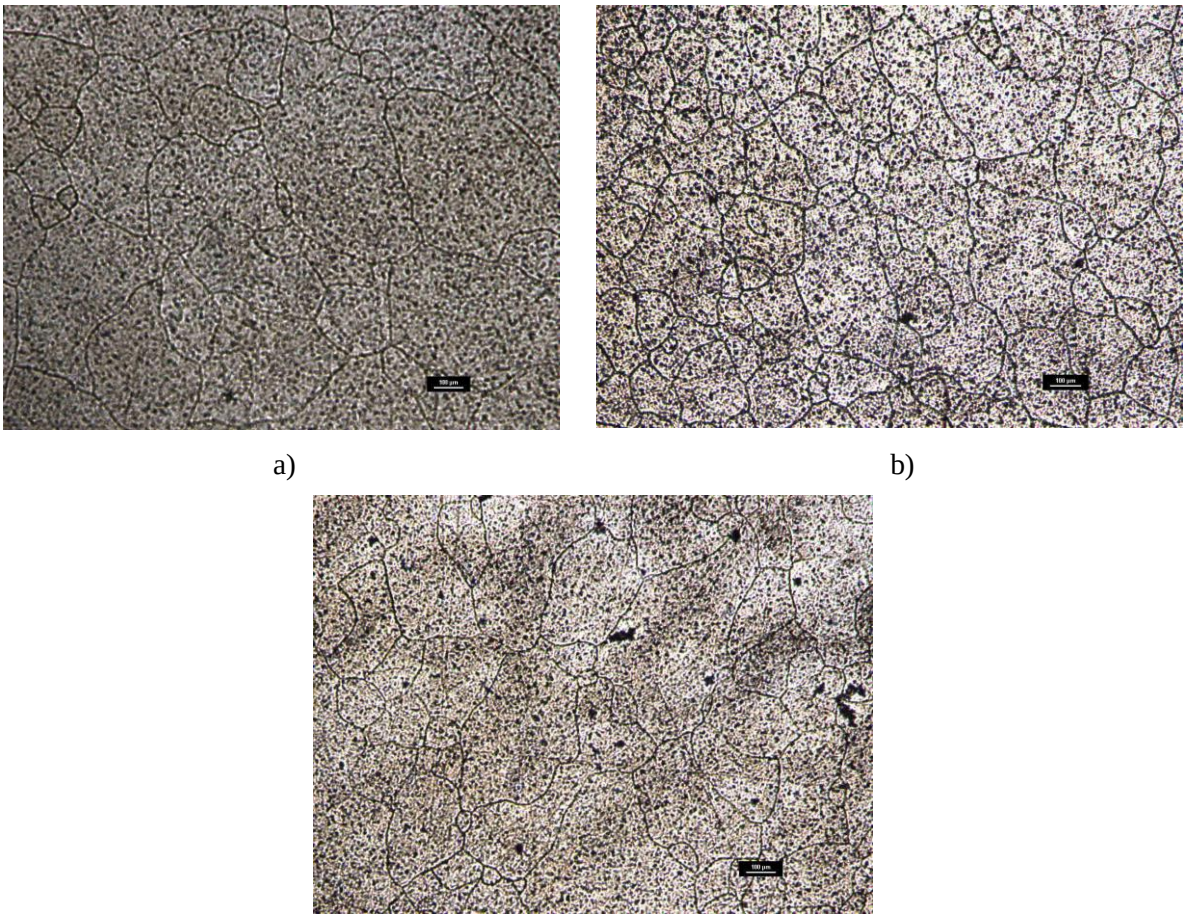
µm 'lik alümina ile parlatılmış ve dağlama işlemi için hazır hale gelmiştir. Bu numuneler 70 ml su içine 30 ml kostik soda(NaOH) eklenerek hazırlanan çözeltinin içerisinde 4'er dakika bekletilerek dağlanmıştır. Böylelikle numuneler mikro yapı incelemeye hazır hale gelmiştir. Farklı bölgelerden alınan numunelerin mikro yapıları Nikon L135 marka optik mikroskopta incelenmiştir. Her bölge için hazırlanan numunelerin tüm parçanın mikro yapısını temsil edecek şekilde farklı büyütmelerde görüntüler alınmıştır. Ayrıca ortalama tane boyutları hesaplanmıştır.

Deneylerde mikro vickers sertlik ölçme uygulaması için Shimadzu HMV-2 model 98mN ve 120N aralığında yük uygulayabilen sertlik ölçme cihazı kullanılmıştır. Mikro sertlik deneyi için HV0.5 (500 gram) yük 10 saniye uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu deney 5'er defa tekrarlanmış ve hepsinin ortalama alınmıştır.

3. SONUÇLAR

Çalışmada AA 6063 kalite alüminyum alaşımı ekstrüzyonla üretilmiş, hava ve su ortamlarında soğutulmuşlardır. İlk olarak havada soğutulan parçadan alınan numunelerin mikro yapıları ele alınmıştır. Bu numunelerin mikro yapı görüntüleri şekil 3a,b,c'de gösterilmiştir. Mikro yapı görüntüleri incelendiğinde farklı tane boyutları görülmektedir. Buna soğuma hızı farkları yol açmaktadır. Numunelerin her biri farklı kesitlere sahip olduklarından soğuma hızları farklıdır. Tablo 2'de görüldüğü gibi en büyük tane boyutuna sahip numune 3. bölgeden alınmıştır.

Bu bölge takoz parçasının kesit alanı en fazla olan bölgesidir. Bu nedenle soğuma hızı en yavaş bu bölgede olur, buda çekirdekleşmenin yavaş gerçekleşmesine yol açar ve büyük tane boyutu elde edilir (Dışpınar, 2016).



a) b)

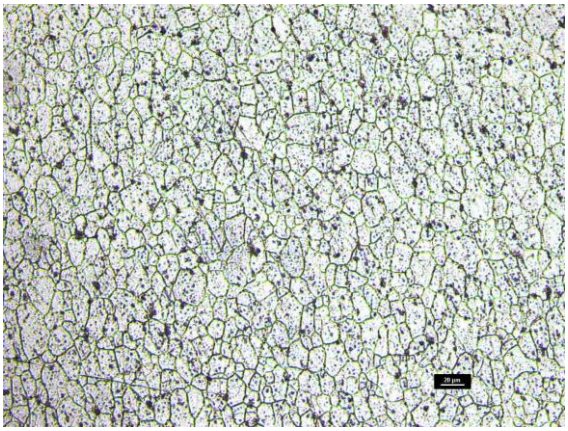
c)

Şekil 3. Ekstrüzyon sonrası havada soğutulan numunelerin, a) 1. bölgeden, b) 2. bölgeden, c)3. bölgeden alınan mikro yapı görüntüleri.

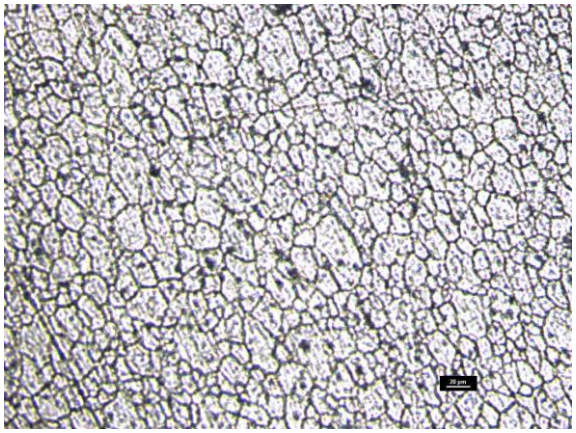
Tablo 2. Ekstrüzyon sonrası havada soğutulan numunelerin 1. bölgedeki, 2. bölgedeki, 3. bölgedeki ortalama tane boyutu.

Numune Alınan Bölge	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Ortalama Tane Boyutu	155 µm	144 µm	159 µm

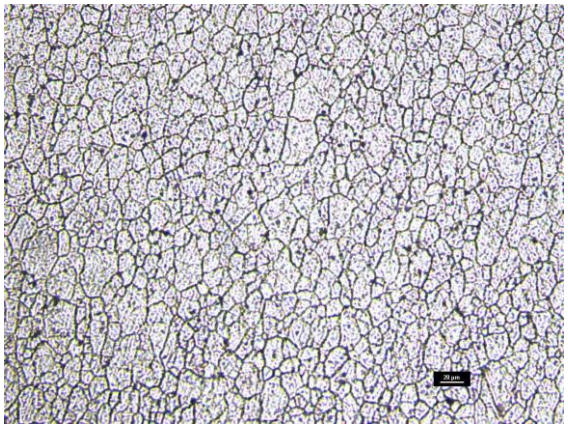
İkinci olarak ekstrüzyon sonrası su ile soğutulan parçadan alınan numunelerin mikro yapıları ele alınmıştır. Bu numunelerin mikro yapı görüntüleri şekil 4a,b,c'de gösterilmiştir. Mikro yapı görüntüleri incelendiğinde ortalama tane boyutunun havada soğutulan numunelere göre yaklaşık 7 kat daha çok küçülmüştür. Bunun nedeni su ortamında soğutmadır, çekirdekleşme hızı havada soğutulana göre çok daha fazladır. Ayrıca tablo 3'de görüldüğü gibi farklı kesit alanına sahip bölgeler arasında da tane boyut farkı söz konusudur.



a)



b)



c

Şekil 4. Ekstrüzyon sonrası havada soğutulan numunelerin, a) 1. bölgeden, b) 2. bölgeden, c)3. bölgeden alınan mikro yapı görüntüleri.

Tablo 3. Ekstrüzyon sonrası havada soğutulan numunelerin 1. bölgedeki, 2. bölgedeki, 3. bölgedeki ortalama tane boyutu.

Numune Alınan Bölge	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Ortalama Tane Boyutu	22 µm	18 µm	24 µm

Tablo 4'de ekstrüzyon işlemi sonrasında hava ve su ortamlarında soğutulan aynı zamanda farkı kesitlere sahip numunelerin mikro sertlik ölçüm sonuçları verilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde tane boyutu ve sertlik arasında bir ilişki söz konusudur. Hızlı soğumanın gerçekleşmesiyle ince taneler elde edilmiş ve yüksek sertlik değerleri ölçülmüştür. Bunun nedeni daha küçük çökeltilerin oluşması veya daha fazla magnezyum ve silisyum atomu katı eriyik oluşturmasıdır(Türkmen ve ark, 2015). Elde edilen sonuçlar Türkmen, Akdemir, Taşpınar, Yıldız, Gündüz'ün yaptıkları çalışmayla benzerlik göstermektedir.

AA 6063 alaşımının ekstrüzyon sonrasında hızlı soğutulmasıyla sertlik değerleri ortalama %25 arttığı görülmüştür. Bunun sonucunda mekanik özelliklerin farklı soğuma hızlarından etkilendiği söylenebilir.

Tablo 4. Ekstrüzyon sonrası hava ve su ortamında soğutulan numunelerin, mikro vickers sertlik deneyi sonucunda elde edilen değerler HV0.5

Ölçüm yapılan numune	Mikro sertlik ölçüm sonuçları HV0.5 (500gr)
1. Bölge havada soğutma	80 HV
1. Bölge suda soğutma	95 HV
2. Bölge havada soğutma	82 HV
2. Bölge suda soğutma	99 HV
3. Bölge havada soğutma	76 HV
3. Bölge suda soğutma	90.5 HV

4. TARTIŞMA

AA 6063 alüminyum alaşımının ekstrüzyon sonrası soğutma ortamının ve bölgesel soğumanın etkisinin elde edilen bulgulardan şu sonuçlar çıkarılabilir.

1.AA 6063 alüminyum alaşımından üretilen bir takoz parçasının farklı bölgelerinde sertlik değerleri ölçüldüğünde bölgesel olarak değerlerin değiştiği saptanmıştır. Bunun nedeni bu parçanın farklı kalınlık ve genişliklerde olmasıdır. Bu durum kesit alanı az olan bölgelerde hızlı soğumanın, kesit alanı fazla olan bölgelerde yavaş soğumanın gerçekleşmesinden kaynaklanır.

2.AA 6063 alüminyum alaşımının ekstrüzyon sonrası suda soğutma yapıldığında sertlik değerlerinde artış saptanmıştır. Bu durum hızlı soğutmayla beraber ikincil faz (Mg_2Si gibi) partiküllerinin inceldiğinin göstergesidir.

3. AA 6063 alüminyum alaşımının ekstrüzyon sonrası havada soğutma yapıldığında ortalama tane boyutunun arttığı saptanmıştır. Bu durum yavaş soğumayla birlikte çekirdekleşmenin azaldığının bir göstergesidir.

KAYNAKLAR

Abdulla, H., Siddiqui R. (2000), Influence of aging Parametres on the Mechanical Properties of 6063 Aluminium Alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, 102, 234-240.

Demirci A. Aydın H. Şendeniz, M. (2009), Ekstrüzyon Öncesi Ve Sonrası Uygulanan Isıl İşlemlerin AA 6063 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi, U*ludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*,14(2), 80-92.

Dışpınar D., Uludağ M., Gemi L., (2016), A356 Alaşımında Katılaşma Hızı ve Sıvı Durumda Bekletme süresinin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi, *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*,1752-1758.

Karamış B. Halıcı İ., (2004) The Effect Of Homogenization And Recrystallization Heat Treatments On Low-Grade Deformation Properties Of AA 6063 Aluminium Alloy, *Materials Letters*,200, 944-948

Kutlak H. (2014), İ. Ticari Araç Sac Salıncak Düzeninin Sonlu Elemanlar Metodu İle Analizi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2, 235–250.

Saha P. K.(1986), *Aluminium Extrusion Technology*, McGraw-Hill Inc.

Megep. (2013), Süspansiyon Sistemleri, *Motorlu Araç Teknoloji*, 10-20.

Şendeniz M. (2006), Seçilen Bir Al-Mg-Si Alaşımının (AlMgSi0.5: ETİAL 60) Isıl İşlemlerle Özellik Değişimlerinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.*

Türkmen M., Yıldız, M., Akdemir O., Gündüz S., Taşdemir, Y., (2015), Al-Mg-Si Alaşımının Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklerine Soğuma Hızının Etkisi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 21(1), 11-14.

Ulucak T. (2013), AA 6063 Alüminyum Ekstrüzyon Alaşımın Metalurjisi, *Alüminyum Yapı Dergisi*, 67(1), 90-103.

url 1,(2015), *Ön salıncak nedir?*,04 Nisan 2019 tarihinde:

http://otodetay.net/yazılar/araba-salıncağı-nedir-araç-alt-salıncak-ne-işe-yarar-otomobil-ön-takım-salıncağı adresinden alındı.

Yelkencioğlu E.(2009),Düzlemsel Beş Kollu Süspansiyon Sisteminde Kamber Açısının Kontrol Edilmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.*

CEP TELEFONU KULLANICILARININ GSM OPERATÖRÜ TERCİHİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI: KÜTAHYA İLİ ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Bayram Topal
Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü
btopal@sakarya.edu.tr

Öğr. Gör. Dr. Hasan Şahin
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü
hasan.sahin@dpu.edu.tr

Özet

Teknolojinin hızla gelişimi ve küreselleşen pazar koşulları rekabetin daha da artması ile işletmeler yeni pazarlama stratejileri geliştirerek müşteriyi merkezli bir anlayışla müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkararak müşteri sadakati oluşturmayı amaçlamaktadır. Günümüzde teknoloji; özel olarak bilişim teknolojileri hızlı bir şekilde gelişmekte ve bunun bir doğal sonucu olarak hayatı daha fazla etkisi altına almaktadır. Özellikle taşınabilir cihazlar; başta cep ve akıllı cep telefonu olmak üzere dizüstü bilgisayarlar, tablet PC'ler, gibi mobil cihazlar, yaşamımızın vazgeçilmez bir parçası olmaya başlamıştır. Mobil cihazların yaygınlaşması Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de GSM sektörünün hızla gelişmesine yol açmıştır. Türkiye'de GSM sektöründe faaliyet gösteren üç operatör bulunmaktadır. Türkiye'de 2008 yılı başında 62,9 milyon olan mobil telefon abone sayısı, 2018 yılı eylül ayında 80,6 milyona ulaşmıştır. Böylece 10 yıl içerisinde abone sayısında %28'lik bir artış kaydedilmiştir. 2018 Eylül ayı itibarıyla GSM operatörlerinin abone yüzdeleri Turkcell için %43,3, Vodafone için 30,9 ve TT Mobil için %25,8 olarak gerçekleşmiştir.

Bu çalışmanın amacı Kütahya ilinde cep telefonu kullanıcılarının GSM operatörü tercihine etki eden faktörlerin belirlenmesidir. Bu amaçla 260 cep telefonu kullanıcısına anket uygulanmış ve hizmet kalitesi, fiyat, reklam, kapsama alanı, akraba ve yakın çevre faktörleri gibi faktörlerin GSM operatörü tercihindeki etkileri araştırılmıştır. Ankete katılanların %44,2'si kadın, %55,8'i erkek olup, üç mobil işletmesi içinde Türk Telekom %26,9, Turkcell %33,8 ve Vodafone %39,2 seviyesinden katılım sağlanmıştır. Anket çalışmasının iç tutarlılığı için Cronbach alfa katsayısı 0,957 olarak bulunmuş olup güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Müşteri Memnuniyeti, GSM, Hizmet Kalitesi

INVESTIGATION OF THE FACTORS AFFECTING THE CHOICE OF MOBILE OPERATOR IN THE MOBILE PHONE USERS: THE CASE OF KÜTAHYA

Abstract

Rapid development of technology and the globalized market conditions further increase the competitiveness of businesses aims to build customer loyalty by removing the highest level of customer satisfaction based on an understanding of the customer by developing new marketing strategies. Nowadays technology; in particular, information technologies are developing rapidly and have a greater impact on life as a natural consequence of it. Especially portable devices; mobile devices such as laptops, tablet PCs, especially mobile and smart phones have become an indispensable part of our lives. The spread of mobile devices in Turkey as well as in the world has led to the rapid development of the GSM sector. There are three GSM operators in Turkey operating in the sector. Number of mobile phone subscribers in Turkey with 62.9 million at the beginning of 2008, in September 2018 reached 80.6 million. Thus, the number of subscribers increased by 28% in 10 years. As of September 2018, subscriber percentage of GSM operators was 43.3% for Turkcell, 30.9% for Vodafone and 25.8% for TT Mobil.

The aim of this study is to determine the factors affecting the mobile phone users' preference of GSM operators in Kütahya province. For this purpose, 260 mobile phone users were surveyed and the effects of factors such as service quality, price, advertisement, coverage, relatives and near environment factors on GSM operator preference were investigated. 44.2% of the respondents were women, 55.8% were male, 26.9% of Turk Telekom in three mobile company Turkcell and Vodafone 33.8% the level of participation was 39.2%. The Cronbach alpha coefficient was found to be 0.957 for the internal consistency of the questionnaire and its reliability was found to be quite high.

Keywords: Customer Satisfaction, GSM, Service Quality

1. GİRİŞ

Teknolojide yaşanan gelişmeler küresel ekonomik pazarda rekabetin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ürünler arasındaki fark azalmakta, teknolojinin gelişme hızı ile ürün yaşam süresi kısalmakta, müşteri istek ve beklentileri de aynı şekilde artmaktadır. Bu gelişmeler geçmişte yeni müşteriler kazanarak pazar payını artıran işletmeleri mevcut müşterilerini korumaya yöneltmiştir (Bektaş ve Aydın, 2018). Teknoloji, insanın "çıplak doğa" ya bir katkısı olarak tanımlanabilir. Fiziksel bir mekânda yer tutan nesneler üretilmekte; eşya, eşyayı yapan makineler üretilmektedir. İnsanın içi genişlemekte, bedeni teknolojik araç gereçle donanmaktadır. Görülemez uzaklar görülmekte, gidilemez yerlere gidilmekte, işitilemez sesler duyulmakta ve erişilebilirliği artmaktadır (İnam, 1993).

Özellikle 1980'li yıllardan sonra teknolojik gelişmeler ve küreselleşme pek çok ekonomik faaliyeti derinden etkilemiş, müşterilerin istek ve ihtiyaçlarının artmasına, ürün ve hizmetlerle ilgili beklentilerinin yükselmesine yol açmıştır. Bu beklentilere ve dünya ekonomisinde meydana gelen değişim ve gelişimlere paralel olarak tüketicilere sunulan hizmetler daha da modern hale gelmiştir. Günümüzde pazarlama stratejileri artık müşteri odaklı, müşteri merkezli ve nihai hedef olarak sonsuz müşteri memnuniyetini ve müşteri sadakatini oluşturmayı hedeflemektedir. Modernleşme sayesinde şehirleşme oranında artış, toplumların gelir ve refah düzeylerinde yükselme, geleneksel pazarlamanın formatı da değişmiş, yeni pazarlama türleri ve alanları ortaya çıkmıştır. Geleneksel ya da modern tüm pazarlama faaliyetlerinde artık ana hedef memnun müşteriler oluşturmak, pazar oranlarını ve satış kârlılıklarını arttırmak, tüketicilerin ürün ve hizmetlerde beklentilerini karşılamak hatta daha ötesine geçebilmektir (Durmaz ve Şerbetçi, 2016). "Memnun olmak" tüketicilerin satın alma öncesindeki beklentisi ile satın alma sonrası bu beklentinin karşılanması düzeyi arasındaki farka göre ortaya çıkan bir değer yargısı olarak açıklanabilir. Bu sayede kâr artışı ve işletme performansının artması gibi birçok avantaj elde edilebilir. Sonuç olarak memnuniyetin artması müşterinin marka ile ilişki kurma ve sürdürme isteğini de arttırmaktadır. Başka bir deyişle müşteri memnuniyetinin artması müşterilerin işletmeye ve markaya olan bağlılıklarını, yeniden satın alma davranışlarını ve sadakatlerini etkilemektedir (Akın, 2017).

Cep telefonu pazarı ülke ekonomileri için oldukça önemli bir seviyeye ulaşmış olmakla beraber gelişimini hızla sürdürmektedir. 2017 yılında cep telefonu kullanıcı sayısının 5,135 milyar kişiye ulaşmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye'de akıllı telefon kullanıcı sayısının 2017 yılında 41,06 milyon kişi, 2018 yılında ise 46,52 milyon kişi olacağı öngörülmektedir. Bu pazardaki hızlı değişimlere paralel olarak markaların pazar payları da sürekli değişmektedir. Özellikle Türkiye gibi gelişen teknolojiyi yakından takip eden tüketicilerin olduğu ekonomilerde, bu değişim ve gelişim çok daha hızlı olmaktadır. Türkiye pazarına 1999-2005 döneminde 50 milyonun üzerinde cep telefonu giriş yaparken; 2016 yılı için bu sayının 12,5 milyon olduğu ifade edilmektedir (Bektaş ve Aydın, 2018). Bu pazarda sunulan yeni teknolojiler ile tüketici talebinin hız kesmeden devam etmesi, pazarın büyüme potansiyeli ve markaların pazar payı değişimleri dikkate alındığında; firmaların pazarlama ve satış politikaları açısından müşteri bağlılığı kavramı ön plana çıkmaktadır. Ayrıca cep telefonu pazarındaki tüketicilerin önemli bir kısmını Y kuşağı ya da dijital kuşak olarak adlandırılan kitlenin oluşturduğu düşünüldüğünde; müşteri bağlılığı ölçümünün yapılmasının ve firma politikalarında kullanılmasının ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır (Bektaş ve Aydın, 2018).
Cep telefonları hayatımızda hem gerçek hem de hayali acil durumlara tepki verme yeteneğimizde gerçekten bir devrim yapmıştır. İnsanoğluna sosyal statü kazandırmıştır. İş bulmasına yardımcı olmanın yanında dinlemek istediği her müzik parçasını kolaylıkla kaydedebilme ve içlerinden en çok

sevdiğini istediği yerde ve zamanda dinleme olanağı sunmuştur. Cep telefonları artık insanoğlunun yapmak istediği herhangi bir şeye ulaşabilmesini sağlayan vazgeçilmez birer araç haline gelmiştir. Hisse senetlerini takip etmek, en sevdiği fotoğrafları paylaşmak, spor müsabakalarının sonuçlarını indirmek ve küresel köyün dört bir köşesine metin, görüntü, video ve sesli mesaj göndermek artık oldukça kolay hale gelmiştir. Başarılı olabilmek için artık 7/24 erişilebilir olmak oldukça önemlidir. Ve bu mucizevi elektronik cihaz ile insanlar daha bağlantılı, daha verimli, daha eğlenceli ve kendini daha iyi hissetmesini sağlamaktadır. Bu telefonların en son modelleri bugüne değin hiç olmadığı kadar hızlı bir şekilde insanoğlunu birbirine yaklaştırmaya başlamıştır (Erkovan, 2015).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde akıllı telefonların öneminin artması son dönemlerde birçok araştırmanın da konusu olmuş ve bu konuda yapılan araştırmaların sayısı artmıştır. Hızla değişen cep telefonu pazarında yeni nesil akıllı telefon üreticileri, toplumsal baskının da etkisiyle tüketicileri bu yeni teknolojiyi satın almaya ve kullanmaya teşvik etmektedir. Teknolojinin hızla gelişmesi ve küreselleşmeyle birlikte yeni pazarlama stratejileri müşteriyi merkez olarak alan sonsuz müşteri memnuniyetini hedefleyerek müşteri sadakati oluşturmayı amaçlamaktadır. Akın (2017), cep telefonu sektöründe genç tüketicilerin markaya yönelik memnuniyetlerinin marka sadakatlerine etkisinin olup olmadığının araştırmıştır. Atmaca ve Keskin (2014), Türkiye'de GSM operatörlerini kullanan kişilerin müşteri memnuniyetleri ile ilgili bir saha araştırması yapmıştır. Ogba ve Tan (2009), Çin cep telefonu pazarında marka imajının müşteri bağlılığını nasıl etkilediğini incelemiştir. Aydın (2004), ülkemizde cep telefonu kullanımları ile GSM operatörlerine karşı tutum ve tercihlerini araştırmışlardır. Ayrıca ankete katılanların seçilmiş demografik özellikleri ile telefon ücretlerini ödeme biçimleri, telefon giderleri, telefon kullanmaya başlama nedenleri ve dönemleri ile tercih nedenleri arasında ilişki olup olmadığını belirlemeye çalışmışlardır.

Barutçu (2007), müşteri bağlılığının önemi, müşteri bağlılığını etkileyen faktörler ve GSM (Global System for Mobile Communications-Mobil İletişim için Küresel Sistem) operatörlerine bağlılığı etkileyen faktörlerin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırma sonuçlarını açıklamıştır. Çalıpınar ve Soysal (2010), iletişim sektöründe faaliyette bulunan bir GSM operatörüne kalite fonksiyon yayılımı yöntemini uygulamıştır. Değerli ve ark., (2015), mobil işletim sistemlerinin (iOS ve Android) birtakım özelliklerinin, kullanıcılar açısından memnuniyeti sağlamada ne derece etkili olduğunu araştırmışlardır.

Doğan ve ark., (2015), Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerine akıllı telefon kullanımı hakkında yapılan anketten elde ettikleri verileri SPSS programı ile çözümleyerek tutarlılığını tespit etmişlerdir. En çok kullanılan iki akıllı telefon markasını oyuncular olarak kabul etmiş ve bu telefonların özelliklerini anket sonuçlarına göre oyun teorisi yaklaşımı ile karşılaştırmışlardır. Durmaz ve Şerbetçi (2016), tüketici davranışları ve bu davranışları etkileyen faktörleri inceleyerek tüketicilerin cep telefonu tercihlerinde etken olan faktörlerin neler olduğunu ve etki derecelerini belirlemişlerdir. Nasır (2003), GSM operatörü seçiminde kullanıcıların önem verdikleri kriterleri ve kullanılan GSM operatörlerinden memnuniyet düzeylerini belirlemiştir. Özer ve Aydın (2004), GSM sektöründe değiştirme maliyetinin farklı alt boyutlarının dâhil edildiği bir model geliştirerek güvenirliğini ve geçerliğini test etmiştir. Ayrıca müşteri sadakati, memnuniyeti, değiştirme maliyeti ve alt boyutları ile güven arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Doğru ve Koçer (2016), GSM operatörü kullanıcılarının markalarına olan sadakat eğilimlerini saptayarak, marka sadakatini etkileyen faktörlerin uygulamada geçerliliğini ölçümlemiştir. Dündar ve Fatih (2008), analitik hiyerarşi süreci yöntemiyle üniversite öğrencilerinin cep telefonu hattı satın alımında GSM operatörlerinin (Turkcell, Vodafone, Avea) tercih edilme sıralamasını belirlemiştir. Erkovan (2015), farklı yaş, cinsiyet, meslek grubu ve gelir düzeyine sahip akıllı cep telefonu kullanıcısının bu ürünleri kullanım alışkanlıklarını, kullanımlar ve doyumlar yaklaşımını temel alarak Üsküdar örneği özelinde incelemiştir. Ekren ve Kesim (2016), mobil teknolojilerdeki teknik sınırlılıkların mobil öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesine olan etkisini tartışmış, mobil öğrenmeyi desteklediği öngörülen mobil teknolojileri inceleyerek sağlıklı bir mobil öğrenmenin gerçekleşebilmesi için gerekli teknolojileri ve bu teknolojilerdeki gelişmelerin mobil öğrenmeye sağlayabileceği katkıları değerlendirmiştir.

Fettahlıoğlu (2015), Kahramanmaraş ilinde bulunan tüketicilerin akıllı telefonlara ilişkin marka kişiliği algılamaları ve bu algılamanın marka sadakatine etkisini ele almıştır. Geyik (2015), internet servis sağlayıcıları sektöründe müşterilerin genel eğilimlerini ve müşterilerin satın alma tercihlerinin altında yatan faktörleri belirlemiştir. Gülmez (2005), üniversite öğrencilerinin cep telefonu kullanma ve satın alma davranışlarını etkileyen unsurları tespit etmiştir.

Kalyoncuoğlu ve Faiz (2017a), akıllı telefon pazarındaki iki güçlü işletme olan Samsung ve Apple'ın müşteri sadakatini sağlamada müşteri memnuniyetinin, algılanan değerin ve değiştirme maliyetinin etkisini tespit etmiş ve bir model önerisi oluşturmuştur. Kalyoncuoğlu ve Faiz (2017b), Türkiye'de akıllı telefon pazarındaki müşterinin algıladığı değer, değiştirme maliyeti, demografik verileri ve telefon kullanımına ilişkin özellikleri inceleyerek kişinin akıllı telefon kullanımında sadakat geliştirme veya geliştirmeme eğilimini ortaya koymaya çalışmıştır. Korkmaz ve ark., (2015), kurumsal kimliğe sahip "GSM" operatör çalışanlarının sunduğu hizmet kalitesinin müşteri tercih ve memnuniyetleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Karagöz ve ark., (2015), öğrencilerin cep telefonu ve operatör tercihlerinde etkili olan değişkenlerin demografik özelliklere bağlı olarak farklılık gösterip göstermediğini belirlemişlerdir. Karakaş (2012), müşteri sadakati olgusunun bileşenleri olan algılanan kalite, değiştirme maliyeti ve kurumsal imaj değişkenleri arasındaki ilişkileri ve söz konusu bileşenlerin birlikte müşteri sadakati olgusunu açıklamada kullanılan farklı müşteri sadakati modellerini ele alıp yapısal eşitlik modellemesi ile incelemiştir. Kuşku-Özdemir ve Güzeloğlu (2015), gençlerin cep telefonu satın alma kararlarında marka değeri bileşenlerinden hangisinin, ne ölçüde ve daha baskın olarak etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Marangoz (2007), ağızdan ağıza iletişimin müşterilerin satın alma kararlarına tekrar satın alma ve/veya değiştirme etkilerini incelemiştir. Samsa ve Gelibolu (2015), ilişkisel pazarlama yöntemlerinden hizmet kalitesi ve şirket imajının müşteri memnuniyeti ve müşteri güvenini olumlu yönde etkilediğini belirlemiştir. Şenbabaoğlu ve ark., (2016), GSM operatörleri sektöründe bir araştırma modeli oluşturmuş ve test etmiştir. Şamkar (2017), akıllı telefon kullanıcılarının, akıllı telefon kullanımına ilişkin memnuniyet düzeyleri ve bunda etkili olabilecek faktörleri incelemiştir. Ayrıca lojistik regresyon analizi yardımıyla akıllı telefon kullanıcılarının memnuniyet derecelerini belirleyen matematiksel bir model oluşturmuştur. Taner (2014), akıllı telefonların kullanıcıları tarafından değerlendirmelerini ölçmeye çalışmıştır. Türker ve Türker (2013), marka imajı, markaya güven, müşteri memnuniyeti, algılanan değer, değiştirme maliyeti ve algılanan kalite faktörlerinin marka sadakatine olan etkilerini incelemiştir. Türk ve ark., (2016), GSM operatörlerinin sunmuş oldukları gençlik kampanyalarından gençlerin beklentilerini, mevcut gençlik kampanyalarından ve operatör tercihinden duyulan memnuniyeti ölçmeye yönelik bir araştırma gerçekleştirmiştir. Uzgören, Şengür ve Yiğit (2013), üniversite öğrencilerinin cep telefonu tercih ve kullanımlarında israfa neden olan davranışları ile ilgili değerlendirmeler yapmıştır. Uzgören ve ark., (2015), Dumlupınar Üniversite'sinde öğrenim gören öğrencilerin cep telefonu ilk talebi ile yenileme talebini etkileyen faktörleri anket uygulaması yoluyla belirlemeye çalışmıştır. Uzunkaya (2016), marka sadakatinin tekrar satın alma niyetine etkisini belirlemeye çalışmıştır. Zengin (2010), tüketicilerin mobil pazarlama ve özellikle de SMS pazarlamasına yönelik tutumlarını incelemiştir.

3. UYGULAMA

3.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı Kütahya ilinde cep telefonu kullanıcılarının GSM operatörü tercihine etki eden faktörlerin belirlenmesidir. Çalışmada kullanılan ölçek Zanco (2015)'un yapmış olduğu çalışmadan uyarlanarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada Zanco tarafından geliştirilen ölçek esas alınarak oluşturulan anket formu ile Kütahya ili sınırları içerisinde GSM kullanıcıları üzerinde bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Anket çalışmasından elde edilen veriler istatistik yöntemlerle analiz edilmiştir. Örnekleme yöntemi olarak kolayda örnekleme yöntemi uygulanmıştır. Araştırma 1 Ocak- 31 Mart 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ankete 283 kişi katılmış ancak 22 anket verisi uygunsuz ve özensiz olması sebebi ile veri setinden çıkarılmıştır. Anketin güvenilirliği için hesaplanan Cronbach alfa katsayısı 0,957 olarak bulunmuş olup anketin iç tutarlılığının oldukça iyi olduğu anlaşılmıştır.

3.2. Ankete Katılan Kişilerin Demografik Özelliklerinin Dağılımı

Ankete katılan kişilerin cinsiyet ve kullandıkları GSM operatörlerine göre dağılımı aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ankete Katılanların Cinsiyet ve Kullandığı GSM Operatörüne Göre Dağılımı

Cinsiyet	Frekans	Yüzde	Operatör	Frekans	Yüzde
Kadın	114	43,8	Vodafone	100	38,5
Erkek	146	56,2	Turkcell	90	34,6
Toplam	260	100,0	Türk Telekom	70	26,9
			Toplam	260	100,0
Cinsiyete Göre Kullanılan GSM Operatörünün Dağılımı					
Kadın	Frekans	Yüzde	Erkek	Frekans	Yüzde
Vodafone	62	54,4	Vodafone	38	26,0
Turkcell	36	31,6	Turkcell	54	37,0
Türk Telekom	16	14,0	Türk Telekom	54	37,0
Toplam	114	100,0	Toplam	146	100,0

Ankete katılanların yaklaşık %44'ünü kadınlar, %56'sını erkekler oluşturmaktadır. Katılımcıların kullandıkları GSM operatörlerine göre dağılımı %38,5 Vodafone, %34,6 Turkcell ve %26,9'u ise Türk Telekom şeklindedir. Dağılım incelendiğinden dengeli olduğu ve tüm operatörleri temsil edebilecek nitelikte olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca katılımcıların cinsiyete göre GSM operatörü kullanımları incelendiğinde kadınların %54,4 Vodafone, %31,6'sı Turkcell ve %14'ü ise Türk Telekom kullandığı, erkeklerin ise %26'sı Vodafone, %37'si Turkcell ve %37'si ise Türk Telekom kullandığı görülmektedir.

4. BULGULAR VE ANALİZLER

Araştırmaya katılan kullanıcıların GSM operatörü tercihini etkileyen faktörler ile ilgili duygu ve düşünceleri ve algıları istatistik tekniklerle analiz edilmiş ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

4.1. Kullanıcıların GSM Operatörü Tercihini Etkileyen Faktörler İçin Betimleyici İstatistikler

Bilindiği gibi Türkiye'de 3 GSM operatörü bulunmaktadır. Kullanıcıların bu operatörleri seçme nedenleri için betimsel istatistikler aşağıdaki Tabloda 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanıcıların Operatör Seçme Nedenleri İçin Betimsel İstatistikler

GSM Operatörünü Tercih Sebepleri	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık
Sunulan tüm hizmet merkezleri modern donanıma sahiptir.	2,977	1,303	0,022	-1,117
Tüm hizmet merkezleri görsel açıdan çekicidir.	3,100	1,236	-0,216	-0,946
Hizmet merkezlerinin çalışanları temiz ve iyi görünümlüdür.	3,231	1,199	-0,196	-0,833
Hizmet merkezlerinin çalışanları verdikleri sözleri zamanında yerine getirir.	3,204	1,243	-0,198	-0,959
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerinin sorunlarıyla yakından ve samimi bir şekilde ilgilenir	3,319	1,173	-0,498	-0,594
Verilen hizmetler ilk seferde doğru bir şekilde yerine getirilir.	3,339	1,186	-0,247	-0,814
Verilen hizmetler söz verdiği zamanda yerine getirilir.	3,296	1,189	-0,146	-0,606
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilere sundukları hizmetleri hızlı bir şekilde yerine getirir.	3,281	1,123	-0,423	-0,609
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine güven duygusu verir.	3,335	1,076	-0,418	-0,337
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine karşı her zaman saygı çerçevesinde hizmet verir.	3,481	1,113	-0,476	-0,578
Hizmet merkezlerinin çalışanları ürün ve hizmetler konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahiptir.	3,496	1,092	-0,384	-0,569
Hizmetlerde meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir	3,450	1,109	-0,344	-0,403
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine yardımcı olmak için her zaman istekli ve gönüllüdür	3,450	1,088	-0,442	-0,359
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterileriyle tek tek ilgilenir.	3,392	1,108	-0,309	-0,614
Hizmet merkezleri müşterileri için uygun çalışma saatlerine sahiptir.	3,458	1,137	-0,364	-0,666
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerinin özel istek ve ihtiyaçlarını anlar.	3,342	1,244	-0,418	-0,839
Müşterilerinin çıkarlarını ön planda tutulur	3,523	1,127	-0,4	-0,465
Hizmetler sözleşmede belirtilen tarifeler üzerinden ücretlendirir	3,277	1,315	-0,4	-0,924
Hizmet fiyatlarında meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir.	3,358	1,145	-0,454	-0,557
Çağrı/SMS/MMS fiyatları uygundur.	3,408	1,167	-0,443	-0,615
Hat fiyatları uygundur.	3,269	1,275	-0,224	-1,027
Uygun tarife avantajlarına sahiptir.	3,515	1,154	-0,569	-0,447
İnternet servis paket fiyatları uygundur.	3,269	1,337	-0,298	-1,038
Yurtdışında kullanım paket fiyatları uygundur.	2,915	1,208	-0,022	-0,81
Yurtdışını arama paket fiyatları uygundur.	2,996	1,263	-0,074	-0,921
Etkileyici reklam tekliflerine sahiptir.	3,185	1,168	-0,277	-0,712
Reklam sayısı yeterlidir.	3,342	1,074	-0,321	-0,456
Yaratıcı reklamlara sahiptir.	3,335	1,101	-0,431	-0,445
Bilgi verici ve aydınlatıcıdır.	3,473	1,106	-0,501	-0,367
Reklamlar açık ve anlaşılırdır.	3,523	1,187	-0,614	-0,412
Her kesime hitap etmektedir.	3,492	1,127	-0,6	-0,22
Reklamlar tüm müşteri kitlesine hitap edecek kadar zengindir.	3,585	1,204	-0,602	-0,49
Geniş bir kapsama alanına sahiptir.	3,350	1,191	-0,4	-0,753
En son teknolojiyi takip eder ve bu teknolojik yenilikleri hizmetlerine yansıtır.	3,454	1,102	-0,606	-0,143
Metro, otopark gibi alanlarda çekmektedir.	3,327	1,117	-0,271	-0,651
Kesintisiz konuşma sağlamaktadır.	3,362	1,208	-0,566	-0,494
Ses kalitesi iyidir	3,489	1,099	-0,533	-0,362
İnternet hizmeti hızlıdır.	3,419	1,155	-0,461	-0,472
4,5G Hizmetinin ses ve görüntü kalitesi iyidir.	3,358	1,195	-0,337	-0,867
Aile ve akrabalarım tarafından kullanılması önemlidir.	3,185	1,248	-0,222	-0,936
Arkadaşlarım tarafından kullanılması önemlidir.	3,446	1,150	-0,382	-0,588
İş arkadaşlarım tarafından kullanılması önemlidir	3,512	1,216	-0,514	-0,595

Yukarıdaki Tablo 3'de cep telefonu kullanıcılarının geneli için GSM operatörü tercihinde etkili faktörler incelendiğinde çok fazla öne çıkmış bir faktör görülmemiştir. Bununla birlikte reklamların, müşteri çıkarlarını önceliklendirme, uygun tarife avantajlarının, açık ve anlaşılırlığın, arkadaşları tarafından tercih ediliyor olma faktörlerinin GSM operatörü tercihinde nispi olarak öne çıktığı söylenebilir.

GSM kullanıcılarının kullanmış oldukları operatörü tercih etme sebeplerini araştırmak için toplanan veriler için yapılan Kolmogorov Smirnov, Anderson Darling, Shapiro Wilk testlerine göre verilerin normal dağılım göstermediği anlaşılmıştır. Ancak anket verilerinde bu durum sıklıkla karşılaşılan bir

sonuçtur. Bu sebeple verinin normalliğini betimleyici istatistikleri dikkate alarak belirleme yoluna gidilmektedir. Verinin normalliği için çarpıklık ve basıklık değerlerinin standart hatalarına oranlarının ±2 aralığında olması uygun görülmektedir (Obeidat ve ark., 2017). Bu özellik verilerimizde mevcuttur. Buna dayanarak verilerin analizinde parametrik test yaklaşımı kullanılmıştır.

4.2. Kullanıcının Cinsiyet ve Kullandığı GSM Operatörüne Göre Hizmet Algısının Araştırılması

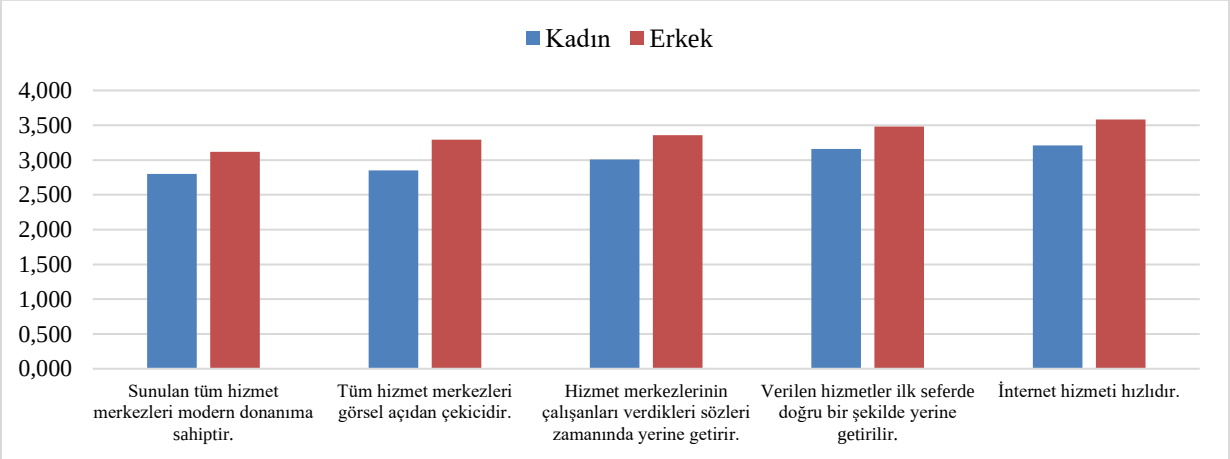
GSM kullanıcılarının aldıkları hizmetlerin cinsiyet ve operatör faktörüne göre farklılık gösterip göstermediği t testi ve varyans analizi ile araştırılmıştır.

4.2.1. Cinsiyetine Göre GSM Operatörlerinden Aldığı Hizmet Algısının Değişimi

Aşağıdaki Tablo 3'de kadın ve erkek kullanıcıların GSM operatörlerinden aldıkları hizmetlerden algılarının farkı için t testi sonuçları verilmiştir. Tabloda önemli farklılıklar gösteren hizmetler verilmiştir.

Tablo 3. Müşterinin Cinsiyetine Göre Hizmet Algısının Farkı İçin t testi

Hizmet	Ortalamaların eşitliği için t testi			
	t	S.d	Anlamlılık (çift taraflı)	Ortalamaların farkı (Kadın- Erkek)
Sunulan tüm hizmet merkezleri modern donanıma sahiptir.	-1,96	258	0,051	-0,318
Tüm hizmet merkezleri görsel açıdan çekicidir.	-2,91	258	0,004	-0,444
Hizmet merkezlerinin çalışanları verdikleri sözleri zamanında yerine getirir.	-2,25	258	0,025	-0,347
Verilen hizmetler ilk seferde doğru bir şekilde yerine getirilir.	-2,19	258	0,03	-0,322
İnternet hizmeti hızlıdır.	-2,6	258	0,01	-0,372



Şekil 1. Cinsiyetine Göre GSM Operatörlerinden Aldığı Hizmet Algısının Değişimi

Yukarıdaki tablo ve grafikte kadın ve erkeklerin farklı algıladıkları hizmet türleri verilmiştir. Diğer hizmetlerden iki grubun algıları arasında önemli bir fark yoktur. Tablo ve grafikten görülmektedir ki hizmet merkezlerinin modern donanıma sahip olması, görsel açıdan çekici olması, çalışanların verdikleri sözleri zamanında yerine getirmeleri, hizmetleri ilk seferde doğru yapmaları ve internet hizmetinin hızı ile ilgili hizmetleri erkekler kadınlara göre daha fazla önemsemektedirler.

4.2.2. GSM Operatörüne Göre Hizmet Algısının Değişimi

GSM Operatörü kullanıcılarının hizmet aldıkları operatörün hizmetlerine verdikleri ortalama puanlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. GSM Operatörü Kullanıcılarının Operatörünün Hizmetlerine Verdikleri Ortalama Puanlar

GSM operatörü kullanıcılarının aldıkları hizmetler	Vodafone	Turkcell	Türk Telekom	Toplam
Sunulan tüm hizmet merkezleri modern donanıma sahiptir.	2,89	2,99	3,09	2,98
Tüm hizmet merkezleri görsel açıdan çekicidir.	2,87	3,20	3,30	3,10
Hizmet merkezlerinin çalışanları temiz ve iyi görünümlüdür.	3,04	3,41	3,27	3,23
Hizmet merkezlerinin çalışanları verdikleri sözleri zamanında yerine getirir.	3,05	3,22	3,40	3,20
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerinin sorunlarıyla yakından ve samimi bir şekilde ilgilenir	3,21	3,43	3,33	3,32
Verilen hizmetler ilk seferde doğru bir şekilde yerine getirilir.	3,38	3,24	3,40	3,34
Verilen hizmetler söz verdiği zamanda yerine getirilir.	3,21	3,38	3,31	3,30
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilere sundukları hizmetleri hızlı bir şekilde yerine getirir.	3,11	3,33	3,46	3,28
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine güven duygusu verir.	3,15	3,49	3,40	3,33
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine karşı her zaman saygı çerçevesinde hizmet verir.	3,38	3,57	3,51	3,48
Hizmet merkezlerinin çalışanları ürün ve hizmetler konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahiptir.	3,48	3,72	3,23	3,50
Hizmetlerde meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir	3,29	3,66	3,41	3,45
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine yardımcı olmak için her zaman istekli ve gönüllüdür	3,22	3,51	3,70	3,45
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterileriyle tek tek ilgilenir.	3,15	3,58	3,50	3,39
Hizmet merkezleri müşterileri için uygun çalışma saatlerine sahiptir.	3,37	3,60	3,40	3,46
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerinin özel istek ve ihtiyaçlarını anlar.	3,32	3,49	3,19	3,34
Müşterilerin çıkarları ön planda tutulur	3,41	3,73	3,41	3,52
Hizmetler sözleşmede belirtilen tarifeler üzerinden ücretlendirir	3,12	3,36	3,40	3,28
Hizmet fiyatlarında meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir.	3,06	3,62	3,44	3,36
Çağrı/SMS/MMS fiyatları uygundur.	3,40	3,50	3,30	3,41
Hat fiyatları uygundur.	3,09	3,50	3,23	3,27
Uygun tarife avantajlarına sahiptir.	3,50	3,52	3,53	3,52
İnternet servis paket fiyatları uygundur.	3,27	3,31	3,21	3,27
Yurtdışında kullanım paket fiyatları uygundur.	2,84	3,08	2,81	2,92
Yurtdışını arama paket fiyatları uygundur.	2,85	3,02	3,17	3,00
Etkileyici reklam tekliflerine sahiptir.	3,01	3,40	3,16	3,18
Reklam sayısı yeterlidir.	3,14	3,60	3,30	3,34
Yaratıcı reklamlara sahiptir.	3,20	3,41	3,43	3,33
Bilgi verici ve aydınlatıcıdır.	3,36	3,52	3,57	3,47
Reklamlar açık ve anlaşılırdır.	3,34	3,49	3,83	3,52
Her kesime hitap etmektedir.	3,39	3,56	3,56	3,49
Reklamlar tüm müşteri kitlesine hitap edecek kadar zengindir.	3,36	3,62	3,86	3,58
Geniş bir kapsama alanına sahiptir.	3,24	3,44	3,39	3,35
En son teknolojiyi takip eder ve bu teknolojik yenilikleri hizmetlerine yansıtır.	3,36	3,46	3,59	3,45
Metro, otopark gibi alanlarda çekmektedir.	3,07	3,47	3,51	3,33
Kesintisiz konuşma sağlamaktadır.	3,12	3,56	3,46	3,36
Ses kalitesi iyidir	3,39	3,56	3,54	3,49
İnternet hizmeti hızlıdır.	3,13	3,50	3,73	3,42
4,5G Hizmetinin ses ve görüntü kalitesi iyidir.	3,18	3,38	3,59	3,36
Aile ve akrabalarım tarafından kullanılması önemlidir.	3,16	3,20	3,20	3,18
Arkadaşlarım tarafından kullanılması önemlidir.	3,40	3,41	3,56	3,45
İş arkadaşlarım tarafından kullanılması önemlidir	3,49	3,49	3,57	3,51

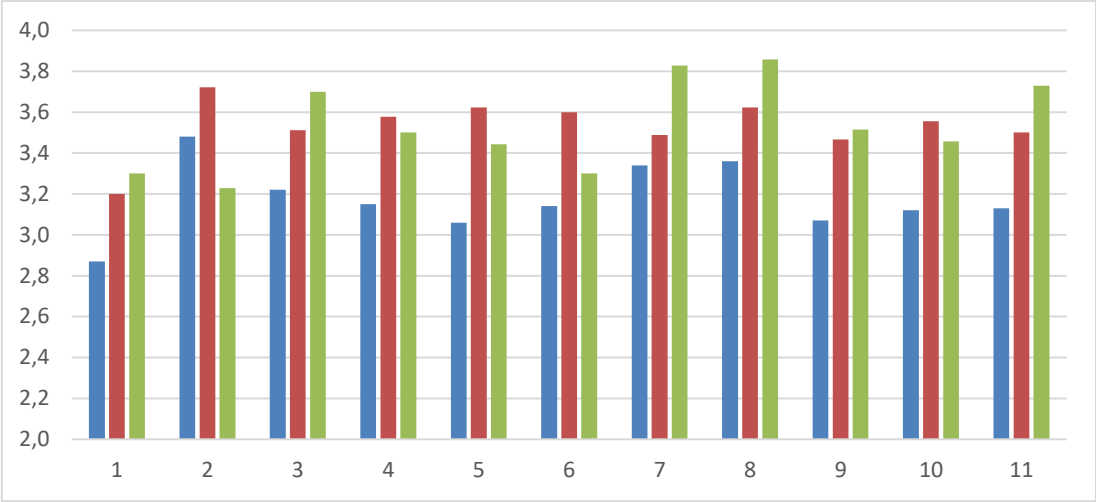
Tablo 5'e göre Vodafone kullanıcıları uygun tarife avantajlarını, iş arkadaşları tarafından kullanılıyor olmasını ve hizmet merkezi çalışanlarının ürün ve hizmetler konusunda yeterli bilgiye sahip olmasını öne çıkarmışlardır. Türkcell kullanıcıları müşteri çıkarlarının ön planda tutulmasını, hizmet merkezi çalışanlarının ürün ve hizmetler konusunda yeterli bilgiye sahip olmasını, Hizmetlerde meydana gelen değişiklikleri müşterilere zamanında bildirilmesini daha çok önemsemişlerdir. Türk Telekom kullanıcıları reklamların tüm müşteri kitlesine hitap edecek kadar zengin olmasını, reklamların açık ve anlaşılır olmasını, internet hizmetlerinin hızlı olmasını daha yüksek puanlamışlardır.

Varyans analizi ile mevcut 3 GSM operatörün kullanıcılarının aldıkları hizmetlerle ilgili algılarının farklılığı araştırılmıştır. Aşağıda buna ilişkin varyans analizi tablosu verilmiştir.

Tablo 5. Farklı GSM Operatörü Kullanıcılarının Aldıkları Hizmetlerle İlgili Algılarının Analizi

Kullanıcılarının aldıkları hizmetlerle ilgili algıları		Kareler toplamı	S.d	Kareler ortalama	F	Anlamlılık
1- Tüm hizmet merkezleri görsel açıdan çekicidir.	G. içi G. arası Toplam	8,9 386,41 395,40	2 257 259	4,495 1,504	2,99	,05*
2- Hizmet merkezlerinin çalışanları ürün ve hizmetler konusunda yeterli bilgiye sahiptir.	G. içi G. arası Toplam	9,64 299,35 308,99	2 257 259	4,819 1,165	4,13	,017*
3- Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine yardımcı olmak için her zaman istekli ve gönüllüdür	G. içi G. arası Toplam	10,00 296,35 306,35	2 257 259	5,001 1,153	4,33	,014*
4- Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterileriyle tek tek ilgilenir.	G. içi G. arası Toplam	9,78 308,20 317,98	2 257 259	4,890 1,199	4,07	,018*
5- Hizmet fiyatlarında meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir.	G. içi G. arası Toplam	15,67 324,07 339,74	2 257 259	7,834 1,261	6,21	,002**
6- Reklam sayısı yeterlidir.	G. içi G. arası Toplam	10,19 288,34 298,53	2 257 259	5,097 1,122	4,54	,012*
7- Reklamlar Açık ve anlaşılırdır.	G. içi G. arası Toplam	9,99 354,87 364,86	2 257 259	4,995 1,381	3,61	,028*
8- Reklamlar tüm müşteri kitlesine hitap edecek kadar zengindir.	G. içi G. arası Toplam	10,37 364,76 375,13	2 257 259	5,186 1,419	3,65	,027*
9- Metro, otopark gibi alanlarda çekmektedir.	G. içi G. arası Toplam	10,82 312,39 323,21	2 257 259	5,408 1,216	4,44	,013*
10- Kesintisiz konuşma sağlamaktadır.	G. içi G. arası Toplam	9,86 368,15 378,01	2 257 259	4,931 1,433	3,44	,033*
11- İnternet hizmeti hızlıdır.	G. içi G. arası Toplam	15,65 329,65 345,30	2 257 259	7,825 1,283	6,10	,003**

(*) %5, (**) %1 anlam düzeyinde önemli



Şekil 2. Müşteri Algısının Operatörlere Göre Farklılık Gösterdiği Hizmetler

Yukarıda GSM kullanıcılarının operatörlere göre farklı algıladığı hizmetler için varyans analizi tablosu ve grafiği verilmiştir. Operatörlere göre farklılık göstermeyen hizmetlere tabloda yer verilmemiştir. Varyans analizine göre 42 hizmet türünden 31 tanesinde müşteri algısının operatörlere göre farklılık göstermediği, sadece 11 hizmet türünde farklılık görülmüştür. Hemen tüm bu 11 hizmet türünde operatörlerden biri daha öne çıkmıştır.

4.3. Verinin Faktör Yapısının Araştırılması

Veri setinin faktör analizi için uygunluğunu araştırmak için Bartlett küresellik ve Kaiser Meyer Olkin (KMO) örnelem yeterliliği testi uygulanmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Kaiser Meyer Olkin (KMO) değeri değişkenler tarafından oluşturulan ortak varyansı ifade etmekte olup bu değerin 1' e yakın olması uygundur. Bu değer veri grubu için 0,905 olarak bulunmuş olup verinin faktör analizine oldukça uygun olduğuna işaret etmektedir. Diğer yandan Bartlett değeri değişkenlerin kendi aralarında korelasyon gösterip göstermediğini araştırmak için kullanılır. Bu değerin de anlamlı olmaması yani değişkenlerin kendi aralarında ilişkili olmaması gerekmektedir ki bu özellik de veri grubunda mevcuttur. Her iki test için sonuçlar aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Cronbach Alfa, KMO ve Bartlett Testi

Cronbach Alfa Kaiser-Meyer-Olkin Örneklem yeterliliği Ölçüsü.		0,957 ,905
Bartlett Küresellik Test	Ki-Kare	7062,519
	Serbestlik derecesi	861
	Anlamlılık	,000

Tablo 6'ya göre Bartlett's küresellik testi için Ki-kare=7062,5 olarak hesaplanmış olasılığı ise 0,000 bulunmuştur. Bu sonuca göre korelasyon matrisinin birim matris olmadığı ve faktör çıkarılabilir bir yapıda olduğu anlaşılmıştır. Sonuç olarak verinin faktör analizi için yeterli ve uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. Başlangıç Açıklanan Toplam Varyans Tablosu

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Yüklerin Kareleri toplamı			Döndürülmüş Yüklerin Kareleri Toplamı		
	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %
1	15,459	36,808	36,808	15,459	36,808	36,808	4,361	10,383	10,383
2	2,535	6,036	42,844	2,535	6,036	42,844	4,345	10,345	20,728
3	2,010	4,785	47,630	2,010	4,785	47,630	3,977	9,468	30,196
4	1,803	4,294	51,923	1,803	4,294	51,923	3,576	8,514	38,709
5	1,526	3,633	55,557	1,526	3,633	55,557	2,778	6,615	45,324
6	1,499	3,569	59,126	1,499	3,569	59,126	2,705	6,441	51,764
7	1,307	3,111	62,237	1,307	3,111	62,237	2,564	6,106	57,870
8	1,146	2,728	64,965	1,146	2,728	64,965	2,119	5,044	62,914
9	1,033	2,460	67,425	1,033	2,460	67,425	1,894	4,511	67,425
10	,996	2,372	69,797						
11	,951	2,265	72,061						
12	,878	2,091	74,152						

Çıkarım metodu: Temel Bileşenler Analizi.

Tüm değişkenler faktör analizine tabi tutulduğunda 9 faktörlü bir yapı oluşmakta ve bu yapı toplam varyansın %67,42'sini açıklayabilmektedir. Ancak faktör yükleri incelendiğinde bazı değişkenlerin 0,5'i altında kalması ya da iki veya daha fazla faktör altında toplanıyor olması gibi sorunlarla karşılaşılmıştır. Bu tür problemlere sebep olan değişkenler modelden çıkarılarak yeniden faktör analizi uygulaması yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 8. KMO ve Bartlett Testi

Kaiser-Meyer-Olkin Örnekleme Yeterliliği Ölçüsü		,906
Bartlett Küresellik Testi	Ki-kare	6254,320
	Serbestlik derecesi	703
	Anlamlılık	,000

Tablo 8' deki KMO ve Bartlett testine göre verinin faktör analizi için uygun olduğu anlaşılmaktadır. Böylece kalan değişkenler için faktör analizi uygulanmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Tablo 9. Faktörler Tarafından Açıklanan Toplam Varyans Tablosu

Bileşen	Başlangıç özdeğerler			Yüklerin Kareleri toplamı			Döndürülmüş Yüklerin Kareleri toplamı		
	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %	Toplam	Varyans %'si	Kümülatif %
1	14,260	37,526	37,526	14,260	37,526	37,526	3,916	10,305	10,305
2	2,426	6,384	43,910	2,426	6,384	43,910	3,493	9,193	19,499
3	1,836	4,832	48,743	1,836	4,832	48,743	3,445	9,066	28,565
4	1,716	4,517	53,260	1,716	4,517	53,260	3,359	8,839	37,404
5	1,477	3,888	57,147	1,477	3,888	57,147	2,771	7,293	44,697
6	1,473	3,875	61,022	1,473	3,875	61,022	2,667	7,019	51,716
7	1,175	3,092	64,114	1,175	3,092	64,114	2,521	6,634	58,350
8	1,110	2,920	67,034	1,110	2,920	67,034	2,417	6,360	64,710
9	1,005	2,646	69,680	1,005	2,646	69,680	1,889	4,970	69,680
10	,832	2,188	71,868						
11	,811	2,133	74,001						

Çıkarım Metodu: Temel Bileşenler Analizi

4 değişken analiz kapsamı dışına çıkarıldıktan sonra kalan 38 değişkenle oluşturulan faktör yapısı 9 faktörle toplam varyansın %69,7'sını açıklamaktadır. Bu faktör yapısı başlangıçta tüm değişkenlerle oluşturulan yapıya göre daha açıklayıcıdır. Aşağıda Varimax döndürme yöntemi kullanılarak elde edilen döndürülmüş bileşenler matrisi verilmiştir. Bu matristen hareketle 9 faktörlü yapının bileşenler tespit edilerek isimlendirilmiştir.

Tablo 10. Döndürülmüş Bileşen Matrisi

Değişken	Bileşen (Faktörler)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sunulan tüm hizmet merkezleri modern donanıma sahiptir.	,080	**,811**	,074	,188	,141	-,039	,134	,124	,066
Tüm hizmet merkezleri görsel açıdan çekicidir.	,069	**,800**	,172	,047	,256	,069	,157	,145	,110
Hizmet merkezlerinin çalışanları temiz ve iyi görünümlüdür.	,194	**,758**	,143	,171	,160	,177	,110	,161	-,003
Hizmet merkezlerinin çalışanları verdikleri sözleri zamanında yerine getirir.	,272	**,566**	,113	,194	,423	,117	,264	,144	,009
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerinin sorunlarıyla yakından ve samimi bir şekilde ilgilenir	,294	**,503**	,060	,208	,489	,054	,227	,119	,018
Verilen hizmetler ilk seferde doğru bir şekilde yerine getirilir.	,054	,259	,103	,213	**,779**	,166	,054	,038	,049
Verilen hizmetler söz verdiği zamanda yerine getirilir.	,204	,218	,218	,219	**,711**	,080	,072	,097	,066
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilere sundukları hizmetleri hızlı bir şekilde yerine getirir.	,211	,250	,297	-,049	**,691**	,120	,113	,111	,199
Hizmet merkezlerinin çalışanları ürün ve hizmetler konusunda yeterli bilgi ve donanıma sahiptir.	**,611**	,243	,056	,148	,203	,316	,118	,271	-,061
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerine yardımcı olmak için her zaman istekli ve gönüllüdür	**,675**	,129	,198	,153	,118	,205	-,088	,104	,112
Hizmetlerde meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir	**,641**	-,002	,139	,026	,232	,299	,149	,201	,037
Hizmet merkezleri müşterileri için uygun çalışma saatlerine sahiptir.	**,740**	,160	,179	,193	,028	,017	,163	,028	,130
Hizmet merkezlerinin çalışanları müşterilerinin özel istek ve ihtiyaçlarını anlar.	**,655**	,068	,078	,150	,173	,092	,255	,163	,241
Müşterilerinin çıkarlarını ön planda tutulur	**,502**	-,085	,113	,171	,313	,068	,097	,043	,472
Hizmetler sözleşmede belirtilen tarifeler üzerinden ücretlendirir	,173	,093	,176	,250	,144	,039	,203	,253	**,645**
Hizmet fiyatlarında meydana gelen değişiklikleri müşterilerine zamanında bildirir.	,202	,104	,121	,229	,039	,288	-,068	,071	**,735**
Çağrı/SMS/MMS fiyatları uygundur.	,199	,026	,192	,036	-,004	**,608**	,228	,102	,372
Hat fiyatları uygundur.	,096	-,015	,062	,234	,127	**,736**	,056	,224	,149
Uygun tarife avantajlarına sahiptir.	,204	,244	,215	,052	,079	**,765**	,029	-,062	,056
İnternet servis paket fiyatları uygundur.	,097	,007	,236	,214	,194	**,620**	,135	,241	-,008
Yurtdışını arama paket fiyatları uygundur.	,036	,123	-,004	,101	,083	,238	,041	**,574**	,326
Etkileyici reklam tekliflerine sahiptir.	,205	,203	,284	,130	-,028	,114	,170	**,744**	,017
Reklam sayısı yeterlidir.	,175	,149	,345	,132	,204	,122	,057	**,696**	,050
Yaratıcı reklamlara sahiptir.	,046	,246	,519	,255	,113	,023	,061	**,546**	,104
Bilgi verici ve aydınlatıcıdır.	,192	,131	**,709**	,141	,098	,152	,125	,228	,090
Açık ve anlaşılırdır.	,223	,121	**,743**	,151	,175	,174	,052	,173	,067
Her kesime hitap etmektedir.	,263	-,032	**,594**	,240	,199	,198	,166	,194	,012
Reklamlar tüm müşteri kitlesine hitap edecek kadar zengindir.	,137	,135	**,626**	,247	,206	,208	,084	,108	,159
En son teknolojiyi takip eder ve bu teknolojik yenilikleri hizmetlerine yansıtır.	,228	,293	**,501**	,268	,086	,109	,303	,037	,204
Metro, otopark gibi alanlarda çekmektedir.	,146	,033	,228	**,683**	,166	,107	,200	,042	,231
Kesintisiz konuşma sağlamaktadır.	,165	,306	,316	**,588**	-,017	,140	,122	-,038	,273
Ses kalitesi iyidir	,173	,247	,147	**,761**	,061	,111	,156	,148	,030
İnternet hizmeti hızlıdır.	,103	,097	,166	**,733**	,162	,154	,122	,160	,194
4,5G Hizmetinin ses ve görüntü kalitesi iyidir.	,281	,156	,166	**,616**	,238	,136	,086	,245	,016
Aile ve akrabalarım tarafından kullanılması önemlidir.	,190	,316	,206	,211	,061	,133	**,627**	,142	,039
Arkadaşlarım tarafından kullanılması önemlidir.	,139	,155	,142	,092	,085	,109	**,840**	,068	,098
İş arkadaşlarım tarafından kullanılması önemlidir	,102	,129	,057	,195	,116	,074	**,817**	,059	,015

Çıkarım Metodu: Ana Bileşenler Analizi.
Rotasyon Metodu: Varimax

Tablo 10'da faktör analizi sonucu ortaya çıkan 9 faktörlü yapıdaki değişkenlerin hangi faktörler altında toplandığı varimax döndürme yöntemi ile gösterilmiştir. Yapılan analizlerde ortaya çıkan faktörler şöyle ifade edilebilir.

1. faktör: Hizmet merkezi çalışanlarının tutumu ve hizmet kalitesi
2. faktör: Hizmet merkezlerinin fiziki atmosferi ve çalışanların ilgisi
3. faktör: Reklamların içeriği

4. faktör: İletişim kalitesi
5. faktör: Hizmet sunumunda hızlılık
6. faktör: Tarife ve fiyat
7. faktör: Yakın çevre
8. faktör: Reklamların etkinliği ve yeterliliği
9. faktör: Dürüstlük başlıklar altında toplamak mümkündür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hızlı bir değişimin ve yoğun bir rekabetin yaşandığı akıllı cep telefonu sektöründe faaliyet gösteren markaların piyasada yaşamlarını sürdürmek ve pazar paylarını artırmak için müşterileri ile daha sıkı bağ kurmalarını zorunlu hale getirmektedir. Bu durumun farkında olan cep telefonu operatörleri müşterilerinin memnuniyet düzeylerini artırabilmek için hizmetlerini sürekli geliştirmekte ve yeni özellikler eklemektedirler.

Bu çalışmada Kütahya ilinde cep telefonu kullanıcılarının GSM operatörü tercihine etki eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 260 cep telefonu kullanıcısına anket uygulanmış ve hizmet kalitesi, fiyat, reklam, kapsama alanı, akraba ve yakın çevre faktörleri gibi faktörlerin GSM operatörü tercihindeki etkileri araştırılmıştır. Ankete katılanların %44,2'si kadın, %55,8'i erkek olup, üç mobil işletmesi içinde Türk Telekom %26,9, Turkcell %33,8 ve Vodafone %39,2 seviyesinden katılım sağlanmıştır.

Cep telefonu kullanıcılarının geneli için GSM operatörü tercihinde etkili faktörler incelendiğinde çok fazla öne çıkmış bir faktör görülmemiştir. Bununla birlikte reklamların, müşteri çıkarlarını önceliklendirme, uygun tarife avantajlarının, açık ve anlaşılırlığın, arkadaşları tarafından tercih ediliyor olma faktörlerinin GSM operatörü tercihinde nispeten öne çıktığı söylenebilir. GSM kullanıcılarının kullanmış oldukları operatörü tercih etme sebepleri içinde kadın ve erkeklerin farklı algıladıkları hizmetler tespit edilmiştir. Buna göre hizmet merkezlerinin modern donanıma sahip olması, görsel açıdan çekici olması, çalışanların verdikleri sözleri zamanında yerine getirmeleri, hizmetleri ilk seferde doğru yapmaları ve internet hizmetinin hızı ile ilgili hizmetleri erkekler kadınlara göre daha fazla önemsemektedirler. Varyans analizi ile mevcut 3 GSM operatörü kullanıcılarının aldıkları hizmetlerle ilgili algılarının değişimi araştırılmıştır. 42 hizmet türünün sadece 11'inde farklılıklar görülmüş, geri kalan 31 hizmet türünde GSM operatörleri arasında önemli bir fark görülmemiştir. Söz konusu 11 hizmet türünün hemen tamamında bir operatörün daha pozitif bir algıya sahip olduğu anlaşılmıştır. Diğer taraftan tüm değişkenler faktör analizine tabi tutulduğunda 9 faktörlü bir yapı oluşmakta ve bu yapı toplam varyansın %67,42'sini açıklayabilmektedir. 4 değişken analiz kapsamı dışına çıkarıldıktan sonra kalan 38 değişkenle oluşturulan faktör yapısı 9 faktörle toplam varyansın %69,7'sini açıklamaktadır.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda GSM operatörlerine bağlılığı etkileyen faktörler ve mobil kullanıcıların numara taşıma nedenlerini belirleme yönünde araştırmalar yapılabilir. X, Y ve Z kuşaklarının cep telefonu ve operatör tercih nedenleri ve farklıkları incelenebilir. Ayrıca bu çalışma Kütahya'da yapılmış olup benzer çalışmaları farklı illerde ve bölgelerde yaparak sonuçların karşılaştırılması faydalı olabilir.

KAYNAKLAR

Akın, M. 2017. Cep telefonu markalarına yönelik memnuniyetin genç tüketicilerin marka sadakatine etkisi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 98-110.

Atmaca, E., & Keskin, M. 2014. GSM operatörlerine yönelik müşteri memnuniyet araştırması, *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 18(1), 45-63.

Aydın, K. 2004. Üniversite öğrencilerinin cep telefonu kullanımı ve Gsm opreratörü tercihleri üzerine bir çalışma, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 149-164.

Barutçu, S. 2007. GSM sektöründe müşteri bağlılığı (Pamukkale Üniversitesi öğrencilerinin GSM operatörlerine bağlılıkları ve bağlılıklarını etkileyen faktörler), *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 9(1), 349-372.

Bektaş, H. ve Aydın, M. 2018. Measuring customer commitment: A case study from mobile phone market, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(3), 773-791.

Çalıpınar, H. ve Soysal, M. 2010. Kalite fonksiyon yayılımı yönteminin Gsm operatöründe uygulanması, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(2), 95-115.

Değerli, M., Demirbaş, E. ve Tolon, M. 2015. Mobil işletim sistemleri (iOS ve Android) açısından kullanıcı memnuniyetini etkileyen faktörler, *Turkish National Software Engineering Symposium* (UYMS 2015), 770-781.

Durmaz, Y. ve Şerbetçi, G. 2016. Üniversite öğrencilerinin cep telefonu tercihlerini etkileyen faktörler ve bir uygulama, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 8(14), 109-136.

Doğan, R., Yavuz, M., Küçükdemirci, İ., & Eren, T. 2015. Öğrencilerde akıllı telefon kullanımının özellikleri bakımından oyun teorisi ile analiz edilmesi, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 67-76.

Doğru, S., & Koçer, S. 2016. GSM operatörü kullanıcılarının marka sadakati üzerine bir inceleme, *Global Media Journal: Turkish Edition*, 6(12), 131-171.

Dündar, S., & Fatih, E. C. E. R. 2008. Öğrencilerin GSM operatörü tercihinin, analitik hiyerarşi süreci yöntemiyle belirlenmesi, *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 195-205.

Erkovan, K. 2015. Akıllı cep telefonları kullanım örüntüleri: Üsküdar örneği, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Ekren, G., & Kesim, M. 2016. Mobil iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ve mobil öğrenme, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 36-51.

Fettahlıoğlu, H. S. 2015. Marka kişiliği, marka sadakati ilişkisi: akıllı telefon kullanıcıları örneği, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(9), 210-227.

Geyik, S. K. 2015. Üniversite öğrencilerinin internet servis sağlayıcı tercihlerini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma, *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, (22), 14-35.

Gülmez, M. 2005. Üniversite öğrencilerinin cep telefonu satın alma ve kullanımını etkileyen faktörler: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitelerinde bir uygulama, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 24, 37-62.

İnam, A. 1993. *Teknoloji Benim Neyim Oluyor?* Ankara: Alamuk Yayınları.

Kalyoncuoğlu, S., & Faiz, E. 2017a. Akıllı telefon pazarı için müşteri sadakatinin oluşturulmasında memnuniyetin, algılanan değerin ve değiştirme maliyetinin etkisi, *Third Sector Social Economic Review*, 52(1), 128-147.

Kalyoncuoğlu, S., &, Faiz, E., 2017b. Müşterilerin sadakat geliştirme eğilimlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi: akıllı telefon kullanıcıları üzerinde bir araştırma, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 184-210.

Karagöz, Y., Çatı, K., & Koçoğlu, C. M. 2015. Cep telefonu ve operatör tercihinde etkili olabilecek faktörlerin demografik özelliklere bağlı olarak irdelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23, 1-14.

Karakaş, S. 2012. Cep telefonu pazarında müşteri sadakatinin yapısal eşitlik modellemesi ile incelenmesi, *Sosyal Bilimler Dergisi,* 1(2012), 1-23.

Korkmaz, M., Yücel, A. S., Aytaç, A., & Gümüş, S. 2015. GSM kurum çalışanlarının sunduğu hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti üzerindeki etkisinin incelenmesi, *Uluslararası Hakemli Pazarlama Ve Pazar Araştırmaları Dergisi*, 2(4), 63-91.

Kuşku-Özdemir, E., & Güzeloğlu, E. B. 2015. Akıllı telefonlar ve marka değeri algıları: üniversite öğrencileri üzerine bir araştırma, *Journal of International Social Research*, 8(40), 730-742.

Marangoz, M. 2007. Ağızdan ağıza iletişimin müşterilerin satın alma davranışlarına etkileri: cep telefonu pazarına yönelik bir araştırma, *Journal of The Cukurova University Institute of Social Sciences*, 16(2), 395-412.

Nasır, S. 2003. Türkiye'de GSM sektöründe müşteri memnuniyeti: Kullanıcıların operatör değiştirme eğilimlerinin saptanması, *8. Ulusal Pazarlama Kongresi*, 211-228.

Obeidat, B. Y., Abdallah, A. B., Aqqad N. O., Akhoershiedah, A. H. O. M., Maqableh, M. 2017. The effect of intellectual capital on organizational performance: The mediating role of knowledge sharing, *Communications and Network*, 9, 1-27.

Ogba, I.-E. ve Tan, Z. 2009. Exploring the impact of brand image on customer loyalty and commitment in China, *Journal of Technology Management in China*, 4(2), 132-144.

Özer, G., & Aydın, S. 2004. GSM sektöründe müşteri sadakati, memnuniyeti, değiştirme maliyeti ve güven arasındaki ilişki, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(3-4), 157-179.

Samsa, Ç., & Gelibolu, L. 2015. İlişkisel pazarlamanın ilişki kalitesi üzerindeki etkileri: Kars ili cep telefonu kullanıcıları üzerinde bir araştırma, *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 285-299.

Şamkar, H. 2017. Akıllı telefon kullanıcılarının memnuniyet düzeylerinde etkili olan faktörlerin incelenmesi: Eskişehir örneği, *Alphanumeric journal*, 5(1), 147-162.

Şenbabaoğlu, E., Bas, A., & Dölarslan, E. S. (2016). Müşteri odaklılık ve algılanan kalitenin müşteri sadakati oluşumuna etkisi, *Tüketici ve Tüketim Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 95-124.

Taner, N. 2014. The users'evaluations about the smartphones: an applıcation at Kastamonu city centre, *Business & Management Studies: An International Journal*, 1(2), 127-140.

Türk, M., Binbaşıoğlu, H., Deste, M. 2016. GSM operatörlerinin sunmuş olduğu gençlik kampanyalarından gençlerin beklentilerine ve memnuniyetlerine yönelik bir araştırma, *Eurasian Business & Economics Journal*, 2, 284-296.

Türker, G. Ö., & Türker, A. 2013. GSM operatörleri sektöründe marka sadakatini etkileyen faktörlerin belirlenmesi; üniversite öğrencileri üzerine bir uygulama, *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 3(1), 49-67.

Uzgören, E., Şengür, M., & Yiğit, Ü. 2013. Üniversite öğrencilerinin cep telefonu talebinde israfa yönelik davranışlarının analizi Dumlupınar Üniversitesi öğrencilerine yönelik bir uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 29-44.

Uzgören, E., Şengür, M., & Yiğit, Ü. 2015. Üniversite öğrencilerinin cep telefonu talebini etkileyen faktörler Dumlupınar Üniversitesi öğrencilerine yönelik uygulama, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 55-72.

Uzunkaya, T. 2016. Marka sadakatinin tekrar satın alma niyetine etkisi ve gsm sektöründe bir araştırma, *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 58-67.

Zanco, F. 2015. GSM operatörü tercihinde etkili olan nedenlerin önem düzeylerini belirlemeye yönelik bir analiz, Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.

Zengin, A. M. 2010. Doğrudan pazarlama aracı olarak cep telefonu kullanımı ve tüketici tutumları, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

BITCOIN PRICE PREDICTION USING SUPERVISED LEARNING ALGORITHMS

Murat ÖZKUL
Kocaeli University, Institute of Natural Sciences, Information Systems Engineering, Izmit, KOCAELİ
murat.ozkl@gmail.com

Halil YİĞİT
Kocaeli University, Technology Faculty, Information Systems Engineering, Izmit, KOCAELİ
halilyigit@kocaeli.edu.tr

Abstract

In this study, we have tried to predict the Bitcoin price daily by using the price data including the Bitcoin closing price in a certain time interval with the machine learning approach. The dynamics of the Bitcoin market, which is not widespread so much in the markets, is different from the normal markets. There may be momentary and unexpected situations in this market. Therefore, it is more difficult to predict unexpected movements and price than other markets. The parameters in the data set are the opening value, the closing value, the high value, the low value and the transaction volume of the Bitcoin price. The Bitcoin price for the next day is determined by supervised learning techniques including Decision Trees, Linear Regression, Artificial Neural Network and Random Forest algorithms using the Scikit-Learn machine learning library written in Python. The R2 method is used to perform the accuracy analysis of the models. As a result of simulations, The prediction accuracy of the Bitcoin price was obtained as 95% for Linear Regression, 95.5% for Artificial Neural Network, 97.1% for Decision Trees and 98.3% for Random Forest algorithm.

Keywords: Bitcoin, machine learning, prediction, regression

1. INTRODUCTION

Bitcoin (Nakamoto, S) is a decentralized encrypted currency developed by some developer group as open source. Bitcoin sees more than 200 billion transactions per day in 140 different countries according to https://www.blockchain.info/. Due to its non-centralized structure, the bitcoin market has much more volatility than other currencies. This volatility makes it difficult to predict what the bitcoin price will be later. News such as “China will ban bitcoin”, “Exchange hacked” or “USDT Tether will mint USDT” have significantly affected the current price of Bitcoin.

The aim of this paper is to investigate how accurate the Bitcoin price can be predicted by using machine learning. Six different machine learning algorithms were used to predict the bitcoin price. The effects of time limiting and parameters were investigated.

(McNally el at., 2018) performed the prediction of the price of Bitcoin using recurrent neural network (RNN), a Long Short Term Memory (LSTM) network and an autoregressive integrated moving average (ARIMA) model. With LSTM, 52% accuracy and a RMSE of 8% price prediction was achieved. in our models, we made our accuracy up to 98%. (Shah D. and Zhang K, 2014) made a Bayesian regression model on bitcoin price data, and predict every 10 seconds result is %89 return in 50 day.

2. USED TECH AND ALGORITHMS

In this study, we used the Python language in the Sklearn library to predict Bitcoin Close price the day before the bitcoin exchange information from the Poloniex exchange.

Poloniex exchanges daily information with seven different data types such as Open, High, Low, Close, Volume, Quote Volume, Weighted Average. Figure 1 shows the sample Bitcoin data. Open means opening (first) price of the day, close is the closing price. High and Low usually mean in a day. Volume is the sum of daily operations. Quote Volume is the volume waiting for the buy / sell order.

Weighted Average is the weighted average of actual transactions. Data from 2015-02-20 (Year-Month, Day) to date are taken. We are using Python urllib and pandas library for handle this api results and transform it for use our models.

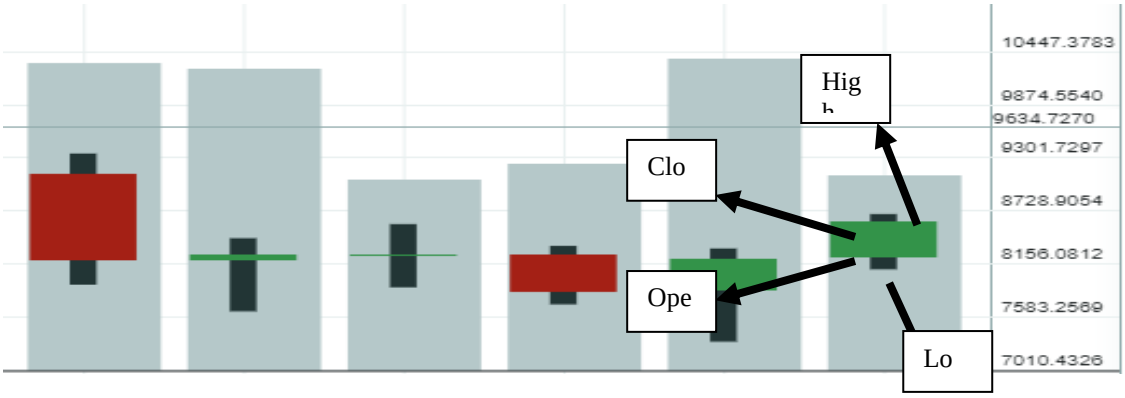


Figure 1. Sample Bitcoin data

The Sklearn (scikit-learn) library allows us to use many machine learning algorithms for use and build our own model. We select Lasso Regression (Alpaydın, 2011 and Hastie et al., 20 17), Bayesian Ridge Regression (Scikit-learn.org, 2019), Elastic-Net Regularization (Zou and Hastie, 2005 and Friedman et al., 2010), Neural Networks (Stergiou and Siganos, 2019), Decision Tree (Quinlan, 1986 and Kitts, 1997), Random Forest algorithms (Breiman, 2001).

3. RESULTS

All parameters of each algorithm were tested and the models with the best results were selected. Calculated r2 scores are given in Table 1.

Table 1. Algorithm best scores

Algorithm	Algorithm Type	Score
Lasso	Lineer	0.9540079
Elastic-Net	Lineer	0.9540070
Bayesian	Lineer	0.9607651
Neural Network	Neural Network	0.9554029
Decision Tree	Decision Tree	0.9712758
Random Forest	Decision Tree	0.9839318

After this result, we decided to continue working with the Random Forest algorithm. After selecting the algorithm, we are looking for a date limitation that does not include the first 600-day data in our training data. Depth is the maximum number of sheets in the tree. The effects of scoring are given in Table 2.

Table 2. Date limitation and Depth Effect

Limitation	Depth	Score
Yes	6	0.96040
Yes	7	0.96769
Yes	None	0.98289
No	6	0.97357
No	7	0.97718
No	None	0.98393

Table 3 shows which feature is more effective in deciding on bitcoin price. it is clear that the price of bitcoin closure is more important among features.We update our model every day with new data.

Table 3. Feature Importance

Feature	Rank	Rate(%)
Close	1	%50.89
High	2	%28.18
Weighted Average	3	%12.80
Low	4	%4.82
Open	5	%2.39
Volume	6	%0.44
Quote Volume	7	%0.43

Figure 2 illustrates the last 60 days predictions.Yellow line is actual bitcoin close price of daily, blue is predicted the price of closure.

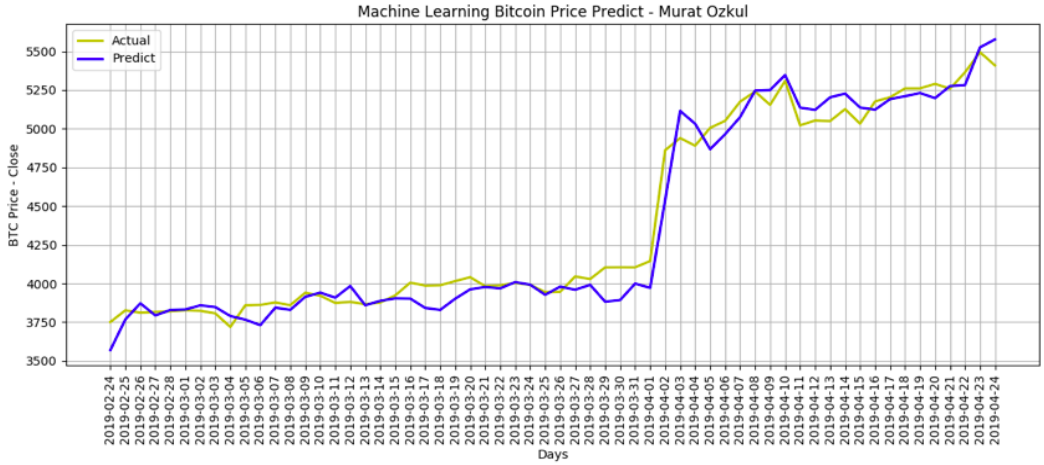


Figure 2. Last 60 day results

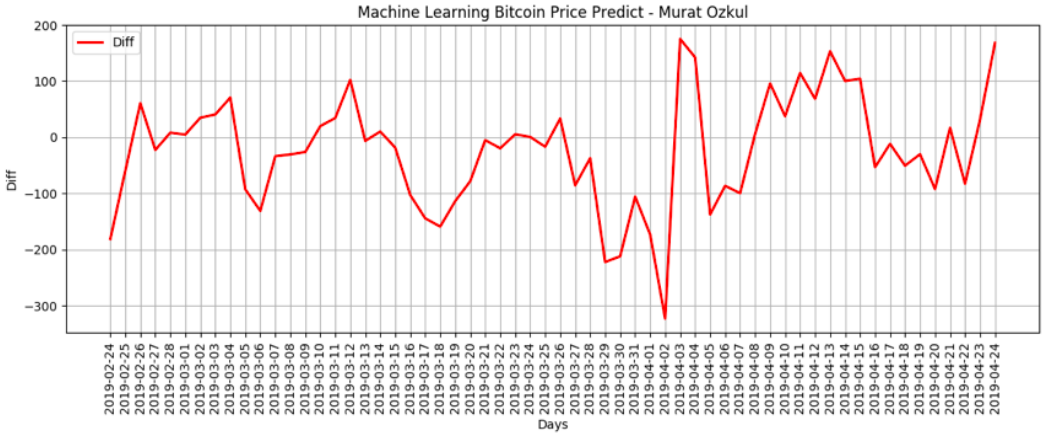


Figure 3. Prediction diff from actual price

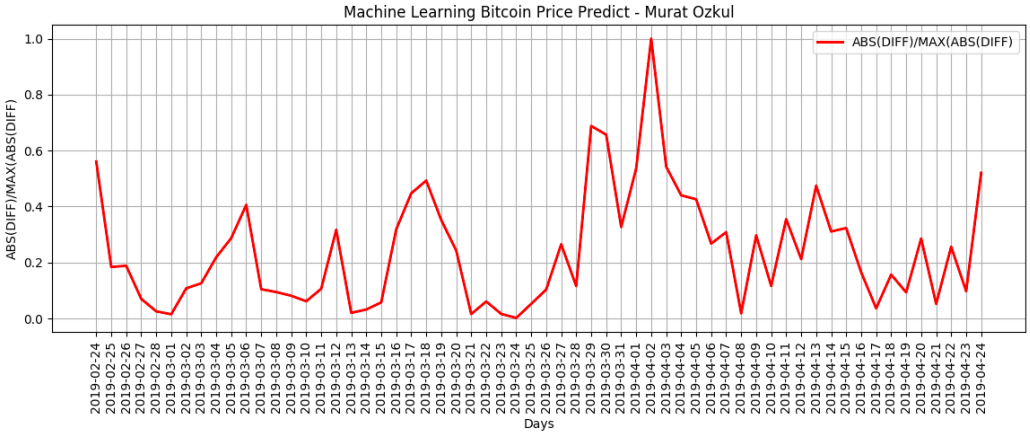


Figure 4. Normalization of diff

Figure 3 shows deviations between predicted and desired bitcoin prices. Figure 4 depicts the absolute normalized deviation. When the deviations are examined, it can be said that bitcoin news and rumors have been influential on that date.

Table 4. Deviation rates

Average deviation(%)	1,768855741
Highest / Low 1 deviation exclude	1,715088807
Highest / Low 5 deviation exclude	1,587914533

When the highest and lowest deviation values are deducted, a decrease in the average deviation values is observed as given in Table 4.

4. DISCUSSION & CONCLUSION

As a result, our model is more effective than other related studies. Probably our neural network has not been created perfectly. We need to work more appropriately with our data and results. We also need to take a look at the support vector machines (SVM) which analyse data used for classification and regression analysis and k-nearest neighbour (KNN) algorithms which is one of the simplest of classification algorithms for supervised learning.

If we want to estimate the bitcoin price in smaller time periods, we need either more computational power, or it will be necessary to reduce the estimators (how many different trees will be calculated) because the dataset to be trained in smaller time periods is larger. In some cases, the training may take longer than that time.

REFERENCES

Alpaydın E., Yapay öğrenme. İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 2011

Breiman L., “Random Forests”, Machine Learning, 45(1), 5-32, 2001.

Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2001). The elements of statistical learning (Vol. 1, No. 10). New York: Springer series in statistics.

Friedman, J., R. Tibshirani, and T. Hastie. Regularization paths for generalized linear models via coordinate descent, Journal of Statistical Software, Vol 33, No. 1, 2010

Kitts B. , Regression Trees, Reading, MA. 01867. USA

McNally, S., Roche, J., & Caton, S. (2018, March). Predicting the price of Bitcoin using Machine Learning. In 2018 26th Euromicro International Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing (PDP) (pp. 339-343). IEEE.

Quinlan J.R.,Induction of Decision Trees, 1986 Kluwer Academic Publishers, Boston

Nakamoto, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, 2008.

Scikit-Learn, http://scikit-learn.org/stable/modules/linear_model.html#bayesian-ridge-regression , 2019

Shah, D., & Zhang, K. (2014, September). Bayesian regression and Bitcoin. In 2014 52nd annual Allerton conference on communication, control, and computing (Allerton) (pp. 409-414). IEEE.

Stergiou C. and Siganos D., Neural Networks, Site: https://www.doc.ic.ac.uk

https://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html#What%20is%20a%20Neural%20Network ,2019

Zou, H. and T. Hastie. Regularization and variable selection via the elastic net, Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Vol. 67, No. 2, pp. 301–320, 2005.

HAVA HAVA FÜZE TASARIMI

Oğuzhan Önder Mesta
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Makine Mühendisliği
oguzhanmesta.21@gmail.com

Prof. Dr. Yusuf Çay
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
ycay@sakarya.edu.tr

Doç. Dr. Vezir Ayhan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
vayhan@sakarya.edu.tr

Özet

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte savaşlar artık tuşlar ile yapılır hale gelmiştir. Güdümlü füzeler, akıllı sistemleri sayesinde artık istenilen yere atılabilmekte ve tahribat gücü nedeniyle caydırıcı güç olarak kullanılabilmektedir. Bu yüzden füzelerin önemi günden güne artmıştır. Bu çalışmada HHF (Hava Hava Füze)'ler incelenmiştir. Ardından HHF tasarımları Catia ve Solid Works ortamında yapılmıştır. Gelişen yazılım ve bilgisayar teknolojisi ile birlikte gerçeğe yakın olan analiz sonuçları deneysel çalışmaların yerini almaya başlamıştır. Bu yazılımlardan bir tanesi olan hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımları ise özellikle akışkan ve ısı transferi ile ilgili olan ürünlerin analizlerinin yapılmasına ve performans değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu programlar kullanılarak süreklilik, momentum ve enerji denklemleri bilgisayar ortamında sayısal olarak çözülmekte, sıcaklık ve akış ile ilgili bilgilere ulaşılmakta ve değişik parametrelerin (örn; hız, basınç, sıcaklık vb.) elde edilmesine olanak sağlanmaktadır. Bu yazılımlardan diğer bir tanesi de yapısal analizdir. Yapısal analiz ile HHF üzerindeki deformasyonların, füze üzerine etki eden kuvvetlerin (kaldırma kuvveti, sürüklenme kuvveti, yanal kuvvetler gibi.) ve füze üzerine etki eden gerilmelerin elde edilmesine olanak sağlamaktır.Bu çalışmada temel bir HHF'nin dış tasarımı, Fluent programı yardımıyla HAD analizi, Mechanical program yardımıyla da yapısal analiz yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Yapısal analiz yapılırken, HAD ile yapısal analiz birleştirildi. Bu şekilde HAD'dan gelen veriler kullanılmış olup, istenilen sonuçlar elde edildi.

Anahtar Kelimeler: HHF, Füze, HAD, Yapısal Analiz, Fluent

DESIGN OF AIR AIR MISSILE

Abstract

Nowadays, with the developing technology, the battles are now made with the keys. With its intelligent systems, the guided missiles can now be thrown away at any where and can be used as a deterrent force due to the destructive power. Therefore, the importance of the missiles has increased day by day.In this thesis, AAM (Air Air Missile) is examined. Then AAM designs were made in the environment of CATIA and SOLID WORKS. With the developing software and computer technology, the results of the analyzes that are close to reality have begun to take the place of experimental studies. Computational Fluid Dynamics (CFD) software, one of these software, is used for analysis and performance evaluation of products especially related to fluid and heat transfer. Using these programs, continuity, momentum and energy equations are numerically solved in computer environment, information about temperature and flow is reached and different parameters (eg speed, pressure, temperature etc.) are obtained. The other one is structural analysis. Structural analysis allows the deformations on HHF to obtain the forces acting on the missile (such as

lift, drag, lateral forces) and the stresses acting on the missile.In this study, external design of a basic AAM, CFD analysis with the help of Fluent program, structural analysis with the help of the mechanical program were obtained. Structural analysis was combined with structural analysis with CFD. In this way, the data from CFD was used and the desired results were obtained.

Keywords: AAM, Missile, CFD, Structural Analysis, Fluent

1. GİRİŞ

Füzeler, güdümlü roket olarak da adlandırılabilir. Yani füzeler, roketlerin akıllı halleridir de diyebiliriz. Güdüm sistemleri sayesinde otonom olarak hedefe kitlenip hedefle buluşabilmektedirler. Havadan atılan füzelerin havada yönlendirme düşüncesi ilk olarak 2. Dünya Savaşı'nda uzaktan kumanda kullanılarak füzenin yönlendirilmesi şeklinde ortaya çıkmıştır, günümüze kadar geliştirilerek şimdiki halini almıştır ve geliştirilmeye devam etmektedir.

Günümüzde birçok sayıda hem uzun hem de kısa menzilli ve farklı görev türünde füzeler mevcuttur. Savunma sanayi sektörünün hızla büyümesi ve gelişmesi, sistemlerin güvenirliliğini ve hedefleri yakalamadaki başarılarını hızla arttırmaktadır. Bu sayede güdümsüz sistemlere göre daha maliyetli olmalarına rağmen görevdeki başarıları sayesinde daha fazla tercih edilmektedir. Görev türlerine göre füzeleri şu şekilde sınıflandırılır; Havadan Havaya Füze, Havadan Karaya Füze, Karadan Karaya Füze, Karadan Havaya Füze, Denizden Karaya Füze, Denizden Havaya Füze. Bu çalışmada, Havadan Havaya Füze'ler (HHF) çalışılmıştır.

Bugün dünyada seri üretime geçmiş Hava Hava Füzeleri temel aldığımızda az ülkenin kendi başına Havadan Havaya Füze [HHF] üretebildiğini görüyoruz. Bu ülkeler içerisinde özellikle A.B.D, Rusya, Çin, Brezilya, İngiltere ve İsrail gibi ülkeler, Hava Hava Füzeler konusunda diğer ülkelere göre oldukça ileri seviyededirler. Rusya'nın hız ve etkili menzil alanlarında diğer ülkelere göre önde olduğu, A.B.D ve İsrail'in ise teknolojik anlamda diğer ülkelere göre daha önde olduğu görülmektedir. [1].

Hava üstünlüğünü elde edebilmek için HHF'lerin manevra kabiliyeti hayati önemdedir. Aşağıdaki tabloda HHF'lerin manevra kabiliyetleri yer almaktadır.

Tablo 1 : HHF'lerin Manevra Kabiliyetleri [2]



Bu tablodan şu çıkarım yapılabilmektedir. Gelişmiş bir beyin var ve manevra kabiliyeti için uzuvlara ihtiyaç vardır. Bu uzuvlarda kanatçıklardır.

2. MATERYAL VE METOD

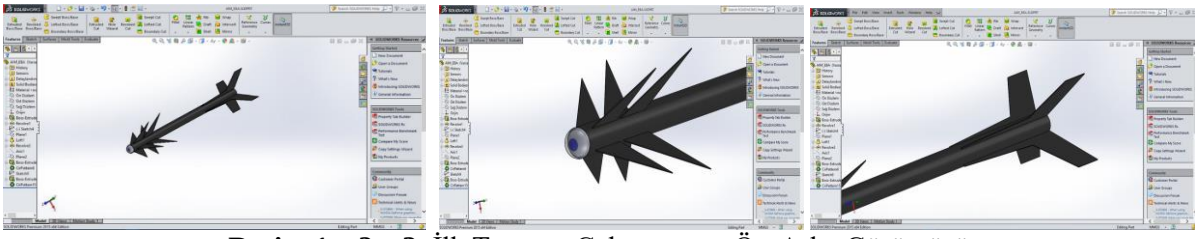
Temel olarak füzeye etki eden 4 kuvvet vardır. Füzenin havaya karşı uyguladığı, havanın füzeye karşı uyguladığı, diğer ikiside yer çekimi ve füzenin yer çekimine karşı uyguladığı kuvvetlerdir. Cismin

hareket etmesinin sebebi en büyük kuvvetin hareket yönünde olmasından ötürüdür. Füze tasarımında bu kuvvetlerin hayati önemi vardır.

Sürtünme kuvveti havanın akış sırasında cisme uyguladığı direnç kuvvetidir. Sürtünme kuvveti, füzeye etki eden toplam bileşke kuvvetlerinin bir bileşenidir ve füzenin uçuş rotasına dik yönde etki etmektedir. [3] Füzenin üzerinden geçen havanın akışına karşı sürekli bir direnç kuvveti uygular. Yatay hareketin gerçekleşebilmesi için itme kuvvetinin sürtünme kuvvetinden büyük olması gerekmektedir. Sürtünme kuvveti, sürtünme katsayısına, havanın yoğunluğuna, yüzeyin alanına ve füzenin hızına bağlıdır. [4] Füzenin sürtünmesinden bahsedilirken, gövde sürtünmesi, kanat sürtünmesi kuyruk sürtünmesi gibi bölümlerin tamamı düşünülür. Bu bölümlerin tamamı sürtünme kuvvetinden etilenmektedir. Örneğin füzede gereksiz bir çıkıntı olması parazit drug denilen olayı meydana getirmektedir. Bu türbilansa neden olmaktadır. Bu da ek kuvvet ihtiyacı meydana getirmektedir. Tasarımda bu faktörler dikkate alındı.

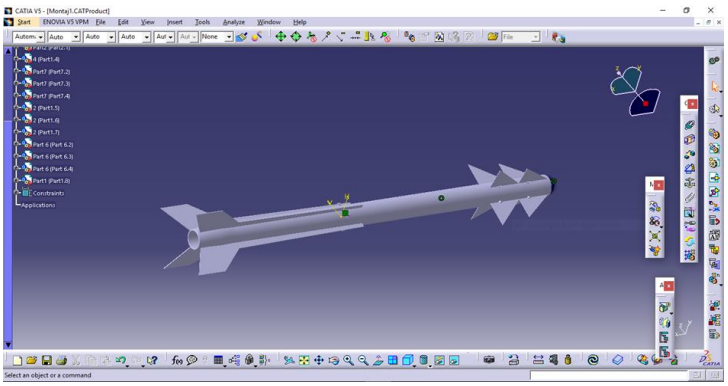
2.1. Yapılan Tasarım ve İyileştirmeler

İlk tasarım çalışması Solid Works'te yapılmıştır ve aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.

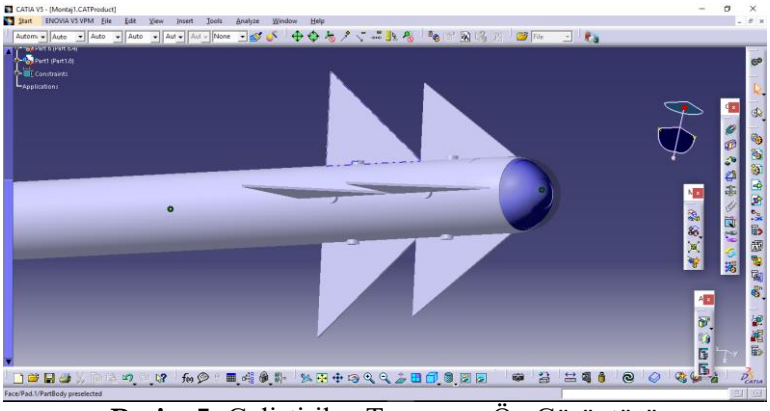


Resim 1 – 2 – 3: İlk Tasarım Çalışması ve Ön-Arka Görüntüsü

Bu tasarımında oluşacak sorunlar ön görülmüş ve tasarımda iyileştirmeler yapılmaya karar verilmiştir. Ön görülen sorunlardan bahsedecek olursak; ön katların çiziminden dolayı uçuş esnasında çok fazla hava sürtünmesine karşı karşıya kalınacağı ön görülmüştür. Ve dolayısıyla da kanatlar çok yüksek ısıya maruz kalacaklardı. Ayrıca füzenin hava sürtünmesine karşı harcadığı enerji olması gerektiğinden fazla olmuş olacaktı. Dolayısıyla da etkili menzil mesafesi olması gerekenden daha düşük olacaktı. Bu gibi önemli nedenlerden dolayı tasarımda değişikliğe gidilmiştir.



Resim 4 : Geliştirilen Tasarım



Resim 5: Geliştirilen Tasarımın Ön Görüntüsü

Yapılan değişilikler;

- Ön kanatların boyu ve uzunluğu kısaltıldı.
- Ön kanatlar, ön taraf ile geniş açı ile çizilmişti. Dik konuma getirildi.
- Ön kanatların hareket edebilmesi için füzenin iç bölgesi ile bağlantılı sistem konuldu.
- Arka kanadın yatay ile olan açısında düzeltmeler yapıldı.
- Arka kanatların boyları uzatıldı.

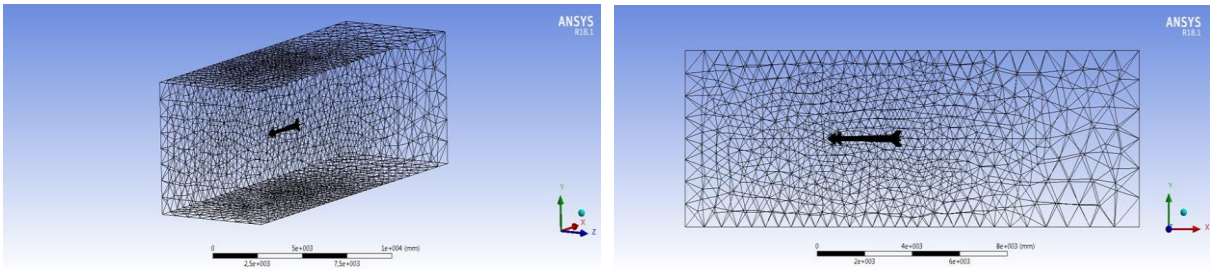
Bu değişiklikler ile akış analizine geçildi.

2.2. Akış Analizi

Uzun süreçler isteyen akışkanlar mekaniği problemlerini bilgisayar ortamında hesaplamalı akışkanlar mekaniği, matrisler oluşturularak kısa bir sürede çözümleyebilmektedir. Sonlu farklar, sonlu elemanlar, sonlu hacimler gibi metotların kullanılmasıyla oluşturulan çözümlemeler ile karmaşık ve uzun soluklu problemlerin kullanılan bilgisayarın performansına bağlı olarak hızlı ve etkili olarak çözümlenmesi sağlanmaktadır. Son yıllarda yaşanan bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişim, HAD paket programlarının da gelişmesine katkı sağlamıştır. [5] Bu çalışmada tasarımın analiz işleminde Ansys 18.1 kullanılmıştır.

Sınır Şartları ve Analiz Ayarları;

- Havanın termofiziksel özellikleri sabit,
- Türbilanslı akış şartı,
- Füze hızı 4 Mach'tır.
- Standart Earth Gravity dediğimi yer çekimi ivmesi 9,80665 m/s² 'dir.
- Füze arka kısmından sabitlenmiştir.



Resim 6 -7: Havanın Geçeceği Alan

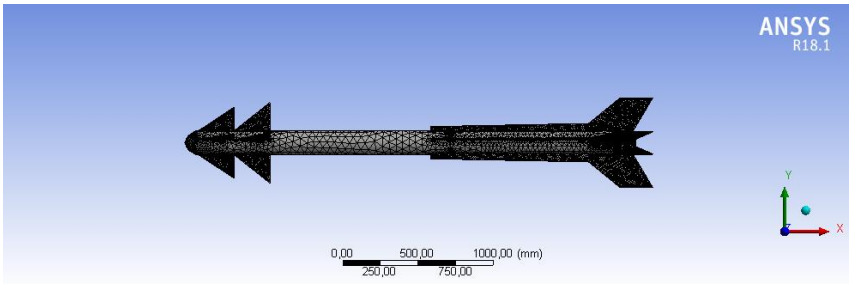
Bu çalışmada havacılıkta kullanılan Spat-Allmaras türbilans modeli kullanılmıştır. Türbilans modelleri akış analizleri doğruluğu içi hayati önemdedir. [6] Bu yüzden havacılıkta kullanılan Spat-Allmaras türbilans modeli seçilmiştir.

2.3 Meshing

Ağ, sayısal hesaplama alanının çok küçük alt hesaplama hücrelerine bölünmesi ve gerekli olan matematiksel çözümlerin tüm bu ağlarda ayrı ayrı yapılmasıyla oluşur. Sonrasında çözümleri bütünleştirilerek tüm hesaplama alanı içerisinde çözümün son halinin elde edilmesi için kullanılmaktadır. Ağ yapısının, simülasyonun sayısal çözüm dengesi ve doğruluğu üzerinde büyük bir etkisi olduğu bilinmektedir. Model geometrisi, ağ tarafından tanımlanan kontrol hacimleri ile belirlenmektedir. Hesaplama alanı içindeki ağ yoğunluğu ne kadar fazlaysa akışkan dinamiğinin çözüm hassasiyeti de o kadar artmaktadır. [7-9] Bu çalışmada üçgen ağ yapısı seçilmiştir.

Sayısal çözüm için önemli olan düğümlerin kalitesine bakıldığında Skewness değerinin 0'a yaklaştıkça kalitesinin yükseldiği, 1'e yaklaştıkça kalitesinin azaldığı bilinmektedir. Bu çalışmada hazırlanan model üzerinde kurulan düğümlerin "Skewness" değerleri yani çarpıklık değerleri incelendiğinde %90'a yakın bölümünün düğüm kalitesi 0,1 değerinin altındadır. Yapılan düğümlemede 142.228 nodes ve 80.673 element bulunmaktadır
Yapılan mesh ayarlarınadan bahsedecek olununrsa;

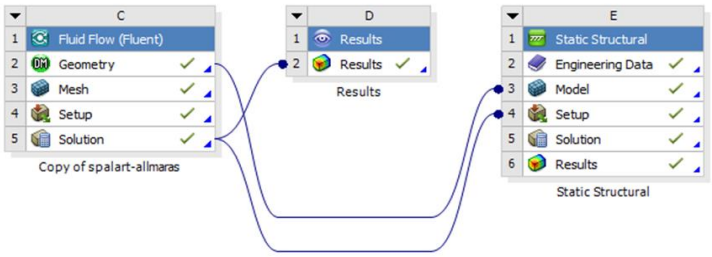
- Size function kısmındaki sekme proximity and curvature kısmına getirilmiştir,
- Revelence center fine sekmesine getirilmiştir,
- Transition slow, yani yumuşak geçiş yumuşak geçiş yapılmıştır,
- Span angle center fine olarak işaretlenmiştir.



Resim 8: HHF Mesh Ekran Görüntüsü

2.4.Yapısal Analiz

Analiz yapılırken programlarda sonlu elemanlar yöntemi kullanılır. Bu yöntemin kullanılmasıyla beraber bilgisayarın performansına bağlı olarak uzun ve karmaşık problemlerin çözülmesi hızlı ve etkili olmaktadır. Akış analizinden gelen verileri yapısal analiz ile birleştirip gerekli olan sürüklenme kuvveti, kaldırma kuvveti, yanal kuvvetler, deformasyon, çekme ve bası gerilmeleri gibi değerleri elde edebilmekteyiz.

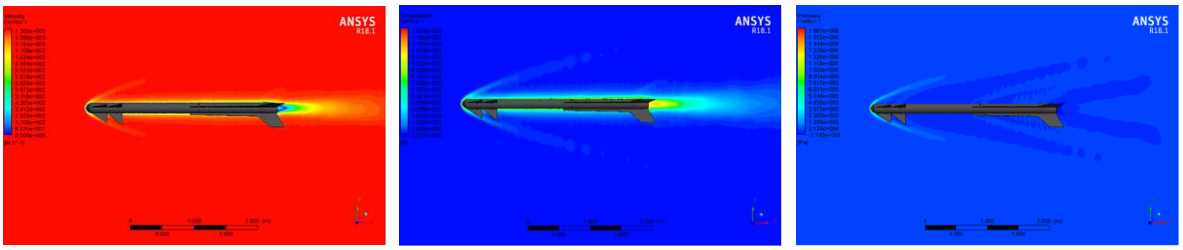


Resim 9: Akış Analizi ile Yapısal Analizi Birleştirme

Şekilde görüldüğü gibi yapılan akış analizi, yapısal analize bağlanmıştır. Akış analizinin "Geometry" kısmı yapısal analizin "Model" kısmına, "Solution" kısmı da yapısal analizin "Setup" kısmına bağlanmıştır. Bu şekilde yukarıda bahsedilen değerler elde edilebilecektir. Sınır ve analiz ayarları akış analizde anlatıldığı gibidir.

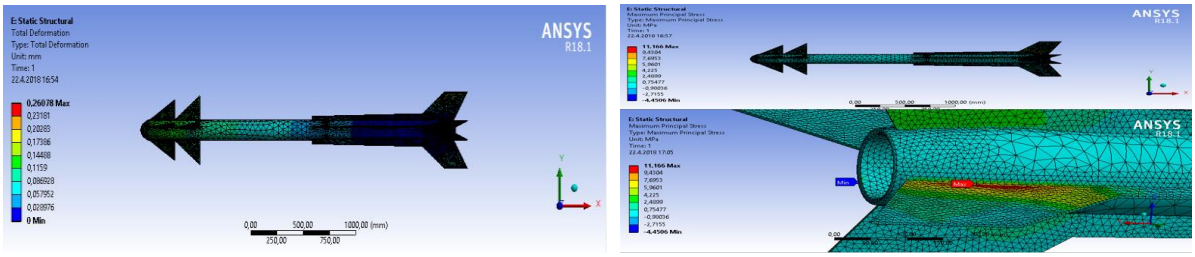
3. SONUÇ

Akış analiz sonuçları resimlerle beraber aşağıdadır.

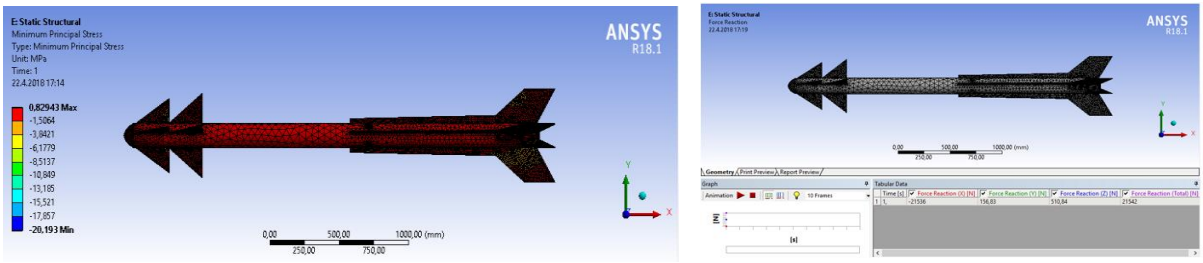


Resim 10-11-12: Hız-Sıcaklık-Basınç Sonuçları

Çıkan maksimum ve minimum şu şekildedir;
Hız (Velocity): 1393.36 m/s ve 0 m/s. Resim 10'da füzeye gelen havanın hızı görülmektedir. Burada füze sabit ve hava hızı 4 Mach'tır.
Sıcaklık: 1243.71 K ve 292.701 K. Resim 11'de görüldüğü üzere sıcaklık uç kısımlarda fazladır. Bu noktada ısıya dayanıklı malzeme seçimi bu noktada önemli olacaktır.
Basınç: 1.69e+06 Pa ve -77398.1 Pa. Resim 12'de havanın yaptığı baskı ön tarafta doğal olarak arka taraflara göre daha fazladır. Sonucun eksi çıkması vakum olduğunu göstermekredir.
Yoğunluk (Density): 5.11 kg/m^3 ve 0.108586 kg/m^3'tür.
Yapısal analiz sonuçları resimlerle beraber aşağıdadır.



Resim 12-13: Deformasyon ve Maksimum Principal Stress



Resim 14-15: Minimum Principal Stress ve Force Reaction

HAD'taki veriler ANSYS'in Mechanical modülüne aktarılıp yapısal analiz yapılmıştır. Çıkan maksimum ve minimum souçlar şu şekildedir;
Total Deformasyon: 0.260 mm ve 0 mm
Maksimum Pricipal Stress: 11.166 MPa ve -4.450 Mpa
Equivalent Elastic Strain: 8,2546e-005 ve 8,6816e-008
Minimum Principal Stress: 0,82943 MPa ve -20,193Mpa
Force Reaction: X: -21536 N Y: 156,83 N Z: 510,84 N Total: 21542 N

4. TARTIŞMA

Sonuç kısmının akış analizi değerlendirilecek olunursa; füze sabit ve hava hızı 4 Mach'tır. Sıcaklık sonucundan da anlaşılacağı üzere füzenin uç kısmında beklendiği gibi sıcaklık fazladır ve uç kısımdaki malzeme seçimi yapılırken buna dikkat edilmelidir. Basınç sonuçlarından çıkan eksi değer füzenin

arka kısmında vakum etkisi yaratmaktadır. Bu da türbilans meydana getirmektedir ve hava akışını bozmaktadır. Bu yüzden füzenin dengesinin bozulmaması adına jiroskop sistemleri kullanılmaktadır. Yapısal analizin değerlendirmesi yapılacak olunursa; akış analizinden gelen veriler yapısal analize bağlandı ve füze üzerinde oluşan deformasyonlar, bası gerilmeleri, çeki gerilmeleri, elastik gerilme ve gerekli olan motor kuvveti bulundu. Deformasyon kabul edilebilir değerde çıkmıştır. Maksimum principal stress, füze üzerine gelen bası gerilmesini göstermektedir ve füzenin hemen hemen her kısmında oluşmaktadır. Minimum principal stress, füze üzerindeki çeki gerilmelerini göstermektedir ve füzenin arka kanat kısımlarında oluşmaktadır. Beklenildiği gibi elastik gerilme de füzenin arka kanatlarında meydana gelmektedir. Force reaction, x,y ve z yönlerindeki füzeye etki eden kuvvetleri göstermektedir. Bu da füzeye gerekli motor kuvvetini göstermektedir. Sonuç olarak füze tasarmında herhangi bir sorun ile karşılaşılmamıştır. Kullanıma uygundur.

Verilebilecek öneri; tablo 1'de gösterildiği üzere füze manevra kabiliyeti üzerinde durulmuştur. Tabloda belirtilen füzeler incelendiğinde kanatçıkların manevra kabiliyetinde oldukça önemli rolü olduğu anlaşılmaktadır. Yani füze üzerindeki kanatçıklar doğru bir şekilde arttırıldığında manevra kabiliyeti artabileceği ön görülmektedir. Sonraki çalışmalarda kantçıkların manevra kabiliyeti üzerine çalışmalar devam ettirilebilir.

TEŞEKKÜR
Bu çalışmada verdiği desteklerden dolayı değerli hocam Sn. Prof. Dr. Yusuf Çay'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR
[1] KILIÇ H. (2014), *Modern hava savaşının okları- Havadan Havaya Füzeler – 1*, 22 Mart 2019 tarihinde kokpit.aero: http://www.kokpit.aero/hava-hava-fuzeleri-hakan-kilic adresinden alındı.

[2] KILIÇ H. (2014), *Modern hava savaşının okları- Havadan Havaya Füzeler – 1*, 22 Mart 2019 tarihinde kokpit.aero: http://www.kokpit.aero/hava-hava-fuzeleri-hakan-kilic adresinden alındı.

[3] PEKER S., HELVACI Ş., (2003), *Akışkanlar Mekaniği:Kavramlar, Problemler, Uygulamalar*, İzmir, Literatür Yayıncılık

[4] LEE, R. G., (1998), *Guided Weapons*, Third Edition, Brassey's, London

[5] FLUENT INCORPORATED, (2006), *FLUENT 6.3 user's guide*, Fluent Inc., Lebanon 10001864

[6] ANONİM, *TÜRBİLANS Modellerinin Kullanımı,* 04.05.2018 tarihinde Analizokulu: http://www.analizokulu.com/bazi-turbulans-modellerinin-kullanimi/ sitesinden alındı.

[7] VERSTEEG, H.K., MALALASEKERA, W., (1995), *Computational fluid dynamics*, 102-157 London, Pearson Prentice Hall,

[8] KAYATAŞ, N., (2003), *İç İçe Borulu Bir Isı Degiştiricisinde Isı Transferinin İyileştirilmesinin Nümerik Olarak Incelenmesi*, Y. Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[9] BAYSAL, E., (2009), *Eşmerkezli Borulu Isı Değiştiricilerinde Helisel Türbülatörlerin Etkilerinin Deneysel Ve Sayısal Olarak İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

ÇEVRİMİÇİ ANKET SEKTÖRÜ İÇİN KULLANICI KAYIP ANALİZİ

Neslihan Bilgin
Sakarya Üniversitesi / Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi / Bilişim Sistemleri Mühendisliği
neslihanbilginn@gmail.com

Özet

Rekabet, her sektörün şirketlerini pazardaki payını ve konumunu koruması için akıllıca adımlar atmaya zorlamasıdır. Geleneksel işletmeler gibi çevrimiçi işletmeler de memnun olmayan kullanıcılarla aynı zorlukta yüzleşmektedir. Çevrimiçi anket sektörü, kullanıcılarına farklı kategorilerde çeşitli anketler sunan bir platformdur. Kullanıcılar bu anketleri web veya mobil uygulamalar aracılığıyla doldurduktan sonra puan kazanmaktadır. Anket sektöründe birkaç rakip hızla ortaya çıkmakta ve bu da piyasayı hızla daraltmaktadır. Ayrıca aktif anket kullanıcılarının pazar payı üzerinde çok önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle kullanıcıları aktif tutmak şirketin en önemli meselesi olarak ele alınmaktadır. Yeni kullanıcıları elde etmek yerine mevcut kullanıcıları elde tutmak için kayıp analizi kullanılması, önceki kayıp analizi çalışmalarına göre daha ucuz olmaktadır. Bu çalışmada, şirketi bilinçli olarak terk eden gönüllü kayıp kullanıcıları üzerinde durulmaktadır. Kayıp olan kullanıcılar, arka arkaya on anket doldurmamış olan kullanıcılar olarak belirlenmiştir. Bu kayıp kullanıcıların demografik verileri, coğrafi verileri, kazanılan puanları, tercih edilen anketler ve şikayetleri, kayıp olan kullanıcı davranış modelini bulmak için incelenmiştir. Daha önce bahsedilen değişkenlere dayanarak, bir kullanıcının kayıp olup olmadığını anlamak için kullanıcıların geçiş yolları keşfedilecektir. Geçiş yolları, tahmin için iyi bilinen bir karar ağacı tekniği olan Lojistik regresyon tekniğinde incelenecektir. Ayrıca, sınıflandırma performansları Under Under Area Area (AUC) ve PCC ile değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Veri madenciliği, Kayıp analizi, Tahmin

Customer Churn Analysis for Online Survey Sector

Abstract

Competition is every sector challenges companies to take wise steps to prevent share and position in the market. Like traditional businesses, online businesses also face the same challenge, unsatisfied customers. Online survey business is a platform about delivering various surveys to their users with different categories. Users get points after filling these surveys via the web or mobile applications. In survey sector, several competitors arise quickly and this narrows the market. Also, active survey users have a significant effect on market share. Therefore, keeping users active would be handled as the company's vital matter. Thus, using churn analysis to retain the existing users instead of acquiring new users, would be cheaper according to previous churn studies. In this study, we focus on voluntary churn users who left the company on purpose. Churn users were determined as users who did not fill ten surveys consecutively. These churn users' demographic data, geographic data, earned points, preferred surveys and complaints were examined to find a pattern of churn behavior. Based on variables which aforementioned before, users' transition paths will be discovered to understand whether a user churn or not. The transition paths will be examined in Logistic Regression technique, which is a well-known decision tree technique for prediction. In addition, classification performances will be evaluated with Area Under Curve (AUC) and PCC.

Keywords: Data mining, Churn analysis, Prediction

1. GİRİŞ

Sürekli değişen ve gelişen teknojiler, rekabet ortamları işletmelerin ayakta kalmalarını zorlaştırmaktadır. Pazardaki rekabetin büyümesi, kullanıcıların isteklerinin artması sebebiyle yapılan yenilikler hızla değişmektedir. İşletmeler değişen ve büyüyen bu rekabet ortamında devamlılıklarını sağlayabilmek için tüm süreçlerinde kullanıcıya fayda sağlayacak yeniliklere açık olmalıdır. Süreçlerin çeşitliliği ve kullanıcıların beğenmeleri ve tatmin olmaları zorlaşmıştır. Bu nedenle yeni kullanıcılar kazanmak ve var olan kullanıcılarını elde tutmak için yeni hedefler belirmelidir. Kullanıcılar üzerinde analizler yapmak ve kaybetme olasılığı yüksek olan kullanıcıların nedenlerini belirleyip onlara özel çalışmalar gerçekleştirmek işletmelerin öncelikli hedefleri haline gelmiştir. Kullanıcıların isteklerini karşılayacak işler tasarlamak ve memnuniyeti sağlamak işletmenin öncelikli amacıdır. Hızla gelişen teknoloji işletmelerin pazarda benzer birde çok rakiplerinin oluşmasını sağlamaktadır. Bu nedenle pazarda birbirine benzeyen birden fazla işletme ve ürün ortaya çıkmaktadır. Kullanıcılar da alternatifleri değerlendirip ona en fazla yarar sağlayacağını düşündüğü işletmeyi tercih etmektedir. Tam bu noktada marka sadakati önemli bir faktör haline gelmiştir[6].

Gelişmekte ola sektörlerden biri de çevrimiçi anket sektörüdür. Anket sektöründe kullanıcılara fayda sağlayacak bir ortam hazırlanıp istenilen anketler online olarak sunulmaktadır. Kullanıcı anket doldurdukça puan kazanıp, puanlarını istediği şekilde harcayabilmektedir. Özellikle yeni işletmelerinde pazara girmesiyle sadık kullanıcının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Kullanıcılar bu sektördeki uygulamaların yarar sağlamadığını düşündüğü sektörde farklı işletmelere geçişleri kolaylaşmıştır. Bu nedenle mevcut müşteri içerisinde kayıp olmaya yakın olan kullancıları analiz edip onlar için özel çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

2. MATERYAL VE METOD

İşletmenin mevcut kullanıcılarını tanıması, kullanıcı kaybını analiz ederek bu kayıpları önceden tahmin etmesi ve diğer birimlerle iş birliği içerisinde çalışması işletmeye fayda sağlamaktadır[8]. Pazarda işletmenin önemi aktif kullanıcılarına göre belirlenmektedir. Sürekli gelişen pazarda birçok online anket platformu bulunmaktadır. İşletme tüm süreçlerini incelemekle birlikte kullanıcılarının tüm demografik bilgilerini ve bu duruma sebep olan tüm nedenleri değerlendirmesi gerekmektedir[2]. Yeni kullanıcılar kazanmak işletme için maliyetli ve zahmetli olacaktır. Varolan kullanıcıların kaybını önlemek o işe nazaran daha kolaydır. Bu nedenle memnun olmayan kullanıcılara yönelik çalışmalar işletmeye hem pazarda öne çıkmasını sağlayacak hem de gelirinin artmasına yardımcı olacaktır. Memnun olmayan kullanıcıların nedenlerini doğru anlayabilmek ve çözüm yollarını iyi seçebilmek bu noktada çok önemlidir.

Kullanıcı kaybı zorunlu ya da isteğe bağlı olarak değişmektedir [1]. Zorunlu ayrılıklar kullanıcının vefat etmesi, taşınması gibi durumlarla oluşabilir ve bu durumlar analiz edilirken göz ardı edilecektir. İsteğe bağlı ayrılıklar ise kullanıcının uygulamadan yararlanmadığını düşünmesiyle gerçekleşmektedir. Bu ayrılıkları kullanıcı şikayetlerini incelenerek de analiz edilebildiği gibi işletmenin memnun olmayan kullanıcıların sebeplerini öğrenerek olası ayrılmalara karşı önlemler almasını sağlayacaktır. Kullanıcıların demografik bilgileri, paneldeki anketlerin sıklığı, anketlerin puanlamaları, kampanyalar ve birçok sebep incelendiğinde kayıp edilme olasılığı yüksek olan kullanıcılara özel içerikler hazırlanacaktır. Amaç var olan kullancıların tüm süreçlerini analiz ettikten sonra diğer birimlerle iletişime geçilip o kullanıcıların ayrılmaması sağlamak, kullanıcının sadakatinin ve memnuniyetinin kazanılması için çalışmalar gerçekleştirmektir.

Günümüzde hızla gelişen teknolojiler sayesinde tüm işletmelerin verileri büyümekte ve anlamını kaybetmektedir. Bu sebeple veriler anlamını kaybetmemesi için çalışmalar yapılmaktadır. İşletmenin pazardaki yerini koruması için bu verileri işlemeli ve sonuçları tüm birimlere rehberlik edecek hale getirmelidir. Kullanıcı kayıp analizi ile bu veriler arasında ilişkileri, örüntüleri anlamlı verileri keşfetmek için kullanılmaktadır. Lojistik regresyon ile kullanılacak olan yöntem ve araçlar kayıp edilme olasılığı olan kullanıcıları tahmin etmek için yardımcı olacaktır. Lojistik regresyon yöntemi uygulanarak yapılan çalışma değişkenlerin kullanıcı kayıbı üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Yapılan örnek çalışmalardan birinde tedarik zincirinde müşteri siparişleri lojistik regresyon yöntemi

ile analiz edilmektedir. Bu analize göre değişkenlerin sipariş gecikmeleri üzerindeki etkisi araştırılmaktadır [3].

Kullanıcı kayıp analizi, işletmenin değişkenler yardımıyla kullanıcılarının kayıp olma ihtimali olanlarını tahmin etmek için kullandığı yöntemdir. İşletmelerin bu değişkenlere göre önlemler alması pazardaki stratejilerini belirlemesi ve aktif kullanıcıları ile fark yaratmalarını sağlayacaktır. Bu araştırmanın amacı kayıp kullanıcıların cinsiyet, yaş, medeni durum, anket doldurma sayıları gibi bir çok değişkene göre etkilerini belirlemek ve önceden tahmini gerçekleştirip işletmeye fayda sağlamaktır.Çevrimiçi anket platformunda İstanbul ilinde ki kullanıcılara ait veriler toplanmıştır. İstanbul ilinde bulunan kullanıcılar online anket platformunun %45'ini oluşturmaktadır. Kullancılar son 3 ay içerisinde herhangi bir anket doldurmadığı ve uygulamaya giriş yapmadıkları taktirde kayıp kullanıcı olarak kabul edilmektedir. Kullancıların %70'i ise uygulamayı kullanmayı bıraktıkları görülmektedir. Bu kullanıcıların kayıp olmadan önceki hareket dökümü ve kişisel bilgileri incelenerek kayıp geçiş yolları keşfedilmesi amaçlanmaktadır.

2.1. Veri seti

Çevrimiçi anket platformunda analiz edilmek isteen kullanıcıların demografik verileri, coğrafi verileri, tercih edilen anketler ve şikayetleri, kayıp olan kullanıcı davranış modeli bulmak için veri seti hazırlanmıştır. Kullanıcıların cinsiyet, yaş, medeni durum, eğitim seviyesi, çalışma durumu , aylık gelir, sayısının ortalaması, şikayet sayıları analiz edilmek için toplanmıştır. Anket doldurma sayısı herbir kullanıcının 12 aya ait verileri alınıp ortalamaları çıkarılmış ve analize bu şekilde dahil edilmiştir. Kullanıcı kayıp analiz veri setinde bulunan bağımlı değişken kullanıcının 'Kayıp' ve 'Kayıp değil' durumu olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler ise iki kısıma ayrılmıştır. Kategorik bağımsız değişkenler cinsiyet, ses, medeni durum, eğitim seviyesi, mezuniyet durumu, çalışma durumu, aylık net gelir olarak belirlenmiştir. Kategorik olmayan değişkenler ise yaş, anket doldurma sayısının ortalaması, şikayet (giriş, anket ve ödeme) olarak hazırlanmıştır.

2.2. Analiz

Kullanıcı kayıp analizi için lojistik regresyon yöntemi kullanılmakta ve SPSS istatistik programı kullanılmaktadır. SPSS istatistik programı ile verilerin frekans dağılımları, yüzdeleri ve lojistik regresyon yöntemi yapılmıştır. Tablo 1'de çalışmanın kategori olarak belirlenen değişkenlerin bilgileri yer almaktadır. Bu bilgilere göre kullanıcıların cinsiyet, ses, medeni durum, eğitim seviyesi, mezuniyet durumu, çalışma durumu ve aylık net gelirine ilişki frekans ve yüzde dağılımı görülmektedir.

Tablo 1. Kategorik Bağımsız Değişkenler

Cinsiyet	**f**	**%**
Kadın	75	37,5
Erkek	125	62,5
Ses		
E	4	2,0
D	10	5,0
C2	29	14,5
C1	53	26,5
B	32	16,0
A	32	16,0
Medeni Durum		
Bekar	104	52,0
Evli	89	44,5
Eğitim Seviyesi		
Öğrenci	59	29,5

Mezun	138	69,0
Mezuniyet Durumu		
İlkokul	4	2,0
Ortaokul	16	8,0
Normal Lise	40	20,0
Önlisans/ Yüksekokul	34	17,0
Lisans	49	24,5
Lisansüstü	13	6,5
Meslek Lisesi	25	12,5
Açıköğretim	11	5,5
Çalışma Durumu		
Çalışmıyor	40	20,0
Çalışıyor	124	62,0
Aylık Net Gelir		
0 - 2000 TL	40	20,0
2001 – 5000 TL	127	63,5
5001 - üzeri	17	8,5

Tablo 1 incelendiğinde; kullanıcıların cinsiyet %37,5 Kadın, % 62,5 Erkek, Ses sınıfına bakıldığında %2 E grubu, %5 D grubu, %14,5 C2 grubu, %26,5 C1 grubu, %16 B grubu, %16 A grubu, medeni durumlarına bakıldığında %52 Bekar, %44,5 Evli, eğitim seviyelerine bakıldığında %29,5 öğrenci, %69 mezun, mezuniyet durumlarına bakıldığında %2 ilkokul, %8 ortaokul, %20 normal lise, %17 önlisans, %24,5 lisans, %6,5 lisansüstü, %12,5 meslek lisesi, %%5,5 açıköğretim, çalışma durumlarına bakıldığında %20 çalışmıyor, %62 çalışıyor, aylık net gelirlerie bakıldığında %20 0-2000 Tl , %63,5 2001- 5000 Tl , %8,5 5001- üzeri olarak görülmektedir.

Bahsedilen bağımsız değişkenlere dayanarak bir kullanıcının kayıp olup olmadığını ve nedenlerini anlamak için kullanıcıların geçiş yolları keşfedilecektir. Geçiş yolları Spss binary lojistik regresyon ile tahmin edilip yorumlanacaktır. Tablo 2'de analizde veriler bağımlı değişkene göre tahmin edildiğinde;

'Kayıp' kabul edilen verilerde 4 kullanıcıyı 'Kayıp Değil', 'Kayıp değil' kabul edilen verilerde ise 11 kullanıcıyı 'Kayıp' olarak tahmin etmektedir. Böylece analiz %89 oranında bir tahmin yürütmektedir.

Tablo 2. Lojistik regresyon tahmin tablosu

Classification Table[a]

Observed			Predicted		
			Üye durumu		Percentage Correct
			Kayıp	Kayıp D	
Step 1	Üye durumu	Kayıp	79	4	95,2
		Kayıp D	11	40	78,4
	Overall Percentage				88,8

a. The cut value is ,500

Bağımlı değişkene göre significance değeri her bir bağımsız değişken için anlamlı ya da anlamsız olması durumunu Tablo 3'de ki gibi bir tahmin üretmektedir. Anket doldurma sayısının ortalaması significance değeri ,000 oranında yüksek bir değere sahip ve her artışta exponential değerinde 1 kat etkiye sahiptir. Çalışma durumu 'Çalışıyor' ise significance değeri %2 oranında exponential değerinde 6 kat etkiye sahiptir. Yaş değişkeni ise significance değeri %9 oranında exponential değerinde 1 kat etkiye sahiptir.

Tahmine göre; çevrimiçi anket kullanıcılarının analizdeki tüm verileri sabit tutulduğunda yaş değişkeinin her birim arttığında, kullanıcı 'çalışıyor' durumuna geçtiğinde, anket doldurma sayısı

yükseldiğinde 'Kayıp' olan kullanıcıların 'Kayıp Değil' doğru pozitif yönde ilerlemesi tahmin edilmektedir.

Tablo 3. Lojistik regresyon

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I.for EXP(B)	
								Lower	Upper
Step 1[a]	Yas	,075	,044	2,851	1	**,091**	**1,077**	,988	1,175
	ÇalışmaDurumu(1)	1,845	,838	4,846	1	**,028**	**6,325**	1,224	32,681
	Doldurmasayisi	,515	,142	13,211	1	**,000**	**1,673**	1,268	2,208

a. Variable(s) entered on step 1: Cinsiyet, Yas, SES, MedeniDurum, EğitimSeviyesi, MezuniyetDurumu, ÇalışmaDurumu, AylıkNetGelir, Doldurmasayisi, Loginsayisi, ŞikayetBlokeGirişSorun, ŞikayetAnketKampanya, ŞikayetÖdemePuanTransfer.

3. SONUÇ

Bu çalışmada çevrimiçi anket sektöründe kullanıcıların bahsedilen değişkenleri ile kayıp olma olasılığında ki geçiş yolları tahmin edilmeyi amaç edinilmiştir. Yapılan çalışmanın bu sektöre ait örneği bulunmamaktadır. Çalışmaların birinde tedarik zinciri üzerinde lojistik regresyon yöntemi uygulanıp geçiş yolları tespit etmeyi hedeflemiştir[6].

Kullanıcı kayıp analizi çevrimiçi anket uygulamasında 200 kullanıcı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kullanıcıların kayıp olma olasılığının anket doldurma sayısı, çalışma durumu ve yaşı ile ilişkili olduğunu tahmin etmiştir.

4. TARTIŞMA

Farklı veri setlerinde analiz sonuçları değişkenlik gösterecektir. Daha büyük veriler analiz edildiğinde değişkenlere göre analiz daha anlamlı sonuçlar üretebilir.

KAYNAKLAR

[1] S. E. Şeker, "Müşteri Kayıp Analizi (Customer Churn Analysis)," *YBS Ansiklopedi*, vol. 3, no. 1, pp. 26–29, 2016.

[2] J. Lu and D. Ph, "Predicting Customer Churn in the Telecommunications Industry — An Application of Survival Analysis Modeling Using SAS â."

[3] A. UZUN and S. BAŞ, "Tedarik Zincirinde Müşteri Siparişlerinin Lojistik Regresyon Analizi İle Değerlendirilmesi," *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Derg.*, vol. 11, no. July, pp. 67–81, 2018.

[4] J. Blodgett and K. L. Wakefield, "The Effects of Customer Service on Consumer Complaining Behavior Journal of Services Marketing Article information :," no. October 1995, 2016.

[5] G. Nie, W. Rowe, L. Zhang, Y. Tian, and Y. Shi, "Credit card churn forecasting by logistic regression and decision tree," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 12, pp. 15273–15285, 2011.

[6] G. Ö. T. Türker and A. Türker, "Gsm Operatörleri Sektöründe Marka Sadakatini Etkileyen Faktörleri Belirlenmesi; Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Uygulama," *Electron. J. Vocat. Coll.*, pp. 49–67, 2013.

[7] V. Taras, E. Memili, Z. Wang, and H. Harms, "MÜŞTERMemnuniyetiTahmininde YapaSinir AğlariLojistik Regresyon Ve AyirAnalizinin Performanslarinin Karşilaştirilmasi," *Manag. Res. Rev.*, vol. 41, no. 2, pp. 225–251, 2018.

[8] J. Blodgett and K. L. Wakefield, "The Effects of Customer Service on Consumer Complaining Behavior Journal of Services Marketing Article information :," no. October 1995, 2016.

BENZETİM MODELLEMESİ İLE LASTİK SEKTÖRÜ LOJİSTİK DEPARTMANINDA SÜREÇ OPTİMİZASYONU

Dr. Öğr. Üyesi. Burcu Özcan
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr

Sibel SEVER
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Yüksek lisans Programı
sibelsever70@gmail.com

Özet

Benzetim, karmaşık yapıya sahip sistemlerin iç yapısını ya da karmaşık sistemlerin bir alt sistemini incelemek amacıyla ve uygulamadan önce yeni politika ve tasarımları deneyerek sistem durumunun ne olacağını görmek için kullanılmaktadır. Böylece benzetim sayesinde girdi verileri değiştirilerek ve sonuçlar incelenerek, sistem değişkenlerinden hangisinin daha önemli olduğu ve değişkenlerin birbirlerini etkileri hakkında bilgi edinilebilir.

Benzetim çalışması problem çözümünde son derece güçlü bir yardımcı niteliğinde olup, kullanımının birçok avantajı vardır. Bu avantajlardan biri; parametrelerin, yeni politikaların, ya da çalışma koşullarının denenmesine imkan tanıyarak sistem verimliliğinin ve performansının oluşan yeni koşullar için tahminini yapar. Gerçek sistemin işleyişini bozmadan denenmesini sağlar.

Benzetimin yaygın olarak kullanıldığı alanlar; kapasite analizi ve planlanması, ekipman ve personel planlanması, kaynak ihtiyaç analizi ve planlanması, darboğaz ve kısıt analizi, üretim planlama, lojistik planlama örnek olarak gösterilebilir.

Çalışmanın amacı Lastik Sektörü'nde yer alan bir firmanın Lojistik Departmanı'nda meydana gelen beklemelerin nedenini ortaya koymaktır. Sevk noktalarına araçlar geldikten sonra, Lojistik Departmanı'nda yer alan konveyörlerde sevk için geçen sürede meydana gelen beklemeler sonucu oluşan darboğaz konusu incelenecektir.Bu amaç ile Lojistik Departmanı'nın sevk için geçen süreler esas alınarak konveyörler bazında inceleme yapılmıştır. Böylece Lojistik Departmanı'nın bir benzetim modeli kurularak, Arena programı ile sistem analiz edilmiş, iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Benzetim, Arena Programı, Darboğaz, Lojistik Departmanı

Process optimization in the Tire Industry Logistics Department with simulation modeling

Abstract

Simulation is used to examine the internal structure of complex systems or a sub-system of complex systems and to see what the system state will be by trying new policies and designs before implementation. Thus, by means of simulation, by changing the input data and analyzing the results, it is possible to get information about which of the system variables are more important and the effects of the variables.

Simulation study is an extremely powerful aid in problem solving and its use has many advantages. One of these advantages; It makes the estimation of system efficiency and performance for new conditions by allowing parameters, new policies or working conditions to be tested. It allows the real system to be tried without disturbing its operation.

Areas where simulation is widely used; capacity analysis and planning, equipment and staff planning, resource needs analysis and planning, bottleneck and constraint analysis, production planning, logistics planning.

The aim of the study is to reveal the reasons of the waiting in the Logistics Department of a company located in the Tire Sector. After the vehicles are delivered to the shipment points, the bottleneck caused by the waiting periods in the conveyor belts in the Logistics Department will be examined. For this purpose, on the basis of the time taken for the referral of the Logistics Department, conveyors were examined. Thus, a simulation model of the Logistics Department was established, the system was analyzed with the Arena program and suggestions for improvement were made.

Keywords: Simulation, Arena Program, Bottleneck, Logistics Department

1. GİRİŞ

Benzetim, gerçek bir sistemin modelinin kurulması ya da kurulan modelin sistem davranışlarının ve sistem üstündeki değişik stratejiler değerlendirilmek maksadıyla kurulan model ile ilişkili deneylerin tasarım süreci şeklinde ifade edilebilir (Sütçü ve ark., 2006).

Benzetim çalışması problem çözümünde son derece güçlü bir yardımcı niteliğinde olup, kullanımının birçok avantajı vardır. Bu avantajlardan biri; Benzetim bilgide,materyalde, ürün akışlarında ve artan akış oranları için deneme seçeneklerindeki darboğazların gözlemlenmesinde günlük hayatta sıkça kullanılmaktadır. Personel için yeni çalışma yöntemleri, politikalar, örgüt yapıları, kararların alınması, bilgi akışları gibi işlemler için devam eden sistem işleyiinde herhangi bir rahatsızlık vermeden benzetimle yeni durumlar araştırılabilir. Herhangi bir kaynağın uygulamaya tahsis edilmesine ihtiyaç duyulmadan yeni plan ve tasarıımlar benzetim sayesinde test edilebilir. Önerilen benzetim modellerinin bilgisayarda yapılmasından dolayı deneme simülasyonun işletimi sıkıştırılmış zamanlarda yapılabilir. Simülasyonun temel avantajlarından biri de budur. Çünkü bazı süreçlerin tamamlanması aylar hatta yıllar alabilmektedir (Bilget, 2015).

Benzetim tekniğinin dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlardan ilki; sistemin bilgisayarda benzetiminin kurulması ve geçerli olduğunun ispat edilmesinin maliyeti yüksektir. Genel haliyle her sistem için ayrı bir benzetim programının yazılmasının gerekliliği vardır. Benzetim dilleri bu sıkıntıları belli bir yere kadar ortadan kaldırmıştır. Diğer bir dezavantaj, kurulan bir simülasyon programı bilgisayarda çalıştırılırken zaman alabilir. Araştırmacılar benzetim yöntemini öğrendikten sonra benzetim programlarını analitik yöntemlerin daha uygun olduğu durumlarda da kullanmaya meyilli olabilirler (Bal, 2013).

Benzetimin yaygın olarak kullanıldığı alanlar; kapasite analizi ve planlanması, ekipman ve personel planlanması, kaynak ihtiyaç analizi ve planlanması, darboğaz ve kısıt analizi, üretim planlama, çizelge optimizasyonu, envanter yönetimi, lojistik planlama, yerleşim optimizasyonu örnek olarak verilebilir (http://www.simurg.sakarya.edu.tr/portal/?p=296).

Benzetim alanında kullanılan çok sayıda paket program mevcuttur. Arena programı da bunlardan biridir. Siman'ı piyasaya süren Systems Modeling Corporation isimli firma tarafından geliştirilen Arena program Windows ara yüzüne sahip günümüzde yaygın kullanılan bir simülasyon programıdır. Arena programı, sistem için gerekli olan animasyon, giren ve çıkan verinin analizi gibi fonksiyonları detaylı ve geniş kapsamda içeren başarılı bir benzetim programıdır (Aksoy, 2011).

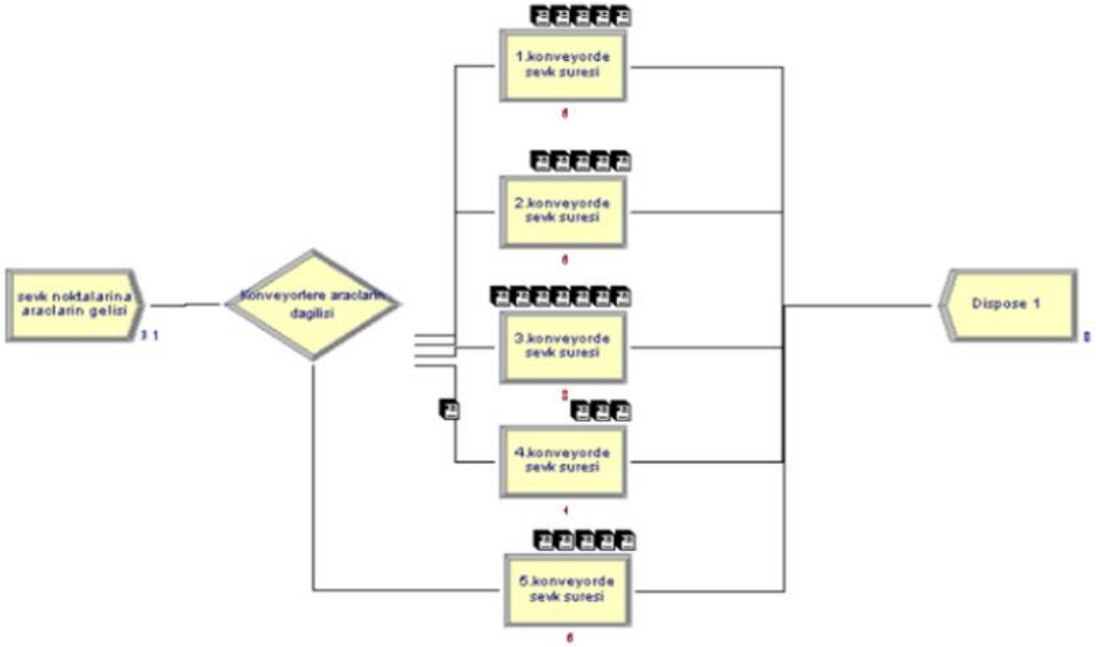
Üretimden müşteri hizmetlerine veya sağlık sektörüne kadar çoğu alan benzetimden yararlanabilmektedir. Arena programında beş temel adım incelenmektedir. Bu adımlar sırasıyla aşağıdaki gibi açıklanabilir:

1. Temel modelin oluşturulması aşaması: Arena programında mevcut prosesinizin modelinin kurulması amacıyla akış diyagramına benzetilen temel model oluşturulur. Prosesi oluşturmak ve tanımlayabilmek amacıyla basitçe Arena program modülleri çalışma alanına taşınır ve bu modülleri gerekli şekilde birleştirmek bu aşamada yeterli olacaktır.
2. Modele incelik kazandırma aşaması: Çalışma alanına taşınmış modüllere 2 defa tıklanarak karşılaşılan bilgi alanları gerekli verilerle doldurularak model gerçek hayata uyarlanmış olur.

3. Modelin simüle edilmesi aşaması: Modelin gerçek sistemi yansıttığının onaylanması amacıyla program run edilir. Sonuç olarak darboğazlar belirlenerek tanımlanır ve arena programındaki mevcut grafikler vasıtasıyla diğerleriyle iletişim sağlanabilir.
4. Simülasyon sonuçlarının analizi adımı: Arena programı vasıtasıyla bekleme zamanları ve kaynak kullanımı gibi ortak konularda otomatik raporlar elde edilir. Kendiniz istatistikleri arttırma yoluna giderseniz program da sizin karar verme ihtiyaçlarınız doğrultusunda raporlar sunacaktır.
5. En iyi alternatifin seçilmesi kısmı: Araştırmak istediğiniz farklı senaryolar elde etmek için değişiklikler program yardımıyla yapılabilir, Sonraki kısımda da sizin için mümkün olan en iyi alternatifi uygulamak için seçiminizi yapabilirsiniz.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmanın amacı Lastik Sektörü'nde yer alan bir firmanın Lojistik Departmanı'nda meydana gelen beklemelerin nedenini ortaya koymaktır. Sevk noktalarına araçlar geldikten sonra, Lojistik Departmanı'nda yer alan konveyörlerde sevk için geçen sürede meydana gelen beklemeler sonucu oluşan darboğaz konusu incelenecektir. Bu amaç ile Lojistik Departmanı'nın sevk için geçen süreler esas alınarak konveyörler bazında inceleme yapılmıştır. Böylece Lojistik Departmanı'nın bir benzetim modeli kurularak, Arena programı ile sistem analiz edilmiş, iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.



Şekil 1. Lojistik Departmanı'nda mevcut durumun arena programı ile modelinin kurulması

Lastik Sektörü'nde yer alan bir firmanın Lojistik Departmanı'nda meydana gelen projede proses olarak 5 konveyörün sevk sürelerinin baz alındığı modelinin benzetim çalışması Arena paket programında Şekil 1'deki gibi yapılmıştır. Herbir kaynağın standart ve aynı kapasiteye sahip olduğu kabul edilmiştir. Sistemde oluşturulan varlıkların(entity) maximum150 kısıtı bulunmaktadır. Bu yüzden oluşan çıktılar için; modelin ürettiği çıktı sayısı değil, proseslerdeki kuyrukta bekleme zamanları,bekleyen varlık sayısı, kaynakların bekleme zamanları yorumlanarak toplam çevrim süresi üzerinde olan etkileri yorumlanmıştır.

Sıra	ÜLKE	Konveyor	ADET	ARAÇ	Yükleme Şekli	TAHMİNİ GELİŞ TARİHİ	GELİŞ TARİH	SEVK TARİH	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	SEVK İÇİN GEÇEN SÜRE(dk	GEÇEN SÜRE(saa	
33	YUNANİSTAN	1	469	1TIR	İSTİF	4.03.2019 13:00	5.03.2019 11:45	6.03.2019 12:00	11:45	12:00	705	11,75	17,83%
28	AZERBAYCAN	1	379	1TIR	İSTİF	05/03/2019 ../..	5.03.2019 13:20	6.03.2019 07:45	13:20	07:45	1105	18,42	
29	İSVİÇRE	3	1073	1TIR	ÖRME	5.03.2019 10:00	5.03.2019 15:00	6.03.2019 08:55	15:00	08:55	1075	17,92	
26	RUSYA	4	210	1TIR	İSTİF	6.03.2019 10:00	5.03.2019 16:45	6.03.2019 05:10	16:45	05:10	745	12,42	
24	NOVARA	3	268	1TIR	İSTİF	6.03.2019 05:00	5.03.2019 20:15	6.03.2019 04:30	20:15	04:30	495	8,25	
22	İNGİLTERE	1	763	1TIR	İSTİF	6.03.2019 00:01	5.03.2019 21:35	6.03.2019 02:20	21:35	02:20	285	4,75	
20	HOLLANDA	3	248	1*45	İSTİF	6.03.2019 02:00	5.03.2019 22:15	6.03.2019 02:00	22:15	02:00	225	3,75	22,81%
27	İNGİLTERE	5	759	1TIR	İSTİF	6.03.2019 05:00	5.03.2019 22:15	6.03.2019 06:40	22:15	06:40	505	8,42	
21	İNGİLTERE	2	758	1TIR	İSTİF	6.03.2019 00:01	5.03.2019 22:50	6.03.2019 02:20	22:50	02:20	210	3,50	
25	MISIR	2	932	1*45	ÖRME	6.03.2019 02:00	5.03.2019 22:50	6.03.2019 04:40	22:50	04:40	350	5,83	
31	ETYOPYA	2	365	1*20	ÖRME	2.03.2019 02:00	5.03.2019 22:50	6.03.2019 10:20	22:50	10:20	690	11,50	
30	TAYLAND	4	500	1*20	İSTİF	2.03.2019 02:00	5.03.2019 23:20	6.03.2019 08:50	23:20	08:50	570	9,50	
35	HOLLANDA	4	260	1*45	İSTİF	6.03.2019 02:00	5.03.2019 23:20	6.03.2019 13:00	23:20	13:00	820	13,67	
23	HOLLANDA	5	184	1*45	İSTİF	6.03.2019 02:00	5.03.2019 23:20	6.03.2019 02:40	23:20	02:40	200	3,33	
36	HOLLANDA	5	252	1TIR	İSTİF	6.03.2019 05:00	5.03.2019 23:20	6.03.2019 13:00	23:20	13:00	820	13,67	19,49%
34	MAN&DAİMLER	3	272	1TIR	İSTİF	6.03.2019 08:00	6.03.2019 08:30	6.03.2019 12:30	08:30	12:30	300	5,00	
32	TANZANYA	5	193	1*45	İSTİF	6.03.2019 08:00	6.03.2019 11:10	6.03.2019 11:50	11:10	11:50	40	0,67	
37	HOLLANDA	2	223	1*45	İSTİF	6.03.2019 00:00	6.03.2019 11:25	6.03.2019 14:30	11:25	14:30	185	3,08	
38	DUBAI	3	319	1*20	İSTİF	5.03.2019 15:00	6.03.2019 11:40	6.03.2019 14:35	11:40	14:35	175	2,92	
39	FRANSA	5	1289	1TIR	ÖRME	6.03.2019 15:00	6.03.2019 12:45	6.03.2019 15:20	12:45	15:20	155	2,58	
4	ALMANYA	5	1007	1TIR	ÖRME	7.03.2019 05:00	6.03.2019 20:50	7.03.2019 04:30	20:50	04:30	460	7,67	
1	İNGİLTERE	1	780	1TIR	İSTİF	7.03.2019 00:01	6.03.2019 21:20	7.03.2019 02:10	21:20	02:10	290	4,83	
2	İNGİLTERE	5	758	1TIR	İSTİF	7.03.2019 05:00	6.03.2019 23:15	7.03.2019 02:10	23:15	02:10	175	2,92	12,12%
3	MANRESA	2	314	1TIR	İSTİF	7.03.2019 00:01	7.03.2019 00:00	7.03.2019 03:00	00:00	03:00	180	3,00	
5	ALMANYA	3	420	1TIR	İSTİF	7.03.2019 10:00	7.03.2019 08:20	7.03.2019 10:18	08:20	10:18	118	1,97	
11	ALMANYA	3	303	1TIR	İSTİF	7.03.2019 00:01	7.03.2019 09:02	7.03.2019 18:25	09:02	18:25	563	9,38	
7	ALMANYA	2	483	1TIR	İSTİF	7.03.2019 10:00	7.03.2019 09:25	7.03.2019 11:52	09:25	11:52	147	2,45	
6	BOSNA HERSEK	4	91	1TIR	İSTİF	6.03.2019 20:00	7.03.2019 09:29	7.03.2019 10:40	09:29	10:40	71	1,18	
8	İSVEÇ	5	247	1TIR	İSTİF	7.03.2019 13:00	7.03.2019 10:30	7.03.2019 13:10	10:30	13:10	160	2,67	
10	İNGİLTERE	4	780	1TIR	İSTİF	7.03.2019 15:00	7.03.2019 11:40	7.03.2019 15:16	11:40	15:16	216	3,60	27,75%
9	MACARİSTAN	1	182	1TIR	İSTİF	7.03.2019 08:00	7.03.2019 11:45	7.03.2019 14:35	11:45	14:35	170	2,83	
14	DUBAI	4	130	1*40	İSTİF	8.03.2019 13:00	7.03.2019 17:30	8.03.2019 03:00	17:30	03:00	570	9,50	
13	ALMANYA	2	1017	1TIR	ÖRME	8.03.2019 05:00	7.03.2019 19:35	8.03.2019 02:20	19:35	02:20	405	6,75	
12	SLOVAKYA	5	225	1TIR	İSTİF	8.03.2019 00:00	7.03.2019 19:35	8.03.2019 02:00	19:35	02:00	385	6,42	
15	İNGİLTERE	3	761	1TIR	İSTİF	8.03.2019 10:00	7.03.2019 21:00	8.03.2019 04:00	21:00	04:00	420	7,00	
16	İNGİLTERE	1	780	1TIR	İSTİF	8.03.2019 10:00	8.03.2019 00:20	8.03.2019 05:00	00:20	05:00	280	4,67	
18	ALMANYA	2	196	1TIR	İSTİF	8.03.2019 00:00	8.03.2019 02:00	8.03.2019 06:15	02:00	06:15	255	4,25	
17	SIRBİSTAN	5	304	1TIR	İSTİF	8.03.2019 05:00	8.03.2019 02:00	8.03.2019 05:00	02:00	05:00	180	3,00	
19	İSPANYA	4	307	1TIR	İSTİF	8.03.2019 02:00	8.03.2019 02:35	8.03.2019 06:20	02:35	06:20	225	3,75	
			18801										

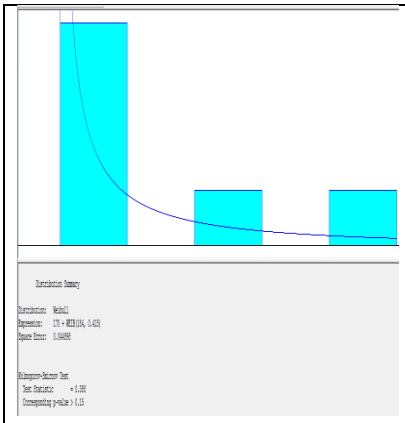
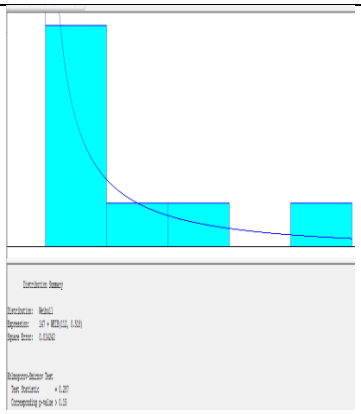
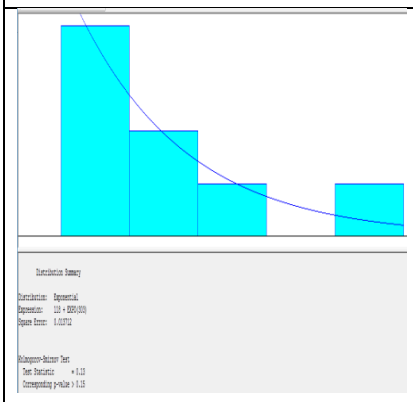
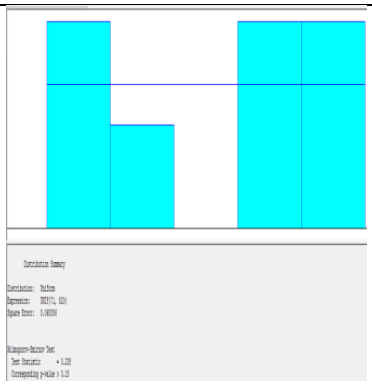
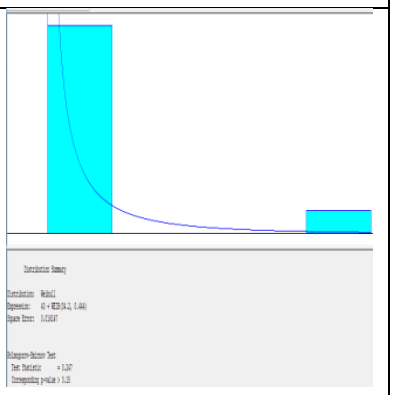
Şekil 2. Lojistik Departmanı'nda mevcut durumun arena programı ile modelinin kurulmasında kullanılan 39 adet iş ögesi

Çalışmada Sevk noktalarına araçlar geldikten sonra, Lojistik Departmanı'nda yer alan konveyörlerde sevk için geçen sürede meydana gelen beklemeler sonucu oluşan darboğaz konusu Şekil 2'de belirtilen 39 adet iş ögesi ile modellenmiştir.

Beş konveyör için varlık(entity) yaratan sistemde, bu beş konveyörün sevk süreleri mevcuttur ve programın student versionu kullanıldığından dolayı sistem her bir create'de maximum 150 adet varlık(entity) yaratılacak kısıt dahilinde çalıştırılmıştır(https://www.coursehero.com/file/p4ptrg/4-The-student-version-of-Arena-has-a-limit-of-150-entities-in-the-system-at-any/).

Arena programında karar (decide) aşamasında yüzdelik verilerin girişinde her bir konveyöre ayrı ayrı giden lastik miktarı bakımından yüzdelik lastik miktarları bulunarak decide aşamasında yüzdelik veri girişleri sağlanmıştır.

Konveyörler bazında "En Uygun Dağılım Şekilleri" aşağıda sırasıyla verilmiştir:

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>Konveyör bazında uygun dağılımlar belirlenmiştir.</td></tr>
<tr><td>1-Weibull</td><td>2- Weibull</td><td></td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>3- Exponential</td><td>4- Uniform</td><td>5- Weibull</td></tr>
</table>

Şekil 3. Arena programında konveyör bazında gözlem verilerini dağılıma uydurma

ARENA programında "Input Analyzer" modülü girdi analizörü olarak kullanılmaktadır. Çalışmada da Lojistik Departmanı'ndaki sevkiyat süreleri verilerini en iyi temsil edecek teorik olasılık dağılımları "Input Analyzer" modülü ile belirlenmiştir (Girginer ve Şahin, 2007).

Tablo 1. Dağılımlar ve istatistiki analizler

Konveyör Numarası	**Dağılım Türü**	**Karesel Hata**	**Kolmogorov-Smirnov Test**	**P value**
1	Weibull	0.044898	0.388	p-value > 0.15
2	Weibull	0.014242	0.287	p-value > 0.15
3	Exponential	0.013712	0.13	p-value > 0.15
4	Uniform	0.065306	0.238	p-value > 0.15
5	Weibull	0.016147	0.247	p-value > 0.15

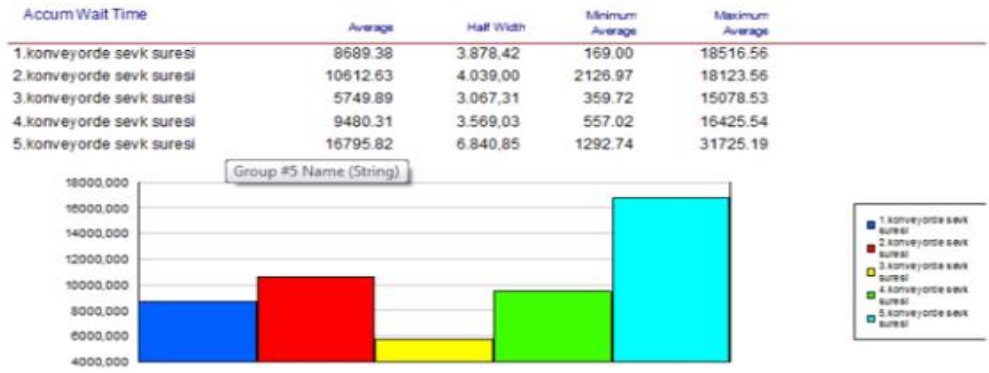
Tabloya göre;

Gözlem verilerini dağılıma uydurma aşamasında herbir iş öğesi için alınan standart gözlem süreleri Arena Input Analyzer Tool'u kullanılarak dağılım eğrisi çizilerek veriler için en uygun dağılım FitAll seçeneğiyle belirlenmiştir..39 adet iş öğesi için en uygun dağılım belirlenerek,p ve test istatistiği değerleri bu aşamada yorumlanır.Konveyörler bazında 1 nolu konveyör için alınan 6 adet gözlem sonucunda p>0,15 olduğu için ana kütleyi yansıtan bir örneklem dağılımı olduğunu ve h_0 hipotezini

reddetmek için düşük anlamlılık düzeyine sahip olduğunu ifade eder. Konveyörler bazında 2 nolu konveyör için alınan 8 adet gözlem verileri sonucunda Şekil 3'e göre p>0,15 olduğu için ana kütleyi yansıtan bir örneklem dağılımı olduğunu ve h_0 hipotezini reddetmek için düşük anlamlılık düzeyine sahip olduğunu ifade eder. Konveyörler bazında 3 nolu konveyör için alınan 8 adet gözlem verileri sonucunda Şekil 3'e göre p>0,15 olduğu için ana kütleyi yansıtan bir örneklem dağılımı olduğunu ve h_0 hipotezini reddetmek için düşük anlamlılık düzeyine sahip olduğunu ifade eder. Ayrıca bu 8 adet gözlem verilerine en uygun dağılım "Exponential" dağılımıdır. Konveyörler bazında 4 nolu konveyör için alınan 7 adet gözlem verileri sonucunda Şekil 3'e göre p>0,15 olduğu için ana kütleyi yansıtan bir örneklem dağılımı olduğunu ve h_0 hipotezini reddetmek için düşük anlamlılık düzeyine sahip olduğunu ifade eder. Ayrıca bu 7 adet gözlem verilerine en uygun dağılım "Uniform" dağılımıdır. Konveyörler bazında 5 nolu konveyör için alınan 10 adet gözlem verileri sonucunda Şekil 3'e göre p>0,15 olduğu için ana kütleyi yansıtan bir örneklem dağılımı olduğunu ve h_0 hipotezini reddetmek için düşük anlamlılık düzeyine sahip olduğunu ifade eder. Konveyör bazında ayrıca 1 numaralı konveyör için en uygun dağılım ifadesi 170 + WEIB(184, 0.415), konveyör 2 için 147 + WEIB(112, 0.518), 3 numaralı konveyör için 118 + EXPO(303), Şekil 6 doğrultusunda konveyör 4 için UNIF(71, 820) ve konveyör 5 için ise 40 + WEIB(34.2, 0.444) şeklindedir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

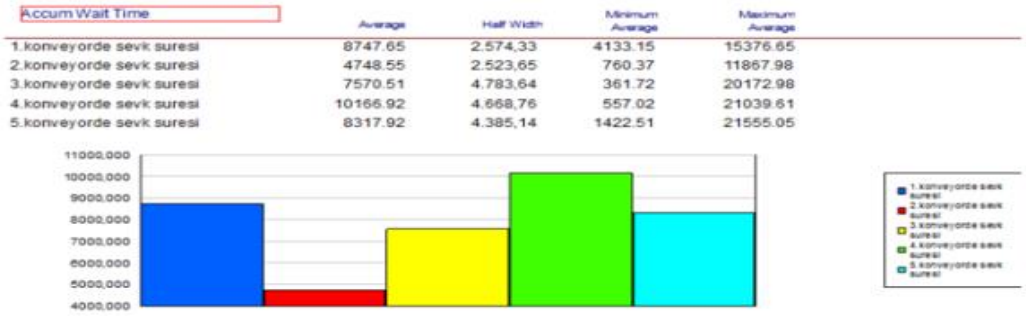
Benzetim günlük hayatta birçok probleme çözüm getirmektedir. Benzetim, yöneticilere ihtiyaç duyulan kaynakların etkili bir şekilde kullanılması ve planlanması için alacakları kararlarda yardımcı olmaktadır. İşletme performansının artırılması için kullanılan benzetim tekniği üretim sistemlerinin ve daha bir çok sistemin modellenip analiz edilmesinde kullanılmakta olup önemi yaklaşık son yirmi otuz yıldır artmıştır (Akın, 2015). Çalışmamızda mevcut model 76.59 saatlik replikasyon uzunluğuna ve 10 adet replikasyon sayısına sahiptir. Proses modülünde işlem süreleri verilerin en uygun dağılıma uyacak şekilde alınmıştır.



Şekil 4. Konveyör bekleme istatistikleri

Mevcut modelin sonuçlarına göre mevcut modelin çalıştırılması sonucunda 37 adet varlığın(entity) sistemden çıkarken 2 adet varlığın (entity) sistem içinde kaldığı gözlenip bu oluşan kuyrukların azaltılarak sevkiyat işleminde darboğaz önlenmesi yoluna gidilebilir. Sistemde oluşan darboğazları önlemek için en büyük bekleme zamanına sahip Şekil 4'de görüldüğü üzere 2. ve 5. kaynağın da kapasitelerini 2 katına çıkarılabilir. Kapasite artımı aynı standartta bir operatör katılarak ya da var olan operatörün iş yapabilme kabiliyeti artırılarak gerçekleştirilebilir. Ayrıca konveyör 2 ve konveyör 5 prosesinde meydana gelen darboğazların diğer nedenleri şu şekilde açıklanabilir: Araçlar bazında inceleme yapıldığında araç boylarının 1*20, 1*40, 1*45 ve 1 Tır biçiminde farklı ebatlara sahip olması kuyruklarda darboğazlara sebebiyet verebilir. Firmada yüklenme şeklinin istif ve örme şeklinde ayrılıyor olup istif şeklinde yüklemeye göre örme şeklinde yüklemede zorluklar yaşanmaktadır. Örme şeklinde belirlenen tarihlerde yapılan toplamda 6 defa yüklemede çoğunlukla konveyör 2 ve konveyör 5'de örme şeklinde yükleme yapılmıştır. Örme şeklinde yapılan yüklemede konveyör 2 ve konveyör

5'de kapasite arttırımına gidilebilir. En büyük bekleme zamanına sahip 2. ve 5. kaynağın kapasitelerini 2 katına çıkararak yeni model çalıştırıldığında elde edilen kümülatif kaynak bekleme zamanları ve grafiksel hali Şekil 9'daki haliyle aşağıdaki gibidir:



Accum Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
1.konveyorde sevk suresi	8747.65	2.574,33	4133.15	15376.65
2.konveyorde sevk suresi	4748.55	2.523,65	760.37	11867.98
3.konveyorde sevk suresi	7570.51	4.783,64	361.72	20172.98
4.konveyorde sevk suresi	10166.92	4.668,76	557.02	21039.61
5.konveyorde sevk suresi	8317.92	4.385,14	1422.51	21555.05

Şekil 5.Önerilen Benzetim Modelinin çalıştırılması sonucu Bekleme Süreleri(Waiting Time)

En büyük bekleme zamanına sahip 2. ve 5. kaynağın kapasiteleri 2 katına çıkarılarak önerilen benzetim modeli sonuçlarına bakılarak oluşan kuyrukların azaldığı, sevkiyat işleminde darboğazın önlendiği, önerilen modelin sonuçlarına göre önerilen modelin çalıştırılması sonucunda 37 adet varlığın(entity) sistemden çıkarken sistem içinde hiçbir varlığın(entity) kalmadığı gözlemlenmiştir. Firma Lojistik Departmanı'nda kapasite artırımını aynı standartta bir operatör katarak ya da var olan operatörün iş yapabilme kabiliyeti artırarak gerçekleştirebilir.

KAYNAKLAR

AKIN ,NG.(2015), Kanepe Montaj Hattının Dengelenmesi ve Benzetim Yöntemi İle Sınanması, Journal of The Faculty of Economics and Administrative Sciences, 5(1), 95-120.

AKSOY, S. (2011), RO-RO Terminalleri İçin Simülasyon Modellemesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*.

ALP, ÖN. (2009), Konteyner Terminallerindeki Taşıyıcı Araçların Liman Verimliliği Üzerindeki Etkisinin Simülasyon Yoluyla Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*.

BAL, A. (2013), Üretim Tesisleri İçin RFID Destekli Bakım Yönetimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*.

BİLGET, S. (2015), Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*.

GİRGİNER,N.ŞAHİN,B.(2007), Spor Tesislerinde Kuyruk Problemine Yönelik Bir Benzetim Uygulaması, Hacettepe J. of Sport Sciences, 18(1), 13-30.

http://www.simurg.sakarya.edu.tr/portal/?p=296(Erişim tarihi 01.03.2019)

SÜTÇÜ,A.TANRITANIR,E.EROĞLU,A.KORUCA,Hİ.(2006),Orman Ürünleri Endüstrisinde Benzetim Destekli Çalışmalar ve Örnek Bir Uygulama , *Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 141-155.

https://www.coursehero.com/file/p4ptrg/4-The-student-version-of-Arena-has-a-limit-of-150-entities-in-the-system-at-any/(Erişim tarihi 21.02.2019)

ŞASİ DİNAMOMETRESİ İÇİN VERİ TOPLAMA VE KONTROL YAZILIMI TASARIMI

Dr. Öğr. Üyesi Rıza Emre Ergün
Kocaeli Üniversitesi, Ford Otosan İhsaniye Otomotiv MYO, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Tek. Bölümü
emre.ergun@kocaeli.edu.tr

Doç. Dr. Abdulkadir Cengiz
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü
akcengiz@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada otomobil ve yakıt performansı ölçümlerinde kullanılan bir şasi test dinamometresi için veri toplama ve kontrol yazılımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, test edilen taşıta ait hız, tekerlek torku, motor torku, motor devri, motor gücü ve motor suyu sıcaklığı gibi veriler gerçek zamanlı olarak ölçülmektedir. Diğer yandan kullanılan yakıtın sıcaklığı, anlık yakıt tüketimi, toplam yakıt tüketimi gibi veriler periyodik olarak ölçülmektedir. Ölçülen değerler yazılım üzerindeki sayısal ve analog göstergeler yardımıyla kullanıcıya gösterilmektedir. Bununla birlikte ölçüm değerleri grafik gösterge ve veri tablosu üzerine anlık olarak gösterilmektedir. Ayrıca veriler sonraki analizlerde kullanılmak üzere bilgisayar ortamına kaydedilmektedir. Yazılım, motor su sıcaklığı, ortam sıcaklık ve nem bilgilerini bir veri toplama kartı üzerinden analog sinyalleri okuyarak elde etmektedir. Diğer yandan tork, devir ve yakıt parametreleri ölçümü RS485-USB haberleşme enstrümanları ile okunmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen yazılım, kullanıcı dostu ara yüze sahiptir. Yazılım üzerinden taşıt tekerleklerine uygulanacak yük miktarı kontrol edilebilmektedir. Böylece yazılım üzerinde taşıt motor performansı anlık olarak ölçülebilmektedir. Bununla birlikte yazılımın uzun süreli test yapabilme kabiliyeti ile yakıt özelliklerinin taşıt performansına etkileri üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Şasi Test Dinamometresi, Test Yazılımı, Taşıt Performans Testi

DESIGN OF DATA ACQUISITION AND CONTROL SOFTWARE FOR CHASSIS DYNAMOMETER

Abstract

In this study, data acquisition and control software was designed for a chassis test dynamometer used in automobile and fuel performance measurements. In the study, data such as speed, wheel torque, engine torque, engine speed, engine power and engine water temperature of the vehicle being tested are measured in real time. On the other hand, data such as the temperature of the fuel used, the instantaneous fuel consumption and the total fuel consumption are measured periodically. The measured values are shown to the user with the help of digital and analogue indicators on the software. The measured values are also displayed instantly on the data log trend display and data log table display. In addition, the data are recorded on the harddisk of the computer for use in subsequent analysis. The software acquires the engine water temperature, ambient temperature and humidity information by reading the analog signals through a data acquisition card. On the other hand, torque, speed and fuel parameters are measured by means of RS485-USB communication instruments. The designed software has a user-friendly interface. The amount of load on the vehicle wheels can be controlled via the software. Thus, the engine performance of the vehicle can be measured instantly on the software. With the long-term testing capability of the software, experiments on the effects of fuel properties on vehicle performance can be carried out.

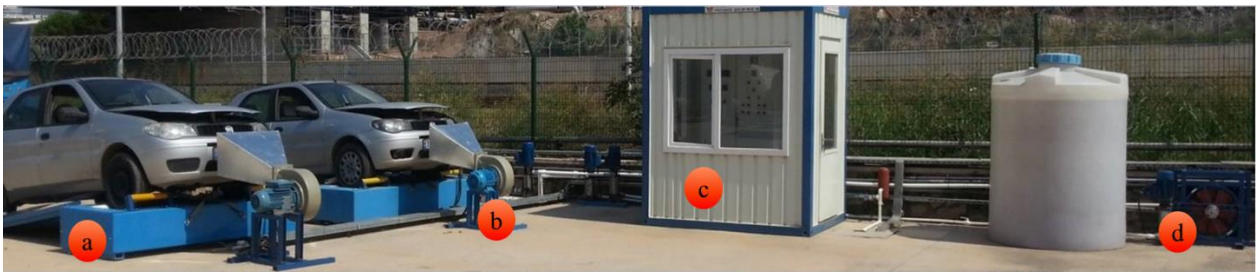
Keywords: Chassis dynamometer, test software, vehicle performance test

1. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisinde gerek gövde stabilite ölçümleri ve gerek yakıt performans ölçümlerinde şasi test dinamometreleri üstün avantaja sahiptirler. Bu sistemler yapılacak ArGe çalışmasına uygun olarak farklı özelliklerde tasarlanmaktadır. Bu çalışmada ise ex-proof saha özelliğinden ve uzun süreli test kabiliyetlerinden dolayı manyetik veya elektrikli dinamometrelerin uygun olmaması nedeniyle (Chengye ve ark., 2010) hidrolik frenlemeli bir dinamometre ihtiyacına göre tasarım yapılmış ve program yazımı gerçekleştirilmiştir. Yabancı menşeili benzer ürünler olmakla birlikte tamamen yerlileştirilmiş olan bu ürün için yazılım Ar-Ge'si de müşteri isterleri doğrultusunda yerli olanaklarla gerçekleştirilmiştir (Taylor, 2019). Program, ana fonksiyon olarak hidrolik dinamometrenin kontrolü, yük-devir-güç ölçüm ve izlemesi, sensörlerden veri toplanması temel fonksiyonlarını yerine getirmekle birlikte, kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Arayüz, dokunmatik LCD ekran ile birlikte kullanılabilmektedir. Yazılım aynı anda iki dinamometrenin fonksiyonlarını yerine getirme kabiliyeti ile tasarlanmıştır. Bu özellikleri ile yazılım literatürden ayrılmaktadır ve kendine has özelliklere sahiptir.

2. MATERYAL VE METOD

Yazılım tasarımının gerçekleştirildiği dinamometre 4 ana bölümden meydana gelmektedir. Şekil 1'de Şasi test dinamometresi genel görünümü verilmiştir. Şekil üzerinde, taşıt yükleme ve veri ölçüm platformu (a), dinamometre kontrol ünitesi (c), dinamometre soğutma sistemi(d) ve taşıt soğutma sistemi görülmektedir (b).



Şekil 1. Şasi test dinamometresi genel görünümü.

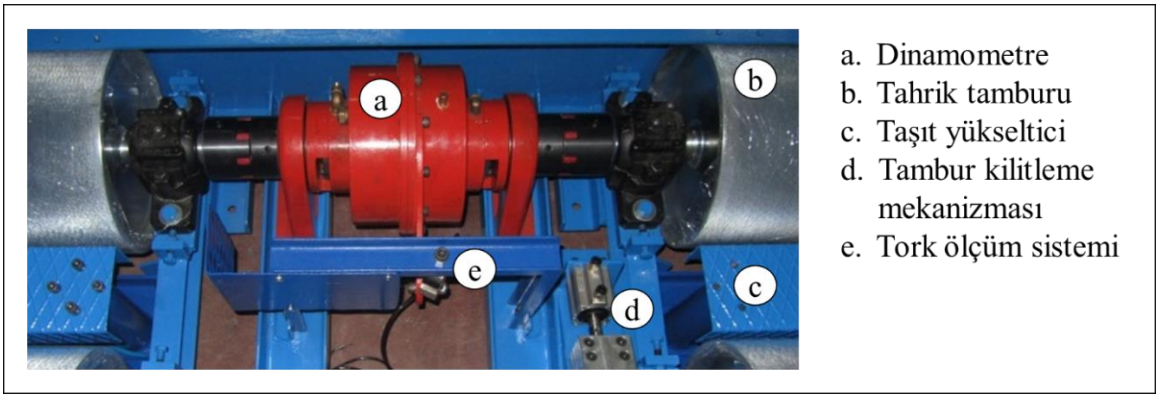
Şasi test dinamometreleri, tahrik tekerlekleri hareket halindeki taşıtın, bu tekerleklerin etkisiyle oluşan tork ve hız verilerinin toplanarak performansının ölçülmesine yönelik olarak geliştirilmiş deney düzenekleridir. Bu bağlamda taşıtın sabit haldeyken tahrik tekerleklerinin hareketine izin verecek bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Diğer yandan taşıt tahrik tekerlekleri test esnasında yüksek hızlara ulaşabildiği için taşıtın emniyetli bir şekilde sabitlenmesine olanak sağlamalıdır. Şekil 2' de şasi dinamometresinin taşıt yükleme ve veri ölçüm platformu görülmektedir.



Şekil 2. Taşıt yükleme ve veri ölçüm platformu.

Taşıt tekerleklerinin hareketine karşılık platform içerisine yerleştirilmiş bir dinamometre ile tekerleklerin temas ettiği tamburlar durdurulmaya çalışılmaktadır. Bu esnada oluşan reaksiyon torku, veri toplama ve kontrol yazılımı tarafından bir yük hücresinin yardımı ile ölçülmektedir. Şekil 3'de Şasi dinamometresinin içyapısı görülmektedir. Sistemde, tamburlar üzerindeki yükü oluşturmak için sulu tip bir dinamometre kullanılmıştır. Dinamometrenin oluşturduğu frenleme torku kaplinler yardımıyla tahrik tamburlarına aktarılmaktadır. Sistem, taşıtın platforma yüklenmesi ve platformdan indirilmesi esnasında, taşıtın kaymasını engellemek için pnömatik destekli bir yükseltme sistemi ve tekerleklerin boşa dönmesini engellemek amacıyla tamburların dönüşünü engellemek için tabur kilitleme mekanizması ile donatılmıştır. Bunlarla birlikte tork ölçüm mekanizması yine şekil üzerinden görülebilmektedir.

Sistemde kullanılan dinamometre sulu tip bir dinamometredir. Sulu tip dinamometreler frenleme enerjisinden dolayı oluşan ısıyı içlerinden geçen akışkana aktardıkları için ve akışkanın devir daim yaparak soğutulması nedeniyle uzun süreli deneyler yapmaya uygun bir yapıya sahiptirler. Bu sistem, özellikle yakıt performansının ölçülmesine yönelik olarak geliştirildiği için, sistemin uzun süreli çalışacağı göz önünde bulundurularak sistemde sulu tip bir dinamometre tercih edilmiştir.



Şekil 3. Şasi dinamometresi iç yapısı

Şekil 4'te Dinamometre kontrol ünitesi görülmektedir. Testler dış ortamda gerçekleştirildiği için kontrol ünitesi bir kabin içerisine yerleştirilmiştir. Kontrol ünitesi sistemin kontrolü ve veri toplama için gerekli elektriksel donanımı ve sistemin kontrolünü sağlayan yazılımı içinde barındırmaktadır. Kontrol ünitesi üzerinden taşıtın hız ayarı, taşıt yük kontrolü, soğutma suyu sisteminin kontrolü işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bunlarla birlikte kalibrasyon ve veri kayıt işlemlerinin yanında, sistem üzerinden ölçülen verilerin anlık olarak izlenmesi yapılabilmektedir.



Şekil 4. Dinamometre kontrol ünitesi.

2.1. Kontrol Sistemi

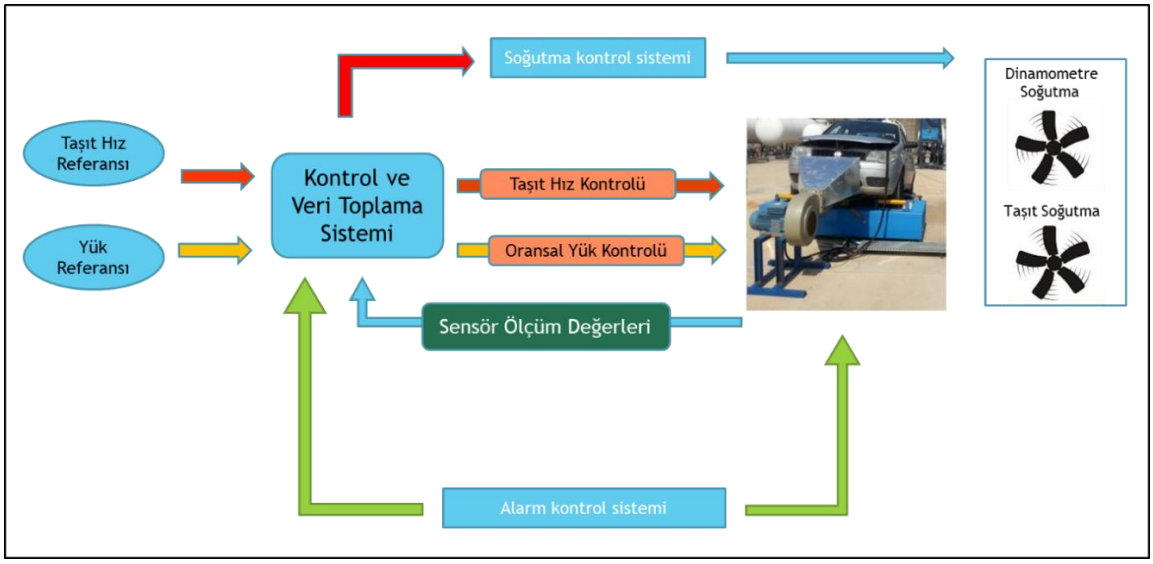
Şasi test dinamometresinin kumanda, kontrol ve veri toplama işlemleri kontrol ünitesi içerisinde yerleşik bilgisayar üzerinde çalışan yazılım tarafından kontrol edilmektedir. Sistemin çalışma mantığı Şekil 5'te şematik olarak gösterilmiştir. Kontrol ve veri toplama yazılımı, öncelikle, taşıtın tahrik tekerleklerinin hızını testin yapılacağı taşıt hızı referans değerine hızlandırmaktadır. Belirlenen hıza ulaşılmasının ardından, yük referans değerine göre, tamburlar üzerinde frenleme yapılmaktadır. Frenleme sonucunda oluşan reaksiyon torku, dinamometre üzerindeki tork ölçüm sistemi tarafından ölçülerek yazılıma aktarılmaktadır.

Testler esnasında taşıt hız ölçümü tambur üzerine yerleştirilmiş devir ölçüm sitemi üzerinden yapılmaktadır. Tambur devri bir endüktif sensör yardımıyla ölçülmekte ve buradan tambur çevresel hızı hesaplanmaktadır. Tambur çevresel hızı, tekerlek çevresel hızı ile eşit olacağından tahrik tekerleklerini hızı, dolayısı ile taşıt hızı gerçek zamanlı olarak ölçülebilmektedir.

Dinamometrenin frenlemesi sonucunda oluşan ısı dinamometre içerisinde devir daim eden su üzerine transfer olmaktadır. Bu suyun sıcaklığı kontrol ünitesi tarafından takip edilmektedir. Belirlenen ayar noktası üzerine çıktığı durumda dinamometre soğutma sistemi devreye girerek suyu soğutmaktadır.

Diğer yandan taşıtın içten yanmalı motorunun soğutulması motor bloğu içerisinde devir daim eden su ile olmaktadır. Su üzerine transfer edilen ısının uzaklaştırılması aracı ön tarafında bulunan radyatör ve fan yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Taşıt hareket halinde iken ön taraftaki ızgaradan giren hava radyatör üzerinden geçerken motor suyunun efektif olarak soğutulmasını sağlayabilmektedir. Ancak dinamometre üzerinde taşıt aktif olarak hareket etmediği için radyatör sistemi tek başına suyu soğutmada etkin olamamaktadır. Bu noktada dinamometrenin ön tarafına yerleştirilmiş fanlı soğutma sistemi devreye girmektedir. Kontrol yazılımı motor suyu sıcaklığını gerçek zamanlı olarak takip etmekte ve belirlenen değerler üzerine çıktığı anda fanları devreye alarak taşıt üzerindeki radyatörden geçen suyu cebri olarak soğutmaktadır.

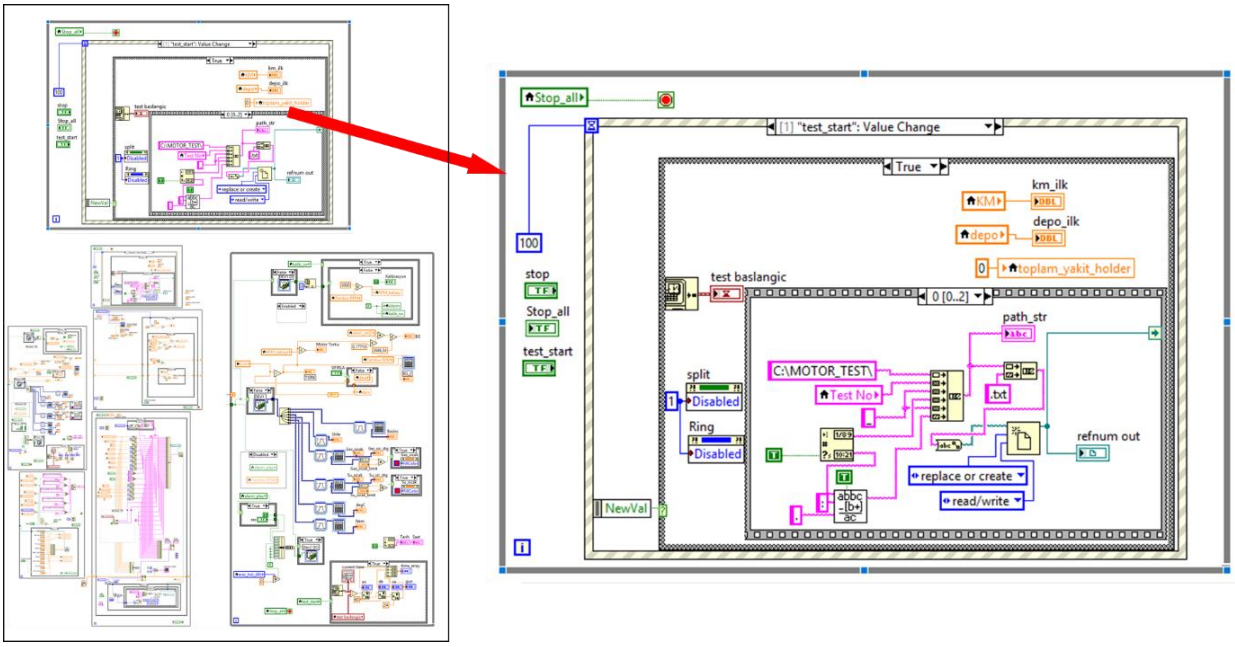
Test esnasında taşıt tahrik tekerlekleri 120 – 140 km-sa gibi yüksek hızlara çıkabilmektedir. Taşıtın test esnasında tamburlar üzerinde kayması tehlikelere yol açabileceği için sistem üzerinde bir alarm kontrol sistemi bulunmaktadır. Taşıtın belirlenen değerler üzerinde hızlanması veya yanal kayma yapması durumunda sistem ışıklı ve sesli olarak ikaz verebilmekte ve gerektiği durumda olası tehlikeleri önlemek için taşıtın motoru durdurulabilmektedir. Motor durdurulduğu anda dinamometrenin frenleme etkisi ile tahrik tekerleklerinin hızlıca durması sağlanmaktadır.



Şekil 4. Dinamometre kontrol ünitesi.

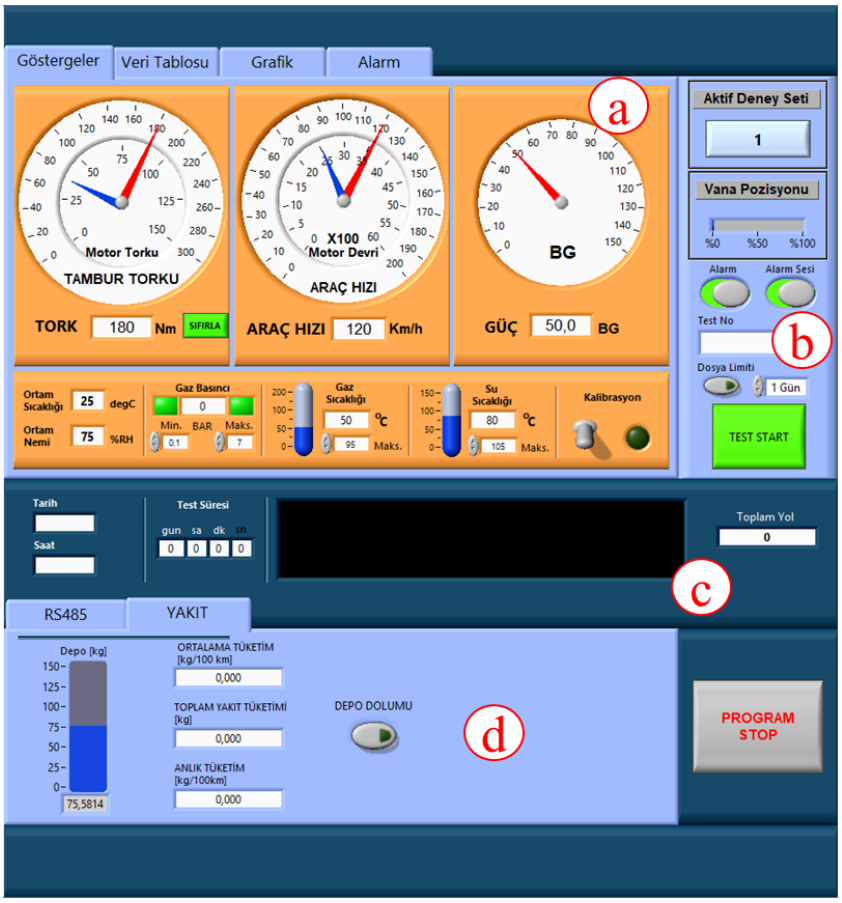
2.2. Dinamometre Kontrol ve Veri Toplama Yazılımı

Dinamometre kontrol veri toplama yazılımı, kontrol ünitesi içerisinde yerleşik olarak bulunan Windows tabanlı kontrol bilgisayarı üzerinde çalışmaktadır. Yazılım National Instruments firmasının LabView görsel programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bu dilin tercih edilme sebebi, yazılımın kodlama kısmının tamamen görsel öğeler kullanılarak geliştirilmesi ve bunun programcıya sağladığı hız ve hata analizi esnasında sağladığı kolaylıklardır (NI, 2013). Şekil 5'te dinamometre kontrol ve veri toplama yazılımına ait grafiksel kaynak kodları görülmektedir. Bununla birlikte yazılımın özellikle veri toplama ve kontrol işlemlerinde programcıya çeşitli olanaklar sunmaktadır. Kullanıcı ile iletişimin sağlandığı dokunmatik özellikli ara yüz programlamasının etkin bir şekilde yapılabilmesi bu programlama dilinin tercih edilmesindeki diğer bir etkendir.



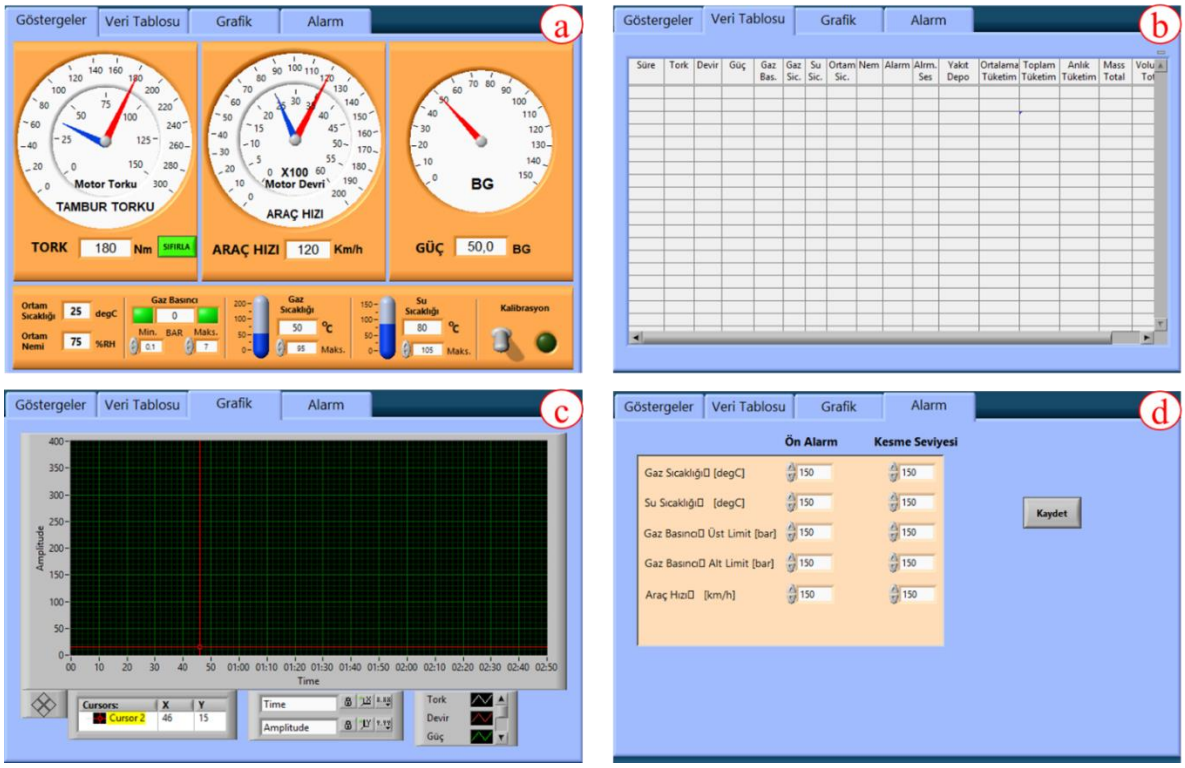
Şekil 5. Veri toplama ve kontrol yazılımı grafiksel kaynak kodları.

Şekil 6'da tasarlanan yazılımın ara yüzü görülmektedir. Yazılım ara yüzü 4 bölümden oluşmaktadır. "a" ile gösterilen bölüm modüler tablo yapısından oluşmaktadır. Anlık olarak ölçüm değerlerinin izlenmesi, grafik, tablo göstergeler üzerinden uzun süreli verilerin izlenmesi ve alarm parametrelerinin ayarlanması bu bölümde gerçekleştirilmektedir. Modüler bir yapıya sahip olan bölüm deney düzeneği ihtiyaçlarına göre düzenlenebilmektedir. Modüler tablo yapısının detayları aşağıda belirtilmiştir. "b" ile gösterilen bölüm ilgili deney tertibatının seçimi, deney numarasının belirlenmesi ve veri kayıt düzeninin oluşturulması ile deneyin başlatılması işlemlerinin gerçekleştirildiği bölümdür. "c" bölümü deney süresinin ve taşıtın deney esnasında kat ettiği yolun km cinsinden uzunluğunun gösterildiği bölümdür. Ayrıca, deney esnasında oluşan alarm ve uyarılar yine bu bölümde kullanıcıya açıklanmaktadır. "d" ile gösterilen bölüm yazılımın çevre donanımlar ile haberleşme ayarlarının yapıldığı ve ayrıca yakıt depo durumu ve anlık yakıt sarfiyatı bilgilerinin yanında uzun süreli testlerde otomatik yakıt deposu doldurma işlemlerinin gerçekleştirildiği bölümdür. Yazılım, tork ve devir bilgisini sinyal çeviricilerden, yakıta ait çeşitli parametreleri akış sensörü üzerinden RS-485 haberleşme veriyolu üzerinden, modbus haberleşme protokolü ile okumaktadır.



Şekil 6. Veri toplama ve kontrol yazılımı ara yüzü.

Şekil 7 'de yazılım üzerindeki gösterge ve grafik panellerinin detayları verilmiştir. "a" bölümü yazılımın ana ekran görüntüsüdür ve anlık ölçüm değerleri bu ekran üzerinden kullanıcıya aktarılmaktadır. Sensörler üzerinden ölçülen tekerlek torku, devir bilgisi ile hesaplanan taşıt hızı, motor devri, motor torku ve güç verileri gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Bunlarla beraber ortam sıcaklık ve nemi, yakıt basınç ve sıcaklığı, motor suyu sıcaklığı verileri de izlenebilmektedir. "b" ile gösterilen bölümde ölçülen ve hesaplanan parametreler tablo olarak gösterilmektedir. Tablo veri kayıt frekansı 1 Hz olarak belirlenmiştir. Uzun süreli testlerde sistemin ve parametrelerin değişimleri bu tablo üzerinden geriye dönük izlenebilmektedir. "c" ile gösterilen sekmede belirlenen ölçüm parametrelerinin değerlerindeki değişimler grafiksel olarak izlenebilmektedir. Geriye dönük 24 saatlik verinin kayıt edilebildiği grafik gösterge üzerindeki verileri tümüne veya bir kısmına opsiyonel olarak odaklanılabilmektedir. Her bir parametre farklı renkte gösterilmekte ve 24 saatlik süre içerisindeki herhangi bir noktadaki genlik değeri sayısal olarak görülebilmektedir. "d" ile gösterilen bölüm, sistemin alarm ve otomatik test durdurma ayarlarının yapıldığı sekmedir. Yakıt sıcaklığı, yakıt basıncı ve taşıt hızı gibi çeşitli kritik parametreler için ön alarm değerleri ve test kesme seviye değerleri ayarları bu bölümde yapılmaktadır. Test esnasında kritik parametrelerden birisi ön alarm değerini aştığı anda kontrol ünitesinde bulunan sesli ve ışıklı ikaz sistemi devreye girerek operatörü uyarmaktadır. Ayrıca alarmı hangi parametrenin tetiklediği Şekil 6'nın "c" bölümünde görülen uyarı alanında gösterilmektedir. Alarm nedeni giderilmediğinde, ilgili parametrenin "Kesme seviyesi" değerini aşması ile dinamometre frenleyerek taşıtın motoru ve dolayısı ile tekerleklerin hareketi emniyetli bir şekilde durdurulabilmektedir.



Şekil 7. Gösterge ve grafik panelleri detayları.

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada özel çalışma alanlarından olan LPG gaz ArGe sahası içerisinde çalışabilecek Hidrolik bir şasi test dinamometresine yazılımı geliştirilmiştir. Uzun süreli test kabiliyetleriyle ön plana çıkan hidrolik frenlemeli bir dinamometre ihtiyacına göre tasarlanmış, imal edilmiş ve yazılım tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ürün ülkemizde ilk yerli hidrolik dinamometre olma önemine sahiptir. Yabancı menşeili benzer ürünlerden mali üstünlüklerinin ana fonksiyon olarak hidrolik dinamometrenin kontrolü, yük-devir-güç ölçüm ve izlemesi, sensörlerden veri toplanması gibi dinamometrelerin temel fonksiyonlarını yerine getirmekle birlikte, dokunmatik LCD panelli kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Yazılım ve ait olduğu hidrolik dinamometre sisteminin çalışır halde sahada uzun süreli doğrulama testleri gerçekleştirilerek kullanıma sunulmuştur. Elde edilen veriler Müşteri özelinde gizli olup bu çalışma kapsamında verilmemiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışma Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Merkezi firmalarından Tekpark Arge Ltd. Şti. bünyesinde ArGe projesi olarak geliştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Chengye, L., Kejun, J., Yan, Z. (2010), Study on temperature rise performance of eddy current retarder in automobile, 2010 *International Conference on Future Information Technology and Management Engineering*, 550 – 553.

NI, (2013), *Getting Started with LabVIEW*, http://www.ni.com/pdf/manuals/373427j.pdf, (Erişi Tarihi: 22.04.2019)

Taylor, 2019, *Water Brake Chassis Dynamometers*, https://www.taylordyno.com/products/chassis-dynamometers/water-brake/, (Erişi Tarihi: 24.04.2019)

LEAN HEALTHCARE MANAGEMENT IN AN EMERGENCY DEPARTMENT BY USING INTUITIONISTIC FUZZY SET

Arş.Gör.Dr. Burak EFE
Necmettin Erbakan Üniversitesi/Mühendislik Mimarlık Fakültesi/Endüstri Mühendisliği
burakefe0642@gmail.com

Dr. Öğr.Üye. Ömer Faruk EFE
Afyon Kocatepe Üniversitesi/Dinar Uygulamalı Bilimler Meslek Yüksekokulu/İş Sağlığı ve Güvenliği
Omerfarukefe86@gmail.com

Arş.Gör. Mehmet Akif YERLİKAYA
Gazi Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Endüstri Mühendisliği
akifyerlikaya@gazi.edu.tr

Abstract

The managers of an emergency department (ED) aim to realize the lean healthcare management in an ED. Lean management is five fundamental principles including value, value stream, flow, pull, perfection. This paper investigated the value concept of lean management in order to improve the performance of the specified ED. This study aims to examine the patient perceived values (PPV) in an ED to implement lean healthcare management in the ED. An intuitionistic fuzzy DEMATEL has been presented to define the impact levels of the patient perceived values in group decision making environment. The "availability of equipment" is the most important patient perceived value in ED according to the result of this study.

Key Words: Healthcare, Intuitionistic fuzzy DEMATEL, Lean management, Patient perceived value, Group decision making

1 INTRODUCTION

In an increasingly globalized world economy, productivity is crucial for countries to sustain their economic development. Increases in efficiency will contribute to economic development by increasing revenue levels, increasing purchasing power and increasing investments. Efficiency and standard of living are inextricably linked; because productivity is the main factor that determines the average life standard in the long run. The more revenue for companies to produce more output with less input, error-free one-time, and offer to the customer means more resources that can be used in future generations. Lean production characterizes everything that does not add value to the product or service, and tries to eliminate it. By eliminating unnecessary activities, it is aimed to reduce costs and gain competitive advantage to the business. Any activity that does not physically alter a product is considered wasted. Carrying, holding, storing, counting and controlling a product are activities that do not add value to this product. Lean production is a whole that covers the techniques used to identify and eliminate these activities that do not add value to the product. In an increasingly competitive environment, companies that do not identify increasing productivity as one of their main objectives will have long-term standing, will be more difficult to compete, and will lead to a decrease in the company's market share, sales and profitability as a result of lower productivity. Therefore, productivity is considered as one of the most important indicators of operational performance. After World War II, in Japan, Eiji Toyoda and Taiichi Ohno pioneered the concept of lean manufacturing. On the implementation of this system by other Japanese companies and industries, Japan has reached its current economic advantage in a short time. In recent years, many organizations have been implementing lean manufacturing, from production to personnel management, from finance to marketing, making companies more efficient in all kinds of processes to increase their profitability and growth has helped. In order to combat high inflation and economic crises, the need to implement lean manufacturing techniques not only in the production sector but also in the service sector has emerged.

The source of the pleasure and likes that the customers place in the foreground when buying the finished product is the definition of their value. For the customer, the manufacturer is the creator of value. For this reason, it will be more beneficial for the producers to produce according to the value definitions made by the customers.

Kim et al. introduced that the health care sector can obtain good results by using lean application efforts [1]. Joosten et al. (2009) ensured the lean production techniques to develop health care delivery [2]. Buyukozkan et al. (2011) presented the fuzzy AHP (analytic hierarchy process) to evaluate the suggested service quality framework in a healthcare sector [3]. Ho (2012) presented the fuzzy AHP to determine the weight evaluation according to the customers in Health Management Center [4].

This paper handled IFDEMATEL method to examine the patient perceived value in an emergency department. This paper presents a new approach to lean management literature.

2. METHODOLOGY

This paper considers employing Intuitionistic Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (IFDEMATEL) method for lean implementation in an ED. The impact of each criterion on other criteria is established with IFDEMATEL by considering dependent relationships between these criterions.

DEMATEL method examines the relationship between criteria [5]. The influence between patient perceived values in an emergency department are defined by employing Table 1.

Table 1. Linguistic variables for influence level of criteria.

Linguistic variables	IFNs
No influence (N)	(0.10,0.80,0.10)
Low influence (L)	(0.25,0.60,0.15)
Medium influence (M)	(0.50,0.40,0.10)
High influence (H)	(0.75,0.20,0.05)
Very high influence (VH)	(0.90,0.05,0.05)

3 VALUE ANALYSIS WITH USING IFDEMATEL IN THE ED

Lean thinking requires the company to look at the whole set of activities required from a conceptual dimension to actual practice, from order to delivery and from raw material to product, leaving aside the firm looking at products from a narrow frame. We can say that the organizational structure that enables this holistic perspective to be realized is a lean operation. At the same time, lean operation can be evaluated as the summit where all the relevant groups come together to destroy all kinds of mud and form a channel to the value stream. The production factors used to realize the production of products or services in enterprises can be consumed less with the adoption of lean thinking. The principle of lean thinking is the need to focus on the actual activities where direct production can be realized. The elimination of activities that do not add value to the product or service produced within the scope of the thinking will allow the production process to be realized faster, more efficient and less costly. An application is analyzed in order to show the efficiency of the presented method. In this paper, four experts present their judgments about the patient perceived value. This application is performed in an ED which is located in Turkey. Four experts E1, E2, E3 and E4 presented their judgments by using a questionnaire about PPVs in an ED. The expert team introduced six PPVs in ED. These PPVs are hygiene (C1), accuracy (C2), caring (C3), timeliness (C4), skill of staff (C5), availability of equipment (C6). The weights of E1, E2, E3 and E4 can be determined as (0.35,0.30,0.20,0.15).

Four experts presented their judgments in Table 2 about the initial direct relationship matrix by using linguistic evaluation. These linguistic terms are transformed into intuitionistic fuzzy number (IFN) matrix. High influence (H) linguistic variable (0.75, 0.20, 0.05) in Table 2 shows that the membership degree and non-membership degree of direct relation between criteria C_2 and C_3 for expert 1 (E_1) is

0.75, 0.20, recpectively, while its degree of indeterminacy is 0.05. This IFN can be also indicated as *m(Y)*=0.75, *m(N)*=0.20, and *m(θ)*=0.05 which expresses the degree of direct relation, no direct relation, uncertainty between criterion C_2 and criterion C_3, respectively. Tables 3-5 present the degree of total relation and the total degree of no relation between criteria, respectively. Terms of R, C, and R-C can be calculated by using Eqs.(9) –(10) and the values of R-C are shown in last column of Tables 3-5 according to *m(Y)*, and *m(N)*. The criterion having higher values of R-C on *m(Y)* or lower values of R-C on *m(N)* have higher impact on other criteria and also higher importance degree. Though the total relation matrix according to *m(θ)* are presented in Table 5, it is not proper to define the impact of the criterion on other criteria with respect to the values of R-C on *m(θ)* because *m(θ)* indicates vagueness.

C1, C3, and C4 are net receivers due to their R-C negative values on *m(Y)* and the related criteria receive more influence from another. C2, C5, and C6 are net causers due to their R-C positive values on *m(Y)* and the related criteria have higher influence on another. C1, C3, and C4 are net receivers due to their R-C positive values on *m(N)* and the related criteria receive more influence from another. C2, C5, and C6 are net causers due to their R-C negative values on *m(N)* and the related criteria have higher influence on another.

Table 2. The opinions of four experts.

	E1						E2					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	-	M	L	M	L	L	-	L	N	N	M	H
C_2	L	-	H	H	H	H	VH	-	VH	M	VH	L
C_3	L	M	-	H	L	N	M	VH	-	H	VH	N
C_4	M	M	H	-	M	M	VH	M	H	-	H	M
C_5	M	M	H	M	-	H	VH	VH	VH	H	-	M
C_6	H	M	M	M	M	-	VH	M	M	H	VH	-
	E3						E4					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	-	N	N	H	N	N	-	H	H	M	H	M
C_2	H	-	H	H	H	H	M	-	M	M	M	M
C_3	H	M	-	H	M	M	M	M	-	M	M	M
C_4	N	L	L	-	H	L	N	L	M	-	L	M
C_5	VH	N	H	H	-	M	VH	H	H	M	-	H
C_6	VH	H	H	H	L	-	H	VH	H	M	H	-

The results of *m(Y)* and *m(N)* show that the most important criterion in an emergency department is availability of equipment. The improvement of availability of equipment in an ED ensures the improvement in all system. Availability of equipment in an ED must be handled primarily in the context of lean healthcare management according to this result. Value stream must be continued based on this result.

C2 (accuracy), and C5 (skill of staff) patient perceived values have higher impact on other patient perceived values. C2 and C5 can also be defined as patient perceived values. The patient perceived values are handled into PPVs (C2, C5 and C6) and non-PPV (NPPV) (C1, C3, and C4).

Table 3. The results for *m(Y)*.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	R-C
C1	0,600	0,614	0,630	0,669	0,654	0,563	-2,000
C2	1,100	0,802	1,047	1,022	1,046	0,845	0,979
C3	0,894	0,820	0,717	0,883	0,866	0,651	-0,446
C4	0,901	0,749	0,848	0,697	0,841	0,674	-0,577
C5	1,132	0,966	1,054	1,025	0,871	0,856	0,627
C6	1,103	0,929	0,981	0,992	1,000	0,680	1,418

Table 4. The results for *m(N)*.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	R-C
C1	0,207	0,454	0,465	0,422	0,416	0,523	1,267
C2	0,183	0,148	0,192	0,238	0,183	0,296	-0,506
C3	0,295	0,301	0,205	0,291	0,282	0,494	0,295
C4	0,251	0,380	0,295	0,200	0,292	0,424	0,221
C5	0,133	0,217	0,169	0,227	0,109	0,268	-0,364
C6	0,150	0,245	0,248	0,243	0,206	0,192	-0,914

Table 5. The results for *m(θ)*.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	4.481	3.309	2.779	2.591	3.117	3.107
C2	2.397	4.124	2.074	2.002	2.335	2.416
C3	2.799	3.042	4.047	2.275	2.925	2.933
C4	2.885	3.201	2.491	3.998	2.835	3.013
C5	2.245	2.542	1.986	1.965	3.903	2.327
C6	2.285	2.637	2.162	2.046	2.495	4.036

4 CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH

The Lean Manufacturing System, also known as the Toyota Production System (Full-Time Production), was first developed as a result of the shortage of resources in Japan after World War II and increased competition in the world. This new system is validated; the world economy recession in the oil crisis in the 1970s, Japan, Toyota continued to make profit by proving. The first thing that manufacturers need to do is to develop their way of communicating with customers by questioning the traditional value definitions. By analyzing the value of producers and customers together, wastage must be eliminated and the target cost should be determined. In short, the correct definition of value is the first critical step of lean thinking. The wrong product or service will be the result of the correct production. It is necessary to understand the needs of the users and to implement this in an entire product development chain.

An expert team responded a questionnaire about the patient perceived values in an emergency department. This paper contributes to lean healthcare management by using IFDEMATEL method for the patient perceived value in an emergency department. IFDEMATEL method is used to define the patient perceived value in an emergency department. The value concept is the first step of lean management. This paper handled six criteria for the patient perceived value in an emergency department. “Availability of equipment” criterion is the most important criterion between the patient perceived values in an emergency department. The managers must firstly work about “availability of equipment” to improve the lean healthcare management in an ED.

REFERENCES

KIM, C.S., SPAHLINGER, D.A., KIN, J.M., BILLI, J.E. (2006), Lean Health Care: What can hospitals learn from a world- class automaker?, *Journal of Hospital Medicine*, 1, 191-199.

JOOSTEN, T., BONGERS, I., JANSSEN, R. (2009), Application of lean thinking to health care: Issues and observations, *International Journal for Quality in Health Care*, 21(5), 341- 347.

BÜYÜKÖZKAN, G., ÇİFCİ, G., GÜLERYÜZ, S. (2011), Strategic analysis of healthcare service quality using fuzzy AHP methodology, *Expert Systems with Applications*, 38, 9407–9424.

HO, C.C. (2012). Construct factor evaluation model of Health Management Center selected by customers with Fuzzy Analytic Hierarchy Process, *Expert Systems with Applications*, 39, 954–959.

FONTELA, E., GABUS, A. (1976). The DEMATEL observer, Geneva, Switzerland: Battelle Institute. Geneva Research Center.

BİR DİZEL MOTORUNA AŞIRI DOLDURMA UYGULAMASININ PİSTON ÜZERİNE ETKİSİNİN ANALİZİ

Oğuzhan Önder Mesta
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Makine Mühendisliği
oguzhanmesta.21@gmail.com

Doç. Dr. Vezir Ayhan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
vayhan@sakarya.edu.tr

Prof. Dr. Yusuf Çay
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
ycay@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada doğal emişli bir dizel motoruna farklı basınçlarda aşırı doldurma uygulamasının piston üzerine etkileri yapısal analizlerle incelenmiştir. İçten yanmalı motorlarda yanma sonucu ortaya çıkan iş, piston üzerine meydana gelen basıncın miktarına göre değişmektedir. Aşırı doldurma uygulandığında standart silindir içi basınçlarından çok daha yüksek değerler meydana gelmektedir. Bundan dolayı uygulanacak basınç değerinin motor parçalarına zarar vermeyecek değerde olması gerekmektedir. Özellikle ani yük değişimlerinde meydana gelen aşırı zorlamalar da göz önünde bulundurularak motor ana parçalarının yapısal durumunda zarar oluşturmayacak sınırlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Çalışmada direkt enjeksiyonlu bir dizel motoruna tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde 1 ve 1,2 bar aşırı doldurma uygulanmıştır. Doğal emişli ve aşırı doldurmalı durumlarda silindir içi basınç değişimleri deneysel olarak elde edilmiştir. Pistonun gerçek ölçülerinde katı modeli çizilmiştir. Sonra deneysel çalışmalardan elde edilen veriler doğrultusunda pistonun yapısal analizleri aşamalı olarak geçekleştirilmiştir ve sonuçlar elde edilmiştir. Makul değerlerde deformasyon artışı olmuştur ve bu şekilde kullanım herhangi bir sorun teşkil etmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Piston, Aşırı Doldurma, Yapısal Analiz

ANALYSIS OF THE EFFECT OF OVERFILL APPLICATION ON A DIESEL ENGINE

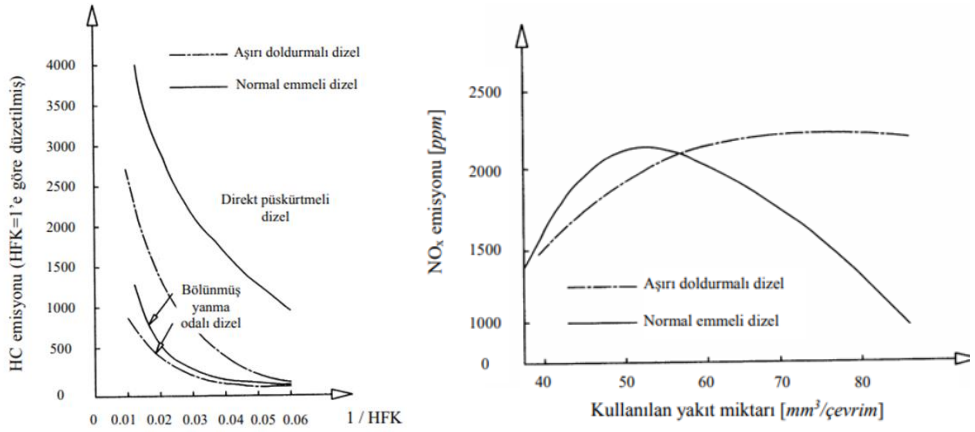
Abstract

In this study, the effects of overfilling on a piston with a natural suction diesel engine at different pressures were investigated by structural analysis. The result of combustion in internal combustion engines varies according to the amount of pressure on the piston. When overfilling is applied, values higher than the standard in-cylinder pressures occur. Therefore, the pressure value to be applied must not be harmful to the engine parts. Particular attention should be paid to the limits that will not cause any damage in the structural conditions of the engine components by taking into account the excessive stresses occurring in sudden load changes. In the study, a direct injection diesel engine was applied to 1 and 1.2 bar overfilling at full load conditions and at different engine speeds. In case of natural suction and overfill, the inside of the cylinder pressure changes were obtained experimentally. The solid model is plotted in the actual dimensions of the piston. Then, the structural analyzes of the piston were carried out gradually and the results were obtained according to the data obtained from the experimental studies. There has been an increase in deformation at reasonable values and its use in this way does not pose any problems.

Keywords: Piston, Overfilling, Structural Analysis

1. GİRİŞ

Benzinli ve dizel motorlarda enerji çevriminin gerçekleştiği yanma odası ve elemanlarının yüksek sıcaklık ve basınca etkisi altında kalmaktadır. Yanma olayı sonucunda oluşan termal şok, basınç ve yanmış gazların olumsuz etkileri yanma odası elemanlarının (silindir gömleği, supaplar, piston, piston kafası vs.) yüzeylerinde kimyasal olarak aşınmaya ve deformasyona sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada, dizel motorda piston üzerinde oluşan deformasyonlar incelenmiştir. İçten yanmalı pistonlu motorlarda birim zamanda yapılan işi arttıran, özgül yakıt tüketimini ve emisyon değerlerini azaltan aşırı doldurma uygulamaları, kullanıcı ve üreticilerin yanında çevre şartları için oldukça önemli ölçüde bir iyileşme sağlanmaktadır. Genellikle aşırı doldurma prosesi, bir kompresör sıkıştırıcı vasıtasıyla içten yanmalı pistonlu motorların silindirlerine atmosfer basıncından daha yüksek basınçlarda ve dolayısıyla daha yüksek yoğunlukta hava ile doldurulması anlamına gelmektedir. Bunun sayesinde sabit hava yakıt oranında, silindir içine daha fazla hava alındığından, hava yakıt oranı arttırılmış olunup daha iyi yanma sağlanmaktadır ve atmosfer basıncına olan bağımlılık azaltılmaktadır. Aşırı doldurma işlemi uygulanarak daha küçük motorla aynı güç değerlerine ulaşılabilinmektedir. Bunun sayesinde motor ağırlığı önemli ölçüde azalmaktadır. Aynı zamanda mekanik kayıplar azaltılır ve daha yüksek motor devirlerine çıkılır. Bu iyileşmeler sayesinde ciddi miktarlarda motor veriminde artış ve özgül yakıt tüketiminde azalış görülmektedir. Bununla birlikte yanma kalitesinin artması emisyonları da pozitif yönde etkilemektedir. Özellikle de Hidrokarbon (HC) emisyonlarında ciddi miktarlarda azalma görülmektedir. [1] Aşırı doldurma uygulamalarının emisyon değerleri yönünden incelendiğinde en ciddi denilebilecek dezavantajı ise, yüksek sıcaklıklardaki egzoz gazlarında meydana gelen azot oksit miktarının (NOx) artmasıdır. Bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla daha fakir karışımların kullanılması veya homojen karışımların sıkıştırılarak alevsiz yakılması gibi çözümler üzerindeki çalışmalar günümüzde devam etmektedir. [2]



Şekil 1: Dizel motorunda aşırı doldurmanın HC ve NO_x emisyonuna etkisi [2]

Bu çalışmada, öncelikle deney düzeneğine bağlı olan doğal emişli dizel motor çevrimden her açıdaki basınç değerleri kaydedilmiştir. Ardından farklı basınçlardaki aşırı doldurmalı dizel motordaki her açı değerindeki veriler kaydedilmiştir. Bunlar tabloda gösterilecektir. İkinci aşamada ise bu pistonun katı modeli bilgisayar ortamında çizilmiştir ve üç boyutlu hali elde edilmiştir. Son aşamada ise bu katı modelin Ansys programında yapısal analizi yapılmıştır. Ve sonuçlar elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Deneyler Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı Deney Laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği Resim 1'de görülmektedir.

2.1. Deney Motoru

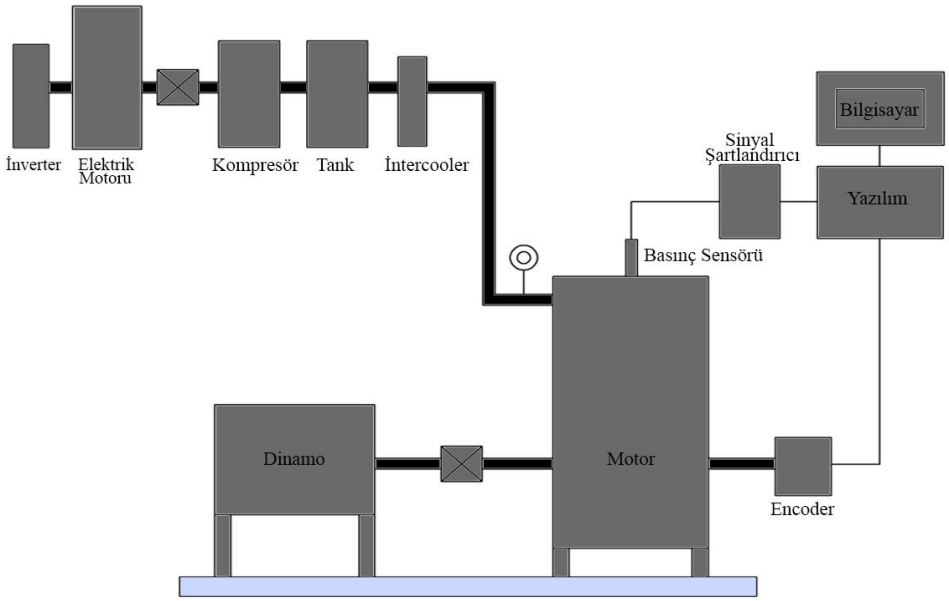
Deneylerde tek silindirli, direk püskürtmeli, doğal emişli, dört stroklu, su soğutmalı ve çanak pistonlu SüperStar marka bir dizel motor kullanılmıştır. Tablo 1' de, deney motorunun teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1: Deney Motorunun Teknik Özelikleri ve Deney Motoru

Motor Tipi	Süper Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm^3]	0,92
Güç, 1500 d/d, [kW]	13
Enjektör Açma Basıncı [bar]	175
Püskürtme Avansı [Krank Açısı]	35
Sıkıştırma Oranı	17
Maksimum Devir [d/d]	2500
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direk Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak Piston

2.2. Dinamometre

Motorun ürettiği efektif gücü veya torku işe veya elektrik enerjisine dönüştürmek amacıyla yutan iş makinesine dinamometre (fren veya bremze) denilmektedir. Bu sistemle birlikte motorun belli devir ve yük altında yüklenmesi sağlanarak motora karşı bir direnç oluşturulup motor gücü ölçülebilmektedir. Deneyler esnasında motor hidrolik dinamometre ile yüklenmiştir. Yüklemeler esnasında hata oranını minimize etmek için dinamometre sabit tutulmuştur. Motor tarafından üretilen gücün tespiti için dinamometre koluna 0,1 kg hassasiyetinde S tipi Loadcell bağlanmış ve deneyler başlamadan önce Loadcelin kalibrasyonu hassas bir şekilde yapılmıştır. Aşağıdaki şekilde dinamometrenin yeri ve deney düzeneği gözükmektedir.

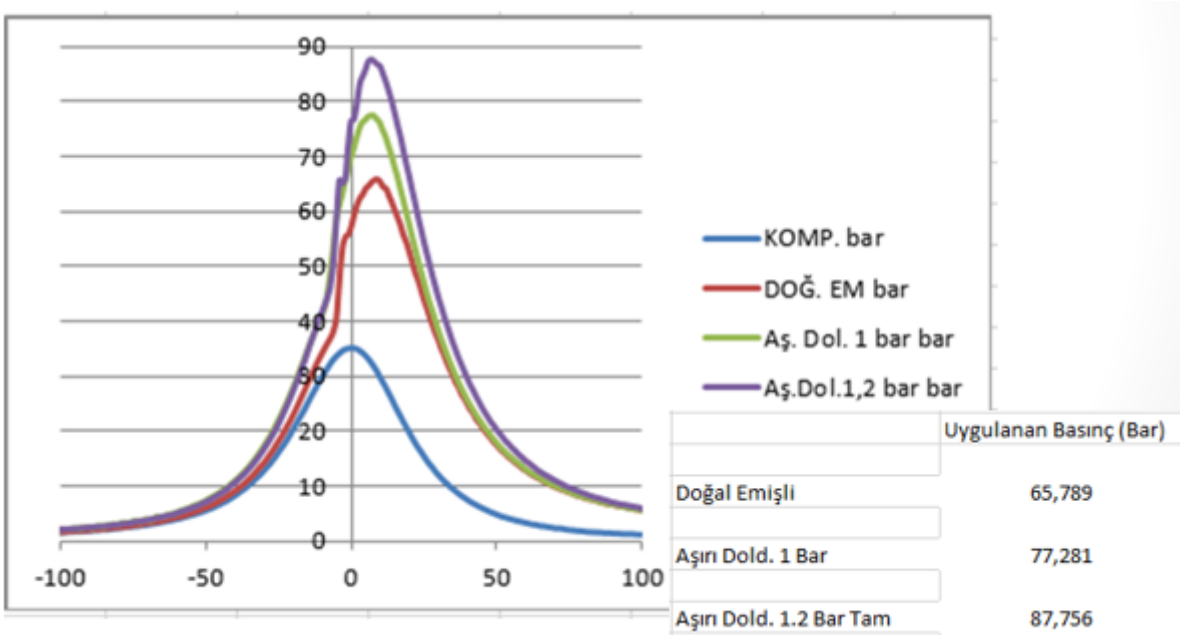


Şekil 2: Dinamometrenin Yeri ve Deney Düzeneğinin Şematik Gösterimi

2.3. Silindir İçi Basıncın Ölçülmesi

Silindir basıncı ölçümünde Kistler marka 6061B model su soğutmalı piezo-elektrik sensör ve Kistler 5011B model şarj amplifikatör kullanılmıştır. Veri aktarımı için tek kanaldan 500 kHz hızla veri aktaran National Instrument marka AI-16E-4 model veri aktarma kartı, açısal konumun ölçümü için Koyo TRD J1000-RZ model 1000 pals/tur özelliğine sahip encoder kullanılmıştır. Basınç ve konum bilgilerinin örneklenmesi ve analizi için Matlab R2007b ortamında yazılım geliştirilmiştir. Program 5 s süre ile örnekleme yapmakta ve toplam 400000 örnekleme yaparak otomatik olarak sonlanmaktadır. Örneklenen dosyalar "mat" uzantılı Matlab dosyası olarak saklandığı gibi aynı zamanda "csv" formatında saklanarak Excel ortamında da verilerin analizine imkan sağlamaktadır. Şekilde basınç ölçüm ara yüzü görülmektedir. 2. Şekilde ise silindir içi basınç ölçme sistemi elamanlarının şekli görülmektedir. [3] Sensör deney motorunun silindir kapağından yanma odasına açılan yuva üzerine montaj edilmiştir. Atölyede dizel motor deney düzeneğine bağlanarak farklı bar değerlerindeki pistondaki basınç değerleri elde edilmiştir. Aşağıdaki tabloda bu değerler görülmektedir.

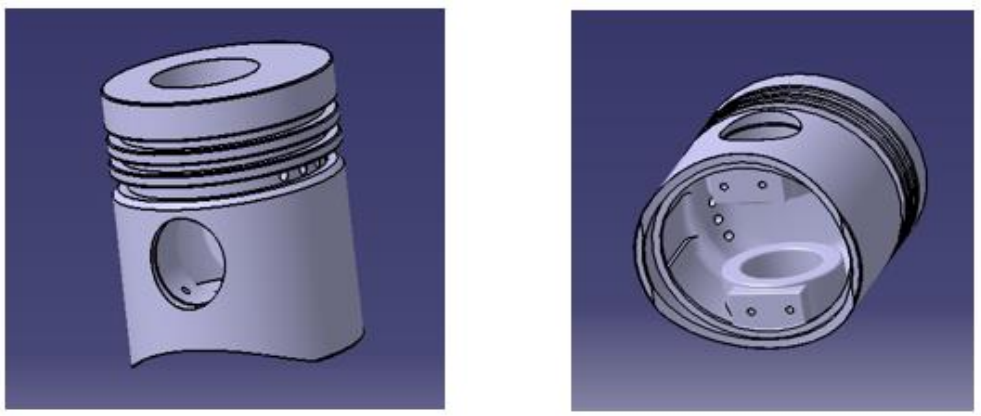
Tablo 2: Krank Açılarına Göre Basınç Değişimleri



	Uygulanan Basınç (Bar)
Doğal Emişli	65,789
Aşırı Dold. 1 Bar	77,281
Aşırı Dold. 1.2 Bar Tam	87,756

2.4. Modelleme

Modelleme yapılırken, Solid Works programından yararlanılmıştır. Ölçüler pistonun orijinal ölçüleri ile çizilmiştir



Resim 1 -2 : Pistonun İzometrik ve Alttan Görüntüsü

2.5 Yapısal Analiz

Analiz yaparken malzeme seçimi yapılmaktadır. Malzeme özellikleri aşağıdaki tabloda gözükmektedir.

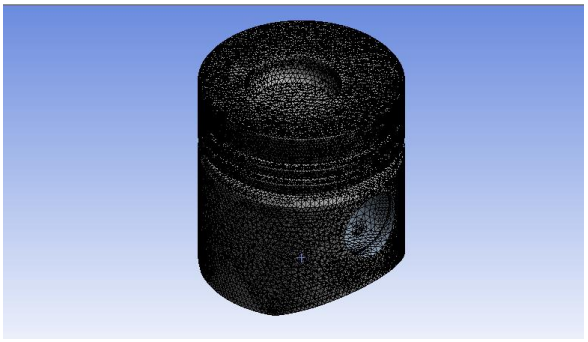
Tablo 2: Malzeme Özellikleri

	Özellikler	Değer	Birim
1	Yoğunluk	7850	Kg/m^3
2	Termal genleşme katsayısı	$1,2e^{-05}$	C^{-1}
3	Özgül ısı	434	j/Kg°C
4	Süneklik katsayısı	0,213	
5	Süneklik üssü	-0,47	
6	Young's Modülü	$2e^{+11}$	Pa
7	Poisson Oranı	0,3	
8	Bulk Modülü	$1,6667\ e^{+11}$	Pa
9	Kesme Modülü	$7,692\ e^{+11}$	Pa

Analizde 'Ansys 18.1' programından faydalanılmıştır. Solid Works'te çizilen katı model Ansys programına aktarılmıştır. Ardından meshleme bölümüne geçilmiştir.

2.6. Meshleme

Meshleme, analiz doğruluğu için önemli bir yere sahiptir. Meshleme, temel olarak parçayı küçük parçalara bölmek demektir. Ağ yapısı ne kadar düzgün ve yoğun olursa analiz sonuçları o kadar güvenilir olmaktadır.



Resim 3: Mesh Görüntüsü

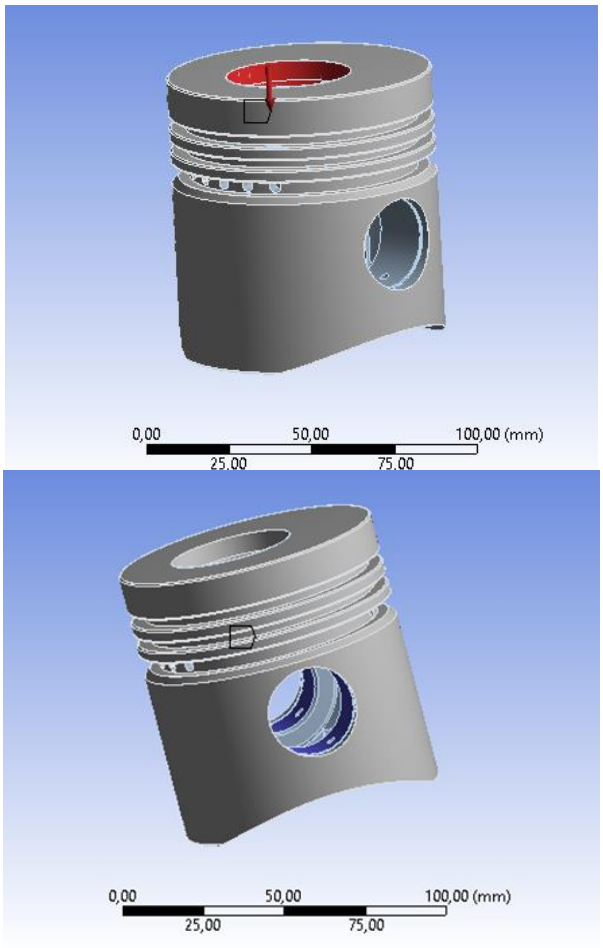
Mesh ayarları şu şekildedir;

- Size function kısmındaki sekme proximity and curvature kısmına getirilmiştir,
- Revelence center fine sekmesine getirilmiştir,
- Transition slow, yani yumuşak geçiş yapılmıştır,
- Span angle center fine olarak işaretlenmiştir.

Ürün, 459168 nodes ve 282512 elementten oluşmaktadır.

2.7. Analiz Ayarları

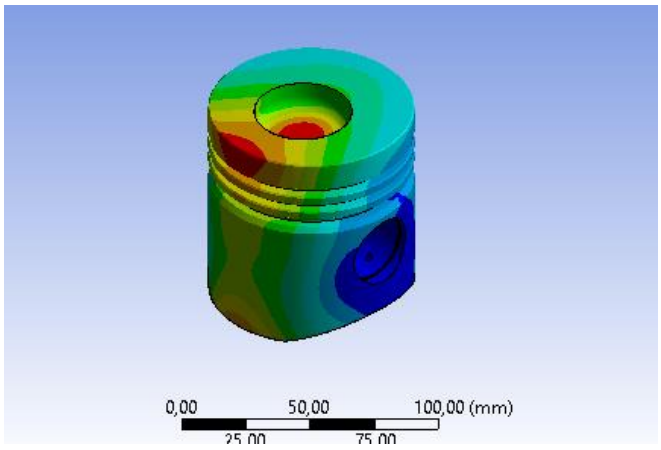
Resimde görüldüğü gibi oluşan basınç şekildeki gibi elde edilen verilere göre verilmiştir. Ve bu işlem doğal emişli ve farklı basınçlardaki aşırı doldurmalı motora göre maksimum değerler pistonlara için ayrı ayrı uygulanmıştır. Ve her birinden ayrı ayrı sonuçlar elde edilmiştir.



Resim 4 ve 5: Basıncın Verildiği Yer ve Sabitlenen Yerler

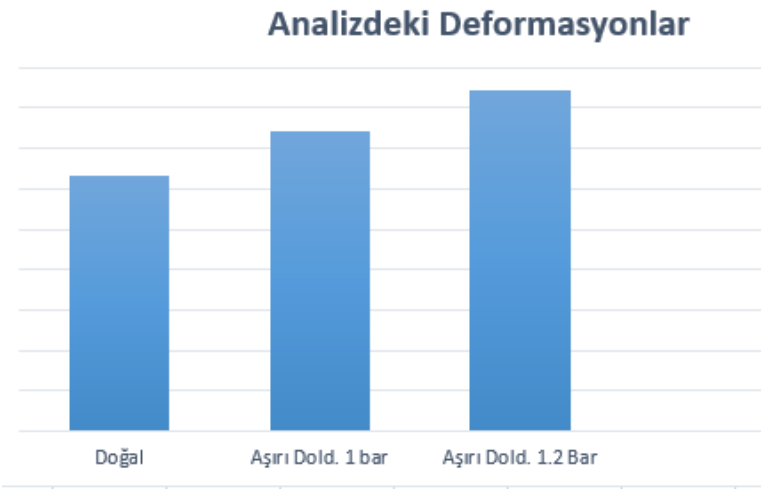
3. SONUÇ

Gerekli ayarlar yapıldıktan sonra çözüme gidilmiştir. Beklendiği gibi yükü ve aşırı doldurmadaki basıncı arttırdığımızda deformasyonlar artmıştır. Bu sonuçlar tablo şeklinde aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Resim 6: Deformasyon Sonuçları

Tablo 3: Deformasyon Sonuçları



4. TARTIŞMA

Sonuçlardan çıkarılan yorum; bu dizel motordan aşırı dolum yapılarak yararlanılabilir. Sonuçlar kabul edilebilir aralıklardadır. Buradan şu çıkarım yapılabilmektedir; aşırı dolum ile birlikte aynı yakıt miktarı ile daha fazla basınç değeri yakalayabiliriz. Bir başka deyişle aynı basıncı daha az yakıt miktarı ile sağlayabilmekteyiz. Bunu Tablo 2'den görebilmekteyiz. Bu da yakıt tasarrufu sağlanmaktadır demektir. Yakıt tasarrufunun yanında çevreye salınan zararlı gazların da azaltılması anlamına gelmektedir. Bunu da analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere pistona zarar vermeden yapılabilmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Alan R. F., (2006), *Dizel Motorlarında Değişken Geometrili Turbokompresör Kullanımının Motor Karakteristiklerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[2] Canlı E., (2010), *İçten Yanmali Motorlarda Aşırı Doldurma Ve Arasoğutma Sistemleri*, Selçuk Ünniversitesi, Fen Bilimleri Estitüsü, Konya

[3] Ayhan V., (2009), *Bir Dizel Motoruna Buhar Enjeksiyonunun Nox Ve İs Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

HAVA ARAÇLARINDAKİ TEK TARAFLI BİNDİRMELİ BAĞLANTILARIN HİBRİD NANOPARÇACIK TAKVİYESİYLE EPOKSİ YAPIŞTIRICILARIN İYİLEŞTİRİLMESİ

Dr.Ögr.Gör. Mürsel EKREM*
Necmettin Erbakan Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi/ Makine Mühendisliği
mekrem@erbakan.edu.tr

Özlem ÖZDEMİR
Necmettin Erbakan Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi/ Makine Mühendisliği
ozlmozdmr@gmail.com

Muhammed İhsan ÖZGÜN
Necmettin Erbakan Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi/ Makine Mühendisliği
ihsanzgn@yahoo.com

Tuğba Selcen ATALAY KALSEN
Necmettin Erbakan Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi/ Makine Mühendisliği
t.selcenatalay@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, hava araçlarında kullanılan farklı bileşenli yapıların hibrid nanoparçacık takviyesiyle epoksi yapıştırıcıların kayma dayanımları araştırılmıştır. 8 kat 0°/90° düz dokuma karbon kumaştan el yatırma tekniği vakum yardımıyla 1.7±0.1 mm kalınlığında üretilmiştir. Üretilen karbon elyaf takviyeli epoksi kompozitler (KETEK) ile 2024-T3 Alüminyum (Al) levhalar modifiye edilmiş epoksi yapıştırıcılarla tek taraflı bindirmeli bağlantı olarak ASTM D1002-10 standartlarına göre test edilmiştir. Al 2024-T3 malzeme ASTM D3933-98 fosforik asit anotlama ve KETEK numuneler ise ASTM D2093-03 standartlarına göre yüzey hazırlama yöntemleri kullanılmıştır. Epoksi reçineye ağırlıkça % 0.5 Bor Nitrür Nanoplateler (BNNPs) ile ağırlıkça farklı oranlarda (% 0.5, 1 ve 1.5) nano gümüş (Ag) parçacıkları ilave edilmiştir. Hibrid nanoyapıştırıcılar ile referans numunelerin kayma dayanımları, elastik modülleri ve kayma şekil değişimleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca modifiye edilmiş epoksi yapıştırıcıların termogravemetrik analizi (TGA) ile bozunma sıcaklıkları, termal kararlılığı ve kalan kütle miktarları karakterize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tek taraflı bindirmeli bağlantı, Kayma dayanımı, Nanoparçacık, Hibrid nanoyapıştırıcı

IMPROVING OF HYBRID NANOPARTICLES REINFORCED EPOXY ADHESIVES OF SINGLE LAP JOINTS IN AIR VEHICLES

Abstract

In this study, shear strength of epoxy adhesives with hybrid nanoparticle reinforcement of various component structures used in aircraft was investigated. 8 layer 0 ° / 90 ° flat woven carbon fabric hand depositing technique vacuum system is produced with a thickness of 1.7 ± 0.1 mm. Produced carbon fibres reinforced epoxy composites (KETEK) and 2024-T3 Aluminium (Al) sheets were tested in accordance with ASTM D1002-10 standards as a one-sided overlap connection with modified epoxy adhesives. Al 2024-T3 material ASTM D3933-98 phosphoric acid anodization and KETEK samples were used according to ASTM D2093-03 standards. To the epoxy resin was added 0.5 wt.% Boron Nitride Nanoplates (BNNPs) and nano-silver (Ag) particles in different ratios (0.5, 1, and 1.5%) by weight. The shear strength, elasticity modulus and slip pattern changes of the hybrid nanoparticles and reference samples were compared. In addition, the thermogravimetric analysis (TGA) of the modified epoxy adhesives was characterized by decomposition temperatures, thermal stability and residual mass quantities.

Keywords: Single lap joints, Shear strength, Nanoparticles, Hybrid nanoadhesive.

1. GİRİŞ

Yapıştırıcıyla bağlanmış bağlantılar, havacılık ve diğer mühendislik uygulamalarında mekanik bağlantı yerlerine alternatifleri artırmakta ve geleneksel mekanik sızdırmazlığa göre birçok avantajlar sağlamaktadır. Yapısal yapıştırıcı yapıştırmada en yaygın kullanılan yüzeyler ahşap, alüminyum, titanyum, paslanmaz çelik ve yapıştırılmış sandviç yapıları, elyafla takviyeli plastik laminatlar gibi kompozit malzemeleri ve alüminyum elyaf/metal matris laminatları birleştirmek için epoksi gibi polimer yapıştırıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır(Bishopp, 2011). Özellikle havacılık uygulamalarında kullanılan kompozit parçaların birleştirilmesinde epoksi yapıştırıcıyla bağlamanın kullanılması, düşük maliyet, yüksek dayanım/ağırlık oranı, düşük gerilme dağılımı, daha az işlem süreçleri, üstün yorulma direnci ve korozyon direnci gibi birçok avantaj sağlar(Vietri ve ark., 2014).

Epoksiler, uçak parçaları, borulardaki korozyon önleyici kaplamalar ve elektronik aygıtlar gibi yapıştırıcı olarak birçok mühendislik uygulamasında yaygın olarak kullanılmıştır(Pethrick, 2015). Ancak epoksilerin düşük dayanımları ve toklukları, birçok durumlarda kullanımlarını sınırlamaktadır. Dolasıyla yapısal bileşenlerin bağlanması ve birleştirilmesinde, yapıştırılan metal malzemelerin yüzeylerin ön işlemleri(Kang ve ark., 2014) ve epoksi yapıştırıcılara dolguların dahil edilmesi performansı arttırmanın en yaygın yoludur. Yapıştırılan malzemelerin yüzey ön işlemleri karmaşık olup, çoğu zaman doğru proses kontrolü gerektiren kimyasal reaksiyonları içerir. Buna karşılık yapıştırıcıya karbon nanotüp(Hsiao ve ark., 2003; Spitalsky ve ark., 2010), nano alümina (Jouyandeh ve ark., 2016), nano TiO_2(Ghosh ve ark., 2016), grafen(Reza Borghei ve ark., 2018), bor nitrür nanoplateler(Ekrem ve ark., 2017b) gibi nanoparçacıkların eklenmesi mekanik özelliklerin iyileştirilmesin de basit bir çözümdür.

Elektriksel olarak iletken yapıştırıcılar (ECA) da mevcuttur ve elektronik endüstrisinde kullanılır. Geleneksel ECA'lar hacimce % 25-30 (ağırlıkça % 80) iletken dolgular gereklidir(Ekrem ve ark., 2017a). En yaygın olarak nano gümüş parçacıklarının yüksek dolgu nedeniyle kayma mukavemetinin sadece küçük miktarlarında iyi olduğu için ECA'lar havacılık yapı uygulamalarında uygun değildir. Dolasıyla yapısal yapıştırıcılar uçaklarda yaygın olarak kullanılsa da, perçinleme elektriksel yapışma için hala tek güncel çözümdür. Bu teknik ortaya çıkan korozyon riskleri, perçinlerin ağırlığı ve karbon elyaf takviyeli polimer kompozitlerin perçin deliklerin delinmesi sırasında hasar görmesi ve delik etrafında gerilme yığılmasının fazla olması nedeniyle olumsuzdur. Airbus 380'de 10^6 adet perçinden her biri 2 g'dan toplam 2 000 kg ağırlığa eşittir(Nogueira ve ark., 2012). Bu zorlukların üstesinden gelmek ve uçak yapıların hem yapısal hem de elektriksel yapışmasını sağlamak için iyi yapısal yapışma kabiliyetine sahip yapıştırıcıların geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için Jakubinek ve arkadaşları(Jakubinek ve ark., 2015) epoksi yapıştırıcının içine ağırlıkça farklı oranlarda tek cidarlı karbon nanotüpler (SWCNTs) ilave ederek kompozit/kompozit bağlantıların hem soyulma ve tek taraflı bindirmeli bağlantı testleri yaparak yapısal yapışma performansı hem de elektriksel iletkenliğinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Ağırlıkça % 1 SWCNTs ile güçlendirilmiş epoksi yapıştırıcının soyulma dayanımı % 30 artarken, kayma dayanımı ise % 13 azalmıştır. Fakat epoksinin iletkenliği tipik olarak ~10^{-3} Sm^{-1} iken ağırlıkça % 1 SWCNTs ile güçlendirilmiş epoksi yapıştırıcının iletkenliği 10^{-1} Sm^{-1} gibi yüksek iletkenliğe ulaşmıştır.

Scarselli ve ark. (2017) epoksi ve nano grafit takviyeli epoksi yapıştırıcılarıyla karbon elyaf takviyeli kompozit malzeme ile Al 2024-T3 alaşımını tek taraflı bindirmeli bağlantı yaparak hem deneysel hem de numerik olarak mekanik özelikleri incelemişlerdir. Bu araştırma kayma dayanım ve enerji emilimi açışından nano grafit takviyesinin epoksi yapıştırıcıya üstün mekanik özellikler kattığını göstermektedir. Nano grafit takviyeli epoksi ile referans numunesinin kayma dayanımı ve enerji emilimi sırasıyla % 18 ve % 54 oranlarında artmıştır. Böylece numerik ve deneysel sonuçlar arasında iyi bir korelasyon sağlanmış ve yapıştırıcı hatasının doğrusal olmayan modellerini güvenilir ve doğru kriterleri belirlenmiştir.

Wang ve ark çelik yüzey ile epoksi yapıştırıcının bağlantı arasındaki arayüzey boyunca kayma hasarını en aza indirmek için epoksi yapıştırıcının yapışmasında çeliğin yüzey hazırlama yöntemlerinin etkilerini araştırmışlardır. Kumlanmış çelik yüzeylerinin ıslanabilirliği, reçine ön kaplama yüzey işleme yöntemi geliştirilmiştir. Reçine ön kaplama yüzey işlemei ile epoksi yapıştırıcıyla bağlanmış tek taraflı bindirmeli bağlantıların kayma dayanımı % 50 oranında artmıştır. Ayrıca Wang ve arkadaşları kayma dayanımını yapıştırıcı bağlantılarında MWCNT ve kısa kevlar elyafları dahil edilerek daha da geliştirmiş olup, hibrid epoksi yapıştırıcının reçine ön kaplama yöntemiyle birlikte % 70 üzerinde bir atış gözlenmiştir. Test sonucunda yüzey topografyası belirlenen arayüzey bölgesi boyunca güçlendirme mekanizmaları ve MWCNT ve kısa kevlar elyaflı hibrid yapıştırıcıların bağlantılarındaki tokluk mekanizmaları Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) gözlemleri ve deney sonuçları ile birlikte tartışılmıştır.

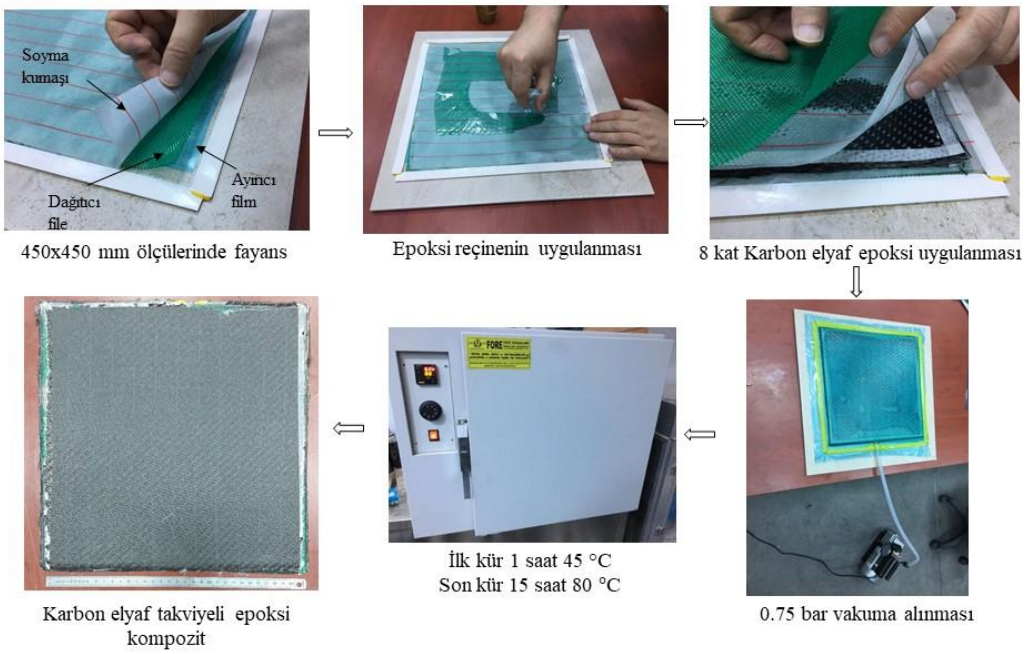
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Malzemeler

Ortalama 100 nm kalınlığındaki ve % 99.1 üzerindeki saflıkta hekzagonal formda Bor Nitrür Nanoplateler (BNNPs) Bortek firmasından ve 40±10 nm ortalama çapında sahip nanoAg nanoparçacıklar % 99.9 saflıkta ve küresel form da olup Nanografi'den temin edildi. Havacılık sertifikasına sahip ve infüzyon uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilen 1.13-1.16 g/cm^3 yoğunluğunda, 700-900 mPas viskoziteli MGS-L160® diglisidil eter bisfenol-A (DGEBA) reçine ve 0.96-1.0 g/cm^3 yoğunluğunda, 10-50 mPas viskoziteli MGS-H160® kürleştirici Momentive (Hexion)'dan satın alındı. Ayrıca 0/90°örgü, 210 tex ve 0.25 mm kalınlığında karbon elyaf kumaşlar Techel firmasından ve Al 2024-T3 plakalar Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ)'tan temin edildi.

2.2. Karbon Elyaf Takviyeli Epoksi Kompozitlerin Üretimi

Tipik uçak gövdelerindeki mevcut katman sayıları (8-16) (York, 2017) dikkate alınarak kompozitlerin 8 tabakalı olması öngörüldüğü için karbon elyaf kumaştan 320 mm x 320 mm ölçülerde 8 adet olacak şekilde kesim yapıldı. Öncelikle 450x450 mm^2 ölçülerindeki bir fayansın üzerine kalıp ayırıcı sürülür. Fayansın üzerine karbon elyaf kumaşların yerleştirileceği yerin etrafına hava sızdırmazlığını sağlayan çift taraflı sızdırmaz bant yapıştırılır. Ardından ayırıcı film, dağıtıcı file ve soyma kumaşı yerleştirilecek. Önceden kesilen 8 kat karbon elyaf kumaşlar terazide tartılır. Elyaf / matris oranı 0.45 olacak şekilde tartılan bu miktar ile hesaplanarak epoksi + kürleştirici (100/25oranında) miktarı bulunur (Hexion). Hazırlanan epoksi reçine ayırıcı kumaşın üzerine belirli bir miktar dökülerek ıspatula yardımı ile homojen olarak uygulanır. Bu tabakaların üzerine önceden hazırlanan 320x320 mm ölçülerinde 1 kat karbon kumaş yerleştirilerek aynı şekilde karbon elyaf kumaşın üzerine belirli bir miktar dökülerek ıspatula yardımı ile homojen olarak uygulanır. 8 kat karbon elyaf kumaşa bu şekilde epoksi reçine uygulaması yapılır. Karbon elyaf kumaşların üzerine tekrar soyma kumaşı ve dağıtıcı file serilir. Son olarak tüm tabakaların üzerine vakum torbası serilerek aralıklı olarak 0.75 bar vakuma alınır. Daha sonra vakuma alınan kompozit malzeme fırında ilk kürleştirme işlemi için 1 saat 45 °C'de bekletilir. Son kürleştirme işlemi için ise 15 saat 80 °C'de yapılarak üretim gerçekleştirilir(Şekil 1).

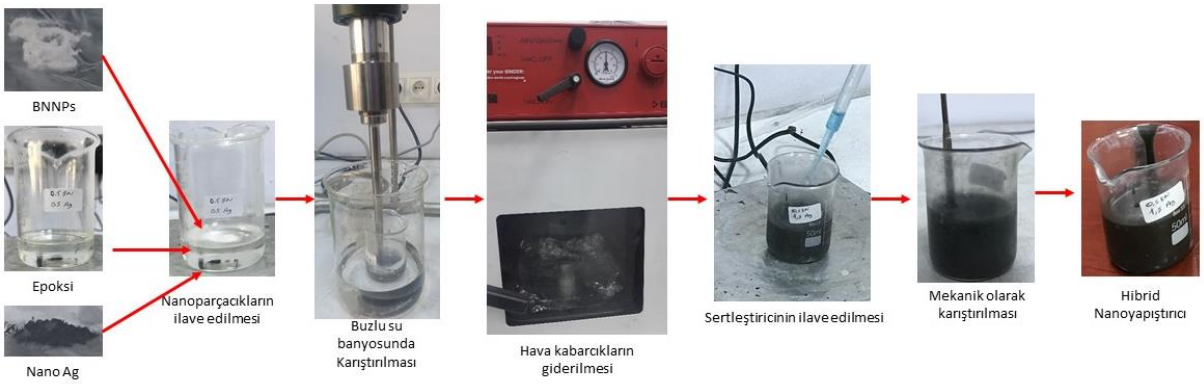


Şekil 1. Vakum yardımlı el yatırma yöntemi ile karbon elyaf takviyeli epoksi kompozit levhaların üretimi

Kürleştirme işlemleri biten kompozit malzeme fayans üzerinden çıkarıldı ve üzerindeki ayırma kumaşıyla birlikte diğer kısımları da söküldü. Kompozit levhalar yüksek hızlı dairesel bir testere ile 101.5x25 mm kesilerek yapılacak testler için gereken boyutlara getirildi. KETEK malzemelerimiz 1.7±0.1 mm kalınlığında üretimi yapılmıştır.

2.3. Hibrid Nanoyapıştırıcıların Hazırlanması

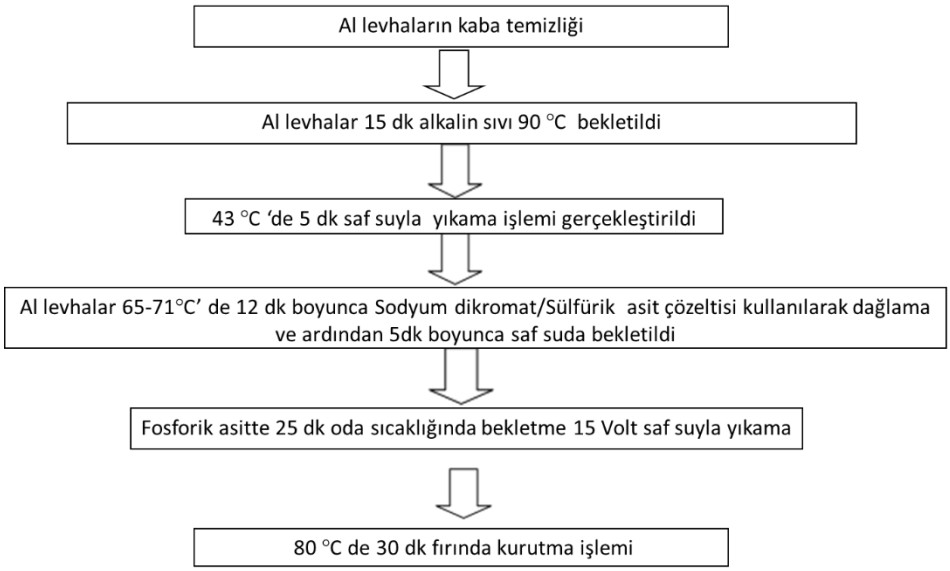
Şekil 2'de hibrid nanoyapıştırıcıların hazırlanması şematik olarak verilmiştir. Öncelikle epoksi reçine belirlenen oranda tartıldı. Bu oranın ağırlıkça % 0.5, 1 ve 1.5 oranlarında nano Ag ayrı ayrı ağırlıkça % 0.5 oranındaki BNNPs ile farklı beherlerde birleştirildi. Problu homojenizatörle 10'ar dakika süreyle 3 defa olmak üzere toplam 30 dk buz banyosu içinde yaklaşık oda sıcaklığı muhafaza edilerek karıştırıldı. Burada buz banyosu ve aralıklarla karıştırmamız sebebi nanoparçacıkların zarar görmemesi içindir. Sonra hazırlanan bu nano katkılı yapıştırıcı karışımı vakum fırını içerisinde oda sıcaklığında 10 dk 0,25 bar vakumda bekletilerek karışım içindeki hava kabarcıkların giderilmesi sağlandı. Epoksi/kürleştirici oranı 100/25 oranında ilave edilerek mekanik olarak hava kabarcığı olmayacak şekilde 10 dk karıştırılarak hibrid nanoyapıştırıcılar hazırlanmış oldu.



Şekil 2. Hibrid nanoyapıştırıcıların hazırlanması

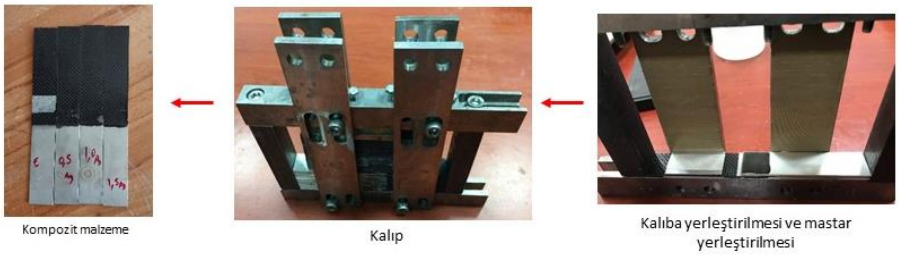
2.4. Yapıştırılan Malzemelerin Yüzeylerinin Hazırlanması

Tek taraflı bindirmeli test numunesi boyutları ASTM D1002-10 standartlarına göre belirlenmiştir. Bu standartlara göre TUSAŞ firmasından alınan alüminyum levhalar ilk olarak 101.5x25 mm boyutlarında Bilgisayarlı Sayısal Kontrollü (CNC) Lazer Kesim Tezgâhında kesilmiştir. Kesim aşamasından sonra elde edilen parçaların kenarlarında oluşan kalıntılar, yapışmayı etkileyebileceği ve çalışana zarar verebileceğinden dolayı giderilmiştir. Numunenin kenar kısımlarındaki pürüzler giderildikten sonra havacılık sektöründe en çok kullanılan yüzey hazırlama metodu olan ASTM D2651-01 standardına uygun (sülfürik asit/ sodyum dikromat) solüsyon ile ASTM D3933-98 standardına uygun yüzey temizleme işlemi yapılmıştır. Bu işlemler boyunca ve bittikten sonra yapıştırılacak yüzeylere çözelti suları ve yıkama işlemleri dışında dışarıdan herhangi bir temasta bulunulmamıştır. Yine aynı şekilde fosforik asitle anotlama işlemi sırasında ve sonrasında da yapıştırılacak yüzeylere temas edilmeden hızlı bir şekilde Şekil 3.'deki işlem basamakları takip edilmiştir.



Şekil 3. Yapıştırılacak alüminyum numunesinin hazırlanma işlem basamakları

KETEK numuneler ise ASTM D2093-03 standartlarına göre yüzey hazırlama yöntemleri kullanılmıştır. Numuneler Şekil 4'te görüldüğü gibi ilk önce 20 mm yapıştırma uzunluğunda olacak şekilde kalıp hazırlandı. Al numunenin uç kısmına 20 mm'lik nanoyapıştırıcı sürülerek kalıba yerleştirildikten sonra diğer tarafına yapıştırma kalınlığı 0.20 mm olacak şekilde mastar konuldu. Hazırlanan hibrid nano yapıştırıcılar, karbon elyaf kompozit ile Al numunelerin yapıştırılacak yüzeylerine ıspatula yardımıyla sürüldü. Kompozit ve Al numunelerin yapışma yüzeyleri üst üste gelecek şekilde yerleştirilerek kalıbın üst taraftaki vida ile 15kPa basınçla 24 saat oda sıcaklığında bekletilerek yapışma bağlantısı gerçekleştirildi. Son kürleştirme işlemi için 80 °C'de 15 saat vakum fırınında bekletilerek yapıştırma işlemi tamamlandı.



Şekil 4. Tek taraflı bindirmeli yapıştırma bağlantısı

2.5. Karakterizasyon

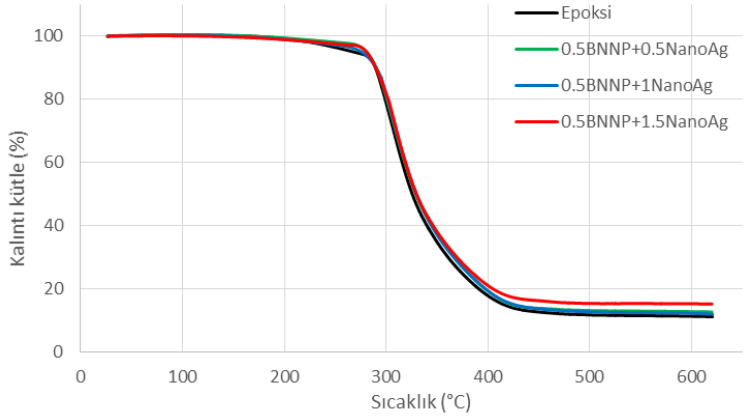
TGA termal analiz ölçümleri, Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (BİTAM) Setaram-Labsys Evo marka cihazında 0.02 g ağırlık ve 0.1 ° C sıcaklık çözünürlüğü ile yapıldı. Termal kararlılık, bozunma sıcaklıkları ve artık kütle TGA ile analiz edilmiştir. Test numuneleri bir azot atmosferi altında 10 ° C / dk'lık bir ısıtma hızında 25 ° C ila 620 ° C'ye ısıtıldı.

Hibrid nanoyapıştırıcı numunelerinin çekme testleri Shimadzu AGS-X test cihazında ASTM D1002-10 standardına uygun olarak 2 mm/dk çekme çene hızında gerçekleştirilmiş olup numunelerin uzamaları Eplison 3560 model iki eksenli dinamik ekstansometre ile ölçülmüştür. Her bir numuneye uygulanan kuvvet P ve yer değiştirme δ değerleri anlık olarak kayıt edilmiş ve numunelerin kayma gerilmesi, kayma birim şekil değişimi ve kayma modülü hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. TGA sonuçları

Şekil 5.'te Hibrid nanoparçacıklarla takviyeli epoksi kompozitler ile saf epoksi yapıştırıcının TGA analiz sonuçları verilmektedir. Sırasıyla %5, %50 kütle kaybı ve tamamen bozunmanın gerçekleştiği sıcaklıklar saf epoksi için 287, 330 ve 550°C'dir. Hibrid nanoparçacık takviyeli epoksi kompozitleri % 5 ile % 50 kütle kaybı saçıkları hemen hemen aynıdır. Fakat maksimum bozunma sıcaklıkları 0.5BNNP+0.5NanoAg, 0.5BNNP+1NanoAg ve 0.5BNNP+1.5NanoAg kompozitlerin sırasıyla 540°C, 520°C ve 500 °C olarak tespit edilmiştir.

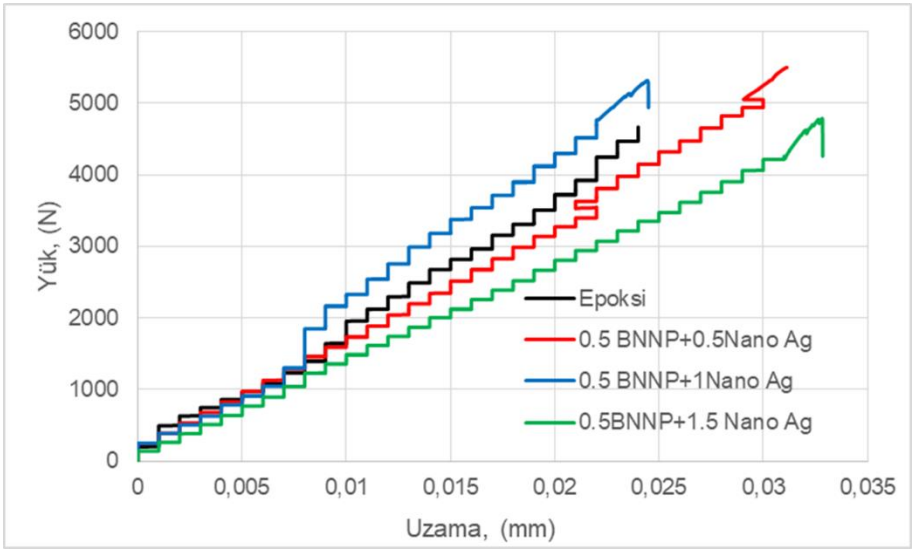


Şekil 5. Hibrid nanoyapıştırıcıların TGA eğrileri

Nano parçacık sayısı sızma eşiği değerine ulaştıktan sonra nanoparçacıklar topaklanmaya başlayarak matris-nano parçacık arasındaki bu etkileşim azalmaktadır. Topaklanmanın sistemde kirlilik olarak işlev gördüğü nanoparçacık oranında termal kararlılık sıcaklığını azaltmaktadır (Ghosh ve ark., 2012)

3.2. Tek Taraflı Bindirmeli Bağlantıların Test Sonuçları

Saf epoksi reçine ve hibrid katkılı epoksi yapıştırıcının tek taraflı bindirmeli bağlantılarının yük-uzama eğrileri Şekil 6'da verilmiştir. Saf epoksini maksimum yükü 4668 N iken, 0.5 BNNP+ 0.5 Nano Ag yapıştırıcının % 18 artış ile 5499 N'da gerçekleşmiştir.



Şekil 6. Tek taraflı bindirmeli bağlantıların yük-uzama grafiği

Saf epoksi reçine ve hibrid katkılı epoksi yapıştırıcının tek taraflı yapıştırma bağlantılarının mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde tek taraflı bindirmeli yapıştırma bağlantısına 0.5 BNNP+ 0.5 Nano Ag yapışma bağlantısındaki en büyük kayma gerilmesi (τ) ve kayma birim şekil değişimi (γ) sırasıyla % 24 ve % 33 oranlarında artırdığı görülmüştür.

Tablo 1. Tek taraflı bindirmeli bağlantıların test sonuçları

Numuneler	Kayma modülü (GPa)	Kayma dayanımı (MPa)	Maximum Kayma şekil değişimi (mm/mm)
Epoksi	0.98	9.11	0.12
0.5 BNNP+0.5 Nano Ag	0.085	11.3	0.16
0.5 BNNP+1 Nano Ag	0.125	10.64	0.13
0.5 BNNP+1.5 Nano Ag	0.062	9.58	0.15

4. SONUÇ

Alüminyum-Karbon elyaf kompozit tek taraflı bindirme bağlantılarında epoksi reçineye BNNP ve Nano Ag katkısı yapışma bağlantısının mekanik özelliklerini iyileştirmektedir. Bu kapsamda yapışma bağlantısında ki en büyük kayma gerilmesi (τ) ve kayma birim şekil değişimi (γ) sırasıyla %24 ve % 33 oranlarında artırdığı belirlenmiştir. Ancak BNNP ve Nano Ag katkısının yapıştırıcıda ki termal bozunma sıcaklığını yeterince iyileştirmediği saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Bishopp, J., 2011, 13 - Adhesives for Aerospace Structures, In: Handbook of Adhesives and Surface Preparation, Eds: Ebnesajjad, S., *Oxford*: William Andrew Publishing, p. 301-344.

Ekrem, M., Ataberk, N., Avci, A. ve Akdemir, A., 2017a, Improving electrical and mechanical properties of a conductive nano adhesive, *Journal of adhesion science and technology*, 31 (7), 699-712.

Ekrem, M., Duzcukoglu, H., Senyurt, M. A., Sahin, Ö. S. ve Avci, A., 2017b, Friction and Wear Performance of Epoxy Resin Reinforced With Boron Nitride Nanoplatelets, *Journal of Tribology*.

Ghosh, P., Pathak, A., Goyat, M. ve Halder, S., 2012, Influence of nanoparticle weight fraction on morphology and thermal properties of epoxy/TiO2 nanocomposite, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31 (17), 1180-1188.

Ghosh, P. K., Kumar, K., Preeti, P., Rajoria, M. ve Misra, N., 2016, Superior dissimilar adhesive joint of mild steel and aluminium using UDM processed epoxy based TiO2 nano-filler composite adhesive, *Composites Part B-Engineering*, 99, 224-234.

Hsiao, K. T., Alms, J. ve Advani, S. G., 2003, Use of epoxy/multiwalled carbon nanotubes as adhesives to join graphite fibre reinforced polymer composites, *Nanotechnology*, 14 (7), 791-793.

Jakubinek, M. B., Ashrafi, B., Zhang, Y. F., Martinez-Rubi, Y., Kingston, C. T., Johnston, A. ve Simard, B., 2015, Single-walled carbon nanotube-epoxy composites for structural and conductive aerospace adhesives, *Composites Part B-Engineering*, 69, 87-93.

Jouyandeh, M., Jazani, O. M., Navarchian, A. H. ve Saeb, M. R., 2016, High-performance epoxy-based adhesives reinforced with alumina and silica for carbon fiber composite/steel bonded joints, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 35 (23), 1685-1695.

Kang, J. H., Siochi, E. J., Penner, R. K. ve Turner, T. L., 2014, Enhanced adhesive strength between shape memory polymer nanocomposite and titanium alloy, *Composites Science and Technology*, 96, 23-30.

Nogueira, A. C., Drechsler, K. ve Hombergsmeier, E., 2012, Analysis of the static and fatigue strength of a damage tolerant 3D-reinforced joining technology on composite single lap joints, *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA*, 1893.

Pethrick, R. A., 2015, Design and ageing of adhesives for structural adhesive bonding - A review, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part L-Journal of Materials-Design and Applications*, 229 (5), 349-379.

Reza Borghei, H., Behjat, B. ve Yazdani, M., 2018, The impact of graphene nanoparticle additives on the strength of simple and hybrid adhesively bonded joints, *Journal of composite materials*, 0021998318817588.

Scarselli, G., Corcione, C., Nicassio, F. ve Maffezzoli, A., 2017, Adhesive joints with improved mechanical properties for aerospace applications, *International journal of adhesion and adhesives*, 75, 174-180.

Spitalsky, Z., Tasis, D., Papagelis, K. ve Galiotis, C., 2010, Carbon nanotube–polymer composites: chemistry, processing, mechanical and electrical properties, *Progress in polymer science*, 35 (3), 357-401.

Vietri, U., Guadagno, L., Raimondo, M., Vertuccio, L. ve Lafdi, K., 2014, Nanofilled epoxy adhesive for structural aeronautic materials, *Composites Part B-Engineering*, 61, 73-83.

York, C. B., 2017, On Bending-Twisting coupled laminates, *Composite Structures*, 160, 887-900.

AA7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ BİLYALI DÖVME İŞLEMİNDE BİLYA BOYUTUNUN VE BİLYA ÇARPMA AÇISININ KÜTLE KAYBI VE PÜRÜZLÜLÜĞE ETKİSİ

Ahmet Burak Çubuk
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
abcubuk26@gmail.com

Ar. Gör. Yasemin Yıldıran Avcu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
yaseminyildiran89@gmail.com

Okan Yetik
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
oknyetik@gmail.com

Berkay Gönül
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
berkaygonul@gmail.com

Ar. Gör. Hürol Koçoğlu
Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
kocogluhurol@gmail.com

Dr. Öğr. Rıza Emre Ergün
Kocaeli Üniversitesi, Ford Otosan İhsaniye Otomotiv Meslek Yüksek Okulu,
Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri
r.emreergun@gmail.com

Dr. Öğr. Egemen Avcu
Kocaeli Üniversitesi, Ford Otosan İhsaniye Otomotiv Meslek Yüksek Okulu,
Makine ve Metal Teknolojileri
avcuegemen@gmail.com

Özet

Bilyalı dövme, malzemelerde korozyona bağlı çatlak ilerlemesinin engellenmesi, malzeme yüzey sertliğinin ve yorulma dayanımının arttırılması amacı ile havacılık, otomotiv ve denizcilik gibi birçok alanda kullanılan mekanik bir yüzey işlemidir. Bununla birlikte bilyalı dövme sırasında malzeme yüzeyine yüksek hızlarda çarptırılan bilyalar yüzeyi deforme ederek malzemenin yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve kütle kaybına neden olmaktadır. Bu çalışmada farklı parametreler altında bilyalı dövme işlemleri gerçekleştirilerek, bilyalı dövme işleminin AA7075-T6 alüminyum alaşımının ortalama çizgisel pürüzlülüğe (Ra), kütle kaybına ve yüzey morfolojilerine etkisi incelenmiştir. Bilyalı dövme deneyleri özel olarak tasarlanan CNC kontrollü bilyalı dövme test sisteminde sabit basınç (3 bar) altında, büyük ve küçük bilyalar (S10 ve S60 paslanmaz çelik bilyalar) ile farklı bilya çarpma açılarında (30º, 45º, 60º, 75º ve 90º) gerçekleştirilmiştir. Her iki bilya boyutu için bilya çarpma açısına bağlı kütle kaybında değişim gerçekleşmiştir. Bilya çarpma açısının eğik olduğu değerlerde (30º ve 45º) kütle kaybının daha fazla olduğu, açının dikleşmesi (60º, 75º ve 90º) ile kütle kaybının azaldığı belirlenmiştir. Kütle kaybına bilya boyutunun etkisi incelendiğinde; küçük bilyaların eğik çarpma açılarında (30º ve 45º) büyük bilyalara kıyasla daha çok aşınmaya neden olduğu, ancak açının dikleşmesi (60º, 75º ve 90º) ile büyük bilyaların daha çok aşındırıcı davranış gösterdiği belirlenmiştir. Bilyalı dövme işlemleri sonrası, yüzey pürüzlülüğü değerlerinin bilya çarpma açısına bağlı değişim gösterdiği belirlenmiştir. Küçük bilyalarla gerçekleştirilen dövme işlemleri sonrası yüzey pürüzlülüğünün eğik çarpma açılarında yüksek, dikleşen çarpma açılarında da düşük olduğu belirlenmiştir. Büyük bilyaların kullanımıyla ise bilya çarpma açısının artması ile yüzey

pürüzlülüğünde artış gerçekleştiği belirlenmiştir. Yüzey morfolojilerinin bilya çarpma açısına bağlı değişim gösterdiği taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerinde belirlenmiştir. 30º bilya çarpma açısında yüzeyde mikro sürme ve mikro kesme mekanizmaları görülürken, 90º de ise yüksek plastik deformasyona bağlı tepe ve çukurların oluştuğu her iki bilya boyutunda da belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA7075 T6 alaşımı, Bilya boyutu, Bilya çarpma açısı, Bilyalı dövme, Kütle kaybı, Yüzey pürüzlülüğü.

THE EFFECT OF SHOT SIZE AND SHOT IMPINGEMENT ANGLE ON THE WEIGHT LOSS AND SURFACE ROUGHNESS OF SHOT PEENED AA7075 ALUMINUM ALLOY

Abstract

Shot peening is a mechanical surface treatment used in many areas such as aerospace, automotive and marine for the purpose of preventing corrosion cracking progression of materials and improve material hardness and fatigue strength. In addition, the shots that are impacted at high velocities to the surface of the material during the shot peening process, deform the surface and cause surface roughness and weight loss. In this study, the effect of the shot peening on the average linear roughness (Ra), weight loss and surface morphology of AA7075-T6 aluminum alloy were investigated under different shot peening parameters. The shot peening tests were carried out in a specially designed CNC-controlled shot peening test system under constant pressure (3 bar), with small and large shots (S10 and S60 stainless steel balls) at different shot impact angles (30º, 45º, 60º, 75º and 90º). A change in weight loss due to the shot impingement angle for both shot sizes was observed. The mass loss was higher at inclined impingement angles (30º and 45) than that of normal impingement angles (60º, 75º and 90º). It is determined that small shots caused more erosion at inclined impact angles (30º and 45º) than larger shots, but the large shots caused more erosion at normal angles (60º, 75º and 90º). Surface roughness values were changed depending on the impact angle. Low roughness values were observed for small shots at the inclined impact angles. With the use of large shots, it was determined that the surface roughness increased with the increase of the shot impact angle. It was determined in the scanning electron microscope (SEM) studies that the surface morphology changes due to shot impingement angle. Micro ploughing and micro cutting mechanisms were observed on the surface at 30º. Cracks, deep cavities and plastic deformations were determined for both shot sizes at 90º impact angles.

Keywords: AA7075 T6 alloy, Shot impact angle, Shot peening, Shot size, Surface roughness, Weight loss.

1. GİRİŞ

Bilyalı dövme, metallerin yüzey ve yüzey altı özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan mekanik bir yüzey işleme yöntemidir (Avcu, 2018). Bilyalı dövme işlemlerinde kullanılan bilyalar yüzeyi plastik olarak deforme ederek, malzeme yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve yüzeyin deformasyona bağlı sertleşmesine neden olurlar (Gariépy, Bridier ve ark., 2013). İşlem sırasında malzeme yüzeyinde meydana gelen plastik deformasyon yüzey ve yüzey altı bölgesinde kalıntı gerilme tabakası oluşmasına bu sayede çatlak ilerlemesinin engellenip malzemenin yorulma dayanımında artışa neden olur. Ancak deformasyona bağlı artan yüzey pürüzlülüğü malzeme yüzeyinde kritik çatlak başlangıç bölgelerinin artmasına neden olduğu için malzemelerin yorulma dayanımına olumsuz etki etmektedir. Bu nedenle uygun bilyalı dövme parametrelerinin seçilmesi oldukça önemlidir (Bianchetti, Delbergue ve ark., 2019).

Alüminyum alaşımları düşük yoğunlukları, yüksek özgül mukavemetleri ve farklı üretim yollarına uyumu olmaları gibi nedenlerle dikkat çeken mühendislik malzemeleridir (Krishna, Madhavi ve ark., 2018). Yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları, özellikle 7xxx serisi, mükemmel spesifik mukavemet ve yorulma dayanımları nedeniyle, yük çerçeveli uygulamalarda, örneğin havacılık ve otomotiv endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Jin, Cai ve ark., 2015). Bilyalı dövme alüminyum alaşımlarının mekanik, korozyon, aşınma özelliklerini iyileştirdiği ve yorulma mukavemeti arttırdığı için endüstride yaygın kullanılmaktadır (Cho, Song ve ark., 2012).

González ve arkadaşları alüminyum 6063 alaşımı üzerine geleneksel ve şiddetli bilyalı dövme işlemlerini gerçekleştirerek numunelerin mikro yapısı, yüzey pürüzlülüğü, mikro sertlik ve kalıntı gerilme profillerini incelemişlerdir. Şiddetli bilyalı dövme işleminin yüzey pürüzlülüğünü artırdığı ve önemli miktarda yüzey kusurları oluşturarak yüzeyi etkilediğini ortaya koymuşlardır (González, Bagherifard ve ark., 2017). Avcu bilya boyutu ve bilya püskürtme basıncının AA7075-T6 alaşımının yüzey özellikleri üzerindeki etkilerini incelediği çalışmasında, yüzey pürüzlülüğünün hem bilya boyutunun hem de püskürtme basıncının artmasıyla arttığını bildirmiştir (Avcu 2017). Zhang ve arkadaşları AA 2024-T351 alaşımının yüzey ve yüzey altı özelliklerine bilyalı dövme parametrelerinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, bilya çarpma açılarının 35° ve 45° olduğu durumlardaki pürüzlülük değerlerinin, 60 °, 75 °, 85° ve 90° olduğu durumlara göre oldukça düşük olduğunu belirlemişlerdir (Zhang, Lu ve ark., 2018).

Bu çalışma kapsamında, bilya çarpma açısı ve bilya boyutunun AA7075 alüminyum alaşımının kütle kaybı, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey morfolojisi gibi yüzey özelliklerine etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

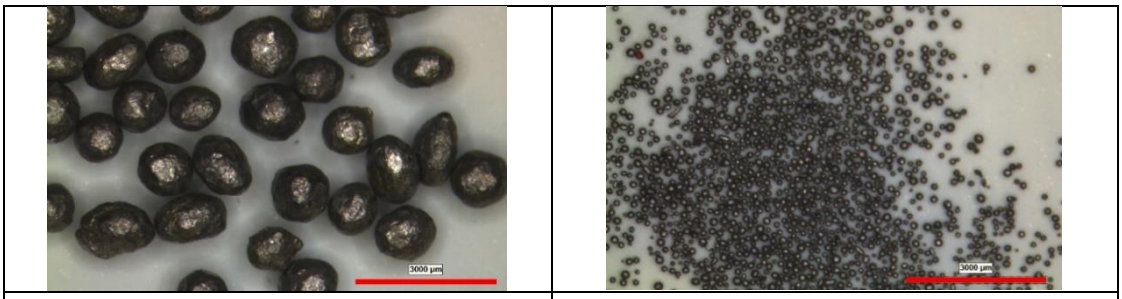
2.1. Materyal

AA7075 T6 alüminyum alaşımı 25 mm çapında çubuk malzeme olarak Teksa Metal ve Plastik Ürünleri İmalat San. Ve Tic. Ltd. Şti. firmasından tedarik edilmiştir. Malzemeye ait kimyasal kompozisyon ve mekanik özellikler Tablo 1'de verilmiştir. *AA7075 T6 alüminyum alaşımı, Kar* Metal marka yarı otomatik şerit testere (M42 27*0,9*3000) ile kuru olarak 10 mm kalınlığında dilimlere ayrılmıştır. Kesme işlemine bağlı yüzey deformasyonlarının giderilmesi amacı ile numunelere alın torna işlemi uygulamış, daha sonra sırasıyla 600 ve 1000 meshlik zımparalar ile zımparalanarak numune yüzeyleri bilyalı dövmeye hazır hale getirilmiştir.

Tablo1. AA7075 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri

Kimyasal Kompozisyon (Kütlece %)									
Elementler	Si	Zn	Mg	Cu	Fe	Mn	Ti	Cr	Zr
	0,110	5,700	2,380	1,350	0,220	0,170	0,170	0,210	0,035
Mekanik Özellikler									
Çekme Dayanımı (MPa)		Akma Dayanımı (MPa)		Kopmada Uzama (%)				Sertlik HBW	
620,78		571,82		8,00				154	

Bilyalı dövme işlemlerinde Fetaş Metalürji firmasından temin edilen ve ticari adı Chronital S10 (0,1-0,3 mm) ve Chronital S60 (0,7-1 mm) olan paslanmaz çelik bilyalar kullanılmıştır. Şekil 1'de çalışmada kullanılan paslanmaz çelik bilyaların stereo mikroskop görüntüleri verilmiştir.



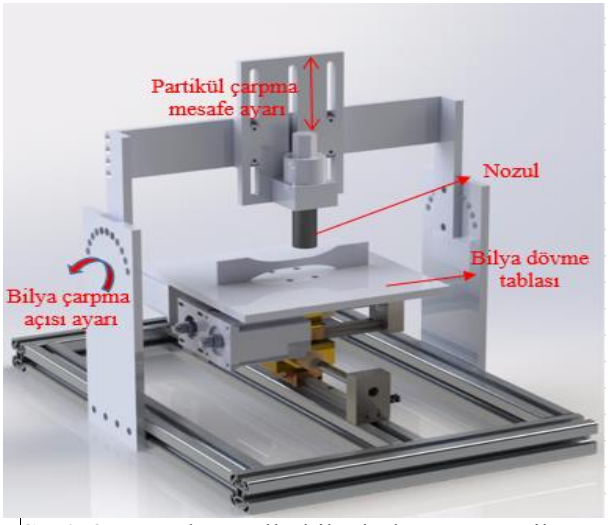
a) b)

Şekil 1. Paslanmaz çelik bilyalar a) Büyük bilya (S60), b) Küçük bilya (S10)

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Bilyalı Dövme

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen bilyalı dövme işlemleri Ford Otosan İhsaniye Otomotiv MYO, Yüzey İşlemleri Laboratuvarı'nda bulunan CNC kontrollü pinomatik bilyalı dövme test cihazında gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de deneysel çalışmalarda kullanılan bilyalı dövme test cihazının gösterimi ve Tablo 3'te deneysel çalışmalarda kullanılan bilyalı dövme test parametreleri verilmiştir. Bu çalışmada alüminyum numuneler iki farklı boyutta bilya kullanılarak ve beş farklı çarpma açısı ile 3 bar basınç altında 60 saniye bilyalı dövülmüştür.



Şekil 2. CNC kontrollü bilyalı dövme test cihazı

Tablo 3. Bilyalı dövme parametreleri

Bilya türü	Paslanmaz Çelik bilya
Bilya boyutu	S10 (0,1-0,3 mm), S60 (0,7-1 mm)
Bilya çarpma açıları	30°, 45 °, 60 °, 75° ve 90°
Püskürtme basıncı	3 bar
Dövme süresi	60 sn
Test sıcaklığı	25°C
Nozul çapı	10 mm
Nozul uzunluğu	130 mm
Nozul-numune arası mesafe	30 mm

2.2.2. Kütle Kaybı

Numunelerin bilyalı dövme işlemi öncesi ve sonrası kütleleri Shimadzu ATX-224 marka hassas terazi ile ölçülerek, kütle değişimi belirlenmiştir ve hassas terazinin hassasiyeti 0,0001 gramdır.

2.2.3. Yüzey Pürüzlülüğü

Bilyalı dövme işlemi sonrası AA7075 numunelerin yüzeyleri ultrasonik banyoda alkol ile temizlenmiş ve yüzey pürüzlülük ölçümleri Mitutoyo Surftest SJ-301 marka çizgisel yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Dövülen numune yüzeyinde 4 mm uzunluğunda çizgiler taranmış ve ortalama çizgisel pürüzlülük (Ra) değeri belirlenmiştir. Numune yüzeyinden 6 tekrarlı ölçümler gerçekleştirilmiştir.

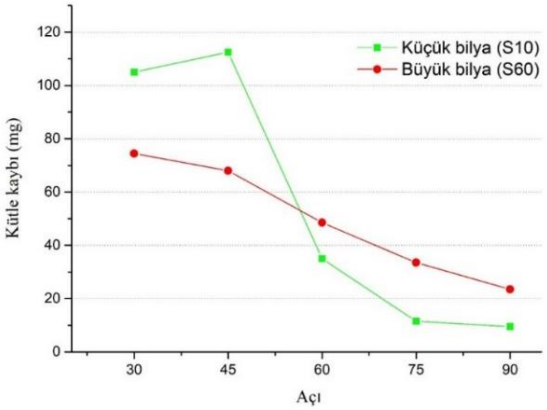
2.2.4. Yüzey Morfolojisi

Farklı parametreler altında gerçekleştirilen bilyalı dövme işlemleri sonrası AA7075-T6 alaşımının değişen yüzey morfolojisi Sakarya Üniversitesi Termal Sprey Laboratuvarı'nda bulunan taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

3. SONUÇ

3.1. Bilyalı Dövme Sonrası Kütle Kaybı

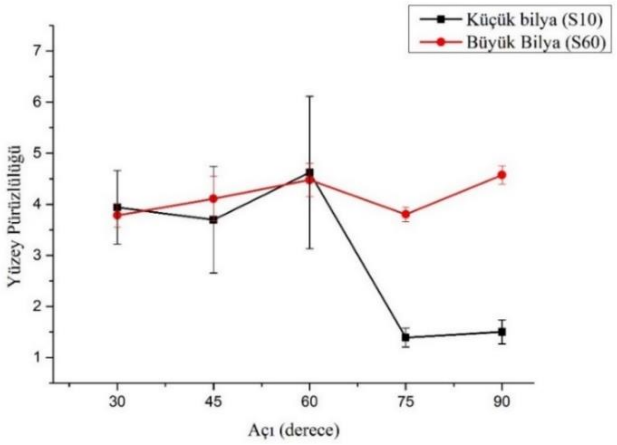
Her iki bilya boyutu için bilya çarpma açısına bağlı kütle kaybında değişim gerçekleşmiştir. Kütle kaybının açıya bağlı değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Bilya çarpma açısının eğik olduğu değerlerde (30º ve 45º) kütle kaybının daha fazla olduğu, açının dikleşmesi (60º, 75º ve 90º) ile kütle kaybının azaldığı belirlenmiştir. Kütle kaybına bilya boyutunun etkisi incelendiğinde; küçük bilyaların eğik çarpma açılarında (30º ve 45º) büyük bilyalara kıyasla daha çok aşınmaya neden olduğu, ancak açının dikleşmesi (60º, 75º ve 90º) ile büyük bilyaların daha aşındırıcı bir davranış gösterdiği belirlenmiştir. Fang ve ark. farklı boyutlarda partiküller ile gerçekleştirdikleri çalışmalarda, eğik açılarda kütle kaybının yüksek olduğu, açı dikleştikçe kütle kaybı azaldığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlar paslanmaz çelik bilyalar ile yapılan bilyalı dövme işleminde ortaya çıkan kütle kaybı sonuçlarıyla örtüşmektedir (K. Fang ve H. Chuang, 1999).



Şekil 3. Bilyalı dövme sonrası kütle kaybının açıya bağlı değişimi

3.2. Bilyalı dövme sonrası yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi

Şekil 4'de yüzey pürüzlülüğün açıya bağlı değişimi verilmiştir. Küçük bilyalarla gerçekleştirilen dövme işlemleri sonrası yüzey pürüzlülüğünün eğik çarpma açılarında yüksek, dikleşen çarpma açılarında ise düşük olduğu belirlenmiştir. Büyük bilyaların kullanımıyla ise bilya çarpma açısının artması ile yüzey pürüzlülüğünde artış gerçekleştiği belirlenmiştir.

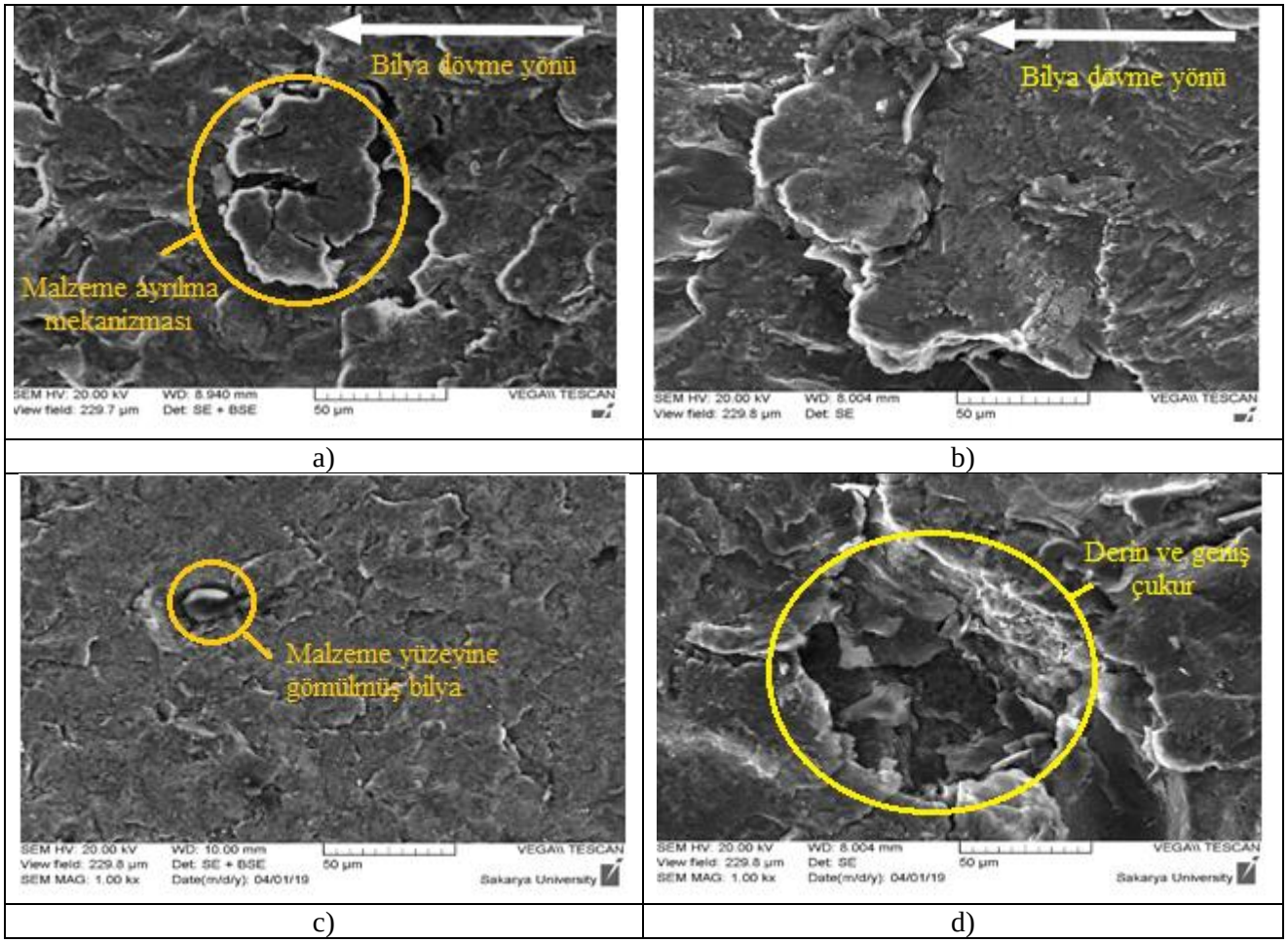


Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğün açıya bağlı değişimi

3.3. Yüzey Morfolojisi

Yüzey morfolojilerinin bilya çarpma açısına bağlı değişim gösterdiği taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerinde belirlenmiştir. Şekil 5 incelendiğinde beyaz ok ile bilyalı dövme yönü (30º bilya çarpma açısında) belirtilmiştir. 30º bilya çarpma açısında yüzeyde mikro sürme ve mikro kesme mekanizmaları görülürken, 90º çarpma açısında ise yüksek plastik deformasyona bağlı tepe ve çukurların oluştuğu her iki bilya boyutunda da belirlenmiştir.

Küçük bilya (S10) ve eğik çarpma açısında (30º) yüzeyde malzeme ayrılma mekanizması görülmektedir (Şekil 5a). Gözlemlenen kopma mekanizmalarının eğik açılarda meydana gelen yüksek kütle kaybının temel nedeni olduğu düşünülmektedir. Büyük bilya (S60) ve eğik çarpma açısında yüzeyde oluşan mikro sürme ve mikro kesme mekanizmalarının küçük bilya ile yapılan dövme işlemlerine göre daha baskın olduğu görülmüştür (Şekil 5b). Alüminyum yüzeyine dik açıda çarpan küçük bilyaların malzeme yüzeyine gömüldükleri gözlemlenmiştir (Şekil 5c). Şekil 5d'de verilen yüzey morfolojisinde büyük bilyaların malzeme yüzeyine dik açı ile çarpması sonucu yüzeyde derin ve geniş çukurlar oluştuğu görülmüştür. Bu çukurların dövme işlemleri sırasında malzeme yüzeyinde meydana gelen plastik deformasyonlara ve mikro çatlaklara bağlı olduğu düşünülmektedir (Avcu, Fidan ve ark., 2012).



Şekil 5. a) S10-30º, b) S60-30º, c) S10-90º, d) S60-90º

4. TARTIŞMA

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen önemli bulgular aşağıda sıralanmıştır.

- Her iki bilya boyutunda da bilya çarpma açısı artıkça kütle kaybının azaldığı, eğik çarpma açılarında küçük bilyaların, dik açılarda ise büyük bilyaların daha çok aşınmaya neden olduğu görülmüştür.

- Eğik açılarda yapılan bilyalı dövme işleminde her iki bilya boyutunda da yakın pürüzlülük değerleri görülmüştür. Dik açılarda ise büyük bilyalarla dövülen numunelerin pürüzlülük değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Eğik açılarla gerçekleştirilen bilyalı dövme işlemlerinde etkin deformasyon mekanizmalarının yüzeyde mikro sürme ve mikro kesme mekanizmaları olduğu, 90º de ise yüksek plastik deformasyona bağlı tepe ve derin çukurlar oluştuğu belirlenmiştir. 90º de küçük bilyaların (S10) malzeme yüzeyine gömüldükleri gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

2017/049 numaralı projeye destek veren Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimine ve Sakarya Üniversitesi, Termal Sprey Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı'nda çalışan Arş. Gör. Fatih Erdem Baştan'a SEM incelemelerindeki katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

AVCU , E. (2017), Surface Properties of AA7075 Aluminium Alloy Shot Peened under Different Peening Parameters, *Acta Materialia Turcica* 1, 3-10.

AVCU, E. (2018), Bilyalı Dövme Parametrelerinin AA7075 Alüminyum Alaşımının Yüzey Altı Özelliklerine Etkileri, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji* 6(4), 741-752.

AVCU, E., FIDAN, S., ve ark. (2012), Türkiye'de Enerji Nakil Hatlarında Kullanılan AA-1070 ile AA-6101 Alaşımlarının Katı Partikül Erozyon Davranışlarının Karşılaştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 27(4), 865-874.

BIANCHETTI, C., DELBERGUE, D., ve ark. (2019), Analytical fatigue life prediction of shot peened AA 7050-T7451, *International Journal of Fatigue* 118, 271-281.

CHO, K. T., SONG, K., ve ark. (2012), Surface hardening of aluminum alloy by shot peening treatment with Zn based ball, *Materials Science and Engineering: A* 543, 44-49.

GARIÉPY, A., BRIDIER, F., ve ark. (2013), Experimental and numerical investigation of material heterogeneity in shot peened aluminium alloy AA2024-T351, *Surface and Coatings Technology* 219, 15-30.

GONZÁLEZ, J., BAGHERIFARD, S., ve ark. (2017), Influence of different shot peening treatments on surface state and fatigue behaviour of Al 6063 alloy, *Engineering Fracture Mechanics* 185, 72-81.

JIN, Y., CAI, P., ve ark. (2015), The anisotropy of fatigue crack nucleation in an AA7075 T651 Al alloy plate, *Materials Science and Engineering: A* 622, 7-15.

K. FANG, C. ve H. CHUANG, T. (1999), Erosion of SS41 steel by sand blasting, 30, 941-948.

KRISHNA, L. R., MADHAVI, Y., ve ark. (2018), Influence of prior shot peening variables on the fatigue life of micro arc oxidation coated 6061-T6 Al alloy, *International Journal of Fatigue* 106, 165-174.

ZHANG, J., LU, S., ve ark. (2018), An evaluation on SP surface property by means of combined FEM-DEM shot dynamics simulation, *Advances in Engineering Software* 115, 283-296.

DÜZCE ÇEVRESİNDE SU TEMİN UYGULAMASI İÇİN ŞEBEKE BAĞLANTILI 15 KWP GÜÇTEKİ PV SİSTEMİN FAYDA-MALİYET ANALİZİ

Ali Yıldız
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
aliyildizytu@gmail.com

Dr. Emin Yıldırız
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
eminyildiriz@duzce.edu.tr

Özet

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı tüm dünyada hızla artmaktadır. Giderek artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için petrol, kömür, doğal gaz, vb. gibi fosil kaynakların tükenme endişesi olan ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını gerektirmektedir. Yaşam kaynağımız olan güneş enerjisi, dünyanın günlük ihtiyaçlarını milyonlarca yıl boyunca çevreye zarar vermeden karşılayabildiği açıktır. Güneş enerjisi çevre dostu, sürekli ve sürdürülebilir olduğundan, enerji kaynakları arasında önemlidir. Bu proje ile Düzce'deki yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi, bölgede çevre dostu teknolojilerin kullanılması konusundaki farkındalığın artırılması ve bölgedeki üretici ve kurumların enerji maliyetlerinin azaltılması planlanmaktadır. Bu çalışma, civar köylerde bulunan içme suyu sondaj motorlarının tükettiği elektrik enerjisinin bir bölümünü veya tamamını yapılacak olan fotovoltaik tesis ile karşılamanın ve yerel halkın üzerindeki yükü azaltarak kazanç haline dönüştürmenin mümkün olduğunu vurgulamaktadır. Aynı zamanda, Düzce'de 15 kWp gücündeki bir fotovoltaik tesisin fayda maliyet analizine değinilerek bahse konu tesisin ne kadar bir sürede maliyetini amorti edeceği hesaplanmıştır. Yatırımcılara rehberlik sağlamanın yanında, ülkemizin tamamı göz önüne alındığında bu çalışma birçok bölgeye de ışık tutacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Fotovoltaik, Elektrik Üretimi, Güneş Enerjisi.

COST-BENEFIT ANALYSIS ON-GRID 15 kWp POWER PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR WATER SUPPLY APPLICATION IN THE VILLAGES OF DÜZCE

Abstract

The use of renewable energy sources is increasing rapidly all over the world. This necessitates the use of renewable energy resources in countries that are concerned about the depletion of fossil resources such as oil, coal, natural gas, etc. in order to meet the ever-increasing need for energy. It is clear that solar energy, our source of life, is able to meet the daily needs of the world for millions of years from day to day without harm to the environment. Because of solar energy is environment friendly, continuous and sustainable, it is important among energy sources. With this project, it is planned to evaluate the renewable energy potential in Düzce, to raise awareness of using environmental friendly technologies in the region and to reduce the energy costs of the producers and institutions in the region. This study emphasizes that it is possible to meet some or all of the electrical energy consumed by the drinking water drilling engines in the surrounding villages with the photovoltaic plant to be made and to reduce the burden on the local population to convert the gain. At the same time, the cost-benefit analysis of a 15 kWp photovoltaic plant in Duzce was mentioned and it was calculated how much the cost of this plant would be amortized. In addition to providing guidance to investors, considering the whole of our country, this study will also shed light on many regions.

Keywords: Renewable Energy, Photovoltaic, Electricity Generation, Solar Energy.

1. GİRİŞ

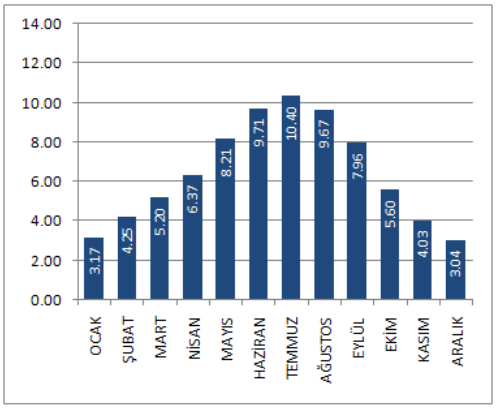
Ülkemizin enerji ve doğal kaynaklara olan talebi, ekonomik büyüme ve nüfus artışı sebebiyle her geçen gün artış göstermektedir. 2002 yılından bu yana Türkiye, yıllık %5,5'lik büyüme oranıyla OECD üyeleri içerisinde elektrik talebinde en hızlı artış gösteren ülke olmuştur. Türkiye'nin kurulu gücü Ocak 2019 itibarıyla 88GW'ı aşmış olup, bu rakam ülkemizin kurulu gücünün son 15 yılda 3 kat arttığını ortaya koymaktadır (MFA, 2019). Ancak ülkemiz, enerji yönünden neredeyse %51 dışa bağımlı durumdadır. Bu nedenle ülkemiz yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımcılara hibe ve teşvik programları düzenlemekle kalmayıp lisanslı ve lisanssız elektrik üretimine bağlı olarak vergi muafiyet yöntemleriyle yatırımcılara destek sağlamaktadır.

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından Dünya Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'nda belirlenen altı kuşak içerisinde dördüncü kuşakta olup Almanya ve İspanya gibi PV elektrik üretiminde söz sahibi olan ülkelere göre güneş enerji potansiyeli daha fazladır.

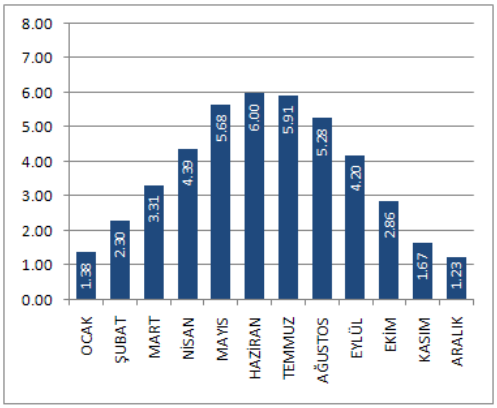
Düzce'de yaklaşık 279 köy ve 290 mahalle olmak üzere toplam 569 yerleşim yerinin su temini yeraltı su kaynaklarından, yüzeysel sulardan ya da içme suyu sondaj kuyusundan karşılanmaktadır. Kurulan tesislerin büyük bir bölümünde dalgıç pompa, yatay ve dikey pompa kullanılmaktadır. Yerleşim yerlerinin dışında kurulan bu tesislerin ana kaynağı elektrik enerjisidir. Bahse konu tesislerin bakım onarımı ve elektrik tüketim bedeli gibi giderler köy ihtiyar heyetince köy bütçesinden karşılanmaktadır. Özellikle yaz aylarında su ihtiyacının en üst düzeyde olması enerji ihtiyacı ve tüketiminin yoğunlaşması, artan elektrik maliyetleri köy bütçesine ağır bir yük getirmekte ve hizmetin sağlıklı bir şekilde köylüye ulaşması sekteye uğramaktadır. Bu çalışma ile sondaj kuyularının bulunduğu alanlarda güneş enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üretimi yapılması ve hizmette devamlılığının sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi, bölgede çevre dostu teknolojilerin kullanılmasına yönelik farkındalığın arttırılması ve bölgedeki üreticilerin ve kurumların enerji maliyetlerinin azaltılması bu projenin temel hedeflerinden biridir. Ayrıca bu çalışma ile Düzce ili ve köylerinde yaşayanların elektrik ve su ihtiyaçlarını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamasının teşvik edilmesi amacıyla güneş enerjili dalgıç pompa sisteminde polikristal silisyum panelinin performansına ve 15 kWp güçteki bir fotovoltaik tesisinin fayda maliyet analizine yer verilerek yatırım yapmayı düşünen kişilere yol göstermek amaçlanmıştır.

2. DÜZCE'NİN GÜNEŞ POTANSİYELİ

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumda olup aşağıdaki tablolarda Düzce'nin güneşlenme süresi ve radyasyon değerleri gösterilmiştir.

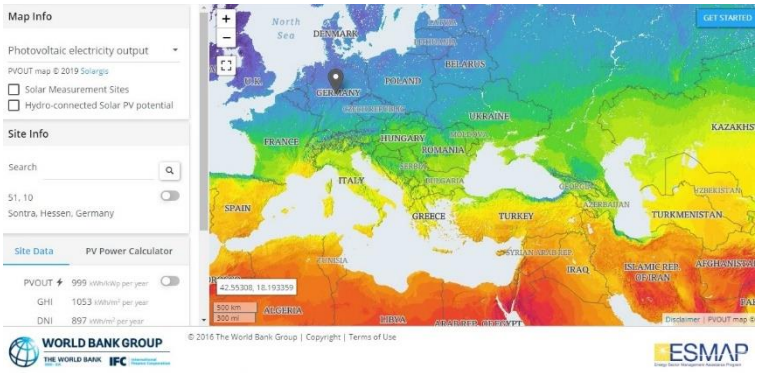


Şekil 1. Düzce'ye ait güneşlenme süresi (YEGMD, 2019



Şekil 2. Düzce'ye ait global radyasyon değerleri (kWh/m2-gün) (YEGMD, 2019)

Bir bölgeyi güneş enerjisi açısından değerlendirebilmek için öncelikli olarak radyasyon oranlarına bakılır. Düzce'deki radyasyon değeri1400-1450 kWh/m^2-yıl arasındadır.(YEGMD, 2019). Türkiye'nin yıllık ortalama radyasyon değeri 4,18 (kWh/m²) iken yıllık ortalama güneşlenme süresi 7,5 saattir. Düzce'ye baktığımızda buradaki yıllık ortalama radyasyon değerinin 3,68 (kWh/m²), yıllık ortalama sıcaklık değerinin 13,4 (ºC) ve yıllık ortalama güneşlenme süresinin 6,46 saat olduğunu görmekteyiz (YEGM, YEGMD, Meteor, 2019). Bu değerler Düzce'nin Avrupa'ya göre şanslı bir konumda bulunduğu gösterir (Şekil 3).



Şekil 3. Global PV elektrik üretimi kapasite atlası (Solargis, 2019)

3. FOTOVOLTAİK SİSTEM

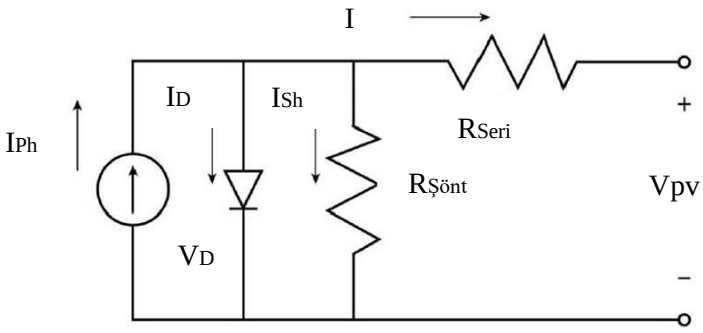
3.1. Fotovoltaik Panel

Kullanılması düşünülen fotovoltaik panelin bazı özellikleri Tablo 1' de gösterilmiştir. Bu özellikler 1000 W/m² ışınım ve 25 °C hücre sıcaklığında ölçülen değerlerdir. Ölçüm toleransı ± %3 değerindedir.

Tablo 1. Fotovoltaik Panelin Bazı Özellikleri (Schmid, 2019)

Üretici Firma	Schmid-Pekintaş	Açık Devre Gerilimi (Voc)	38,06 V
Panel Tipi	Polikristal, Sunsolar SPE 270	Kısa Devre Gerilimi (Isc)	9,14 A
Hücre Sayısı	60 (6x10)	Maksimum Sistem Gerilimi	1000 V
Maksimum Enerji	270 W	Modül Verimliliği	16,35 %
Maksimum Gerilim (Vmp)	31,3 V	Ürün Garanti Süresi	10 Yıl
Maksimum Akım (Imp)	8,63 A	Performans Garantisi	10 Yıl %90
Maksimum Ters Akım	15 A		25 Yıl %80

3.2. Fotovoltaik Panelin Modellenmesi



Şekil 4. Bir fotovoltaik hücrenin tek diyot devre şeması

Bir PV panelinin teorik eşdeğer devresi, doğrusal ve doğrusal olmayan elektronik bileşenler tarafından gerçekleştirilir. Her bir bileşenin özellikleri, farklı PV panelleri için güneş enerjisinin sıcaklığı ve büyüklüğüne bağlı olarak ayrı ayrı tanımlanır. PV panelinin eşdeğer devresi diyot, dirençler ve bir akım kaynağı ile temsil edilir (Soto ve ark. 2006)

Kirchhoff akım yasası, Şekil 4'deki devreye uygulanırsa (Qi ve Ming, 2012)

$$I = I_{ph} - I_D - I_{Sh} \quad (1)$$

Diyot akımı, p-n jonksiyonundan geçen toplam akım olup, matematiksel olarak fotonlar tarafından harekete geçirilen elektronlar ve boşluklar tarafından oluşturulan akımların toplamıdır. İletim bandındaki elektron durumlarının ve valans bandındaki boşluk akımlarının Boltzman dağılımı ile net elektron akımı ve boşluk akımları;

$$I_e = I_{eo}\left\{e^{\frac{qV_D}{mkT}} - 1\right\} \quad (2)$$

$$I_h = I_{ho}\left\{e^{\frac{qV_D}{mkT}} - 1\right\} \quad \text{olarak tanımlanır.} \quad (3)$$

Diyot akımı ise;

$$I_D = I_e + I_h = I_o\left\{e^{\frac{qV_D}{mkT}} - 1\right\} \quad \text{olur.} \quad (4)$$

Burada; q: Elektron yükü ($1.602x10^{-19}$ C), k: Boltzmann sabiti ($1.381x10^{-23}$ J / K), V_D: Diyot uçları arasındaki potansiyel farkı (V), V_{pv} : Fotovoltaik pilin çıkış gerilimi (V), I:Fotovoltaik pilin çıkış akımı (A), I_0: D diyodunun ters doyma akımı (A), I_{ph}: Işık seviyesi ve p-n birleşim noktasındaki akım (A), T: Kelvin cinsinden mutlak sıcaklığı (°C), m: PV panel diyot idealite faktörü (polikristal panel için 1,3), R_{Seri} : Eşdeğer devrenin seri direnci (Ohm), $R_{Şönt}$: Eşdeğer devrenin paralel direncini (Ohm) ifade eder.

Şekil 4'de verilen güneş pili eşdeğer devresinde, Kirchhoff'un gerilimler kanunu uygulanarak, denklem 5'teki kaynak akımı ifadesi elde edilir.

$$I_D = I_o\left\{e^{\frac{qV_D}{mkT}} - 1\right\} = I_o\left\{e^{\frac{q(V_{pv}+I.R_{seri})}{mkT}} - 1\right\} \quad (5)$$

$$I_{Sh} = \frac{V_D}{R_{Şönt}} = \frac{(V_{pv}+I.R_{seri})}{R_{Şönt}} \quad (6)$$

$I = I_{ph} - I_D - I_{Sh}$ olduğundan,

$$I = I_{ph} - I_o\left\{e^{\frac{q(V_{pv}+I.R_{seri})}{mkT}} - 1\right\} - \frac{(V_{pv}+I.R_{seri})}{R_{Şönt}} \quad \text{elde edilir.} \quad (7)$$

Denklem 7'deki eşitliğin sıcaklıkla bağlantısı ise;

$$I = I_{ph}(1 + C_0(T - 300)) - I_o\left\{e^{\frac{q(V_{pv}+I.R_{seri})}{mkT}} - 1\right\} - \frac{(V_{pv}+I.R_{seri})}{R_{Şönt}} \quad \text{olur.} \quad (8)$$

Güneş panelleri, N_{pc} sayıda paralel kollardan oluşur. Her bir N_{pc} kol, N_{sc} sayıda güneş pili ile seri olarak birbirlerine bağlanmıştır. Birbirlerine seri bağlı güneş pillerinin toplam gerilim değeri, aynı akım değeri için her bir güneş pili gerilim değerinin birbirine eklenmesiyle bulunur. Birbirlerine paralel bağlı güneş pillerinin toplam akım değeri, aynı gerilim değerleri için üretilen akım değerlerinin toplanmasıyla bulunur. Modül uçlarına uygulanan gerilim V_M ve modül akımı I_M olmak üzere;

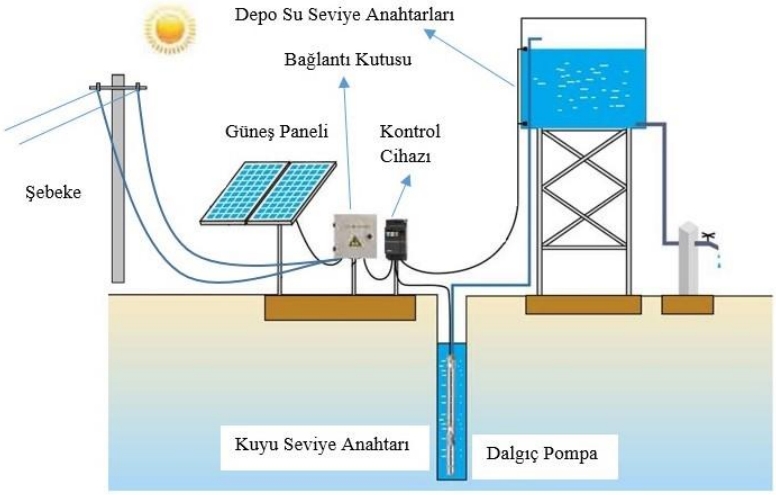
$$V_M = N_{SC}V_{new} \quad (9)$$

$$I_M = N_{PC}I_{new} \quad \text{olur.} \quad (10)$$

3.3. Güneş Enerjili Dalgıç Pompa Sistemi

Dalgıç pompa hava ve su geçirmeyecek şekilde sımsıkı kaplanmış, pompa gövdesine bitişik monte motora sahip pompalara verilen genel isimdir. Pompa direkt boru, flexible boru veya tesisata bağlı olabilir. Birçok tipi bulunan dalgıç pompaların tek kademeli olanları; drenaj, kanalizasyon, genel endüstri ve çamur basmakta kullanılır. Derin sondajlarda ve kuyularda su çıkarmakta alışılmış olan

tipler çok kademeli dalgıç pompalar olup genellikle içme suyu uygulamaları, sprinkler sistemleri (yangın söndürme), yer altı suyu seviye kontrolü ve ısı pompası uygulamalarındaki temiz veya az kirli suların basınçlandırılmasında kullanılmaktadır. Güneş enerjili sulama sistemlerinde tercih edilen pompalar ise kurulacak bölgede elektrik hattının olup olmamasına göre ikiye ayrılır. Bunlar biri alternatif akımla çalışan dalgıç pompa, diğeri doğru akımla çalışan DC dalgıç pompadır. AC sistemde çalışan dalgıç pompalar genellikle elektrik dağıtım şebekesinin bulunduğu bölgelerde bu şebekelere bağlantılı olan on-grid fotovoltaik sistemlerde kullanılırken DC sistemde çalışan dalgıç pompalar ise genellikle elektrik dağıtım şebekesinin bulunmadığı yani şebekeden bağımsız off-grid sistemlerde kullanılır. Bakım masrafları ve maliyet açısından bataryasız sistem öngörülmüş olup on-grid PV sistemdeki bir dalgıç pompanın çalışma prensibi Şekil 5'te gösterilmiştir. PV paneller ile üretilen DC enerji on-grid inverter ile AC'e dönüştürülür ve şebekeye aktarılır. Eğer güneş panellerinin ürettiği enerji yetersiz gelirse ihtiyaç duyulan enerji şebekeden karşılanacaktır. Hem üretilen hem de tüketilen enerji çift yönlü sayaç yardımıyla ölçülür ve belli periyotlar sonunda ilgili dağıtım şirketiyle mahsuplaşmaya gidilir. Batarya bakımı ve yatırım maliyetleri yüksek olduğu için batarya kullanımı on-grid sistemde göz önünde bulundurulmamıştır. Burada su temininin devamlılığı sağlamak önem arz ettiğinden su tankı kullanılması zorunluluktur.



Şekil 5. On-grid PV sistemin çalışma prensibi

3.4. Düzce'de Bulunan İçme Suyu Sondaj Kuyuları ve Parametreleri

Düzce'de toplam 71 adet köyde 81 adet sondaj kuyusu olup 73 adet aktif olarak kullanılmakta olan sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu sondaj kuyularından Düzce Merkez'de 49, ilçelerinde 38 (Cumayeri'nde 10, Çilimli'de 10, Gölyaka'da 2, Gümüşova'da 9, Yığılca'da 7) olmak üzere toplam 87 adet köyün su ihtiyacı karşılanmaktadır. Bazı köylerde bulunan sondaj kuyuları aktif değilken bazı köylerde ise birden fazla sondaj kuyusu bulunmakta ve bu tesislerde güçleri genellikle 7,5-15 kW aralığında değişen dalgıç pompalar kullanılmaktadır (Düzce, 2018).

3.5. Dalgıç Pompa Seçimi ve Su Tüketim Analizinin Yapılması

İçme suyu kuyularının bulunduğu 87 köyden 82 tanesinin nüfusu 1000 kişiden azdır (TÜİK, 2018). PV dalgıç pompa sisteminin fayda maliyet analizi yoğun olan popülasyon aralığı yani 1000 kişilik bir nüfus için yapıldığında daha geniş bir topluluğa hitap edeceği görülmektedir. Günlük su tüketimine baktığımızda Düzce'de kişi başına günlük su tüketimi (litre/kişi-gün) 179 litredir (TÜİK, 2016). Köy nüfusunun 1000 kişi olduğu kabul edilirse, köydeki büyükbaş, küçükbaş, tavuk, hindi, ördek gibi muhtemel hayvan sayıları ile köylerde olabilecek yatılı bölge okulu, askeri birlik, sağlık ocağı gibi tesisler de baz alınarak yapılan hesaplamalar neticesinde mevcut durumda su tüketim miktarının 2,2668 (8,2 m^3/h) olduğu 30 yıl sonra ise 3,0435 (10,9 m^3/h) olacağı bulunmuştur (Etüt,2000).

30 yıl sonrası için su deposunun kapasitesi hesaplanırsa;

$$V = \frac{Q_{ih} x 86400}{3x1000} + F \qquad \text{(Düzce, 2018)} \qquad (11)$$

Burada; V: Depo hacmi (m³), Q_{ih}: 30 yıl sonra ihtiyaç duyulacak su miktarı (lt/sn), F : Olası yangın için ihtiyaç duyulan su miktarı (m³), 1/3: Suyun depolanma zamanı (terfili sistemlerde günün 1/3, cazibeli sistemlerde günün 1/4), 1000 : Sabit sayı, 86400 : 24 saatteki saniye miktarıdır.

Nüfus miktarı 1000 kişiden fazla olması halinde *F*=36 m³, nüfusun 1000 kişinden az olması halinde ise *F*=18 m³ alınacaktır. Denklem 11'deki veriler yerine yazıldığında su deposunun hacmi *V* = 123,65 m³ bulunacaktır. Basit bir hesaplama yapacak olursak 6,5 m.(en), 6,5 m. (boy) ve 3 m. (yükseklik) bir deponun yapılması 30 yıl sonra ihtiyaç duyulması muhtemel olan suyun depolanması için yeterli olacaktır.

3,5 lt/sn (≈12,6 m³/h) özellikli 15 kW güçte bir dalgıç pompa 150 metre derinlikten suyu alarak 100 metre yükseklikteki su deposuna suyu basabilme özelliğine sahiptir. Nitekim Düzce'de kullanılan dalgıç pompalar ağırlıklı olarak 15 kW güçtedir. Böyle bir dalgıç pompa 123m³ lük depoyu yaklaşık 8 saat çalışarak dolduracak ve bu depoyu dolduruken harcayacağı elektrik sarfiyatı da yaklaşık 120 kWh olacaktır.

3.6. PV Sistem Kurulumu, Makine ve Teçhizatları

PV sistemde kullanılacak teçhizatlar; PV paneller, mekanik konstrüksiyon, invertör cihazı, kontrol ve kumanda sistemi, kablo ve konektörler, şallt malzemeleri ve koruma ekipmanlarıdır. Bu ekipmanlara ait maliyetler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. PV Santraline Ait Mali Gider Tablosu

Yatırım Konusu	**Miktarı**	**Birim Fiyatı**	**Yaklaşık Maliyet**	**Para Birimi**
Proje Yönetimi ve Mühendislik Giderleri	1 Adet	1.000	1.000	ABD Doları
İnvertör Cihazı	1 Adet	3.000	3.000	ABD Doları
PV panel	56 Adet	100	5.600	ABD Doları
PV Kablo	100 metre	2	200	ABD Doları
Çelik Kontrüksiyon	Muhtelif	4.000	4.000	ABD Doları
Nakliye	Muhtelif	100	100	ABD Doları
İşçilik Montaj	Muhtelif	1.500	1.500	ABD Doları
Diğer Masraflar	Muhtelif	200	200	ABD Doları
Toplam			**15.600**	ABD Doları
			≈ 90.792	TL

* 22/04/2019 Tarihli T.C. Merkez Bankası Verilerine Göre 1 Dolar = 5,82 TL dir.

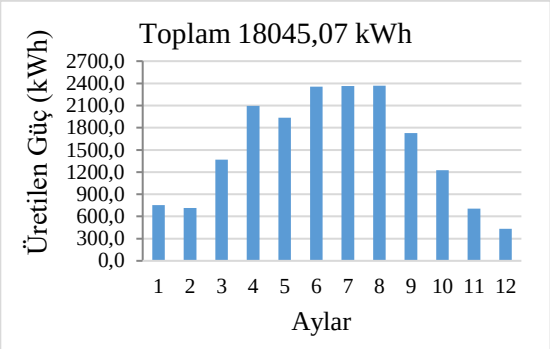
3.7. Finansman İhtiyacı ve Kaynakların Hesaplanması

Bu çalışmada AC sistemde çalışan bataryasız on-grid PV sistemine ait fayda maliyet analizi üzerinde durulacaktır. 10/5/2005 tarih ve 5346 numaralı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna Ekli I Sayılı Cetvele göre güneş enerjisine dayalı üretim tesisine uygulanacak fiyat 13,3 ABD Doları cent/kWh olarak tespit edilmiş olup (YEK, 2005), kWh başına uygulanacak fiyat ile ABD dolar kuru çarpılırsa (0,133 x 5,82) elektrik enerjisi alım fiyatı 0,774 TL olarak bulunacaktır. 15 kWp kurulu güce sahip ve yapılması düşünülen mahale 10 km uzaklıktaki bir PV tesisine ait yıllık üretim miktarına baktığımızda ise 2018 yılında 18.045 kWh elektrik enerjisi ürettiği görülmüş olup üretim miktarı Şekil 6'da gösterilmiştir (Düzce,2018). Tablo 4'ten de

anlaşılacağı üzere 15 kWp kurulu güçteki güneş enerjisi santrali 7 yıl gibi bir sürede kendini amorti edecektir.

Tablo 3. Yapılması Düşünülen PV Santraline Ait Muhtelif Gider Kalemleri

Parametreler	**Değerler**
Hesaplanan Yatırım Maliyeti	15.600 ABD Doları
Yıllık Bakım Onarım Masrafları (%1)	156 ABD Doları
Yıllık PV Panel Verimliliği Kaybı	%1
Amortisman Süresi	10 Yıl
Amortisman Oranı	% 10
Tahmin Edilen Tesis Ömrü	25-30 Yıl



Şekil 6. Düzce-Çilimli ilçesi Pırpır köyüne 10 km mesafede bulunan PV tesisine ait 2018 yılına ait elektrik üretim miktarı

Tablo 4. PV Sisteminin Fayda Maliyet Analizi

Yıl	**Güneş Paneli Verimi**	**Enerji Üretimi kWh/Yıl**	**Yıllık Gelir TL**	**Yatırım Bedeli TL**	**Yıllık Bakım Gider TL**	**Amortisman**	**Yatırımın Geri Dönüşü**
1	100%	18045	13967	-90792	-907,92	-1306	-79039
2	0,99	17865	13827		-907,92	-1292	-66120
3	0,98	17684	13687		-907,92	-1278	-53340
4	0,97	17504	13548		-907,92	-1264	-40700
5	0,96	17323	13408		-907,92	-1250	-28200
6	0,95	17143	13268		-907,92	-1236	-15839
7	0,94	16962	13129		-907,92	-1222	-3619
8	0,93	16782	12989		-907,92	-1208	8463
9	0,92	16601	12849		-907,92	-1194	20404
10	0,91	16421	12710		-907,92	-1180	32206
11	0,9	16241	12570		-907,92		43868
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
24	0,77	13895	10754		-907,92		182767
25	0,76	13714	10615		-907,92		192474

4. SONUÇ

Yeryüzündeki her canlı, hayatta kalmak için suya ihtiyaç duyar. Bu ihtiyacı karşılamak için güneşin olduğu ve suya gereksinim duyulan yerlerde güneş enerjili dalgıç pompa sistemleri ideal bir çözümdür. Bu sistemde enerjiyi bataryalarda depolamak yerine, suyu belli yükseklite depolayarak üretimin az olduğu zamanlarda su sıkıntısıyla karşılaşmamamızı sağlayacak, bataryaların kullanılmaması da sistem maliyetini yaklaşık 1/3'ü kadar azaltacak ve bakım giderlerinin çoğunu ortadan kaldıracaktır. Ayrıca bataryaların olmaması güneş enerjili dalgıç pompa sistemini epey basite indirgeyecek ve sadece üç bileşenden yani güneş paneli, kontrolör ve pompadan oluşacaktır. Güneş

modülleri genellikle 25-30 yıl üretici firma garantisi altında olup kontrolör cihazları ve pompa ömrü ise genelde 5-10 yıl arasında değişmektedir. Pompa veya kontrolör cihazı arızalı olmadığı sürece normal olarak gereken tek bakım güneş modüllerinin 2-4 hafta aralıklarla temizlenmesi olacaktır. Bu görev de uzmanlık gerektirmeyen bir iş olması sebebiyle çok düşük fiyatlara yapıtırılabilecektir. (Abu-Aligah, 2011). Yapılan analizler neticesinde PV tesisin 7 yıl gibi bir sürede maliyetini amorti edeceği, 25-30 yıl sistem ömrü hesaba katıldığında bu süreninin sonunda yaklaşık 190 bin TL gelir getireceği ve bu PV tesisi sayesinde termik santralde yakılacak kömürden elde edilecek 1 kWh elektrik enerjisi üretimi için 0,915 kg (Arge, 2019) CO_2 havaya salındığı hesaba katıldığında, her yıl yaklaşık 16,5 ton karbon gazı salınımına engel olunacağı, doğaya ve çevreye zarar vermeden elektrik enerjisi üretileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

ABU-ALIGAH, M., (2011). *Design of Photovoltaic Water Pumping System and Compare it with Diesel Powered Pump.*

ARGE, (2019). *Makaleler1/Üretilen Birim Güç Başına Eşdeğer Karbondioksit Salınımı,* 22 Nisan 2019 tarihinde: https://arge7.com/detay.asp?id=2648 adresinden alındı.

DÜZCE, (2018). *Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü,* Düzce İl Özel İdaresi.

ETÜT, (2000). *Su Getirme Etüt ve Proje Bilgisi.* T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Etüt ve Proje Dairesi Başkanlığı, ANKARA.

METEOR, (2019). *İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri,* Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 17 Nisan 2019 tarihinde: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=DUZCE adresinden alındı.

MFA, (2019). *Türkiye'nin Enerji Profili ve Startejisi,* Türkiye Dışişleri Bakanlığı, 18 Nisan 2019 tarihinde: http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa adresinden alındı.

Qi C., Ming Z., (2012). *Photovoltaic module Simulink model for a stand-alone PV system. Physics Procedia* (24A: 94-10).

SCHMID, 2019. *Polikristal Güneş Paneli SPE 270*, Schmid-Pekintaş Enerji, 21 Nisan 2019 tarihinde: https://www.schmid-pekintas.com/poly.pdf, https://www.schmid-pekintas.com/poly-tds.pdf adreslerinden alındı.

SOLARGIS, (2019). *Global PV Elektrik Üretimi Kapasite Atlası*, Global Solar Atlas, 21 Nisan 2019 tarihinde: https://globalsolaratlas.info/?c=45.828799,53.349609,3&s=51,10&e=1 adresinden alındı.

SOTO, W.D., KLEIN, S.A., BECKMAN, W.A., (2006). *Improvement and Validation of a Model For Photovoltaic Array Performance. Sol Energy* (80: 78-88).

TÜİK,(2016). *Kişi Başı Çekilen Günlük Su Miktarı (litre/kişi-gün),* Türkiye İstatistik Kurumu, 21 Nisan 2019 tarihinde: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=121&locale=tr adresinden alındı.

TÜİK,(2018). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi,* Türkiye İstatistik Kurumu, 21 Nisan 2019 tarihinde: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr adresinden alındı.

YEGM, (2019). *Güneş Ernejisi Potansiyel Atlası,* Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 18 Nisan 2019 tarihinde: http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/ adresinden alındı.

YEGMD, (2019). *Güneş Ernejisi Potansiyel Atlası,* Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 20 Nisan 2019 tarihinde: http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/81.aspx adresinden alındı.

YEK, (2005). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun,* Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/y_mevzuat.aspx

ENTROPİ TEMELLİ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ÇEVRECİ TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİ

Arş.Gör. Mehmet Akif YERLİKAYA
Gazi Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Endüstri Mühendisliği
akifyerlikaya@gazi.edu.tr

Arş.Gör.Dr. Burak EFE
Necmettin Erbakan Üniversitesi/Mühendislik Mimarlık Fakültesi/Endüstri Mühendisliği
burakefe0642@gmail.com

Dr. Öğr.Üye. Ömer Faruk EFE
Afyon Kocatepe Üniversitesi/Dinar Uygulamalı Bilimler Meslek Yüksekokulu/İş Sağlığı ve Güvenliği
Omerfarukefe86@gmail.com

Özet

Küreselleşme ve firmalar arası rekabet, tedarik zinciri yönetiminde satın alma işlevinin önemini giderek arttırmıştır. Ürün veya hizmet temini işlevi içerisinde önemli karar problemlerinden biri etkin tedarikçi seçimidir. Bu seçim problemi, literatür çalımalarında genel olarak müşteri memnuniyeti, maliyet, kalite ve uygun teslimat ile ilgili kriterleri beraberce analiz eden çok ölçütlü bir karar analizi olarak irdelenmiştir. Fakat, günümüzde çevresel sürdürülebilirliği ön planda tutan, kanuni çerçevesi belirlenmiş kriterler; özellikle doğa için tehlike unsuru olan kimyasal atıklara neden olan firmaların çevreye karşı hassas olmasında önemli olmuştur. Çevreciliği dikkate alan firmalar kirlilik düzeyi düşük üretim sistemleri kurmak, atıklarını düşürmek, çevreye karşı riskleri idare etmek ve sosyal sorumluluk bilincini gütmek hedefiyle tedarik zincirlerini çevreye karşı daha hassas bir yapı ile yeşil tedarik zinciri yönetimini ön planda tutmaktadırlar. Böyle bir sistem içerisinde bulunan, kimya sanayisinde faaliyet gösteren bir firma için; kimyasal atıkların kirlilik seviyelerini analiz etmeye yönelik test kitleri üreten tedarikçi firmalar arasından daha az maliyetli, çevreciliği ciddiye alan ve kalite bakımından etkin tedarikçi seçimine karar vermek bu çalışmanın amacıdır. Bu amaç, uygulanabilecek en uygun çözümü elde etmesi için tedarikçi seçimi probleminde olağan kriterler ile birlikte çevresel sürdürülebilirlik kriterlerini de ön planda tutan etkin bir çözümün geliştirilmesini de içermektedir. Bu çalışmada, çevrecilik boyutunda girdilere göre etkin tedarikçi seçim probleminin değerlendirilmesi için Entropi-Veri Zarflama Analizi(VZA) bütünleşik yaklaşımından yararlanılmıştır. Entropi yöntemi, eldeki verilerden elde edilen faydalı bilginin oranını ölçmede kullanılmıştır. Dolayısıyla, bu yöntem birçok kriterin faydalı bilgi oranını analiz etmek için öncelikle uygulanmıştır. Birden fazla kriterin faydalı bilgi oranları etkin tedarikçi seçimi için Veri Zarflama Analizine girdi olmuştur. Tedarikçilerin değerlendirilmesinde ele alınan faktörler şunlardır: maliyet, geri dönüşlerin yüzdesi, kimyasal atık oranı, kalibrasyon, teslimatın gecikme yüzdesi. Önerilen modelin etkililiğini test etmek amacıyla gerçek bir uygulama ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Entropi, Veri Zarflama Analizi, Çevreci tedarikçi seçimi

ENVIRONMENTAL SUPPLIER SELECTION WITH ENTROPI BASED DATA ENVIRONMENTAL ANALYSIS

Abstract

Increasing competition and globalization have led to a vital importance of purchasing function in supply chain management. One of the most critical decisions in the purchasing function is the choice of the appropriate supplier or supplier. This decision problem is considered as a multi-criteria decision problem which evaluates the criteria related to price, quality, customer service and delivery in the traditional sense in the literature. However, in today's world, environmental criteria are emphasized; It has become critical for companies that create chemical wastes that threaten nature. Enterprises that

take into account environmental sustainability adopt green supply chain management and design their supply chains to a more environmentally sensitive structure in order to design less polluting production systems, reduce their waste, manage environmental risks and act with a sense of social responsibility. For a company operating in the chemical industry; The aim of this study is to make a low cost, innovative, environmental sustainability and choice of suppliers in the field of quality among suppliers of test kits to test the environmental impact of chemical wastes. This objective includes the implementation of an effective solution procedure that takes into account the environmental criteria as well as the traditional criteria in the choice of suppliers in order to achieve the most realistic solution that the company can implement. In this study, Entropy-Data Envelopment Analysis (DEA) integrated approach was used to evaluate the effective supplier selection problem according to inputs within the framework of environmental sustainability. Entropy method was used to measure the amount of useful information provided by the available data. Therefore, this method was first applied to analyze the useful information rate of many factors. The useful information rates of multiple factors have been entered into the Data Envelopment Analysis for effective supplier selection. Factors considered in the evaluation of suppliers are: cost, percentage of returns, chemical waste rate, calibration, percentage of delay in delivery. A real-life problem has been addressed to illustrate the effectiveness of the proposed model.

Keywords: Entropy, Data Envelopment Analysis, Environmental supplier selection

1. GİRİŞ

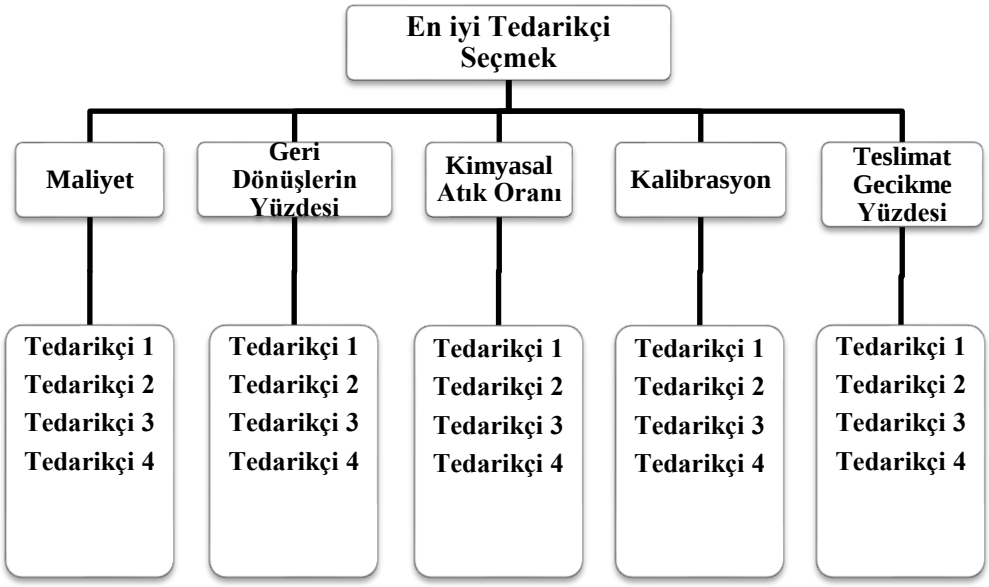
Günümüzde çevreciliği ele alan, kanuni uygulamalarla yapısı belirlenmiş ölçütler; özellikle doğa için tehlike oluşturabilecek kimyasal atıklara neden olan işletmelerin çevreye karşı hassas olması önemli hale gelmiştir. Çevreciliği dikkate alan firmalar kirlilik düzeyi düşük üretim sistemleri kurmak, atıklarını düşürmek, çevreye karşı riskleri idare etmek ve sosyal sorumluluk bilincini gütmek hedefiyle tedarik zincirlerini çevreye karşı daha hassas bir yapı ile yeşil tedarik zinciri yönetimini ön planda tutmaktadırlar. Böyle bir sistem içerisinde bulunan, kimya sanayisinde faaliyet gösteren bir firma için; kimyasal atıkların kirlilik seviyelerini analiz etmeye yönelik test kitleri üreten tedarikçi firmalar arasından daha az maliyetli, çevreciliği ciddiye alan ve kalite bakımından etkin tedarikçi seçimine karar vermek bu çalışmanın amacıdır. Bu amaç, uygulanabilecek en uygun çözümü elde etmesi için tedarikçi seçimi probleminde olağan kriterler ile birlikte çevresel sürdürülebilirlik kriterlerini de ön planda tutan etkin bir çözümün geliştirilmesini de içermektedir.

Çevreci tedarikçi seçim problemleri ile ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde 1960'dan günümüze tedarikçi seçimi ve değerlendirme problemi ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur. Problem ile ilgili mevcut çalışmalar, kullandıkları yöntemler itibariyle; çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri, Matematiksel Programlama ve Melez Yaklaşımlar olmak üzere üç ana başlıkta toplanabilir. Hsu ve Hu tarafından Tayvan Elektrik Şirketi için ANP tabanlı sistem önermişlerdir(2009). Modelde kalite, teknoloji, kapasite, nüfus kontrolü, yeşil üretim gibi faktörler göz önüne alınmıştır. Awasthi ve arkadaşlarının geliştirdiği bulanık çok ölçütlü modelde bulanık TOPSIS uygulanmıştır(2010). Büyüközkan ve çifçi eksik bilgiler dikkate alarak sürdürülebilir tedarikçi seçimi için çok kriterli karar verme önermişlerdir. Bu çalışmada, çevresel politikalar açısından birden çok karar alternatifi bulunan ve birçok kişinin karar vermesi gereken gerçek hayattaki koşullarda, çevresel sürdürebilirliği ön planda tutan etkin tedarikçi seçimi yapılmıştır. Bunun için, çevresel sorunları ele alarak ENTROPİ temelli VERİ ZARFLAMA ANALİZİ yöntemi ile en uygun tedarikçi seçiminde bütünleşik bir yaklaşım kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde, çevresel sürdürülebilirlik açısından en iyi tedarikçi seçimi için, verilere ait yararlı bilgi oranını ölçerek probleme yön verdiğinden ENTROPİ ve çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda değerlendirme yapılabilmesine olanak sağladığı için Veri Zarflama Analizi(VZA) yöntemi kullanılmıştır. ENTROPİ yöntemi tedarikçilerin kriter ağırlık oranlarını elde etmek için kullanılmıştır. Firma yöneticilerinin de olduğu uzman ekip tarafından belirlenen kriterler; maliyet, geri dönüşlerin

yüzdesi, kimyasal atık oranı, kalibrasyon, teslimatların gecikme yüzdesi. VZA yöntemi ise ENTROPİ yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıklık oranları ve tedarikçi verilerine göre en etkin tedarikçinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Önerilen hibrid yaklaşım, atık sıvı teşhisinde test kiti imal eden 4 firma yöneticilerinden alınan verilerle uygulanmıştır. Şekil-1'de çevreci tedarikçi problemine ait amaç, kriterler ve alternatiflerden oluşan akış şeması verilmiştir.



Şekil 1. Tedarikçi seçimi akış şeması

2.1. ENTROPİ Yöntemi

Entropi; Termodinamiğin ikinci maddesi olmakla birlikte bu terim ilk kez Rudolph Clausius (1865) tarafından sistemin düzensizliğini ve belirsizliğini ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Dolayısıyla, Entropi yöntemi sahip olunan verinin sağladığı faydalı bilginin oranını ölçmek için kullanılmıştır(Zhang vd., 2011).

Entropi Ağırlık yönteminin uygulama adımları şöyledir:

1. Değerlendirme(Karar) matrisinin düzenlenmesi(Tablo-1):

Tablo 1. Karar Matrisi

Kriterler→	**Maliyet (£)**	**Geri Dönüş(%)**	**Kimyasal Atık Oranı(%)**	**Kalibrasyon (%güven)**	**Teslimat Gecikme(%)**
Kriter Ağırlıkları→	0,17	0,15	0,19	0,23	0,15
Alternatifler↓					
Tedarikçi 1	50	35	12	%96,5	5
Tedarikçi 2	80	32	8	%96	9
Tedarikçi 3	75	40	11	%98,5	7
Tedarikçi 4	70	30	6	%98	6

2. İndekslerin/Kriterlerin Standardizasyonu.

3. Tüm kriterlerin entropi değerlerinin hesaplanması.

4. Kriterlerin entropi ağırlıklarının bulunması

Bu işlemler sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları tablo-2'deki gibi oluşmuştur. Bu ağırlık değerleri Veri Zarflama Analizi yöntemine girdi olmuştur.

Tablo 2. Kriter ağırlıkları

KRİTERLER	AĞIRLIKLAR
Maliyet	0.23
Geri Dönüş	0.18
Kimyasal Atık	0.3
Kalibrasyon	0.11
Teslimat Gecikme	0.18

2.2. Veri Zarflama Analizi Yöntemi

Veri Zarflama Analizi(VZA) ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından birbirine benzeyen mal veya hizmet üreten ve karar verme olarak isimlendirilen sistemlerin görece etkinliklerinin ölçülmesi amacı ile geliştirilmiştir. Bir problemde, çoklu karar durumu bulunuyorsa, bu karar durumlarının etkinliklerini belirlemek önemlidir. VZA yöntemi, birbirine benzeyen girdilerden yola çıkarak çıktı veya çıktılar belirlemekten sorumlu olan karar durumlarının, nicel etkinliklerini ele almak için kullanılması ve doğrusal olan bir programlama temelli yöntem olarak tanımlanabilir.

Karar durumları girdiyi çıktıya dönüştüren firmaların veya sistemlerin performansları karşılaştırılacak olan durumlardır. Veri Zarflama Analizinin diğer metotlardan ayıran en önemli özelliği çok sayıda girdi ve çıktı olduğu şartları değerlendirebilmesidir. Veri Zarflama Analizini regresyon analizinde ayıran özellik biri çok girdi ve çıktı olduğunda regresyona göre etkin ve kolay sonuçlara ulaştırmasıdır.

VZA'da temel etkinlik ölçütü, çıktıların ağırlıklı toplamlarının girdilerin ağırlıklı toplamlarına bölümüdür. Diğer bir deyişle herhangi bir karar noktasının etkinlik ölçütü (j. Karar noktası), denklem-1'deki tanımlanabilir:

$$\frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \ldots + u_n y_n}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \ldots + v_m x_m} \quad (1)$$

Formülde j. karar noktası için n adet çıktı(maliyet, kimyasal atık oranı) ve m adet girdi(Geri dönüş, kalibrasyon, teslimat gecikme) vardır. Burada, u_n n. çıktı ağırlığını, y_n n. Çıktının Entropi miktarını, v_m m. girdinin ağırlığını ve x_m m. girdinin Entropi miktarını ifade etmektedir.

VZA'da girdi ya da çıktı odaklılık dikkate alınmak şartıyla kesirli programlama-doğrusal programlama dönüşümü kullanılabilir. Bu çalışmada ele alınan problem çıktı odaklı(minimizasyon) olduğu için tedarikçilerin etkinlik ölçümü aşağıdaki matematiksel modele göre yapılmıştır:

$$Enkg_j = \sum_{i=1}^{m} v_i x_i \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^{n} u_r y_r = 1 \quad (3)$$

$$-\sum_{r=1}^{n} u_r y_r + \sum_{i=1}^{m} v_i x_i \geq 0 \quad (4)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

(5)

Tüm tedarikçiler için matematiksel modelin çözümü tablo-3'de verilmiştir. Çözüm için GAMS/CPLEX yazılımı kullanılmıştır.

Tablo 3. Çözüm sonuçları

Tedarikçiler	g_j	U_1	U_2	V_1	V_2	V_3
T-1	0,79	0,002	0,0024	0	0	0,01
T-2	1,00	0,003	0,0028	0,0003	0	0
T-3	0,86	0,0015	0,003	0	0	0,0125
T-4	0,81	0,003	0,0044	0,0005	0	0

Tablodan görüleceği gibi T-1 tedarikçisi en düşük değeri ile en yüksek performans değerine sahiptir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, çevreciliği dikkate alan bir firmanın imalatta çevreye odaklı faaliyetlerine uygun tedarikçi seçim problemine bir uygulama yapılmıştır. Entropi ağırlık yöntemine göre, çevresecilik yönünden tedarikçilerin değerlendirilmesinde maliyet kriteri büyük rol oynamıştır. Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlık değerleri karar matrisindeki değerlerle çarpılarak VZA'ne girdi olmuştur. VZA yönteminde tedarikçi-1 çıktılara göre en etkin tedarikçi çıkmıştır.

KAYNAKLAR

AMİN, S. H., RAZMİ, J., ZHANG, G. (2011), Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming, *Expert Systems with Applications*, 38(1), 334–342.

AWASTHİ, A., CHAUHAN, S. S., GOYAL, S. K. (2010), A fuzzy multi criteria approach for evaluating environmental performance of suppliers, *International Journal of Production Economics*, 126(2), 370–378.

BÜYÜKÖZKAN, G., ÇİFCİ, G. (2011), A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information, *Computers in Industry*, 62(2), 164–174.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operations Research*, 2(6), 429-444.

ZHANG, H., GU, C.L., GU, L.W., ZHANG, Y. (2011). The Evaluation of Tourism Destination Competitiveness by TOPSIS & Information Entropy E A Case in The Yangtze River Delta of China, *Tourism Management*, 32, 443-451.

AŞIRI DOLDURMALI BİR DİZEL MOTORUNDA B20-PAMUK YAĞI METİL ESTER KULLANIMININ MOTOR ENERJİ DAĞILIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Tansunur Kaydırak
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
tansunur.kaydirak@gmail.com

Prof. Dr. İbrahim Özsert
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
ozsert@subu.edu.tr

Doç. Dr. Vezir Ayhan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
vayhan@subu.edu.tr

Özet

Günümüzde artan taşıt sayısına bağlı olarak fosil yakıt kaynakları hızlı bir şekilde tükenmektedir. Bundan dolayı, özgül yakıt tüketimi düşük motorlar piyasada birçok alanda çok daha yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Bununla birlikte alternatif yakıtların yakıt olarak kullanılması üzerine yapılan çalışmalar da literatürde güncelliğini korumaktadır. Dizel motorlarda aşırı doldurma uygulanarak aracın verimi ve özgül yakıt tüketimi iyileştirilebilmektedir. Bu çalışmada aşırı doldurmalı bir dizel motorunda pamuk yağı metil esteri kullanımının motor enerji dağılımı üzerine etkileri incelenmiştir. Motor deneyleri tam yük şartları ve farklı devir sayılarında B0 ve B20 (%20 pamuk yağı biyodizeli + %80 dizel) yakıtları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında enerji hesaplamaları için gerekli olan sıcaklık, debi ve dinamometre yük değerleri dikkatli bir şekilde ölçülmüştür. Motorun standart şartlarda dizel ve B20 yakıtı ile çalıştırılması durumunda elde edilen verilere göre hesap edilen enerji değerleri referans kabul edilerek aşırı doldurma şartında dizel ve B20 yakıtı için elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yapılan enerji analizlerinde motordaki enerji dağılımları tespit edilmiş ve sistemin giriş-çıkış noktalarındaki veriler yardımı ile kayıp enerji değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak; biyodizel-dizel karışımları ile yapılan deneylere ait enerji dağılımlarında doğal emiş durumunda B20 yakıtının B0 yakıtına alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilirken, motora aşırı doldurma uygulanması durumunda B0 yakıtının B20 yakıtına kıyasla daha verimli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dizel Motor, Biyoyakıt, Aşırı Doldurma, Enerji Analizi.

INVESTIGATION OF EFFECTS OF B20-COTTON OIL METHYL ESTER USE ON ENGINE ENERGY DISTRIBUTION IN A TURBOCHARCING DIESEL ENGINE

Abstract

Nowadays, fossil fuel sources are rapidly depleted due to the increasing number of vehicles. Therefore, motors with low specific fuel consumption are more widely used in many areas in the market. However, studies on the use of alternative fuels as fuels are still up-to-date in the literature. Excessive filling of diesel engines can improve the efficiency of the vehicle and the specific fuel consumption. In this study, the effects of cotton oil methyl ester use on motor energy distribution in a turbocharcing diesel engine were investigated. Engine tests were performed using B0 and B20 (20% cotton oil biodiesel + 80% diesel) fuels at full load conditions and different engine speeds. Temperature, flow rate and dynamometer load values required for energy calculations were measured carefully during tests. When the engine is operated with diesel and B20 fuel under standard conditions, the calculated energy values are taken as reference and the results obtained for diesel and B20 fuel are given comparatively. In the energy analyzes, the energy distributions in the engine were determined

and the lost energy values were calculated with the help of the datas at the entry-exit points of the system. As a result; It is determined that B20 fuel can be used as an alternative to B0 fuel in the case of natural absorption in the energy distributions of biodiesel-diesel mixtures, whereas B0 fuel is more efficient than B20 fuel in case of overfilling.

Keywords: Diesel Engine, Biofuel, Turbocharcing, Energy Analysis.

1. GİRİŞ

Günümüzde artan taşıt sayısına bağlı olarak fosil yakıt kaynakları hızlı bir şekilde tükenmektedir. Bundan dolayı, özgül yakıt tüketimi düşük motorlar piyasada birçok alanda çok daha yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Bununla birlikte alternatif yakıtların yakıt olarak kullanılması üzerine yapılan çalışmalar da literatürde güncelliğini korumaktadır. Dizel yakıta alternatif yakıt olma bakımından akıllara ilk gelen yakıt olan biyodizel güvenilir, yüksek setan sayısına sahip, sülfür içermeyen çevre dostu bir yakıttır. Bunların yanı sıra yakıt sisteminde herhangi bir modifikasyon ve ilave aksama ihtiyaç duyulmadan kullanılıyor oluşu tercih sebeplerindendir (Aktaş, 2009).

Dizel motorlarda aşırı doldurma uygulanarak aracın verimi ve özgül yakıt tüketimi iyileştirilebilmektedir. Bu nedenle; içten yanmalı motorlarda aşırı doldurma sistemi uygulanarak aracın verimini artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu sistemler, yakıtın yanma odasında daha yüksek oranlarda yanmasını ve böylece dışarı atılan yanmamış yakıt miktarının azalmasını sağlar. Böylece, birim akaryakıt miktarı azalırken elde edilen enerji miktarı artar.

Bu çalışmada, dizel ve pamuk yağından transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiş pamuk yağı metil esteri dizel yakıta farklı oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni alternatif yakıtların kullanılması durumları için, tek silindirli direkt püskürtmeli aşırı doldurmalı bir dizel motora enerji analizi uygulanarak, motordaki enerji dağılımları tespit edilmiştir. Elde edilen her bir yakıt için, yapılan analiz sonuçları birbiri ile karşılaştırılarak grafiklerle ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

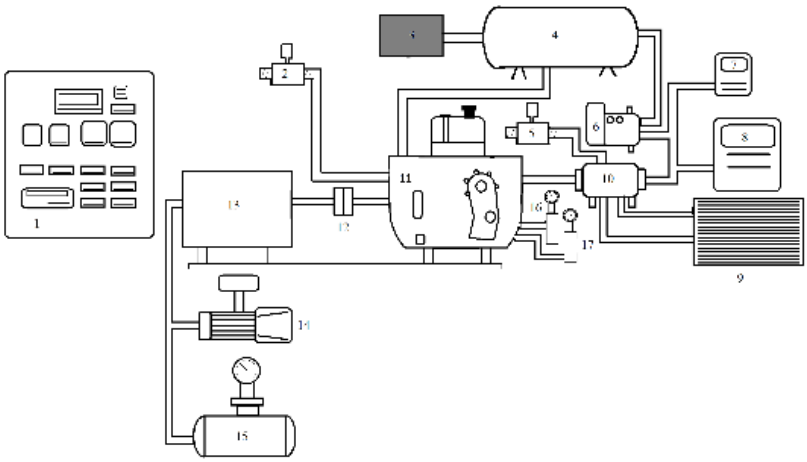
2.1. Materyal

Deneylerde kullanılan motorun özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde Kullanılan Motor Özellikleri

Marka	Süper Star
Piston Çapı (mm)	108
Strok (mm)	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi (dm^3)	0,92
Güç, 1500 d/d (kw)	10
Enjektör Açma Basıncı (bar)	225
Püskürtme Avansı (KMA)	29
Sıkıştırma Oranı	17:1
Maksimum Devir (d/d)	2500
Soğutma Tipi	Su
Motor Tipi	Dört Zamanlı, Direkt Enj.

Efektif gücün ölçülebilmesi için, motor Şekil 1'de gösterildiği gibi 50 kW güç yutma kapasitesine sahip hidrolik dinamometreye bağlanmıştır. Dinamometre kuvvet kolunda 0,1 kg hassasiyetinde ''S'' tipi yük hücresi kullanılmıştır. Gerekli sıcaklıklar termokupllar ile ölçülmüştür. Motor soğutma suyu ve eşanjör soğutma suyu debileri % 1 hassasiyet ile ölçüm yapan türbin debimetreler ile l/dk olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. Enerji Dağılımlarının Tespiti İçin Kurulmuş Deney Düzeneğinin Şematik Gösterimi

1 : Kontrol ünitesi, 2 : Debimetre (Motor), 3 : Hava akış ölçüm cihazı, 4 : Hava tankı, 5 : Debimetre (Eşanjör), 6 : EGR eşanjör, 7 : Bulanıklık emisyon cihazı, 8 : Motor gaz değerleri emisyon cihazı, 9 : Radyatör, 10 : Eşanjör, 11 : Motor, 12 : Kavrama 13 : Hidrolik dinamometre, 14 : Hidrofor, 15 : Su tankı, 16 : Motor soğutma suyu şartlandırıcı, 17 : Yağ şartlandırıcı

Motorda yakıt olarak saf dizel (standart) ve pamuk yağından transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen pamuk yağı metil esteri kullanılmıştır. Deneyler % 100 dizel (B0), % 80 dizel + % 20 biyodizel (B20) şeklinde hazırlanan iki yakıt ile ayrı ayrı yapılmıştır, elde edilen bu yakıtlar için 1400 d/d ve 2200 d/d olarak iki devir sayısında ve kısmi yük şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde dilen veriler kullanılarak motor enerji dağılımları tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sırasında kullanılan petrol kökenli euro-dizel yakıtı ve pamuk yağı metil esterinin bazı temel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

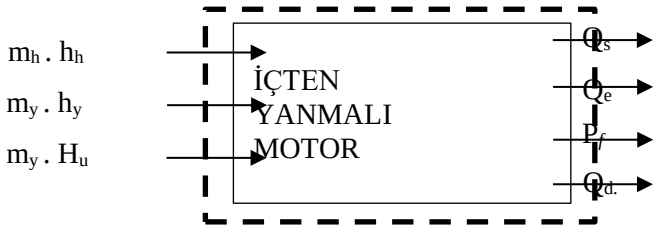
Tablo 2. Deneyler Sırasında Kullanılan Yakıtların Bazı Temel Özellikleri

Özellikler	Eurodizel Yakıtı	Pamuk Yağı Metil Esteri	B20	Biyodizel Std. TS EN14214	Eurodizel Std. TS EN590
Yoğunluk (kg/m^3) (15 º C)	829	885	841	860-900	820-845
Kinematik Viskozite (mm^2/s) (40 º C)	2,4	4,65	3,1	3,5-5	2-4,5
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	10200	9314	9979	-	-

2.2 Yöntem

2.2.1 Deney Motorunda Enerji Dengesi

İçten yanmalı motorlar, yakıtın kimyasal enerjisini yanma işlemi ile birlikte ısı enerjisine dönüştüren ve böylece silindir içinde sıcaklık ve basınçları yükselen yanma gazlarının piston hareketine neden olmasıyla ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren sistemlerdir, bu dönüşüm sırasında birtakım kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıplar; egzoz, sürtünme, radyasyon yoluyla olabilmektedir.



Şekil 2. İçten Yanmalı Bir Dizel Motor İçin Kontrol Hacminin Şematik Gösterimi

Şekil 2'de verilen içten yanmalı bir motor bloğunu çevreleyen kontrol hacminden yararlanarak kontrol hacmine giren ve çıkan kütleler için enerji dengesi yazılırsa;

$$(\dot{m}_y \,.\, h_y) + (\dot{m}_h \,.\, h_h) + (\dot{m}_y \,.\, H_u) = P_f + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e + \dot{Q}_{d.} \quad (1)$$

Bu bağıntıda; P_f motordan alınan faydalı (efektif) güç, $\dot{Q}_s$ soğutucu akışkana birim zamanda transfer edilen enerji miktarı, $\dot{Q}_e$ egzoz ile atılan birim zamandaki enerji miktarı, $\dot{Q}_{d.}$ çeşitli kayıplar dolayısıyla birim zamanda harcanan enerjiyi ifade etmektedir. Motora giren hava ve yakıt debileri sırasıyla, $\dot{m}_h$ ve $\dot{m}_y$, soğutucu akışkan debisi $\dot{m}_s$'dir. H_u yakıtın alt ısıl değeridir.

(1) nolu enerji dengesi denklemi yeniden düzenlenirse;

$$\dot{m}_y \,.\, H_u = P_f + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e + \dot{Q}_{d.} \quad (2)$$

bağıntısı yazılabilir.

2.2.1.2 Yakıta Verilen Birim Zamandaki Enerji Miktarı ($\dot{Q}_y$)

Kontrol hacmindeki enerji girişinin yalnızca yakıtın kimyasal enerjisi ile oluştuğu varsayılarak;

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_{yakıt} \,.\, H_u \quad (3)$$

Bağıntısı yazılabilir.

2.2.1.3 Faydalı (Efektif) Güç (P_f)

Faydalı güç, deney düzeneğinde hidrolik dinamometre (su freni sistemi) kullanılarak elde edilen verilerden yola çıkarak hesaplanmıştır. Faydalı (efektif) güç şu şekilde hesaplanır;

$$P_f = M_d \,.\, \omega = M_d \,.\, 2\pi n/60 \quad (4)$$

Bu bağıntıda; M_d (Nm) döndürme momenti, n motorun devir sayısıdır.

2.2.1.4 Soğutucu Akışkana Verilen Birim Zamandaki Enerji Miktarı ($\dot{Q}_{soğutucu}$)

Deney sırasında soğutucu akışkan olarak su kullanılmıştır. Soğutucu akışkana verilen birim zamandaki enerji (5) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_s = \dot{m}_{mss} \,.\, C_{p,s} \,.\, (T_{m,ss,ç} - T_{m,ss,g}) \quad (5)$$

Bu bağıntıda; $\dot{m}_{m,ss}$ motor soğutma suyu kütlesel debisi, $C_{p,s}$ sabit basınçta soğutucu akışkanın özgül ısı değeri, $T_{m,ss,ç}$ motor soğutma suyu çıkış sıcaklığı ve $T_{m,ss,g}$ motor soğutma suyu giriş sıcaklığıdır.

2.2.1.5 Egzoz ile Atılan Birim Zamandaki Enerji Miktarı ($\dot{Q}_{egzoz}$)

Egzoz ile atılan birim zamandaki enerji, motor çıkışından çevreye olan ısı kayıpları dikkate alındığında (6) bağıntısı ile ısıl kayıplar ihmal edilerek hesap edilir.

$$\dot{Q}_e = \frac{\dot{m}_{eş,ss} \cdot c_{p_s} \cdot (T_{eş,ss,ç} - T_{eş,ss,g})}{(T_{eş,g} - T_{eş,ç})} \,.\, (T_e - T_0) \quad (6)$$

Bu bağıntıda; $\dot{m}_{eş,ss}$: Eşanjör soğutma suyu debisi (kg/s), $C_{p,s}$: Eşanjör soğutma suyu özgül ısısı (kJ/kgK), $T_{eş,ss,g}$: Eşanjör soğutma suyu giriş sıcaklığı (°C), $T_{eş,ss,ç}$: Eşanjör soğutma suyu çıkış sıcaklığı (°C), T_e : Egzoz manifoldu çıkışındaki egzoz gazının sıcaklığı (°C), $T_{eş,g}$: Egzoz gazının eşanjöre giriş sıcaklığı (°C), $T_{eş,ç}$: Egzoz gazının eşanjörden çıkış sıcaklığı (°C), T_0: Dış hava sıcaklığı (°C)' dır.

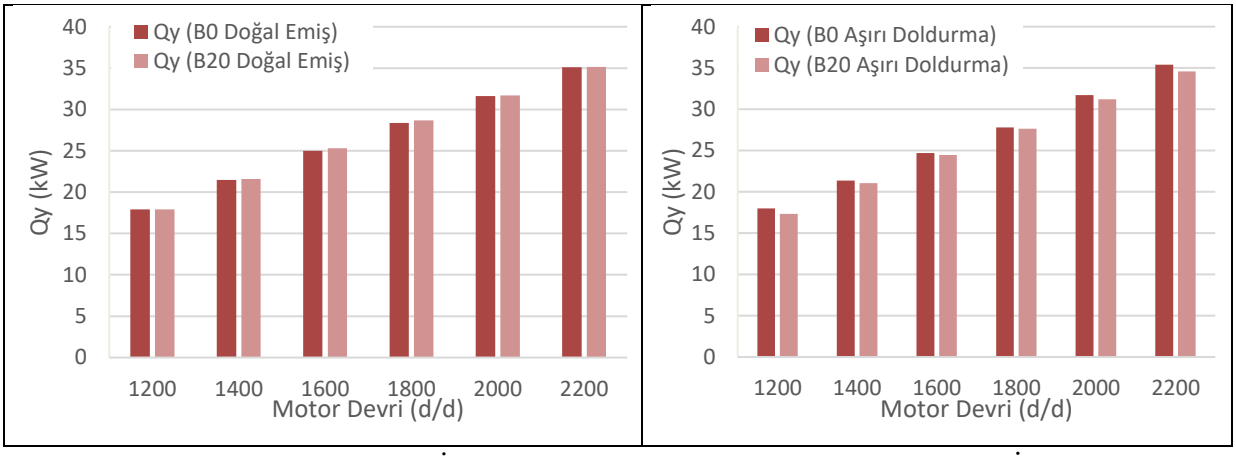
2.2.1.6 Diğer Kayıplar ($\dot{Q}_{d.}$)

Enerjinin korunumu ilkesi ile yakıttan elde edilen enerji değerinden, faydalı (efektif) güç, motor soğutma suyu enerjisi ve egzoz enerjisi değerleri çıkarılarak (7) bağıntısı ile kayıpların ifadesi olan $\dot{Q}_{d.}$ hesaplanır.

$$\dot{Q}_{d.} = \dot{Q}_y - (P_f + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e) \quad (7)$$

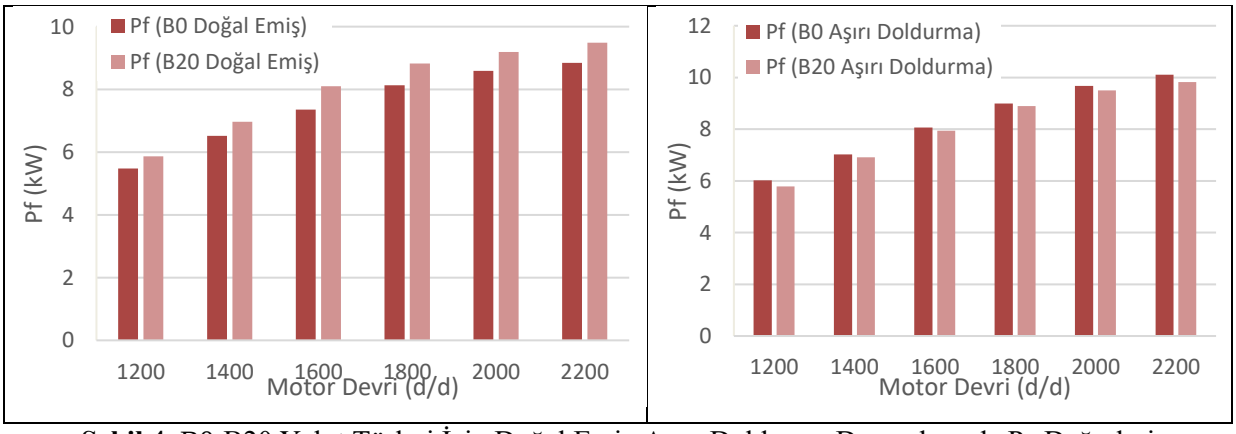
3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Şekil 3'te tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen yakıt enerjisi ($\dot{Q}_y$) değerlerinde meydana gelen değişimler doğal emiş motor ve aşırı doldurma uygulanmış motor için görülmektedir. Tüm durumlar ve yakıtlar için $\dot{Q}_y$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için ortalama $\dot{Q}_y$ değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 26,53 kW ve 26,58 kW olarak, aşırı doldurma durumu için 26,49 kW ve 26,04 kW olarak elde edilmiştir.



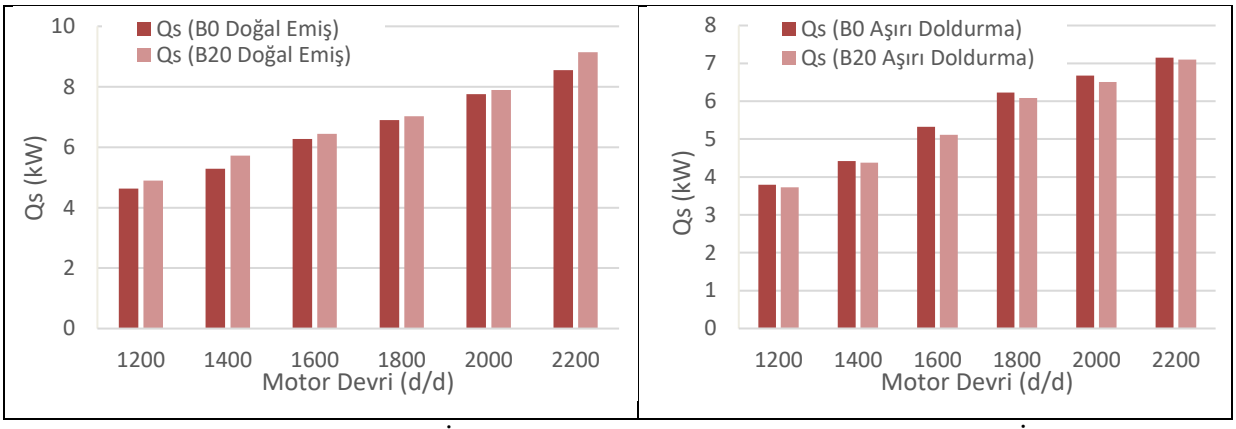
Şekil 3. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında $\dot{Q}_y$ Değerleri

Şekil 4'te tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen faydalı güç P_f değerlerinde meydana gelen değişimler doğal emiş ve aşırı doldurma uygulanmış motor için görülmektedir. Tüm durumlar ve yakıtlar için P_f maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama P_f değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 7,48 kW ve 8 kW olarak, aşırı doldurma durumu için 8,31 kW ve 8,14 kW olarak elde edilmiştir.



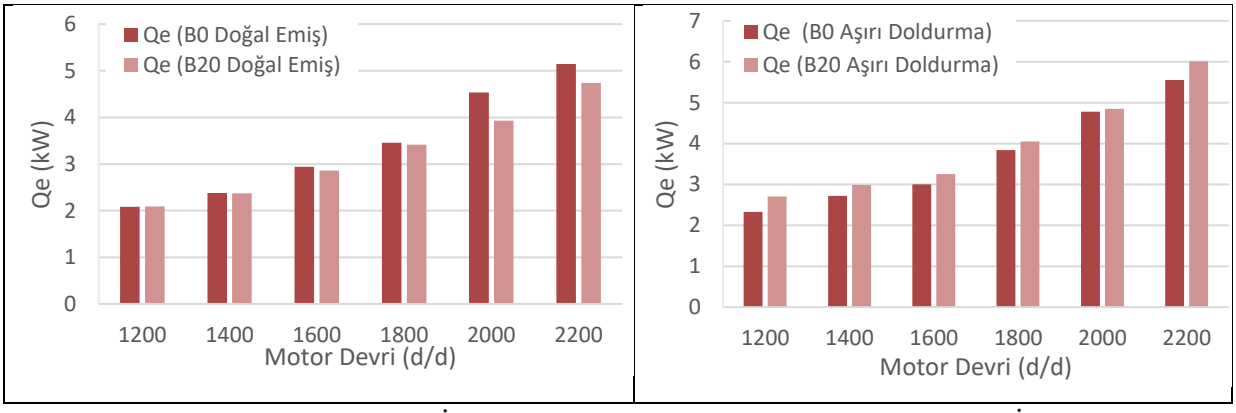
Şekil 4. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında P_f Değerleri

Şekil 5'te tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen soğutucu akışkana geçen enerji ($\dot{Q}_s$) değerlerinde meydana gelen değişimler doğal emiş ve aşırı doldurma uygulanmış motor için görülmektedir. Tüm durumlar ve yakıtlar için $\dot{Q}_s$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama $\dot{Q}_s$ değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 6,56 kW ve 6,85 kW olarak, aşırı doldurma durumu için 5,6 kW ve 5,48 kW olarak elde edilmiştir.



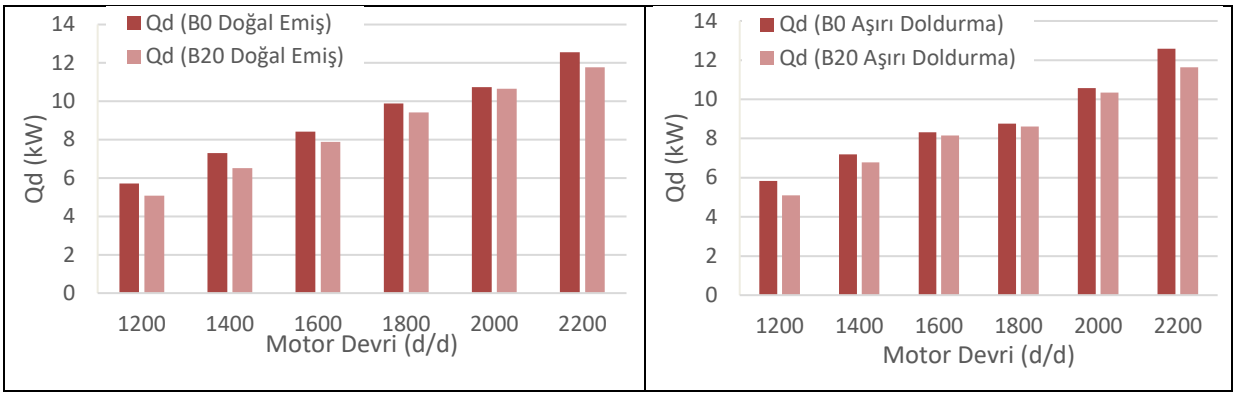
Şekil 5. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında $\dot{Q}_s$ Değerleri

Şekil 6'da tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen egzozla atılan birim zamandaki enerji $\dot{Q}_e$ değerlerinde meydana gelen değişimler doğal emiş ve aşırı doldurma uygulanmış motor için görülmektedir. Tüm durumlar ve yakıtlar için $\dot{Q}_e$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama $\dot{Q}_e$ değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 3,42 kW ve 3,23 kW olarak, aşırı doldurma durumu için 3,7 kW ve 3,97 kW olarak elde edilmiştir.



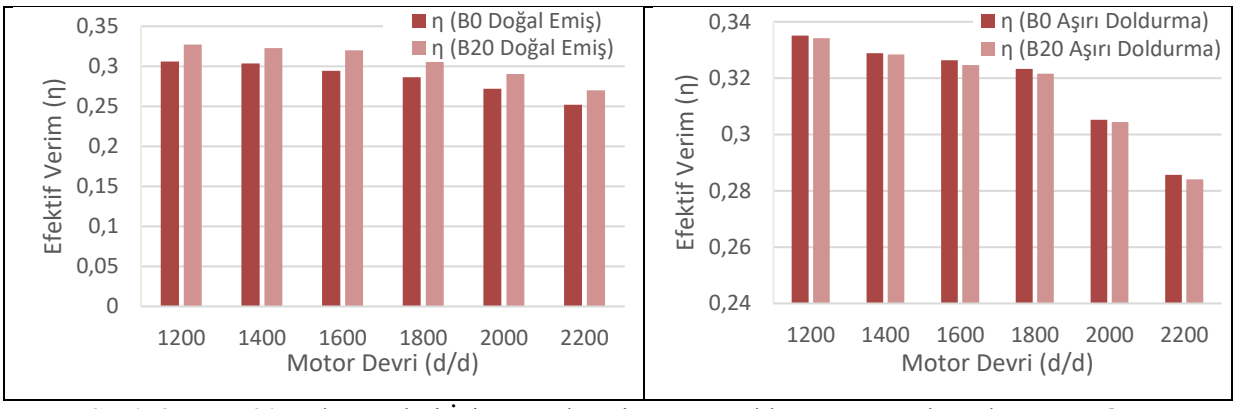
Şekil 6. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında $\dot{Q}_e$ Değerleri

Şekil 7'de tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen kayıp enerji ($\dot{Q}_d$) değerlerinde meydana gelen değişimler doğal emiş ve aşırı doldurma uygulanmış motor için görülmektedir. Tüm durumlar ve yakıtlar için $\dot{Q}_{d.}$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için ortalama $\dot{Q}_{d.}$ değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 9,1 kW ve 8,49 kW olarak, aşırı doldurma durumu için 8,87 kW ve 8,44 kW olarak elde edilmiştir.



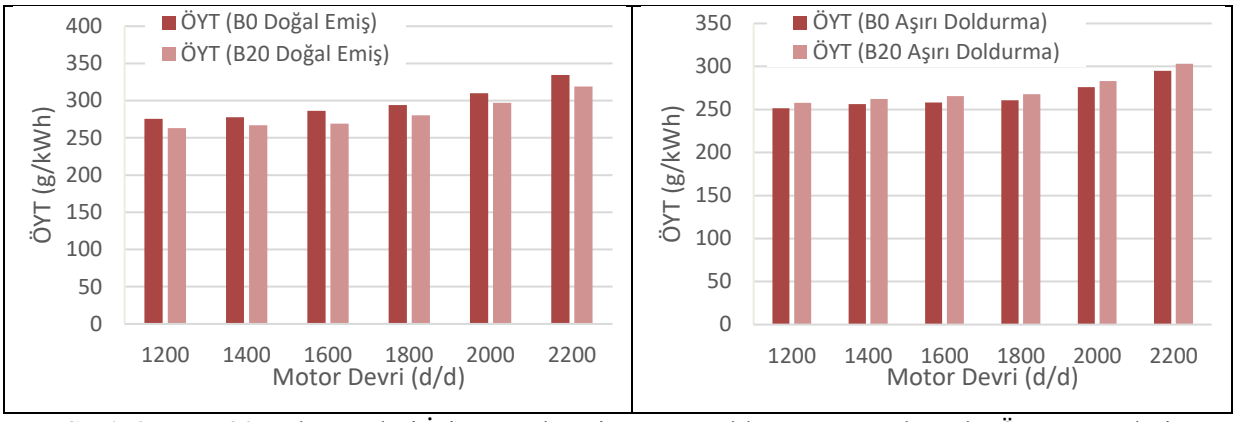
Şekil 7. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında $\dot{Q}_{d.}$ Değerleri

Şekil 8'de tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen veriler ile hesaplanan efektif verim (η) değerlerinde meydana gelen değişimler doğal emiş ve aşırı doldurma uygulanmış motor için görülmektedir. Tüm durumlar ve yakıtlar için efektif verim (η) maksimum değerini 1200 d/d'da almıştır. Doğal emişli motorda biyodizel kullanıldığında bütün motor devirlerinde dizel kullanımına göre efektif verim değerlerinde artmaların olduğu görülürken, aşırı doldurma uygulanmış motorda biyodizel kullanıldığında efektif verim değerlerinde dizel yakıta göre azalmaların olduğu tespit edilmiştir. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama efektif verim değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 0,28 ve 0,3 olarak, aşırı doldurma durumu için 0,317 ve 0,316 olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında η Değerleri

Şekil 9'da tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen veriler ile hesaplanan özgül yakıt tüketimi değerleri doğal emiş ve aşırı doldurma uygulanmış motor için gösterilmiştir. Tüm durumlar ve yakıtlar için ÖYT minimum değerini 1200 d/d'da almıştır. ÖYT' de doğal emiş motorunda B20 kullanımında B0 kullanımına göre azalma görülürken, aşırı doldurma uygulanmış motorda B20 kullanımında B0 kullanımına göre artma tespit edilmiştir. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama ÖYT değerleri sırası ile doğal emiş durumu için 296 g/kWh ve 284 g/kWh olarak, aşırı doldurma durumu için 266 g/kWh ve 273 g/kWh olarak elde edilmiştir.



Şekil 9. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Doğal Emiş-Aşırı Doldurma Durumlarında *ÖYT* Değerleri

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Aşağıda bu çalışmada elde edilen sonuçlar özetlenmiştir:

- En yüksek yakıt enerji değeri; doğal emiş durumunda B20 yakıtı için elde edilirken, aşırı doldurma durumunda B0 yakıtı için elde edilmiştir.
- En yüksek faydalı güç değeri; doğal emiş durumunda B20 yakıtı için elde edilirken, aşırı doldurma durumunda B0 yakıtı için elde edilmiştir.
- Doğal emiş ve aşırı doldurma durumları için her iki yakıt türünde de maksimum gücün elde edildiği devir sayısı 2200 d/d'dır.
- Minimum egzoz enerji değeri; doğal emiş durumunda B20 yakıtı için elde edilirken, aşırı doldurma durumunda B0 yakıtı için elde edilmiştir.
- En yüksek efektif verim; doğal emiş durumunda B20 yakıtı için elde edilirken, aşırı doldurma durumunda B0 yakıtı için elde edilmiştir.
- En düşük özgül yakıt tüketimi; doğal emiş durumunda B20 yakıtı için elde edilirken, aşırı doldurma durumu için B0 yakıtı için elde edilmiştir.

Sonuç olarak; biyodizel-dizel karışımları ile yapılan deneylere ait enerji dağılımlarında doğal emiş durumunda B20 yakıtının B0 yakıtına alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilirken, aşırı doldurma uygulanması durumunda B0 yakıtının B20 yakıtına kıyasla daha verimli olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

AKTAŞ, A., 2009, *Benzin-biyodizel ve benzin-biyodizel–etanol karışımlarının buji ateşlemeli motor performans ve emisyonlarına etkisi*, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (2009): 43-53.

ALPTEKİN, E., ÇANAKCI M., (2006), *''Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu'',* Mühendis ve Makina Dergisi, (2006): 57 - 64.

AYHAN, V. (2016), *''Direkt Enjeksiyonlu Bir Dizel Motoruna Buhar ve Farklı Yöntemlerle Su Gönderiminin Performans ve NOx Emisyonlarına Etkilerinin İncelenmesi''*, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, (2016): 463-471.

ÇENGEL, Y. A. AND BOLES, M. A., (2006), *Thermodynamics: An Engineering Approach, Fifth Edition*, McGraw-Hill, New York.

DEMİR, B. (2009), *Küçük Ölçekli Bir Biyodizel Sisteminin Oluşturulması, Elde Edilen Pamuk Yağı Metil Esterin Motor Performans Testleri, Enerjetik ve Ekserjetik Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

ER, H. (2009), *Pamuk Yağı Metil Esterinin Yakıt Olarak Bir Dizel Taşıtında Kullanımı ve Taşıt Performansına Etkisinin Araştırılması,* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

SAYIN B. (2014). *Biyoyakıt Kullanan Bir Dizel Motor İçin Enerji ve Ekserji Analizi Üzerine Bir Deneysel Çalışma,* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

FARKLI YÜK ŞARTLARINDA ÇALIŞAN BİR DİZEL MOTORUNDA BİYODİZEL-DİZEL KARIŞIMI KULLANIMININ ENERJİ ANALİZİ

Tansunur Kaydırak
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
tansunur.kaydirak@gmail.com

Prof. Dr. İbrahim Özsert
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
ozsert@subu.edu.tr

Doç. Dr. Vezir Ayhan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
vayhan@subu.edu.tr

Özet

Dizel yakıta alternatif olan biyoyakıt enerjisi ile yapılan bu çalışmada, tek silindirli, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunun %50 ve %75 kısmi yük şartlarında çalıştırılması durumunda pamuk yağı metil esteri-dizel yakıt karışımı, B20 (%20 pamuk yağı biyodizeli + %80 dizel) kullanımının termodinamik 1. kanuna göre analizi yapılmıştır. Motor deneyleri kısmi yük şartları ve farklı devir sayılarında B0 ve B20 yakıtları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında enerji hesaplamaları için gerekli olan sıcaklık, debi ve dinamometre yük değerleri titiz bir şekilde ölçülmüştür. Motorun dizel yakıtı ile çalıştırılması durumunda elde edilen verilere göre hesap edilen enerji değerleri referans kabul edilerek biyodizel-dizel karışımı için elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sistemin giriş-çıkış noktalarındaki veriler yardımı ile termodinamik 1. Kanuna göre analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; biyodizel-dizel karışımları ile yapılan deneyler ile termodinamik 1.kanuna göre yapılan analizlerle dizel yakıtına kıyasla elde edilen değerlerde B20 yakıtı %50 ve %75 yük durumları için iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dizel Motor, Biyoyakıt, Kısmi Yük, Enerji Analizi.

ENERGY ANALYSIS OF THE USE OF BIODIESEL-DIESEL MIXTURE IN A DIESEL ENGINE OPERATING IN DIFFERENT LOAD CONDITIONS

Abstract

In this study which is made with biofuels energy which is an alternative to diesel fuel, in the case of 50% and 75% partial load conditions of a single cylinder direct injection diesel engine, the use of the cotton oil methyl ester-diesel mixture, B20 (20% cotton oil biodiesel + 80% diesel) is analyzed according to the 1st thermodynamic law. Engine tests were performed using B0 and B20 fuels at part load conditions and different engine speeds. Temperature, flow rate and dynamometer load values required for energy calculations were measured carefully during the experiments. When the engine is operated with diesel fuel, the energy values calculated according to the obtained data are taken as reference and the results obtained for biodiesel-diesel mixtures were given comparatively. With the help of the data at the entry-exit points of the system, the analysis was carried out according to the 1st law of thermodynamics. As a result; According to the tests made with biodiesel-diesel mixtures and with the analyzes made according to the 1st thermodynamics, it has been found that the B20 fuel has an improvement for 50% and 75% load conditions.

Keywords: Diesel Engine, Biofuel, Partial Load, Energy Analysis.

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacının petrol ve türevlerinden karşılanması, ama buna karşılık olarak petrol kaynaklarının tükenmekte oluşu ve petrol türevi yakıtların karbon dioksit ve sera gazı salınımı açısından çevre dostu olmayışı, araştırmacı ve imalatçıları alternatif yakıt arama ihtiyacına itmiştir. Türkiye'de enerji ihtiyacının % 80'inden fazlası ithalat yolu ile karşılanmaktadır, bu nedenle ülkemizde de alternatif enerji kaynakları üzerine çalışmalar yapılması ve alternatif kaynakların kullanılması durumu kaçınılmazdır (Demir, 2009). Dizel yakıta alternatif olan biyoyakıt enerjisi; güvenilir, yüksek setan sayısına sahip, yenilenebilir, sülfür içermeyen çevre dostu bir yakıttır, oksijen içerikli ve bozunabilir oluşu, bunların yanı sıra yakıt sisteminde herhangi bir modifikasyona ve ilave bir aksama ihtiyaç duyulmadan kullanılıyor oluşu tercih sebeplerindendir. Fakat; bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilmesi için çeşitli yöntemlerle biyodizele dönüştürülmesi gerekmektedir (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

İçten yanmalı motorlara enerji analizinin uygulanması sırasında; motora giren yakıtın enerjisi ile motor çıkış gücü kullanılarak, kayıp enerji miktarları ve motorun verimi tespit edilmektedir. Böylece yakıt enerjisinin motorda işe çevrilen miktarı olan motor veriminin artırılması ve yapılan iş başına harcanan yakıt miktarını sembolize eden özgül yakıt tüketiminin azaltılması ve yakıt ekonomisi sağlanması konusunda katkı sağlanabilir (Abedin ve ark., 2013).

Bu çalışmada, dizel ve pamuk yağından transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiş pamuk yağı metil esteri dizel yakıta farklı oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni alternatif yakıtların kullanılması durumları için, tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motora enerji analizi uygulanarak, motordaki enerji dağılımları tespit edilmiştir. Elde edilen her bir yakıt için, yapılan analiz sonuçları birbiri ile karşılaştırılarak grafiklerle ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

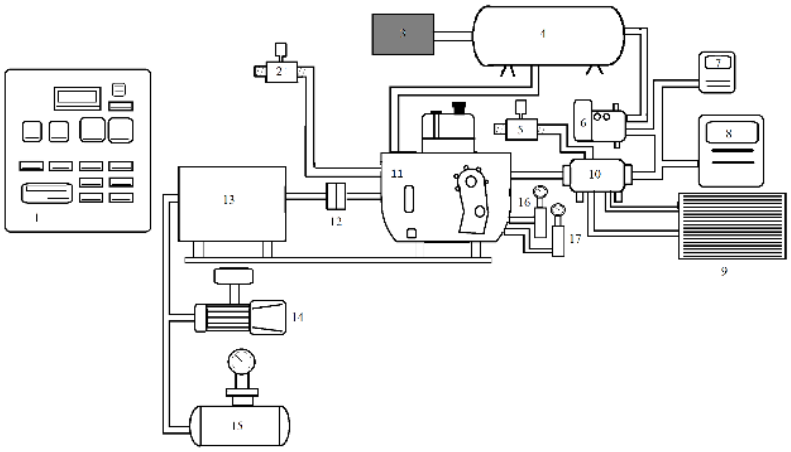
2.1. Materyal

Deneylerde kullanılan motorun özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde Kullanılan Motor Özellikleri

Marka	Süper Star
Piston Çapı (mm)	108
Strok (mm)	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi (dm^3)	0,92
Güç, 1500 d/d (kw)	10
Enjektör Açma Basıncı (bar)	225
Püskürtme Avansı (KMA)	29
Sıkıştırma Oranı	17:1
Maksimum Devir (d/d)	2500
Soğutma Tipi	Su
Motor Tipi	Dört Zamanlı, Direkt Enj.

Efektif güç değeri, Şekil 1'de gösterildiği gibi 50 kW güç yutma kapasitesine sahip hidrolik dinamometre yardımı ile ölçülmüştür. Dinamometre kuvvet kolunda 0,1 kg hassasiyetinde ''S'' tipi yük hücresi kullanılmıştır. Gerekli olan sıcaklık değerleri uygun termokupllar ile ölçülmüştür. Motor soğutma suyu ve eşanjör soğutma suyu debileri % 1 hassasiyet ile ölçüm yapan türbin debimetreler ile l/dk bazında ölçülmüştür.



Şekil 1. Enerji Dağılımlarının Tespiti İçin Kurulmuş Deney Düzeneğinin Şematik Gösterimi

1 : Kontrol ünitesi, 2 : Debimetre (Motor), 3 : Hava akış ölçüm cihazı, 4 : Hava tankı, 5 : Debimetre (Eşanjör), 6 : EGR eşanjör, 7 : Bulanıklık emisyon cihazı, 8 : Motor gaz değerleri emisyon cihazı, 9 : Radyatör, 10 : Eşanjör, 11 : Motor, 12 : Kavrama 13 : Hidrolik dinamometre, 14 : Hidrofor, 15 : Su tankı, 16 : Motor soğutma suyu şartlandırıcı, 17 : Yağ şartlandırıcı

Motorda yakıt olarak saf dizel (standart) ve pamuk yağından transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen pamuk yağı metil esteri kullanılmıştır. Deneyler %100 dizel (B0), %80 dizel + %20 biyodizel (B20) şeklinde hazırlanan iki yakıt ile ayrı ayrı yapılmıştır, elde edilen bu yakıtlar için 1400 d/d ve 2200 d/d olarak iki devir sayısında ve kısmi yük şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde dilen veriler kullanılarak motor enerji dağılımları tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sırasında kullanılan petrol kökenli euro-dizel yakıtı ve pamuk yağı metil esterinin bazı temel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

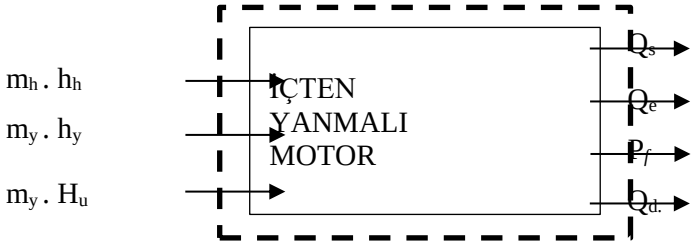
Tablo 2. Deneyler Sırasında Kullanılan Yakıtların Bazı Temel Özellikleri

Özellikler	Eurodizel Yakıtı	Pamuk Yağı Metil Esteri	B20	Biyodizel Std. TS EN14214	Eurodizel Std. TS EN590
Yoğunluk (kg/m^3) (15 ° C)	829	885	841	860-900	820-845
Kinematik Viskozite (mm^2/s) (40 ° C)	2,4	4,65	3,1	3,5-5	2-4,5
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	10200	9314	9979	-	-

2.2 Yöntem

2.2.1 Deney Motorunda Enerji Dengesi

İçten yanmalı motorlar, yakıtın kimyasal enerjisini yanma işlemi ile birlikte ısı enerjisine dönüştüren ve böylece silindir içinde sıcaklık ve basınçları yükselen yanma gazlarının piston hareketine neden olmasıyla ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren sistemlerdir, bu dönüşüm sırasında birtakım kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıplar; egzoz, sürtünme, radyasyon yoluyla olabilmektedir.



Şekil 2. İçten Yanmalı Bir Dizel Motor İçin Kontrol Hacminin Şematik Gösterimi

Şekil 2'de verilen içten yanmalı bir motor bloğunu çevreleyen kontrol hacminden yararlanarak kontrol hacmine giren ve çıkan kütleler için enerji dengesi yazılırsa;

$$(\dot{m}_y \,.\, h_y) + (\dot{m}_h \,.\, h_h) + (\dot{m}_y \,.\, H_u) = P_f + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e + \dot{Q}_{d.} \quad (1)$$

Bu bağıntıda; P_f motordan alınan faydalı (efektif) güç, $\dot{Q}_s$ soğutucu akışkana birim zamanda transfer edilen enerji miktarı, $\dot{Q}_e$ egzoz ile atılan birim zamandaki enerji miktarı, $\dot{Q}_{d.}$ çeşitli kayıplar dolayısıyla birim zamanda harcanan enerjiyi ifade etmektedir. Motora giren hava ve yakıt debileri sırasıyla, $\dot{m}_h$ ve $\dot{m}_y$, soğutucu akışkan debisi $\dot{m}_s$'dir. H_u yakıtın alt ısıl değeridir.

(1) nolu enerji dengesi denklemi yeniden düzenlenirse;

$$\dot{m}_y \,.\, H_u = P_f + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e + \dot{Q}_{d.} \quad (2)$$

bağıntısı yazılabilir.

2.2.1.2 Yakıta Verilen Birim Zamandaki Enerji Miktarı ($\dot{Q}_y$)

Kontrol hacmindeki enerji girişinin yalnızca yakıtın kimyasal enerjisi ile oluştuğu varsayılarak;

$$\dot{Q}_y = \dot{m}_{yakıt} \,.\, H_u \quad (3)$$

bağıntısı yazılabilir.

2.2.1.3 Faydalı (Efektif) Güç (P_f)

Faydalı güç, deney düzeneğinde hidrolik dinamometre (su freni sistemi) kullanılarak elde edilen verilerden yola çıkarak (4) nolu bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$P_f = M_d \,.\, \omega = M_d \,.\, 2\pi n/60 \quad (4)$$

Bu bağıntıda; M_d (Nm) döndürme momenti, n motorun devir sayısıdır.

2.2.1.4 Soğutucu Akışkana Verilen Birim Zamandaki Enerji Miktarı ($\dot{Q}_{soğutucu}$)

Deney sırasında soğutucu akışkan olarak su kullanılmıştır. Soğutucu akışkana verilen birim zamandaki enerji (5) bağıntısı ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_s = \dot{m}_{mss} \,.\, C_{p,s} \,.\, (T_{m,ss,ç} - T_{m,ss,g}) \quad (5)$$

Bu bağıntıda; $\dot{m}_{m,ss}$ motor soğutma suyu kütlesel debisi, $C_{p,s}$ sabit basınçta soğutucu akışkanın özgül ısı değeri, $T_{m,ss,ç}$ motor soğutma suyu çıkış sıcaklığı ve $T_{m,ss,g}$ motor soğutma suyu giriş sıcaklığıdır.

2.2.1.5 Egzoz ile Atılan Birim Zamandaki Enerji Miktarı ($\dot{Q}_{egzoz}$)

Egzoz ile atılan birim zamandaki enerji, motor çıkışından çevreye olan ısı kayıpları dikkate alındığında (6) bağıntısı ile ısıl kayıplar ihmal edilerek hesap edilir.

$$\dot{Q}_e = \frac{\dot{m}_{eş,ss} \cdot c_{p_s} \cdot (T_{eş,ss,ç} - T_{eş,ss,g})}{(T_{eş,g} - T_{eş,ç})} \,.\, (T_e - T_0) \quad (6)$$

Bu bağıntıda; $\dot{m}_{eş,ss}$: Eşanjör soğutma suyu debisi (kg/s), $C_{p,s}$: Eşanjör soğutma suyu özgül ısısı (kJ/kgK), $T_{eş,ss,g}$: Eşanjör soğutma suyu giriş sıcaklığı (°C), $T_{eş,ss,ç}$: Eşanjör soğutma suyu çıkış sıcaklığı (°C), T_e : Egzoz manifoldu çıkışındaki egzoz gazının sıcaklığı (°C), $T_{eş,g}$: Egzoz gazının eşanjöre giriş sıcaklığı (°C), $T_{eş,ç}$: Egzoz gazının eşanjörden çıkış sıcaklığı (°C), T_0: Dış hava sıcaklığı (°C)' dır.

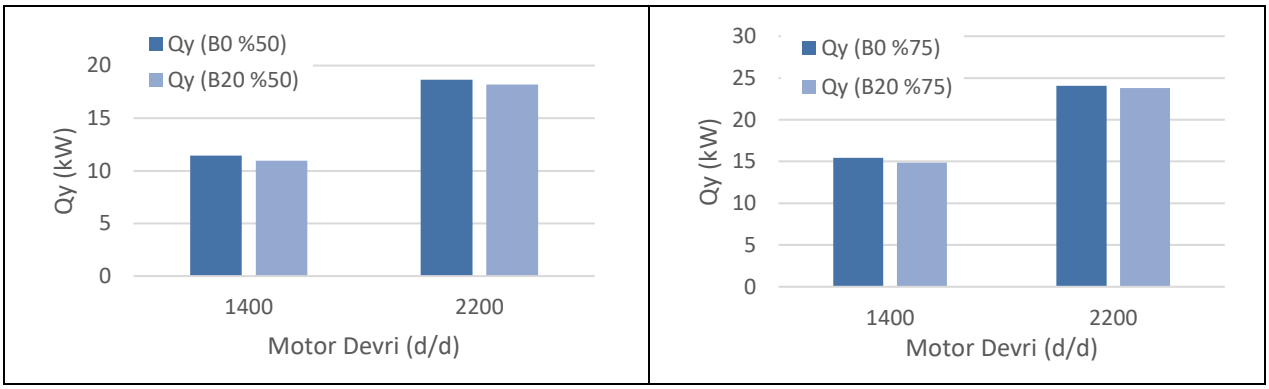
2.2.1.6 Diğer Kayıplar ($\dot{Q}_{d.}$)

Enerjinin korunumu ilkesi ile yakıttan elde edilen enerji değerinden, faydalı (efektif) güç, motor soğutma suyu enerjisi ve egzoz enerjisi değerleri çıkarılarak (7) bağıntısı ile kayıpların ifadesi olan $\dot{Q}_{d.}$ hesaplanır.

$$\dot{Q}_{d.} = \dot{Q}_y - (P_f + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e) \quad (7)$$

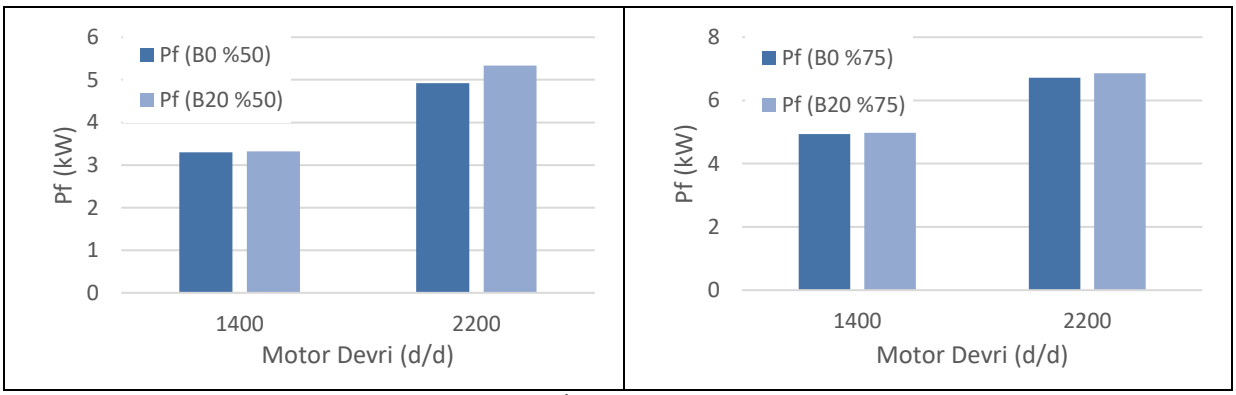
3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Şekil 3'te %50 ve %75 yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 yakıtları kullanılarak elde edilen yakıt enerjisi ($\dot{Q}_y$) değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. İki yakıt türü için de $\dot{Q}_y$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için ortalama $\dot{Q}_y$ değerleri sırası ile %50 yük durumu için 15,05 kW ve 14,56 kW olarak, %75 yük durumu için 19,75 ve 19,33 kW olarak elde edilmiştir.



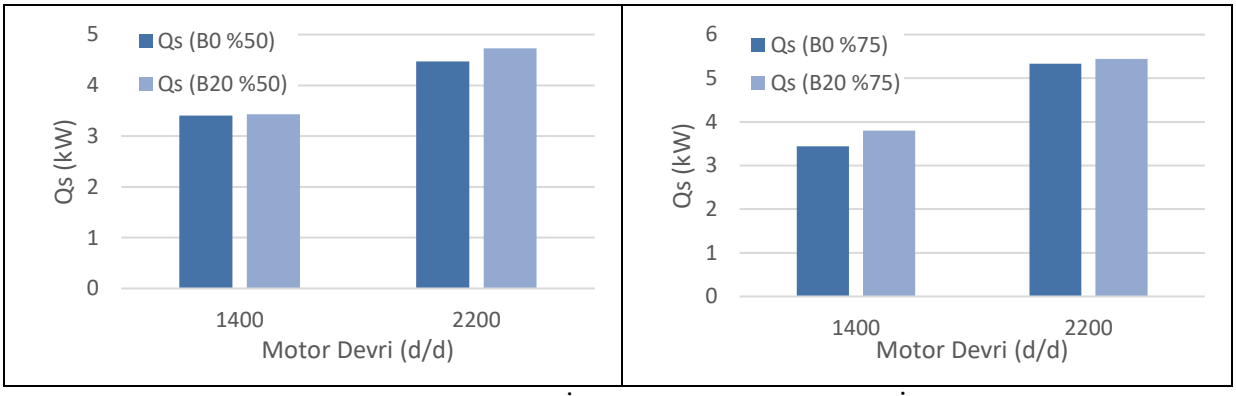
Şekil 3. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Kısmi Yük Şartlarında $\dot{Q}_y$ Değerleri

Şekil 4'te %50 ve %75 kısmi yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen faydalı güç (P_f) değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. İki yakıt türü için de P_f maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama P_f değerleri sırası ile %50 yük durumu için 4,11 kW ve 4,32 kW olarak, %75 yük durumu için 5,83 kW ve 5,91 kW olarak elde edilmiştir. B20 kullanımında dizel kullanımına göre efektif güç değerlerinde artmaların meydana gelmesi, biyodizelin oksijen bakımından zengin bir kimyasal yapıya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



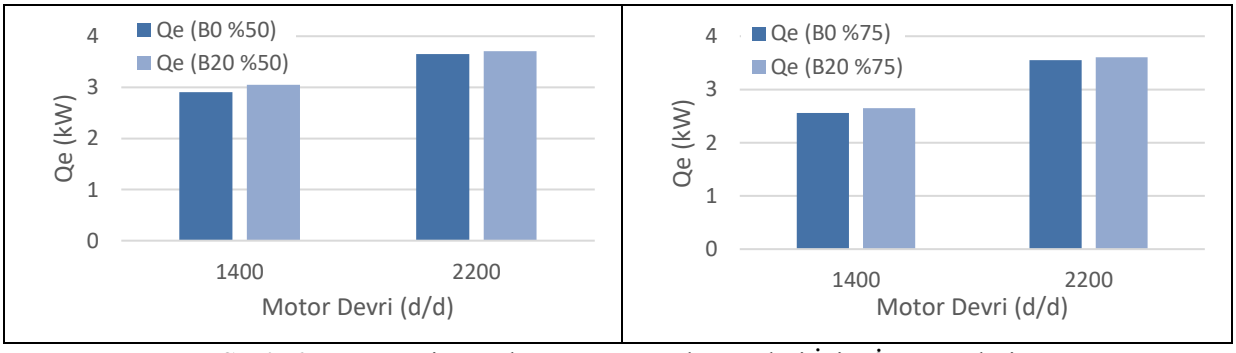
Şekil 4. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Kısmi Yük Şartlarında P_f Değerleri

Şekil 5'te %50 ve %75 kısmi yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen soğutucu akışkana geçen enerji ($\dot{Q}_s$) değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. İki yakıt için de $\dot{Q}_s$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama $\dot{Q}_s$ değerleri sırası ile %50 yük durumu için 3,93 kW ve 4,07 kW olarak, %75 yük durumu için 4,38 kW ve 4,62 kW olarak elde edilmiştir.



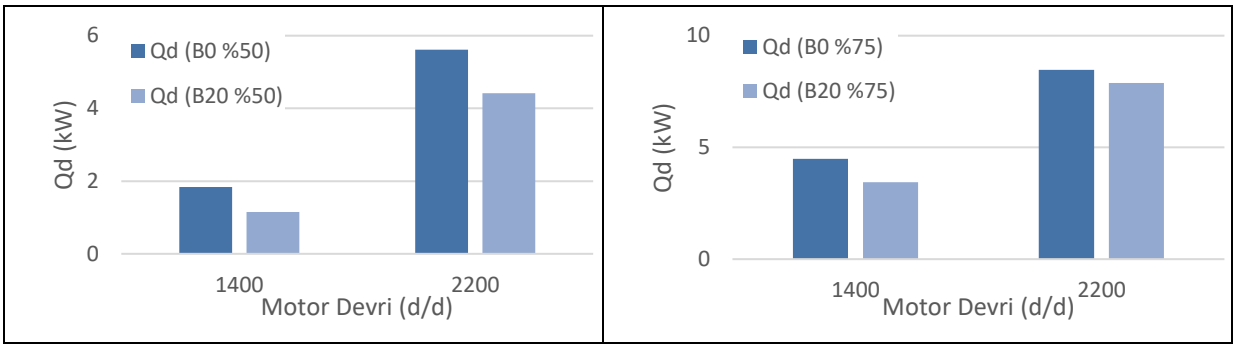
Şekil 5. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Kısmi Yük Şartlarında $\dot{Q}_s$ Değerleri

Şekil 6'da %50 ve %75 kısmi yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen egzozla atılan birim zamandaki enerji $\dot{Q}_e$ değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. İki yakıt için de $\dot{Q}_e$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama $\dot{Q}_e$ değerleri sırası ile %50 yük durumu için 3,27 kW ve 3,37 kW olarak, %75 yük durumu için 3,05 kW ve 3,12 kW olarak elde edilmiştir.



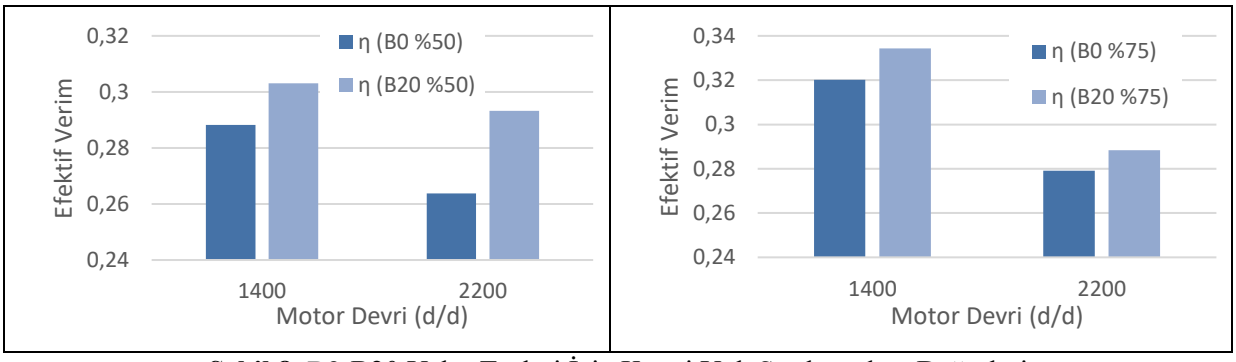
Şekil 6. Tüm Devir Sayıları ve Tüm Yakıt Türleri İçin $\dot{Q}_e$ Değerleri

Şekil 7'de %50 ve %75 kısmi yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen kayıp enerji ($\dot{Q}_d$) değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. İki yakıt için de $\dot{Q}_{d.}$ maksimum değerini 2200 d/d'da almıştır. B0 ve B20 yakıtları için ortalama $\dot{Q}_{d.}$ değerleri sırası ile %50 yük durumu için 3,72 kW ve 2,78 kW olarak, %75 yük durumu için 6,47 kW ve 5,66 kW olarak elde edilmiştir.



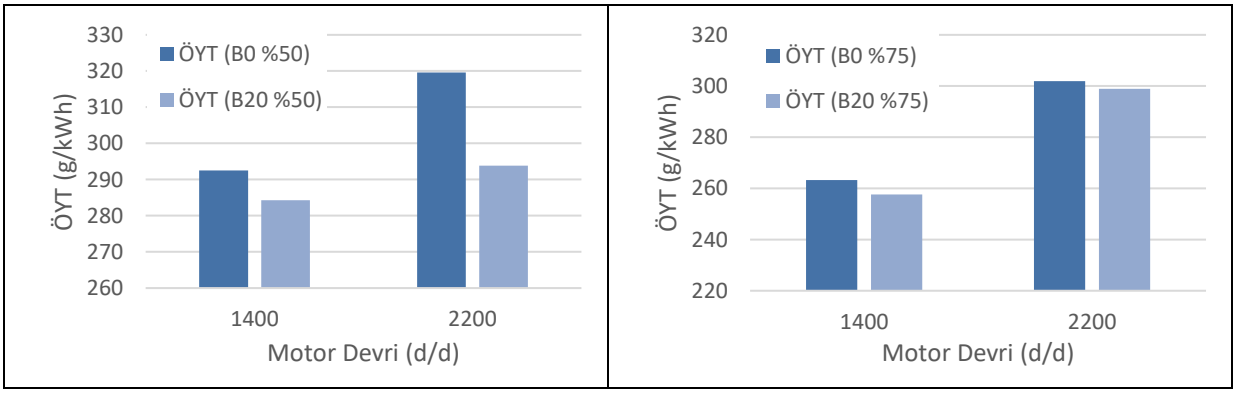
Şekil 7. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Kısmi Yük Şartlarında $\dot{Q}_{d.}$ Değerleri

Şekil 8'de %50 ve %75 kısmi yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen veriler ile hesaplanan efektif verim (η) değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. İki yakıt için de efektif verim (η) maksimum değerini 1400 d/d'da almıştır. Şekilden de görüldüğü gibi motorda biyodizel kullanıldığında bütün motor devirlerinde dizel kullanımına göre efektif verim değerlerinde artmaların olduğu tespit edilmiştir. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama efektif verim değerleri sırası ile %50 yük durumu için 0,27 ve 0,29 olarak, %75 yük durumu için 0,29 ve 0,31 elde edilmiştir.



Şekil 8. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Kısmi Yük Şartlarında η Değerleri

Şekil 9'da %50 ve %75 kısmi yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde B0 ve B20 kullanılarak elde edilen veriler ile hesaplanan özgül yakıt tüketimi değerleri gösterilmiştir. İki yakıt için de ÖYT minimum değerini 1400 d/d'da almıştır. ÖYT'de B20 kullanımında B0 yakıtına göre azalma görülmüştür. Bunun nedeni olarak, biyodizel yakıtlarda efektif güç değerlerinin dizel yakıta oranla artması düşünülmektedir. B0 ve B20 yakıtları için tüm devirlere ait ortalama ÖYT değerleri sırası ile %50 yük durumu için 306 g/kWh ve 289 g/kWh olarak, %75 yük durumu için 282 g/kWh ve 278 g/kWh olarak elde edilmiştir.



Şekil 9. B0-B20 Yakıt Türleri İçin Kısmi Yük Şartlarında *ÖYT* Değerleri

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Aşağıda bu çalışmada elde edilen sonuçlar özetlenmiştir:

- Devir sayısı açısından irdelendiğinde; iki yakıt türü için de %50 ve %75 yük şartlarında yakıt enerji değerinin motor devri arttıkça artış gösterdiği görülmüştür.
- En yüksek faydalı güç B20 yakıtı ile %75 yük şartlarında 2200 d/d'da elde edilmiştir.
- İki yakıt türü için de %50 ve %75 yük şartlarında maksimum momentin elde edildiği devir sayısı 1400 d/d olarak tespit edilmiştir.
- İki yakıt türü için de %50 ve %75 yük şartlarında maksimum gücün elde edildiği devir sayısı 2200 d/d'dır.
- Minimum egzoz enerji değeri B0 yakıtı ile %75 yük şartında 1400 d/d'da elde edilmiştir.
- Efektif verimin en yüksek değerini B20 yakıtı ile %75 yük şartında 1400 d/d'da aldığı görülmüştür.
- Özgül yakıt tüketimi en düşük değerini B20 yakıtı ile %75 yük şartında 1400 d/d'da almıştır.

Sonuç olarak; biyodizel-dizel karışımları ile yapılan deneyler ile termodinamik 1.kanuna göre yapılan analizlerle dizel yakıtına kıyasla elde edilen değerlerde B20 yakıtı %75 yük durumu için iyileşme olduğu tespit edilmiştir, B20 yakıtının B0 yakıtına alternatif olarak kullanılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

ABEDİN, M. J., MASJUKİ, H. H., KALAM, M. A., SANJİD, A., ASHRAFUR RAHMAN, S. M., MASUM, B. M., (2013), *''Energy balance of internal combustion engines using alternative fuels'', Renewable and Sustainable Energy Reviews,* (2013): 20–33.

ALPTEKİN, E., ÇANAKCI M., (2006), *''Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu'',* Mühendis ve Makina Dergisi, (2006): 57 - 64.

AYHAN, V. (2016), *''Direkt Enjeksiyonlu Bir Dizel Motoruna Buhar ve Farklı Yöntemlerle Su Gönderiminin Performans ve NOx Emisyonlarına Etkilerinin İncelenmesi''*, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, (2016): 463-471.

ÇENGEL, Y. A. AND BOLES, M. A., (2006), *Thermodynamics: An Engineering Approach, Fifth Edition,* McGraw-Hill, New York.

DEMİR, B. (2009), *Küçük Ölçekli Bir Biyodizel Sisteminin Oluşturulması, Elde Edilen Pamuk Yağı Metil Esterin Motor Performans Testleri, Enerjetik ve Ekserjetik Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

ER, H. (2009), *Pamuk Yağı Metil Esterinin Yakıt Olarak Bir Dizel Taşıtında Kullanımı ve Taşıt Performansına Etkisinin Araştırılması,* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

KILIÇKAN, A., ELİÇİN. A. K., ERDOĞAN, D., (2008). *''Pamuk Yağı Motorin Karışımlarının ve Pamuk Yağı Esterlerinin Küçük Güçlü Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanımı''*, Tarım Bilimleri Dergisi, (2008): 237-245.

SAYIN B. (2014). *Biyoyakıt Kullanan Bir Dizel Motor İçin Enerji ve Ekserji Analizi Üzerine Bir Deneysel Çalışma,* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

SENOSFER, BİMS AGREGALI VE ÇİMENTOLU HAFİF KOMPOZİTLERİN ARAŞTIRILMASI

Yasin Güdelek[1*], Salih Taner Yıldırım[2], Fehim Fındık[1]
[*1]Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya, Türkiye
[2]Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
yasingudelek@gmail.com

Özet
Uçucu kül, senosfer diye bilinen mikro baloncukları içerir. Senosfer, büyük oranda silis ve alümin ihtiva eden, hava veya gazlarla dolu hafif, içi boş bir küredir. Eşsiz küresel şekil kombinasyonu, kontrollü boyut dağılımı, sıkıştırmadaki göreceli yüksek güç, iyi termal yalıtım ve dielektrik özelliklerinden dolayı birçok uygulamalarda ideal malzemelerdir. Bu çalışmada; atıkların kullanımı ile doğal kaynakların korunumu, atık madde ve yerli doğal hammaddeler kullanılarak hafif duvar kompozit yapı malzemesi üretim prosesinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda; bağlayıcı olarak çimento, agrega ve dolgu malzemesi olarak bims agregası ile yenilikçi bir hammadde olan termik santral atığı senosfer kullanılmıştır. Senosfer ve bims agregası ile kullanılan çimento kombinasyonu ile kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Fiziksel olarak; birim ağırlık, su emme ve kılcallık, mekanik olarak; eğilme dayanımı, basınç dayanımı testleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Senosfer, Bims Agregası, Çimento, Hafif Kompozit, fiziksel ve mekanik özellikler.

Abstract
Fly ash contains micro bubbles, known as the senosphere. Senosphere, containing a large proportion of silica and alumina, is an inert hollow sphere, and the senosphere has the same properties as synthetic hollow spheres. It is an ideal material in many applications thanks to unique spherical shape combination, controlled size distribution, relative high power in compression, good thermal insulation and dielectric properties**.** In this study; It is aimed to develop the production process of lightweight wall composite building material by using waste, conservation of natural resources, waste materials and domestic natural raw materials. In this direction, cement as binder, pumice and an innovative raw material, thermal power plant waste senosphere as aggregate and filler material were used. Composite production was realized by using cement combination with Senosphere and bims aggregate. Unit weight, water absorption and capillarity test as physical, bending strength, compressive strength tests as mechanical were performed.

Keywords: Senosphere, Pumice, Cement, Lightweight Composite, physical and mechanical properties.

1.GİRİŞ
Günümüz Dünya'sında geri dönüştüremediğimiz atık maddeler gün geçtikçe atık sahalarını doldurmakta ve çevreye hem çevresel faktörler hem de sağlık açısından zarar vermektedir. Geri dönüştürülemeyen atıklar hem yer altı suyunu kirletmekte hem de hava kirliliğine yol açmaktadır. Bu yüzden bu sağlık tehdidini ortadan kaldırmak ve atık sahalarının ömrünü uzatmak için geri dönüşüm bir hayli önem kazanmaktadır [1-4]. Günümüz Dünya'sında birçok ülke kaynak israfını azaltmak için, atıkların tekrar kazanılması ve kullanılması için farklı yöntemler geliştirmişlerdir. Günümüz Türkiye'sinde giderek atık geridönüşümü artmasına rağmen, henüz yeterli hassasiyet gösterilmemektedir.

Hammaddenin en çok kullanıldığı sektörlerden biri inşaat sektörü olarak bilinmektedir. Türkiye'de en öncü sektörlerden biri olarak görülen bu sektörde hem geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını

arttırmak, hem de bol bulunan doğal malzemelerden faydalanmak, hammadde kullanımını da önemli ölçüde azaltacaktır. Beton; sektörün en çok kullanılan malzemesi olduğundan, beton içinde kullanılan mineral katkı maddeleri ve agreganın doğal malzemelerden ya da geridönüştürülmüş seçilmesi çok önemlidir. Beton sektöründe geridönüşümde en çok tercih edilen malzemeler arasında termik santral atıkları vardır. Her yıl Türkiye'deki termik santrallerden yaklaşık 20 milyon ton kül açığa çıkmaktadır [5]. Daha önce yapılan çalışmalarda küllerin yapı içerisinde kullanılmasının herhangi bir zarar teşkil etmediği gözlenmiştir. Ayrıca yapı içerisinde kullanımının izolasyon açısından faydalı olduğu da göz önünde bulundurulduğunda bu malzemeleri değerlendirmek oldukça mantıklı olacaktır. Böylelikle kül atık sahalarının azalmasını ve betona olumlu özelliklerin kazandırılmasını sağlamış olacaktır.

Harçlarda hafif agregaların kullanımı gündeme geldiğinde mekanik özelliklerden çok yalıtımsal değer ve hafiflik dikkate alınmaktadır. Genleştirilmiş perlit, kül ve bims gibi agregaların kullanımı ile hafif ürünler elde etmek ve bu ürünlerden ısı izolasyonu elde etmek mümkündür. Bims agregası yalıtıma yardımcı doğal bir malzeme olduğundan duvar malzemelerinde sıkça kullanılmaktadır [6-8]. Termik santrallerden elde edilen ve çok fazla bilinmeyen bir geridönüşüm kül ürünü olan senosfer ise kürecik yapılı ve yalıtıma katkı yapabilecek bir diğer malzemedir [9]. Senosfer ve bims; iç boşluklarının fazla olmasından dolayı; ısı yalıtımı, hafiflik ve yanmazlık yönleriyle çok tercih edilebilecek, enerji etkinliğini arttırabilen malzemelerdir [7-10]. Bu tarz malzemeler ile Dünya'da üretilmiş olan pek çok hafif beton, yalıtımsal duvar blokları ve levhaları, şaplar ve sıvalar mevcuttur [11-13].

Bu çalışmada senosfer, bims agregası ve çimento kombinasyonu ile kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Fiziksel olarak; birim ağırlık, su emme ve kılcallık, mekanik olarak; eğilme dayanımı, basınç dayanımı testleri yapılarak, harçtaki senosfer/bims agregası oranındaki değişimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri nasıl etkilediği incelenmiştir.

2.MALZEME VE METOT

2.1.Malzeme

Çalışmada kullanılan çimento katkısız özellikte CEM-I 42.5 R olup, Tablo 1'de kimyasal ve fiziksel özellikleri verilmiştir. Senosfer malzemesi özgül ağırlığı 0.62 olan ve Çatalağzı termik santralinin taş kömürü yakması sonucu oluşan çevresel atık bir malzemedir. Yapısal olarak kürecik şeklinde olan içi boşluklu bir malzemedir. Literatürde pomza olarak da ifade edilen fakat Orta Anadolu'da daha çok Bims agregası olarak bilinen malzeme ise Nevşehir'den Teknobims firmasından Hilmi Yıldız İnşaat ve Yapı Malz. Firması aracılığı ile temin edilmiştir ve özgül ağırlığı 1.52 olarak tespit edilmiştir. Senosfer ve Bims agregası için kimyasal özellikler Tablo 2'de gösterilmiştir. Her ikisi de silis ve alümin açısından yüksek malzemelerdir.

Tablo 1. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri.

Kimyasal analiz	%	Fiziksel ve Mekanik özellikler	
SiO_2	20.5	Özgül yüzey, cm^2/g	3510
Al_2O_3	4.65	Özgül ağırlık	3.12
Fe_2O_3	3.40	Priz başlama periyodu, dakika	153
CaO	62.7	Priz bitiş periyodu, dakika	188
MgO	1.02	Basınç dayanımı	
SO_3	2.21	2 gün, MPa	30.2
TiO_2	-	7 gün, MPa	51.1
Na_2O	0.18	28 gün, MPa	62.2
K_2O	0.41		
Klor (CI-)	0.01		
Çözünmez kalıntı	0.60		
Kızdırma kaybı	2.15		

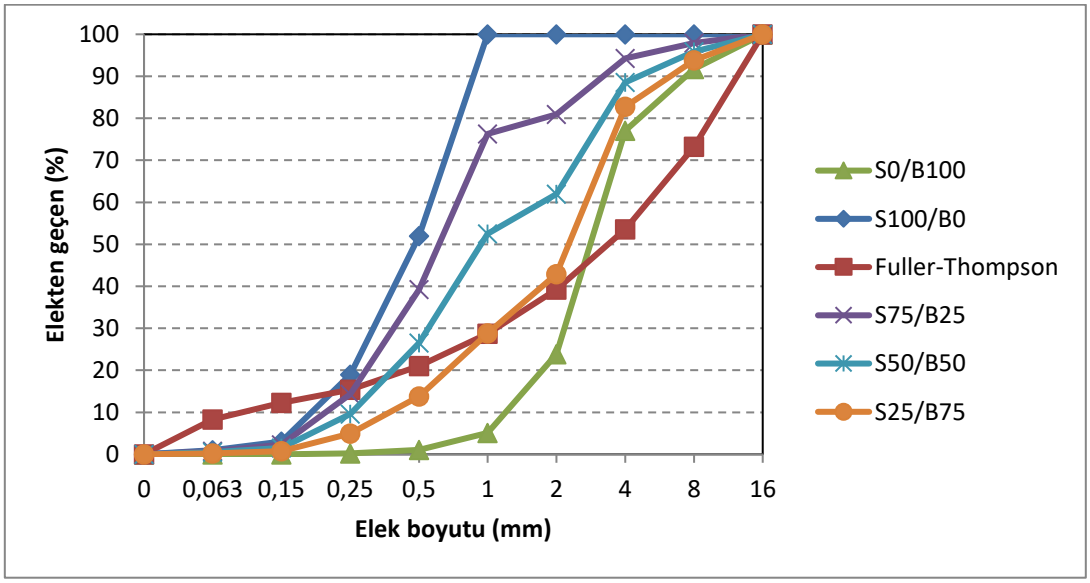
Tablo 2. Senosfer ve Bims agregasının kimyasal özellikleri.

Kimyasal Bileşim	% Ağırlık	
	Senosfer	Bims agr.
SiO_2	57.84	60-75
Al_2O_3	23.91	13-15
Fe_2O_3	6,42	1-3
CaO	0.95	1-2
MgO	2,61	1-2
K_2O	4,43	7-8
Na_2O	1,16	
TiO_2	1,03	
P_2O_5	0.12	
SO_3	0.09	

Yapılan kompozitlerin karışım dizaynında 1 m^3 çimentoda 250 kg çimento kullanılmış, su/çimento oranı 0.30 olarak alınmıştır. Kompozitin agregası görevini üstlenen Senosfer (S) ve Bims agregası (B) malzemeleri kendi aralarında hacimsel olarak 0, 25, 50, 75 ve 100 olacak şekilde oranlanmıştır. Tablo 3'de gösterimler ve anlamları verilmiştir.

Tablo 3. Kompozit agrega içerikleri için kullanılan semboller.

Sembol	Kompozit agrega içeriği
S100/B0	Senosfer %100, Bims agregası %0
S75/B25	Senosfer %75, Bims agregası %25
S50/B50	Senosfer %50, Bims agregası %50
S25/B75	Senosfer %25, Bims agregası %75
S0/B100	Senosfer %0, Bims agregası %100



Şekil 1. Kompozit içeriklerine göre kullanılan agregaların granülometri eğrileri.

Şekil 1'de görüldüğü gibi ideal olarak kabul edilen Fuller-Thompson eğrisi [14] ve kompozit içeriklerindeki kullanılan agregalara göre çıkarılmış olan eğriler verilmiştir. Agrega granülometrisi hem boşlukların doldurulması, hem de özelliklerin geliştirilmesi açısından önemli görülmektedir. Şekilde görüleceği üzere, bims agregasının %50 ve daha fazla kullanımlarında Fuller-Thompson eğrisine yaklaşıldığı görülmektedir.

2.2.Metot

Çalışmada tüm malzemeler kuru karışım olarak elde edildiği için kıvam çalışılmamıştır. Sertleşmiş malzeme üzerinde kuru birim ağırlık, su emme, eğilme ve basınç dayanımı ile kılcal su emme deneyleri yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Kuru birim ağırlık, su emme, eğilme dayanımı testleri 40x40x160 mm boyutlu prizmatik harç numuneleri üzerinden, basınç dayanımı eğilme testinden çıkan 40x40x40 mm boyutlu küpler üzerinden, kılcallık ise kuru birim ağırlık ve su emme sonrası kesilen 40x40x80 mm'lik numuneler üzerinden bulunmuştur.

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE TARTIŞMA

Yapılan kuru birim ağırlık, su emme, eğilme ve basınç dayanımı ile kılcal su emme deneyleri olmak üzere 5 tip test yapılmış olup, herbir tip numune için en az üç numune ortalaması alınarak sonuçlar verilmiştir. Elde edilen sonuçlar tartışılarak yorumlanmıştır.

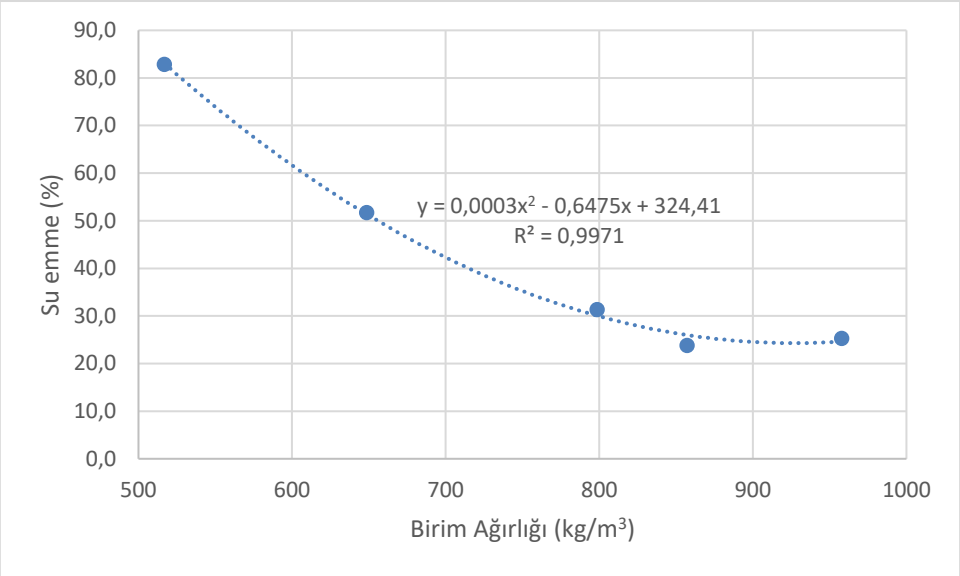
3.1.Kuru Birim Ağırlık ve Su Emme

40x40x160 mm boyutlu harç numunelerinin etüvde 105 C'de tutulması sonucu elde edilen kuru birim ağırlık ve suya doygun hali arasındaki farka göre tespit edilen su emme değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Harç numunelerinin kuru birim ağırlık ve su emme değerleri.

Numune Tipi	K. Birim ağ. (kg/m^3)	Su emme (%)
S100/B0	517	82.9
S75/B25	649	51.8
S50/B50	798	31.4
S25/B75	857	23.8
S0/B100	958	25.3

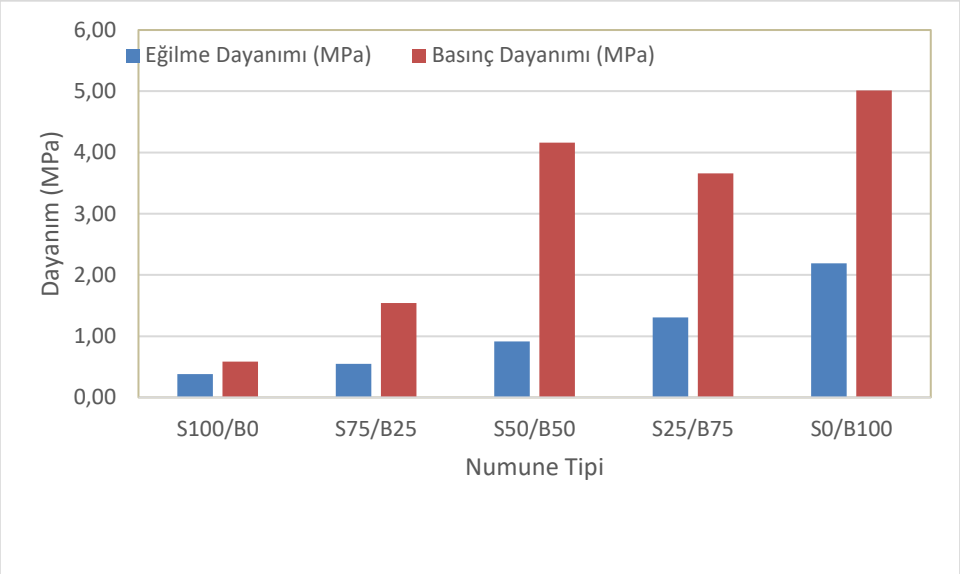
%50 ve daha fazla oranda bims agregası kullanımı ile su emme değerleri azalarak daha kabul edilebilir sınırlara ulaşmış ve su emme %80 civarından %20-30 sınırlarına gerilemiştir. Fakat birim ağırlık değerleri giderek artmaktadır (Tablo 4). Şekil 2'de görüldüğü gibi numunelerin su emmeleri ile kuru birim ağırlıkları arasında oldukça kuvvetli polinomik bir ilişki vardır.



Şekil 2. Su emme-birim ağırlık ilişkisi

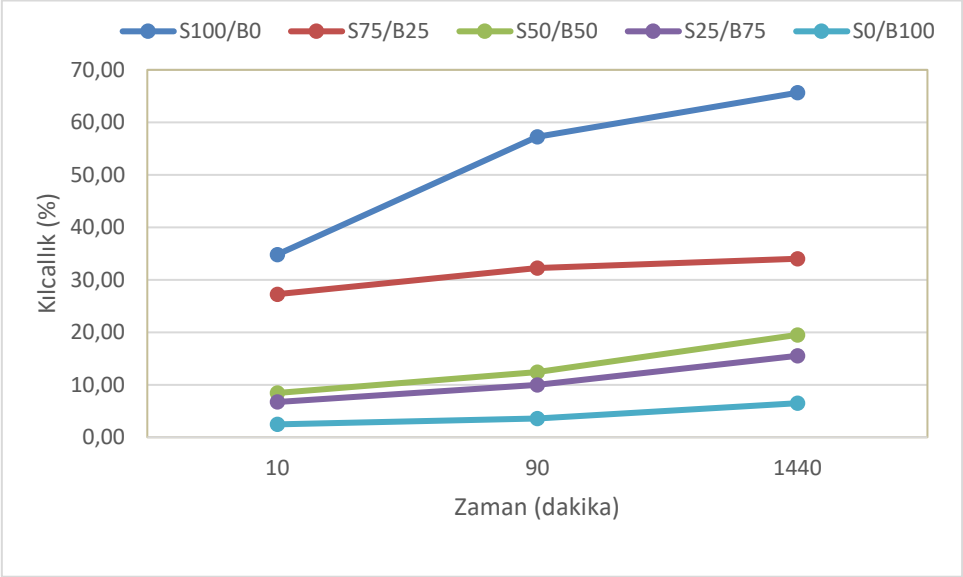
3.2.Basınç ve Eğilme Dayanımları

Şekil 3'de görüldüğü gibi numunelerde bims agregası artışı; hem basınç, hem de eğilme dayanım artışını beraberinde getirmiştir. Basınç mukavemetleri bims agregası olmaksızın 1 MPa' ın altındayken tamamı ile bims agregası kullanılan numunede 5 MPa dayanım yakalanmıştır. %50 bims agrega kullanımından itibaren dayanım yeterli görülebilir.



Şekil 3. Basınç ve eğilme dayanımının numune tipine bağlı olarak değişimi.

3.3.Kılcallık



Şekil 4. Kılcallığın zamana bağlı değişimi.

Şekil 4'te numuneler 10 dakikadan 1440 dk (1gün)'ya kadar değişen süreçte kılcal olarak su emdirildiğinde senosferin %50 ve daha az oranda kullanıldığı numunelerin çok daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Su emme 10 dakikadan 1440 dk'ya ciddi bir artış yapmamaktadır. Bu da ilk 10 dakikada su emmenin çok yüksek olduğunu bize göstermektedir. Yalnız Senosfer kullanılan numunede bu süreçte iki misli bir artış olmuş ve bunun büyük kısmı 90. dakikada tamamlanmıştır.

4.SONUÇ

Tüm deney sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir:

1. Basınç ve eğilme değerleri bims agregası içeriği arttıkça artmış ve olumlu etkilenmiştir.

2. Harçta bims agregası içeriği arttıkça birim ağırlık olumsuz etkilenerek artmış, fakat su emme azalmıştır.

3. Birim ağırlık ile su emme arasındaki ilişki çok kuvvetlidir ve birbirine çok bağlıdır.

4. Kılcal su emmenin büyük kısmı ilk 10 dakikada olmaktadır ve bims agregası arttıkça olumlu etkilenerek kılcallık azalmaktadır.

5. Tüm numunelerde dayanım artışı, hafiflik, daha az su emme ve kılcallık kriterleri istenmektedir. Bu durumda bims agregası en az %50 oranında kullanılmalıdır.

6. Agrega granülometrisi deney sonuçları göstermiştir ki, özelliklerin iyileşmesi iyi granülometri sağlanmasına da bağlıdır. Fuller-Thompson eğrisine yaklaşıldıkça fiziksel ve mekanik özellikler iyileşmektedir.

Üretilen kompozitler; su miktarı düşük olarak tasarlandığı için, duvar malzemesi üretimi amaçlı kullanılabilmeleri mümkündür. Bu kapsamda kompozit malzemenin Avrupa ve Amerika şartnameleri dikkate alınarak ve Türkiye'de üretilen gazbeton, bims ve tuğla gibi ürünlerdeki mukavemetler dikkate alınarak 2.5 MPa değerinin bulunması yeterli görülebilir. Kompozit malzemede %50-75 aralığında senosfer kullanımı araştırılarak değer optimize edilebilir. Bunun yanında farklı çimento miktarları ile denemeler yapılabilmesi de mümkündür. Malzemelerin ısıl iletkenliğine bakılması da bundan sonraki önemli hedefler arasındadır.

KAYNAKLAR

Batayneh, M., Marie, I., & Asi, I. (2007). Use of selected waste materials in concrete mixes. *Waste management*, *27*(12), 1870-1876.

Doğan-Sağlamtimur N., Güven A., Bilgil A., (2018). Physical and Mechanical Properties of Cemented Ash-Based Lightweight Building Materials with and without Pumice. Advances in Materials Science and Engineering, DOI: 10.1155/2018/9368787.

Keskin F. Ş., Yildirim S. T., (2016). Investigation of Utilization of Perlite and Bottom Ash for the Insulation Mortar by Using Design of Experiment via Taguchi Method. El-Cezeri Journal of Science and Engineering, **3**(1).

Marinković, S., Radonjanin, V., Malešev, M., & Ignjatović, I. (2010). Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete. *Waste Management*, *30*(11), 2255-2264.

Mehta P K., Concrete, Structure, Properties and Materials, Incorporated Prentice-Hall, New Jersey USA, 1986.7

Meyer, C. (2009). The greening of the concrete industry. *Cement and concrete composites*, *31*(8), 601-605.

Ochs F., Heidemann W., Müller-Steinhagen H., (2008). Effective thermal conductivity of moistened insulation materials as a function of temperature. International Journal of Heat and Mass Transfer, **51**(3-4), 539-552.

Rao, A., Jha, K. N., & Misra, S. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. *Resources, conservation and Recycling*, *50*(1), 71-81.

Sariisik A., Sariisik G., (2012). New production process for insulation blocks composed of EPS and lightweight concrete containing pumice aggregate. Materials and structures, **45**(9), 1345-1357.

Tiwari, V., Shukla, A., & Bose, A. (2004). Acoustic properties of cenosphere reinforced cement and asphalt concrete. *Applied Acoustics*, *65*(3), 263-275.

YILDIRIM, S. T., & Erman, B. A., Bims Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Hafif Kompozit Harçların Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *1*(1), 47-52.

Yüksek İ., (2015). The evaluation of building materials in terms of energy efficiency. Periodica Polytechnica. Civil Engineering, **59**(1), 45.

Zukowski M., Haese G., (2010). Experimental and numerical investigation of a hollow brick filled with perlite insulation. Energy and Buildings, **42**(9), 1402-1408.

W.B. Fuller, S.E. Thompson, **The laws of proportioning concrete,** Transactions of the American Society of Civil EngineersVolume 57, Issue 2, Pages 67-143

ATIK YAĞ BİYODİZELİ-DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ YANMA KARAKTERİSTİĞİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Suat Sarıdemir
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
suatsaridemir@duzce.edu.tr

Arş. Gör. Ümit Ağbulut
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
umitagbulut@duzce.edu.tr

Özet

Teknolojik ve endüstriyel gelişmeler ile birlikte artan nüfus artışı, ülkelerin enerjiye olan ihtiyaçlarını da artırmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin azalması ve çeşitli çevresel konularla ilgili artan endişeler nedeniyle son zamanlarda biyo-yakıt ve biyoenerji üretimi potansiyel bir ilgi konusu haline gelmiştir. Bu çalışmada atık kızartma yağlarından üretilmiş olan biyodizel yakıt ve dizel yakıt hacimsel olarak %10, %30 ve %50 oranlarında karıştırılmıştır. Elde edilen yakıt karışımlarının yanma karakteristiğine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler 2000 d/d'da 3 farklı motor yükünde tek silindirli hava soğutmalı bir motor ile yapılmıştır. Artan motor yükü ile birlikte tüm yakıt karışımları için maksimum silindir içi basınç değerleri ve ısı açığa çıkış oranları da artmıştır. Biyodizel içerikli yakıtlar ile genelde daha büyük silindir içi basınç ve ısı açığa çıkış oranlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık yağ biyodizeli, motor yükü, yanma

Investigation of the Effects of Waste Oil Biodiesel-Diesel Fuel Blends on the Combustion Characteristic

Abstract

Increasing on population growth along with technological and industrial developments also increased the energy demands of the countries. Over the recent years, biofuel and bioenergy production have become a potential concern because of the decline in fossil fuel reserves and increasing concerns on various environmental issues. In this study, biodiesel fuel and diesel fuel produced from waste frying oils were blended at 10%, 30% and 50% by volume. The effects of the obtained fuel blends on the combustion characteristics were investigated experimentally. The experiments were carried out by a single-cylinder .çair-cooled engine at 3 different engine loads (2.5 N.m, 5 N.m and 7.5 N.m) at a constant speed of 2000 rpm. The maximum in-cylinder pressure values and heat release rates for all fuel blends have increased with increasing engine loads. With the biodiesel containing fuels, generally higher in-cylinder pressure and heat release rates have been achieved.

Keywords: Waste oil biodiesel, Engine load, combustion

1. GİRİŞ

Hızlı gelişen teknoloji ve artan nüfus oranı fosil kökenli yakıtların da kullanımını artırmıştır. Bugün, fosil yakıt kullanımlarının büyük oranı içten yanmalı motorlar içinde araçların tahrik edilebilmesi için büyük oranda kullanılmaktadır (Ağbulut & Bakır, 2019). Araçlarda, fosil kökenli yakıtlara olan bağımlılığı gidermek için alternatif yakıt arayışları uzun yıllardan beridir sürmektedir (Ağbulut & Sarıdemir, 2019). Bu alternatifler arasında, biyodizel yakıtlar yenilebilir bir enerji kaynağı olması, çevre dostu olması ve toksik içermemesi gibi özellikleri sayesinde oldukça üstündür. Ayrıca, dizel motorlarda araç üzerinde ve sistemlerinde hiçbir değişiklik gerektirmeksizin direkt olarak ya da belirli oranlarda saf dizel yakıt ile harmanlanarak kullanılmaya da müsaittir. Ayrıca, biyodizel yakıtların oksijen içeriğinin %10-12 olması, çok düşük miktarda aromatik içermesi ve sülfür içermemesi sayesinde de yanma sonucu atmosfere salınan emisyon değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır (Keskin, 2018). Çünkü yüksek oksijen eksik yanmanın önüne geçerek özellikle CO (karbon monoksit)

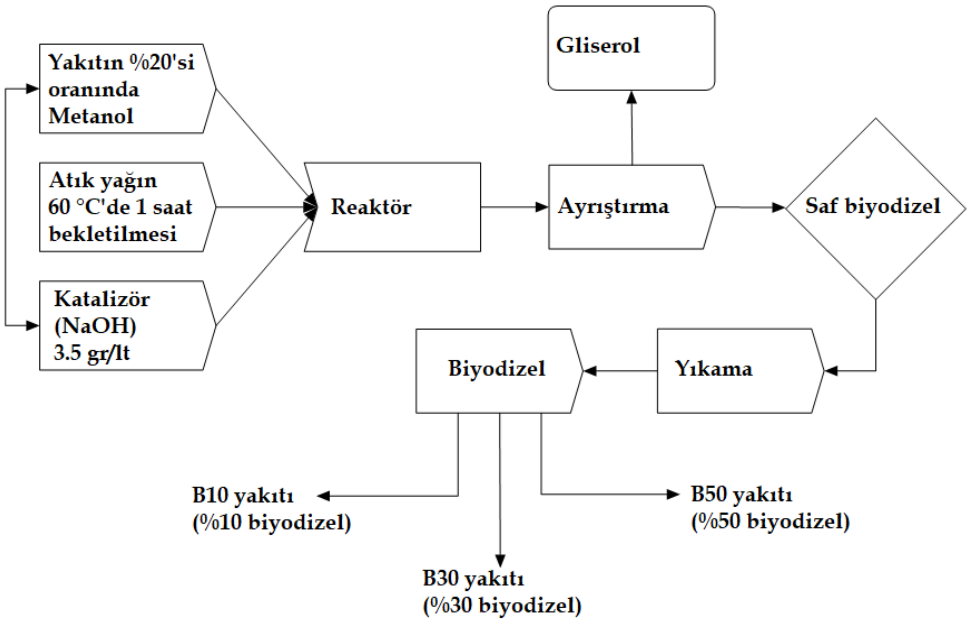
emisyonunu önemli seviyelerde düşürmektedir. Aslında, Rudolf Diesel ilk başlarda icat etmiş olduğu dizel motorda yakıt olarak yer fıstığı yağını kullanmıştır. Ancak sonraları fosil kökenli yakıtların enerji içeriğinin daha yüksek olması ve ekonomik olması gibi sebeplerden dolayı fosil kökenli yakıtların kullanımına geçilmiştir. Öte yandan, biyodizel yakıtlar bazı olumsuz özelliklere de sahiptir. Bu olumsuz özelliklerin başında saf dizel yakıtlara oranla daha yüksek bulutlanma ve soğuk filtre tıkanma noktasına ek olarak sahip oldukları yüksek yoğunluk, yüksek moleküler ağırlık, yüksek viskozite, zayıf yakıt atomizasyonu değerleri gelmektedir. Ayrıca, biyodizel yakıtların ısıtma değerlerinin fosil kökenli yakıtlara kıyasla daha düşük olması da diğer önemli sayılabilecek bir dezavantajdır (Özseven & Çanakçı, 2009), (Şen vd., 2018).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle yakıt içerisine biyodizel ihtiva etmesiyle birlikte çıkan egzoz gazı emisyonlarında özellikle hidrokarbon (HC), karbonmonoksit (CO) ve is emisyonlarında büyük miktarlarda düşme tespit edilirken diğer taraftan da azot oksit (NOx) emisyonlarında artış görüldüğü rapor edilmiştir. Emisyon değerlerini ve motorun performansını etkileyen en önemli süreç hiç şüphesiz yanma sürecidir. Yanma sürecini analiz ederken, silindir içi basınç ve sıcaklık verilerinden yararlanılmaktadır. Yanma başlangıcı, maksimum silindir içi basınç, ısı yayılım oranı, tutuşma gecikmesi, ani basınç artış hızı ve yanma bitişi gibi önemli parametreler silindir içerisine yerleştirilen basınç ve sıcaklık sensörleriyle belirlenmektedir (Chuni & Kimi, 2010).

Bu çalışmada da, bitkisel atık yağlardan üretilen biyodizel yakıt saf dizel yakıt ile hacimce %10, %30 ve %30 oranlarında harmanlanmıştır. Elde edilen biyodizel-dizel karışımlarına ek olarak, testler referans yakıt olarak kabul edilen saf dizel yakıt ile de gerçekleştirilmiştir. Testler, 2000 d/d sabit bir motor devrinde, 3 farklı motor yükünde tek silindirli, direkt enjeksiyonlu ve hava soğutmalı bir dizel motor ile gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Deneylerde kullanılan atık yağı biyodizeli TS EN 14214 standardına uygun olarak transesterifikasyon yöntemine ile elde edilmiştir. Biyodizel üretiminde katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) 3,5 gram/litre oranında ve metanol ise hacimce %20 oranında kullanılmıştır. Biyodizel üretimin akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretiminin akış şeması.

Reaksiyon işlemi 60 °C'de (±2°C) 1 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, dinlenmeye bırakılan karışım içerisinde yoğunluk farkından dolayı dibe çöken gliserol ayrıştırma kabı kullanılarak

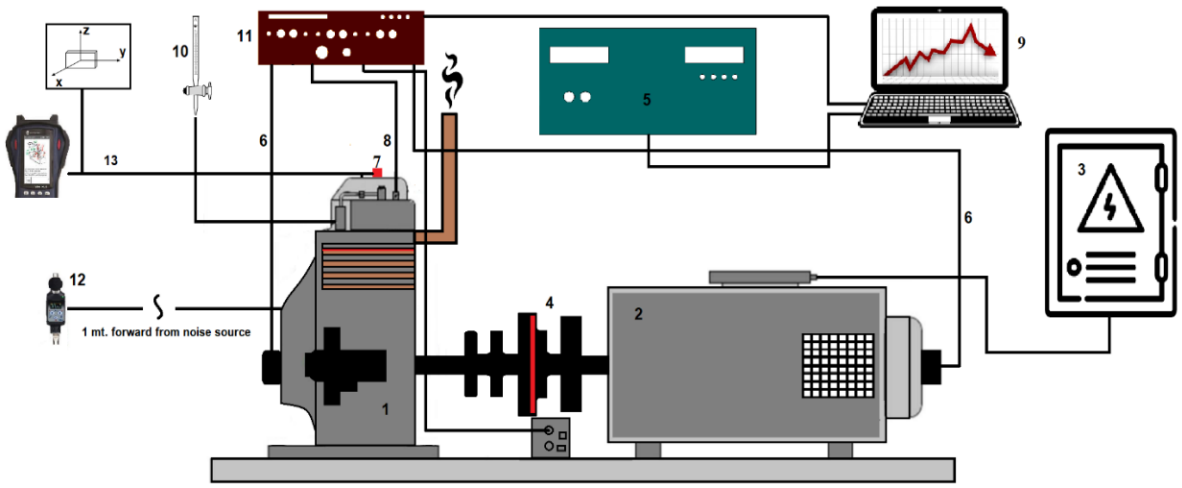
sistemden uzaklaştırılmıştır. Saf bizyodizel elde edildikten sonra, kalıntı gliserol, tuz ya da metanol gibi bileşiklerin karışımda olma ihtimali düşünülerek karışımın bu kalıntılardan temizlenmesi amacıyla saf su ile yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra karışıma 2 saat boyunca 120 °C sıcaklık uygulanmış ve saf suyun karışımdan uzaklaşması sağlanmıştır. Bu işlem sonucunda nihai biyodizel üretimi gerçekleşmiştir. Şekil 1'de gösterilen akış şemasına uygun olarak üretilen saf biyodizel yakıtı, saf mazota hacimce %10, %30 ve %50 oranında ilave edilerek B10, B30 ve B50 olarak adlandırılan test yakıtları elde edilmiştir. Elde edilen biyodizel test yakıtlarının karşılaştırılabilmesi ve etkilerinin anlamlandırılabilmesi amacıyla tüm deneyler bu 3 biyodizel yakıt tipine ek olarak biyodizel içermeyen %100 saf dizel referans yakıtı (B0) ile de gerçekleştirilmiştir.

Deneyler, direkt enjeksiyonlu tek silindirli ve 4 zamanlı, hava soğutmalı Lombardini 15 LD 350 model bir dizel motor ile gerçekleştirilmiştir. Deney motorunun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri.

Model	Lombardini 15 LD 350
Silindir Sayısı	1
Maksimum Güç	7.5 HP/3600 d/d
Maksimum Tork	16.6 Nm/2400 d/d
Silindir Hacmi	349 cm^3
Sıkıştırma Oranı	20.3/1
Çap× stroke	82 mm × 66 mm
Enjektör Açılma Basıncı	207 bar

Çalışmada kullanılan deneysel düzeneğe ait şematik gösterim Şekil 2 ile gösterilmektedir.



Şekil 2. Deneysel düzeneğin şematik gösterimi.

1. Test motoru 2. Dinamometre 3. Kontrol paneli 4. Tork metre 5. Egzoz gazı emisyon cihazı 6. Enkoder 7. İvmeölçer 8. Silindir içi basınç sensörü 9. Bilgisayar 10. Yakıt tüketim büreti 11. Anakart 12. Gürültü ölçüm cihazı 13. Titreşim ölçüm cihazı

Deneyler 210 bar enjektör basıncında, 2000 d/d sabit hızda ve üç farklı yük altında (2,5 Nm, 5 Nm ve 7,5 Nm) gerçekleştirilmiştir. Her bir deney motor yağı sıcaklığı 40 °C'ye ulaştığında başlatılmıştır. Aynı koşullar altında her test 3 kez tekrarlanmıştır. Tekrarlanan deneylerin aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Yanma işlemini analiz etmek amacıyla Febris yazılımı kullanılmıştır. Silindir içi basınç, krank açısı değişimi ve pozisyonu, ortalama piston hızı, piston ivmesi gibi parametreler bu yazılıma bağlanan sensörler ile elde edilebilmektedir. Krank açısına bağlı olarak, yanma işleminin başlaması ve bitmesi göz önüne alınarak ısı yayılım oranı tespit edilmiştir. Tüm veriler, 1000 çevrimin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Kullanılan yazılım, ısı yayılım oranını termodinamiğin birinci kanuna bağlı olarak Eşitlik 1'de gösterilen formülasyona göre hesaplamıştır.

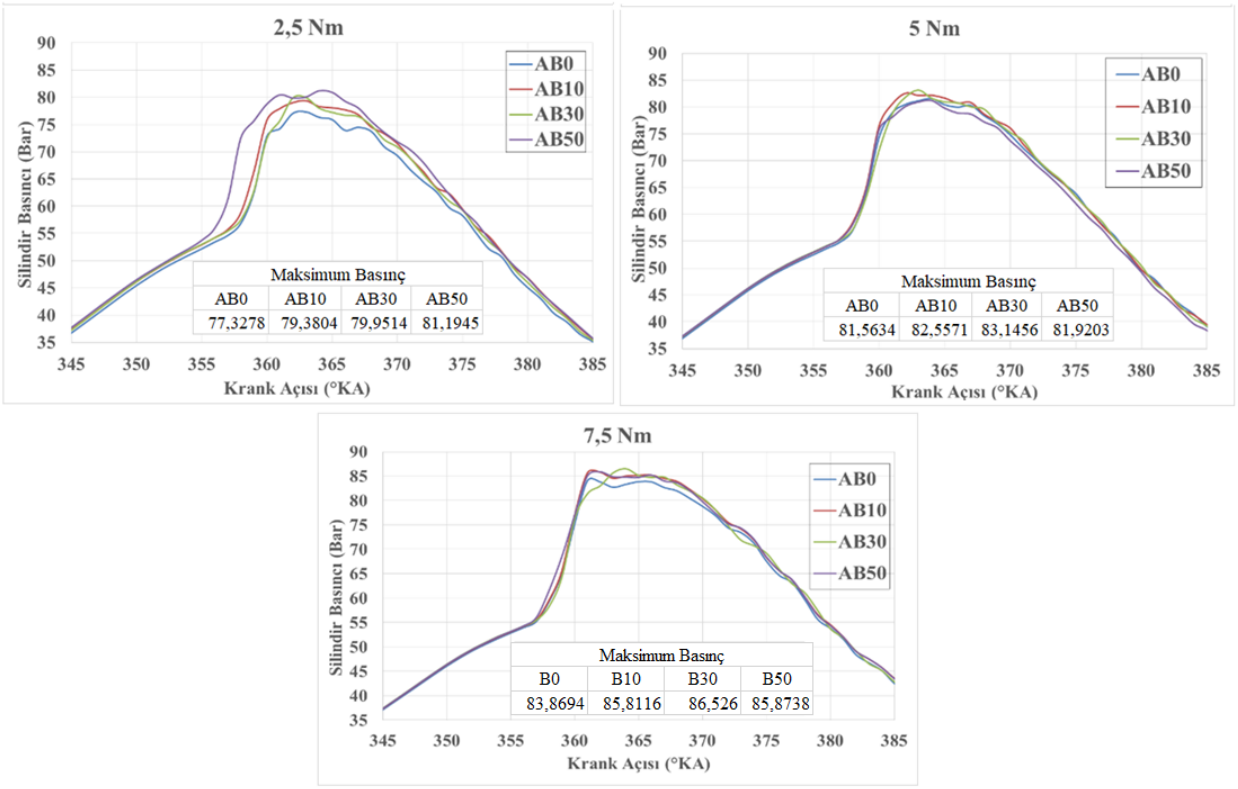
$$\frac{\partial Q}{\partial \emptyset} = \frac{k}{k-1} P \frac{\partial V}{\partial \emptyset} + \frac{1}{1-k} V \frac{\partial P}{\partial \emptyset} \quad (1)$$

Eşitlikte, k politopik sabitidir ve bu çalışma için 1,37 alınmıştır. ∂P silindir içi basıncın değişimini, ∂V ise piston hareketlerine bağlı olarak silindir hacmindeki değişimi göstermektedir. Öte yandan, Ø krank açısını göstermektedir. Ayrıca çalışmada segmanlardan ve bağlantı noktalarından herhangi bir hava sızıntısı olmadığı kabulüyle hesaplar yapılmıştır. Yine, silindir içerisinde bulunan gazın ideal gaz olduğu ve yanma odasındaki termodinamik özelliklerini tüm deneyler boyunca koruduğu varsayımı yapılmıştır. Ayrıca yanma süresinin, yanma prosesinin başlamasından sonlanmasına kadar geçen süreyi temsil ettiği unutulmamalıdır.

Özetle, bu çalışma bitkisel atık yağdan üretilen biyodizel yakıtın çeşitli oranlarda saf dizel yakıta ilavesinin yanma işlemine olan etkilerini belirlemeyi hedeflemektedir. Çalışmada, üretilen biyodizel saf dizele hacimce %10, %20 ve %30 oranında harmanlanmıştır. Deneyler boyunca, motor hızı 2000 d/d'da sabit tutulmuştur. Her bir yakıt tipi için farklı motor yüklerinde (2.5 Nm, 5 Nm ve 7,5 Nm) deneyler gerçekleştirilmiş ve atık yağ biyodizelinin yanma performansına olan etkileri incelenmiştir.

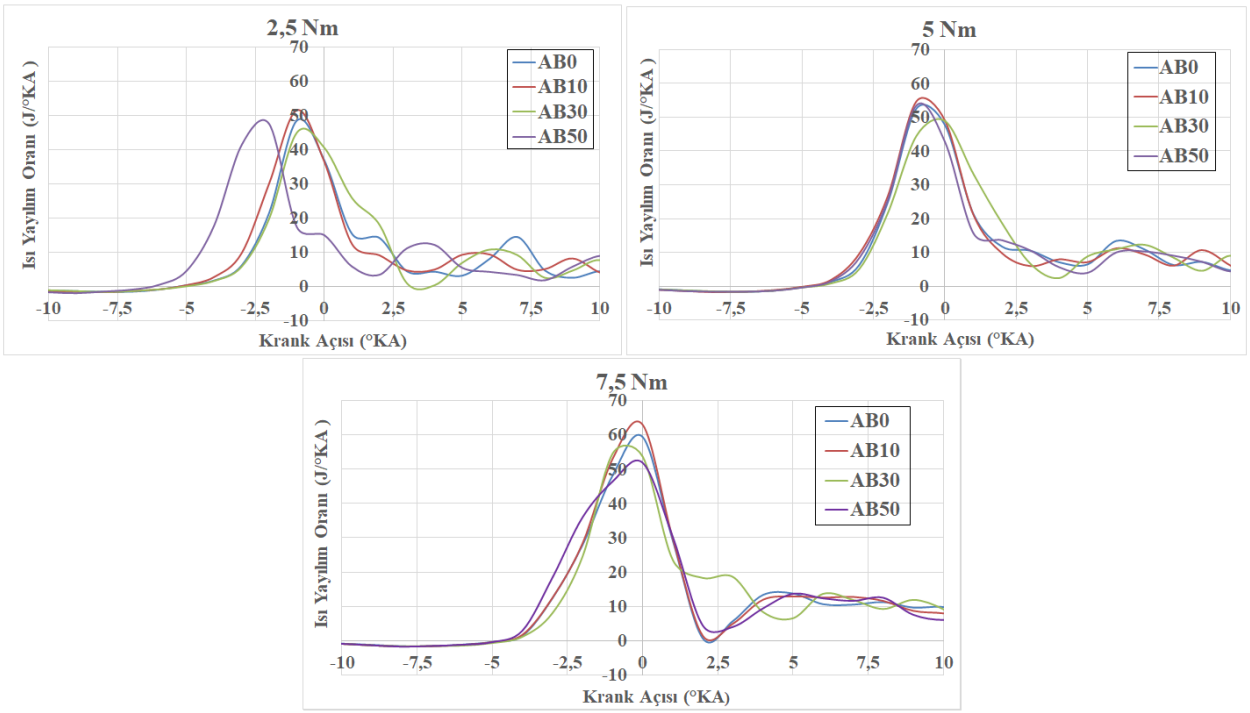
3. SONUÇ

Alt ısıl değeri, setan sayısı, O_2 içeriği ve viskozite gibi yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyen değerler ile hava/yakıt oranı, yanma odası şekli, yakıt atomizasyon oranı, püskürtme basıncı, motor yükü gibi etmenler yakıtların yanma karakteristiğine etki eden unsurlardır. Dizel motorlarda enjeksiyon ve yanma başlangıçları arasında geçen süre tutuşma gecikmesini belirler. Yakıtların setan sayısı, vizkozitesi ve oksijen içeriği tutuşma gecikmesini önemli derecede etkiler. Tutuşma gecikmesi yanma başlangıcını, silindir basıncını ve ısı yayılım oranını etkiler. Şekil 3'de deney yakıtlarının motor torkuna bağlı olarak silindir içi yanma basıncına olan etkileri verilmiştir. Motor yüküne bağlı olarak silindir içine püskürtülen yakıt miktarının artması, Şekil 3'de görüldüğü gibi tüm yakıt karışımları için maksimum silindir basıncını yüke bağlı olarak artırmıştır. Tüm motor yüklerinde AB0 ile elde maksimum silindir basınçları, diğer yakıt tiplerine göre daha küçüktür. Yakıt karışımlarının setan sayısı biyodizel içerik oranına bağlı olarak azalmaktadır. Yakıt karışımlarının alt ısıl değerleri, biyodizel içerik oranına bağlı olarak azalmasına rağmen setan sayılarının da biyodizel içerik oranına bağlı olarak azalması tutuşma gecikme süresini uzatmaktadır. Daha uzun tutuşma gecikmesi süresi yanma öncesi yanma odasında daha fazla miktarda yakıt birikmesine neden olmaktadır. Yanma odasında biriken yakıtın ani olarak yanması, yanma şiddetinini artırarak biyodizel içerikli yakıtların maksimum silindir içi basınçlarının daha büyük olmasına neden olmuştur. Ayrıca biyodizel içerikli yakıtların O_2 içeriğinin de fazla olması yanma kalitesini ve şiddetini artırmıştır.



Şekil 3. Deney yakıtlarının motor torkuna bağlı olarak silindir içi yanma basıncına olan etkileri

Şekil 4'te deney yakıtlarının motor torkuna bağlı olarak ısı salınım oranına olan etkileri görülmektedir.



Şekil 4. Deney yakıtlarının motor torkuna bağlı olarak ısı salınım oranına olan etkileri

Şekil 4'te görüldüğü gibi maksimum ısı yayılım oranları yüke bağlı olarak artmaktadır. Motor yüküne bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması, maksimum silindir basıncı ile birlikte maksimum ısı

yayılım oranlarını da yüke bağlı olarak artırmıştır. Tüm yüklerde B10 yakıtı ile daha büyük maksimum ısı yayılım oranları elde edilirken, 2,5 Nm ve 5 Nm'de B30 ile 7,5 Nm'de ise B50 ile daha küçük maksimum ısı yayılım oranları elde edilmiştir. B0 yakıtı ile genelde B30 ve B50'ye göre daha büyük maksimum ısı yayılım oranları elde edilmiştir. Bu durum B0'ın alt ısıl değerinin diğer yakıtlara göre daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Biyodizel içerikli yakıtların setan sayısının küçük olması tutuşma gecikmesi süresini uzatarak maksimum silindir basıncını artırırken, alt ısıl değerinin düşük olması AB30 ve AB50 yakıtı için AB0'a göre daha küçük maksimum ısı yayılım oranlarının elde edilmesine neden olmuştur.

Kaynaklar

Ağbulut, Ü., & Bakır, H. 2018. The investigation on economic and ecological impacts of tendency to electric vehicles instead of internal combustion engines. Düzce University Journal of Science and Technology.

Ağbulut, Ü., & Sarıdemir, S. 2019. A general view to converting fossil fuels to cleaner energy source by adding nanoparticles. International Journal of Ambient Energy, 1-6.

Chun, K. M., & Kim, K. W.1994. Measurement and analysis of knock in a SI engine using the cylinder pressure and block vibration signals. SAE transactions, 56-62.

Keskin, A. 2018. Pamuk yağı metil esteri-eurodizel yakıt karışımlarının direkt püskürtmeli bir dizel motorunun yanma, performans ve emisyon karakteristiklerine etkisi," Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, c. 18, s. 2, ss. 1–18,.

Şen, M. Emiroğlu, A.O. and Keskin, A. "Production of biodiesel from broiler chicken rendering fat and investigation of its effects on combustion, performance, and emissions of a diesel engine," Energy & fuels, c. 32, s. 4, ss. 5209–5217, 2018.

Özsezen, A. N., & Çanakçi, M. 2009. Biyodizel ve karışımlarının kullanıldığı bir dizel motorda performans ve emisyon analizi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 15(2).

ATIK YAĞ BİYODİZELİ-DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ MOTOR TİTREŞİMİNE VE GÜRÜLTÜSÜNE OLAN ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Doç. Dr. Suat Sarıdemir
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
suatsaridemir@duzce.edu.tr

Arş. Gör. Ümit Ağbulut
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
umitagbulut@duzce.edu.tr

Özet

Dizel yakıtlar birçok alanda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir ve bu yüzden ülkelerin ekonomileri için önemli bir parçayı oluşturmaktadır. Petrolün hızı bir şekilde azalması, patlak veren petrol krizleri ve çevresel kaygıların artması ile birlikte altenatif enerji kaynaklarına olan ilgi hergeçen gün artmıştır. Biyodizel yakıtlar, hayvansal, bitkisel ve atık yağlardan üretilebilen doğada kolay bozunabilen, toksik içermeyen, çevreci yenilebilir bir yakıt türü olarak kabul edilmektedir. Silindir içi basınç artış hızı, tutuşma gecikmesi, ve yanma işleminden kaynaklı oluşan mekanik titreşimler içten yanmalı motorlarda gürültüleri oluşturur. Yanma işlemi boyunca oluşan ani basınç farklılıkları ve motor parçalarının ivmelerinin değişimlerinden kaynaklı olarak atalet kuvvetleri içten yanmalı motorlarda titreşimlere neden olmaktadır. Bu çalışmada atık kızartma yağlarından üretilmiş olan biyodizel yakıt ve dizel yakıt hacimsel olarak %10, %30 ve %50 oranlarında karıştırılmıştır. Elde edilen yakıt karışımlarının tek silindirli, direkt enjeksiyonlu, hava soğutmalı bir motorun titreşimine ve gürültüsüne olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler 2000 d/d'da 3 farklı motor yükünde yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Motor yükü, biyodizel, titreşim, gürültü

Experimental Investigation of the Effects of Waste Oil Biodiesel-Diesel Fuel Mixtures on Engine Vibration and Noise

Abstract

Diesel fuels have a wide usage in many fields and therefore they are an important part of the countries economy. With the rapid decline of oil, oil crises and environmental awareness, interest in alternative energy sources has increased day by day. Biodiesel, for diesel engines, can be produced from renewable sources such as vegetable and animal oils, non-toxins, easily degradable in nature, is a kind of environmentally friendly edible fuel. Ignition delay, pressure increase rate and vibrations caused by the combustion characteristic create mechanical noise in the engines. The inertial forces caused by the sudden pressure differences during the combustion process and the accelerations of the moving engine parts cause vibrations in the internal combustion engines. In this study, biodiesel fuel and diesel fuel produced from waste frying oils were mixed at 10%, 30% and 50% by volume. The effects of the obtained fuel blends on the vibration and noise of a single-cylinder air-cooled engine have been investigated experimentally. The tests were carried out at 3 different engine loads at 2000 rpm.

Keywords: Engine load, biodiesel, vibration, noise

1. GİRİŞ

Dünya genelinde hızla artış gösteren araç sayısı ve küresel iklim değişiklikleri fosil yakıt tüketimlerin tartışılmasına sebep olmaktadır. Bugün karayollarında gördüğümüz araçların %99.9'undan daha fazlası, fosil yakıtları kullanan içten yanmalı motorlar vasıtasıyla tahrik edilmektedir (Ağbulut & Bakır, 2019). Fosil kökenli yakıtların bu denli kullanılıyor olması ve rezervlerinin bir sonunun olması,

insanoğlunu fosil yakıtların yerine geçebilecek yeni, yenilebilir ve alternatif bir enerji kaynağı arayışına zorlamıştır. Bu kapsamda, yıllardır birçok araştırma ile yeni bir yakıt arayışı süregelmektedir. Geçmişte de olduğu gibi bugün içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olan en popüler ve en kabul görmüş yöntem biyodizel üretimidir. Birçok araştırmacı farklı hayvansal ve bitkisel yağları kullanarak farklı tip biyodizel üretimi gerçekleştirmiş ve çeşitli açılardan performanslarını test etmişlerdir (Özçelik ve ark., 2015)(Çanakçı ve ark., 2009)(Silitonga ve ark., 2013). Bu yağlar, genellikle transesterifikasyon yöntemi kullanılarak dizel yakıtlara olabildiğince benzer özellikler sunan bir yakıt tipine dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Ancak, biyodizel yakıtların dizel ve benzinli yakıtlara oranla farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmaları, bazı birtakım özellikler de iyileşmesine sebep olmuştur (Yilmaz ve ark., 2014).

Dizel ve benzinli motorlarda kullanılan fosil kökenli yakıtların yakılması sonucu atmosfere salınan egzoz gazı emisyonları, birçok insanın sağlığını olumsuz şekilde etkilediği literatürde sıklıkla belirtilmiştir (Ağbulut & Sarıdemir, 2019). Günlük hayatta, çoğunlukla artık farkına varmasak bile karayolu trafiğinin oluşturmuş olduğu gürültü bile insan sağlığına ciddi hasarlar vermektedir. Bu sebeple, araçlardan kaynaklanan gürültü seviyelerini minimize etmek üzerine odaklanan çalışmaların önemi artmıştır (Sanjida ve ark., 2014). Dizel bir motorda, ses hızı, basınç ile aktive edilen enjektörler için NOx emisyonlarını ve yakıt enjeksiyonunu direkt olarak karakterize edebilen önemli bir yakıt parametresi olarak düşünülebilir (Freitas ve ark., 2013).

Literatürde içten yanmalı motorlar için gürültü ve titreşim değerlerine yoğunlaşan birçok çalışmaya rastlamak mümkündür (Mayda ve ark., 2017). Örneğin, Keskin (2010) hacimce %25 ve %50 oranlarında etanol içeriğine sahip yakıtın titreşim ve gürültü değerlerinde meydana gelen değişimleri tespit etmiştir. İlgili çalışmada, titreşim ve gürültü değerlerinin değişiminde lineer bir ilişkiye rastlanmıştır. Saf yakıtla kıyaslandığında, yakıt içerisine etanol harmanlanması gürültü ve titreşim değerlerini artırmıştır. Titreşim ve gürültü değerlerindeki bu artış, etanol içeriği daha fazla olan yakıt için daha yüksek elde edilmiştir. Çalışma, saf yakıta etanol harmanlanmasının titreşim ve gürültü seviyelerini olumsuz yönde etkilediği göstermiştir (Keskin, 2010). Benzer bir çalışmada, Ağbulut ve ark. (2018) benzinli bir motora farklı oranlarda (hacimce %10 ve %20) etanol ekleyerek gürültü ve titreşim değerlerini tespit etmişlerdir. Sonuçlar, etanol ilavesinin artmasıyla titreşim ve gürültü seviyelerinin arttığını ortaya koymuştur (Ağbulut ve ark., 2018). Bu olumsuz çıktıların yanı sıra yakıta biyodizel ilavesiyle titreşim ve gürültü değerlerinde azalmayı tespit eden çalışmaların sayısı da epey fazladır. Örneğin, Taghizadeh-Alisaraei ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada biyodizel-dizel harmanlamasını saf dizel yakıtla karşılaştırmışlardır. Yapılan bu çalışmada, yakıt olarak D100, B20, B40, B60, B80 ve B100 tercih edilmiştir. Sonuç olarak, zaman-frekans analiziyle birlikte dizel motorlarında yanma, titreşim ve vuruntu değerlerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, B40 yakıt tipinin en iyi motor performansını sunduğunu göstermiştir (Taghizadeh-Alisaraei ve ark., 2016). Başka bir çalışmada ise Shaikh ve Umale (2014) biyodizel yakıt karışımlarının tek silindirli bir dizel motor için sabit bir devirde titreşim ve akustik karekterizasyonuna olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlar, yakıt içeriğindeki biyodizel miktarının artmasına bağlı olarak gürültü ve titreşim değerinde azalmalar yaşandığını rapor etmiştir (Shaikh & Umale, 2014). Bahsedilen literatür çalışmalarından da görüldüğü üzere yakıt içerisine biyodizel ilave edilmesiyle birlikte motor titreşim ve gürültü değerleri üzerinde olumlu ve olumsuz etkilere rastlanabilmektedir. Literatürdeki çalışmaların sonuçları bu konuda çelişmektedir. Bu çelişkinin sebebinin biyodizel üretiminde kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerde kullanılan aktivatör ve katalizör yan ürünlerinin oranlarındaki farklılardan kaynaklı olarak üretilmiş nihai biyodizelin kalitesi, testlerde kullanılan motor tipi ve bu motorun periyodik bakımlarının süresinde yapılıp yapılmadığı, deney şartları ve parametreleri ile enjektör geometrisi ve basıncının etkili olduğu düşünülmektedir (Sarıdemir ve ark., 2017).

Yapılan bu çalışma ile atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemi esas alınarak biyodizel yakıt üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen biyodizel yakıt farklı oranlarda saf dizel yakıt ile harmanlanmıştır. Biyodizelin, saf dizele harmanlanma oranı hacimce %10 (B10), %30 (B30) ve %50 (B50)'dur. Ek olarak, sonuçların kıyaslanması için deneyler biyodizel içeriği olmayan saf dizel yakıtla da (B0) gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, değişen yakıt tipi ve motor yüklenmelerinin (2.5 N.m, 5 N.m ve 7.5 N.m) motor titreşim ve gürültüsüne olan etkileri deneysel olarak irdelenmiştir.

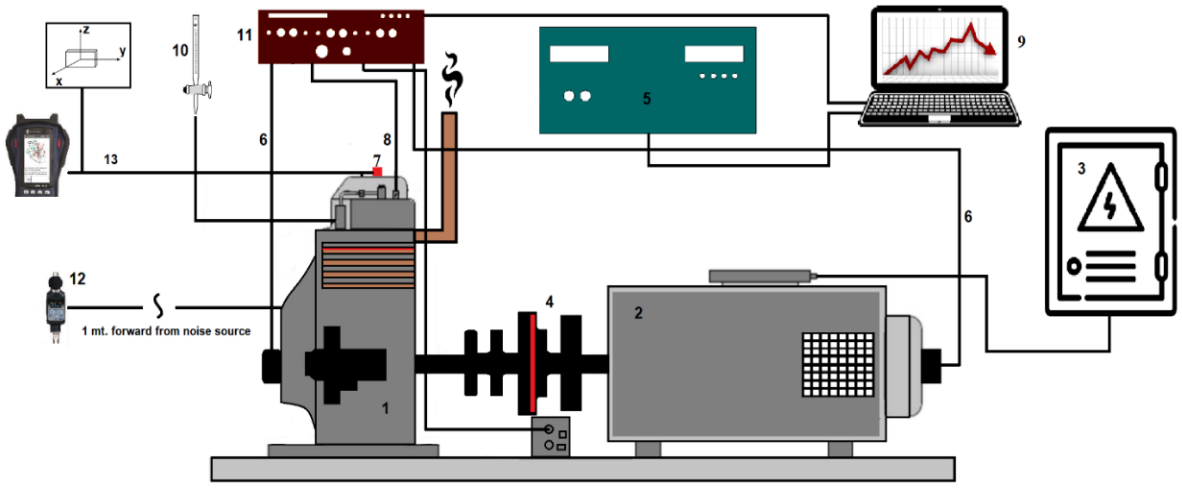
2. MATERYAL VE METOT

Ticari bir firmadan temin edilen saf biyodizel yakıtı, mazota hacimce %10, %30 ve %50 oranında ilave edilerek B10, B30 ve B50 olarak adlandırılan test yakıtları elde edilmiştir. Elde edilen biyodizel test yakıtlarının karşılaştırılabilmesi ve etkilerinin anlamlandırılabilmesi amacıyla tüm deneyler bu 3 biyodizel yakıt tipine ek olarak biyodizel içermeyen %100 saf dizel referans yakıtı (B0) ile de gerçekleştirilmiştir. Deneyler, direkt enjeksiyonlu tek silindirli ve 4 zamanlı, hava soğutmalı Lombardini 15 LD 350 model bir dizel motor ile gerçekleştirilmiştir. Deney motorunun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri.

Model	Lombardini 15 LD 350
Silindir Sayısı	1
Maksimum Güç	7.5 HP/3600 d/d
Maksimum Tork	16.6 Nm/2400 d/d
Silindir Hacmi	349 cm^3
Kompresyon Oranı	20.3/1
Çap× stroke	82 mm × 66 mm
Enjektör Açılma Basıncı	207 bar

Çalışmada kullanılan deneysel düzeneğe ait şematik gösterim Şekil 1 ile gösterilmektedir.



Şekil 1. Deneysel düzeneğin şematik gösterimi.

1. Test motoru 2. Dinamometre 3. Kontrol paneli 4. Tork metre 5. Egzoz gazı emisyon cihazı 6. Enkoder 7. İvmeölçer 8. Silindir içi basınç sensörü 9. Bilgisayar 10. Yakıt tüketim büreti 11. Anakart 12. Gürültü ölçüm cihazı 13. Titreşim ölçüm cihazı

Yapılan çalışma, 210 bar enjektör basıncında, 2000 d/d sabit motor devrinde 3 farklı yük altında (2.5 N.m, 5 N.m ve 7.5 N.m) gerçekleştirilmiştir. Deneyler, her bir yakıt tipi için motor yağ sıcaklığının 40 °C'ye ulaşmasıyla başlatılmıştır. Aynı şartlar ve parametreler altında, sonuçların doğruluğunu ve tekrar edilebilirliğini artırmak amacıyla tüm deneyler 3'er kez tekrarlanmıştır. Sonuçlar, bu üç tekrarın aritmetik ortalamasının alınmasıyla elde edilmiştir.

Titreşim ölçüm verileri Şekil 2'de verilen Vibrotest 80 model ölçüm aleti kullanılarak 5000 Hz'de alınmış ve 6400 çözünürlükte Hanning filtreleme sonucunda elde edilmiştir. Silindir kapağına montaj edilen ivme ölçer ile dikey yöndeki titreşim verileri alınmıştır. Titreşim verilerinin ortalama karakök alma yöntemi (RMS) kullanılarak toplam ortalamaları alınmıştır. Her bir test ve her bir değişen parametre için toplam 32768 veri alınmıştır.



Şekil 2. Titreşim ölçüm ekipmanları

Ayrıca, deneyler boyunca motor düzeneğinden kaynaklı ortaya çıkan gürültü değerleri Svantek SV 104 model gürültü ölçüm cihazı ile ISO 362-1:2007 standardına uygun olarak ölçülmüştür. Şekil 1'de de gösterildiği gibi gürültü ölçüm cihazı, gürültü kaynağından 1 metre uzağa konumlandırılmıştır.

3. SONUÇ

Zaman bölgesi, elde edilen titreşim genliklerinin zamana bağlı olarak ne kadar değiştiğini temsil etmektedir. Motorun bir dakikadaki dönüş sayısı olan 2000 d/d, 60'a bölündüğünde 1 saniyede krank milinin dönüş sayısı elde edilir. Bilindiği üzere, dört zamanlı motorlarda enjektör 1 kez yakıt püskürttüğünde krank mili kendi ekseni etrafında iki tur atmaktadır. Bu sebeple, 1 saniyede 33,34/2=16,67 kez yakıt püskürtülmektedir. Sonuçta, enjektörün her yakıt püskürtmesi bir yanma olayının başlangıcı olarak düşünüldüğünde Şekil 3'te zaman bölgesinde gösterilen (yaklaşık olarak) 17 pik noktası elde edilir.

Farklı motor devirlerinde B0, B10, B30 ve B50 yakıt karışımları test edilirken ölçülen titreşim değerlerinin kıyaslanabilmesi amacıyla, her test boyunca elde edilen ivme değerleri literatürde sıklıkla kullanılan ortalama karakök değeri (rms) yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonuçlarda paylaşılan, ortalama karakök değerleri her test için Eşitlik 1'de verilen denklem kullanılarak elde edilmiştir (Taghizadeh-Alisaraei ve ark., 2016).

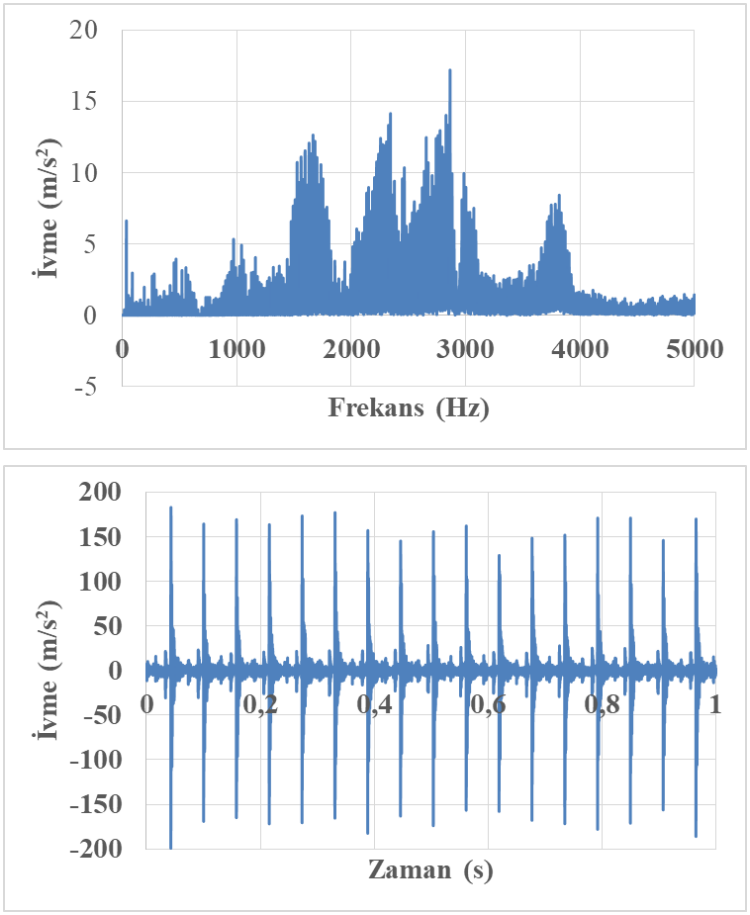
$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} a_k^2} \qquad (1)$$

Burada;

a_{rms}: İvme değerlerinin ortalama karekökü (m/s^2),

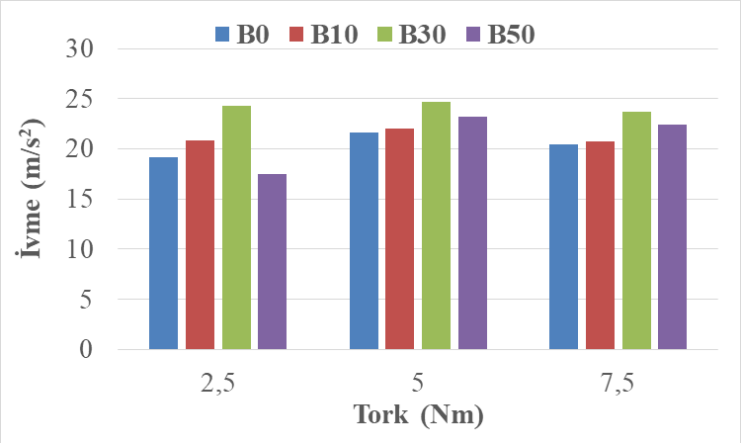
a_k: Zaman bölgesi verilerinin k'ıncı değeri,

n= Zaman bölgesi ivme değerlerinin sayısı (2,56 s süre için n = 32768)



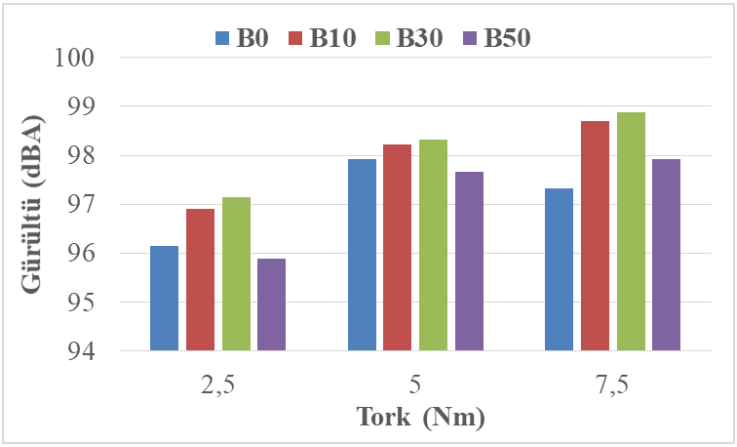
Şekil 3. B50 yakıtı ile 2000 d/d motor devrinde 2,5 Nm'de elde edilen frekans ve zaman bölgesi grafikleri

Şekil 4'te tüm yakıt karışımları için Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanan ivme değerlerinin ortalama karekökü (a_{rms}) değerleri gösterilmektedir. İçten yanmalı motorlarda, titreşime etki eden en önemli iki faktör; motor tasarımı ve kullanılan yakıtın özelliğidir. Yakıtın setan sayısı, parlama noktası, viskozitesi, ısıl özellikleri, yağlama özelliği, kimyasal ve fiziksel özellikleri ile moleküler yapısı yanmaya ve dolayısı ile motor titreşimine etki eden diğer önemli özelliklerdir. Biyodizel yakıtlar, bilindiği üzere saf dizel yakıtlara kıyasla ağırlıkça yaklaşık %10 oksijen içerir. Genelde, setan sayısı, yakıt enjeksiyon zamanı ve viskozite değerleri motor titreşimini etkileyen önemli unsurlardır. Şekil 4'te görüldüğü gibi, tüm motor yüklerinde B30 oranına kadar titreşim değeri artar iken, B50 ile azalmaktadır. Biyodizel içerikli yakıtların setan sayısının küçük olması, tutuşma gecikmesi süresini azaltarak silindir içi maksimum basıncı ve basınç artış oranını artırma etkisi yapmaktadır. Bununla birlikte biyodizel içerikli yakıtların O_2 oranının yüksek olması yanma şartlarını iyileştirmektedir. Biyodizel içerikli yakıtların bu özellikleri B10 ve B30 için motor titreşim değerini artırır iken, B50'nin O_2 oranının fazla olması ve alt ısıl değerinin küçük olması titreşim değerini azaltmıştır. B30'un maksimum silindir basıncının diğer yakıtlara göre daha büyük olması, diğer yakıtlara göre titreşim değerini de artırmıştır. Tüm tork değerlerinde devir sabit olduğundan dolayı, motor titreşim oranında torka bağlı olarak önemli bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 4. Tüm yakıt karışımları için hesaplanan ivme değerlerinin ortalama karekökü (a_{rms}) değerleri

Şekil 5'te tüm yakıt karışımları için ölçülen gürültü değerleri torka bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 5. Tüm yakıt karışımları için ölçülen gürültü değerleri

Titreşim ve gürültü birbiri ile ilişkili büyüklüklerdir. Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, benzer eğilime sahip olduğu görülmektedir. Yakıt özelliklerinin titreşime olan etkisi, aynı zamanda gürültüye de etki etmektedir. B10 ve B30 yakıtlarının setan sayısının düşük olması silindir içi maksimum basıncı ve basınç artış oranını artırarak titreşim ile birlikte gürültü değerlerini de artırmıştır. Bununla birlikte B50 yakıtının setan sayısının en küçük olması en büyük tutuşma gecikmesi süresine neden olurken, ısıl değerinin en küçük olması da yanma sonucu açığa çıkan enerji miktarını azaltarak motorun titreşim ve gürültü miktarını azaltmıştır. Ayrıca B50'nin viskozitesinin en büyük olması, yakıtın damlacık çapını artırarak atomizasyonu olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca pompanın yakıt gönderme miktarını azaltarak daha az miktardaki yakıtın yanmasına neden olmuştur. Bu nedenle, silindir içi basıncı artış oranı ve maksimum yanma sonu basıncı düşerek yanma gürültüsü de azalmıştır.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, B0, B10, B30 ve B50 yakıt karışımlarının tek silindirli bir dizel motorun titreşim ve gürültü karakteristiğine olan etkileri incelenmiştir. Motor titreşim ve gürültü değerleri B30' a kadar artıp, B50 ile azalmıştır. B10 ve B30'un setan sayısının küçük olması titreşim ve gürültüyü artırıken, B50'nin setan sayısının ve ısıl değerinin diğer yakıtlara göre daha küçük olması motor titreşim ve gürültüsünü azaltmıştır. Sonuçta biyodizel içerikli yakıtların belirli bir orana kadar motor titreşim ve gürültüsünü artırdığı, sonrasında ise azalttığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Ağbulut, Ü., & Bakır, H. 2019. The investigation on economic and ecological impacts of tendency to electric vehicles instead of internal combustion engines, Düzce University Journal of Science and Technology.

Ağbulut, Ü., & Sarıdemir, S. 2019. A general view to converting fossil fuels to cleaner energy source by adding nanoparticles, International Journal of Ambient Energy, 1-6.

Ağbulut, Ü., Sarıdemir, S., & Durucan, G. 2018. The Impacts of Ethanol-Gasoline Blended Fuels on the Pollutant Emissions and Performance of a Spark-Ignition Engine: An Empirical Study. International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis (IJAEFEA), 5(4), 50-59.

Canakci, M. Ozsezen, A. N. Arcaklioglu, E. and Erdil, A. 2009. Prediction of performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with biodiesel produced from waste frying palm oil, Expert Syst. Appl., vol. 36, no. 5, pp. 9268–9280, 2009.

Freitas, S.V.D., Paredes, M.L.L., Daridon, J.-L. Lima, Á.S., Coutinho, J.A.P. 2013. Measurement and Prediction of the Speed of Sound of Biodiesel Fuels, Fuel, 103 (2), 1018-1022.

Keskin, A. 2010. The influence of ethanol–gasoline blends on spark ignition engine vibration characteristics and noise emissions, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, vol. 32(20), pp. 1851-1860.

Mayda, M., Gültekin, N., Özçelik, Z., & Çırak, B. 2017. The effect of use of air conditioner on engine vibration in gasoline car engines, International Journal of Energy Applications and Technologies, 4(4), 182-185.

Özçelik, A. E., Aydoğan, H. & M. Acaroğlu. 2015. Determining the performance, emission and combustion properties of camelina biodiesel blends, Energy Convers. Manag., vol. 96, pp. 47–57, 2015.

Sanjida, A., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Ashrafur Rahman, S.M., Abedin, M.J., Reza, M.I., Sajjad, H., 2014. Experimental Investigation of Palm-jatropha Combined Blend Properties, Performance, Exhaust Emission and Noise in an Unmodified Diesel Engine, Procedia Engineering, 90, 397–402.

Sarıdemir, S., Mert, S., & Mert, Ş. 2017. Ayçiçeği Metil Esteri-Dizel Yakıt Karışımlarının Motor Titreşimine ve Gürültüsüne Olan Etkisi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(2), 54-62.

Shaikh, M.F., & Umale, S. 2014. Noise and vibration analysis of diesel engine using diesel and jatropha biodiesel, Int J EngTrendsTechnol, 104, 228–323.

Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Mahlia, T. M. I, Ong, H. C., & Chong. W. T. 2013. Experimental study on performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with Ceiba pentandra biodiesel blends, Energy Convers. Manag., vol. 76, pp. 828–836, 2013.

Taghizadeh-Alisaraei, A.,Ghobadian, B., Tavakoli-Hashjin, T., Mohtasebi, S.S., RezaeiAsl, A.,Azadbakht, M., 2016. Characterization of engine's combustion vibration using diesel and biodiesel fuel blends by time-frequency methods: a casestudy, RenewEnergy, 95, 422–432.

Yilmaz, N. Vigil, F. M. Benalil, K. Davis, S. M. & Calva, A. 2014. Effect of biodiesel-butanol fuel blends on emissions and performance characteristics of a diesel engine, Fuel, vol. 135, pp. 46–50.

TABAKHANE İŞLETMELERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

İnş.Müh.Esra DURAN
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İş Sağlığı Ve Güvenliği
esraacar57 @gmail.com

Özet

Çalışmamızın amacı deri imalatı sektöründe karşılaşılan, İş Sağlığı ve Güvenliğini tehlikeye sokacak unsurları tespit edip önlemlerini belirlemektir. Araştırmada deri imalatı süreçleri hakkında temel bilgilendirmenin ardından hammadde olarak büyükbaş derinin kullanıldığı süreçlerde kullanılan tehlikeli kimyasallar incelenmiştir. Aynı zamanda sektörde karşımıza çıkan türlü riskleri de değerlendiren bu çalışma bize çok tehlikeli sınıfta yer alan bu sektörün çalışan ve işletenlerin sağlığı ve güvenliği açısından çok dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Fine Kinney yöntemi ile maruziyette risklerin belirlenmesine yönelik Gerede'de bulunan deri işleyen işyerlerine ziyaret gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu ziyaretlerde deri işleme sürecinde elde edilen sonuçlar da değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede risk seviyeleri oldukça yüksek çıkan durumların insanların can ve mal sağlığına zarar getirebileceği çok net görülmüştür. Yüksek riskli bulunan ve kullanım yüzdesi düşünüldüğünde kullanımı en olası ve en tehlikeli kimyasallar tespit edilmiştir. Saha çalışması sonucu belirlenen bu tehlikeli kimyasallara karşı ve diğer sağlık ve güvenlik sorunlarına karşı önlemler belirtilerek çalışan ve işverenin konu ile ilgili üzerine düşen sorumluluklar ve işyerinde alınması gereken tedbirler bu araştırmanın çıktısıdır.

Anahtar Kelimeler: Tabakhane,Deri,Tabaklama,Kimyasal,Deri Yolu ile Maruziyet

Abstract

The aim of this study is to determine the factors that may jeopardise the occupational health and safety in the tanning industry and determine the necessary precautions. In this research , fundamental information about the process of tanning is given , then hazardous chemical which is used in processes using cattle skin as a raw material is analysed. At the same time while evaluating various risks which can be encountered, this study argues that this sector which is in dangerous zone should place emphasis on the safety of the employers and employees. By using Fine Kinney method, workplaces which is in tanning sector, Gerede are visited to determine the risk that can be exposed to. The results from process of tanning are evaluated thanks to these visits. It is so obvious that this high risky situations can give damage to health and property safety of people according to this study the most hazardous and prevalent chemicals in terms of proportion of usage are detected. The outputs of this study are, the responsibilities of employers about the subject and the precautions must be taken in workplaces by indicating the prevention to these hazardous chemicals and the health and safety problems.

Keywords: Tannery, Skin, Tanning , Chemical , Skin Path Exposure

1. GİRİŞ

Tabakhane(deri fabrikaları) Deri imalatı işleri, ham veya işlenmiş hayvan derilerini vidala, yarma, süet, kürk, kösele gibi işlenmiş deri çeşitlerine veya bunların üretimindeki ara ürün olan yarı işlenmiş deriye dönüştüren kuruluşları kapsamaktadır. İşlenmiş derilerin deri eşyalara dönüştürülmesi bu kategorinin dışındadır Canlı hayvanın dış etkenlerden korunmasını sağlayan deri, aynı zamanda çok büyük bir ekonomik değere sahiptir.[1,2]

29.03.2013 tarih ve 28602 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği'nde belirtilen 'Deri ve kürklü deri imalatı (kürkün ve derinin tabaklanması,

sepilenmesi, boyanması, cilalanması ve işlenmesi)' iş kolu çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır. Emek-yoğun çalışmanın esas olduğu son yıllarda gelişim gösteren ve çok tehlikeli sınıfta yer alan bu faaliyet kolunda İSG uygulamalarının etkinliği önem arz etmektedir.[3,4]

Tabakhanelerin kurulumu Ahiliğin kurucusu ve piri sayılan Ahi Evran'ın debbağ(derici)olması ve 1395 yılında ahilerin Geredeye gelmesiyle başlamıştır..Büyük kısmı Yerli ham deri olmasının yanı sıra Avustralya,Irak gibi ülkelerden de hammadde alınabilmektedir.Ülke ekonomisinde ki dericiliğin %40ını karşılayan Gerede tabakhanelerinde tüm gelişen teknolojilere rağmen kayıtlı,kayıtsız iş kazaları ve mesleki hastalıklarının önüne geçilememektedir.Sgk verilerinden gördüğümüz durumu yorumlayacak olursak tüm sektörel dağılımlarda olduğu gibi iş verenlerin maddi kaygılar ve ihmalkarlıklarla yeterli önlemleri almayışı,çalışanların ise eğitimsizlik,ihmalkarlık ve dikkatsizlikleri dolayısıyla bu kazalar olmaya devam etmektedir.

Sektöre yönelik büyük işletmelerin Tuzla (İstanbul), Çorlu (Tekirdağ), Menemen (İzmir), Uşak, Bursa, Manisa ve Gönen (Balıkesir) yerleşkelerinde bulunmakta olup bunun yanı sıra, Çanakkale, Isparta, Denizli, Niğde de küçüklü büyüklü işletmeler bulunmaktadır.Sosyal Güvenlik Kurumu 2012 istatistiklerine göre ülkemizde bulunan 6425 deri imalatı yapan işyerinin %99.9 u küçük orta büyük işletme statüsündedir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre deri imalatı sektöründe ülkemizde son beş yıldır işletme sayısı iki katına, bu sektörde çalışan personel sayısı ise yaklaşık 1.5 katına çıkmıştır. Bu durum deri imalatı sektörünün önümüzdeki yıllarda ülke ekonomisinde önemli bir paya sahip olacağının göstergesidir.[1,5,6]

HAMMADDE: Deri imalatı endüstrisinde ana hammadde olarak Türkiye'de çoğunlukla kullanılan küçükbaş ham deriler, koyun, kuzu, keçi, oğlak derileri iken büyükbaş hayvanlarda ise sığır, manda, dana ve malak derileri kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra az miktarda katır, deve hayvanlarının derileri de işlenmektedir. Hayvan derilerinin dermal(iç)tabakası kullanılmaktadır.

DERİ İMALATINDA YER ALAN SÜREÇLER Deri imalatı işlemleri dört ana grupta toplanabilir;

-Post ve Deri Depolama -Kireçleme ve Kaveleta -Kireç Giderme ve Sepileme -İkinci Sepileme ve Son İşlemler .

Post ve Deri Depolama: Post ve deriler, kesimhanelerde hayvanın gövdesinden elde edildikten sonra doğrudan tabakhanelere getirilirler. Önce büyüklüklerine göre sınıflandırılıp traş edilirler.Hazırlama aşamasına kadar post ve deriler boyutlarına göre sıralanıp, sertleştirilip depolanmaktadır.. Bu sayede ham deri depolarda 6 aya kadar saklanabilmektedir.[7]

Kireçleme ve Kaveleta Post ve deri depolama işleminin ardından deriler tüylerinden arındırılma, içeriğindeki sudan arındırılma ve temizlenme amacıyla kireçleme odalarına alınırlar.Bir sonraki temizlik aşaması ise Kaveleta denilen sistemdir. Burada kireçlenmiş olan derinin yağ benzeri atıklardan detaylı bir şekilde arındırılması amaçlanmaktadır. [7]

Kireç Giderme ve Sepileme (Tabaklama): Artıklarından tamamen temizlenen deri, işleme alınmadan önce temizlik sırasında uygulanan kireçten arındırılır. Ardından derinin yapısına göre hazırlama sürecinde yapıldığı gibi deri eser miktarda kalan yağdan arındırılır. Derinin boyayı tutması amacıyla pH değeri düşürülür. Kireçten ve yağdan arındırılan, pH'ı düşürülen deri, krom tuzu, mineral ya da bitkisel özütlerle sepilenerek ara ürün olan 'wet blue' adını alır.[7]

İkinci Sepileme ve Son İşlemler : Sepileme sonrası işlemler temel olarak nötralizasyon, ikinci sepileme ve yıkama işlemlerinden oluşmaktadır. Nötrleme işlemi tekrar tabaklama işlemine zemin hazırlamak için pH değerinin ayarlanması işlemlerini kapsamaktadır. İşlenecek derinin kalitesinin yükseltilmesi amacıyla derinin alkalitesinin artırılması, ilk sepileme sırasında işleme alınamayan kısımların onarılması amacıyla yapılır.Derinin son ürün özelliğine göre boyanması bu kategoriye giren diğer bir süreçtir. Burada vakumlu kurutma, asarak kurutma, santrifüjlü kurutma yöntemleri ile kurutulan özellikle büyükbaş derileri deri apreleme işleminden geçer.[7]

Apreleme : Son ürünün renk, parlaklık, kavrama,esneklik, kırılganlık, su buharı geçirgenliği ve su geçirgenliğine göre mekanik apreleme ve yüzey kaplaması olmak üzere iki şekilde uygulanır. Mekanik apreleme işlemi sayesinde deriye istenen nem, yumuşaklık, pürüzsüzlük koşulları sağlanırken yüzey

kaplama işlemi ile deri dış etkenlerden etkilenmeyecek şekilde yapılandırılarak müşterinin istediği forma getirilir.Genel anlamda ham derinin bozulmaz hale getirilmesi olan sepileme işleminde kullanılan kimyasallar (tanen); mineral, sentetik, bitkisel tanenleri, aldehit ve yağlar olarak çeşitlendirilmektedir. [7]

DERİ İMALATI İŞLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

İş sağlığı ve güvenliği yönünden incelendiğinde; deri sektöründe görülen iş kazaları daha çok derilerin taşınması ve tabaklama işlemi sırasında ıslak ve kaygan zeminde düşme sonucu kırık, çıkık, burkulma ve ezilmelerden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra derilerin kesilmesi ve kırpılması gibi işlemlerde kullanılan keskin bıçaklardan ve hareket eden makinelerden dolayı kesilme, sıkışma ve kopmalar ve ölümle sonuçlanan kazalar meydana gelmektedir.[8,9]

Belirtilen bu nedenlerle son 2008-2016 yıllarında meydana gelen iş kazası oranları aşağıda tabloda belirtilmiştir.

Tablo 1: SGK 2008-2016 verileri

YIL	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Çalışan Sayısı	39181	37241	46163	53034	60591	65813	64533	60716	60271
İşyeri Sayısı	4524	4542	5140	5682	6425	6887	6767	6550	6334
İş Kazası Sayısı	171	135	124	173	172				
İş Kazaları İçindeki Dağılımı (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ölümlü İş Kazaları	1	3	3	4	0				
Ölümlü İş Kazaları İçindeki Dağılımı (%)	0,1	0,3	0,2	0,2	0				
Meslek Hastalıkları Sayısı	2	1	5	0	0	0	1	3	3
İş Kazası ve Meslek Hastalığı Sonucu Kaybedilen Gün Sayısı	4406	4343	4401	5562	4822				
İş Kazası ve Meslek Hastalığı Sonucu Sürekli İş Göremezlik Sayısı	6	7	4	5	11				

Deri İmalatı Endüstrisinde Görülen Güvenlik Riskleri ve Önlemler

Deri imalatı endüstrisinde yaşanan iş kazalarının temel kaynakları aşağıdaki gibidir:

a) Kayma, takılma, düşme: Kimyasalların veya çeşitli deri yığınlarının bulunduğu kapları taşırken yüzeylerin kaygan veya ıslak olmasından ya da sepileme kazanlarına ya da işletmede bulunan çukurlara düşmeden kaynaklanmaktadır. Bu tür kazaların önüne geçebilmek için işletmedeki zeminler kaymaz malzemeden yapılmalı ve zeminin her zaman kuru ve temiz olması sağlanmalıdır. Ayrıca uyarı levhaları konulmalıdır. [2,9]

b) Elektrik çarpması: Elektrik panolarının kilitli olması ve yetkisiz personelin bu panolara müdahalesinin önüne geçilmesi, panoların önünün yalıtkan malzeme ile kaplı olması gerekmektedir

c) Kimyasal yanıklar, boğulma ve zehirlenmeler: Deri işleme süreci sırasında açığa çıkan gazların solunması veya kullanılan kimyasallar ile temas sonucunda ortaya çıkan akut zehirlenmeler ve/veya kimyasal yanıklar ve kapalı alanlarda; özellikle fıçıların veya sepileme banyolarının temizlenmesi sırasında boğulma veya zehirlenme bu tür iş kazalarının temel nedenleridir. Süreçte kullanılan kimyasalların asgari düzeyde kullanımı sağlanmalı, bu sağlanamıyor ise bu tür tehlikeli kimyasalların kullanımı konusunda çalışanların eğitilmesi ve kullanım sırasında uygun KKD'ın sağlanması önemlidir. Kapalı alanlarda tek başına çalışılmamasına gayret edilmeli, çalışma bir esas işi yapan ve bir gözcü olmak üzere en az iki çalışan tarafından gerçekleştirilmelidir [10]

d) Yaralanmalar: Bu tür işletmelerde yaşanan iş kazalarının yaralanmaların temel nedenleri, makinelerin dönen ve hareket eden kısımlarına temas sonucu yaralanmalar, sıcak yüzeyler veya sıcak çözeltilerle temas sonucu oluşan yanıklar, el aletleri veya mekanik aletlerin kullanımı sırasında oluşabilen kesikler ve dönerek çalışan makinelerden fırlayan parçaların neden olduğu göz yaralanmaları olarak belirtilmektedir. Makinelerin dönen ve hareket eden kısımları mümkün olduğunca makine koruyucuları ile kapatılarak çalışanların makine çalışırken bu alanlara müdahale etmemesi sağlanmalıdır. [10]

Deri İmalatı Endüstrisinde Görülen Sağlık Riskleri ve Önlemler

Deri işleme endüstrisinde görülen meslek hastalıklarının nedenleri; fiziksel tehlikeler, kimyasal tehlikeler, biyolojik tehlikeler, ergonomik, psikososyal ve organizasyonel faktörlerdir. A)Fiziksel risk faktörlerine bağlı meslek hastalıkları:

*** Gürültüye bağlı işitme kaybı:** Mekanik ekipmanlardan kaynaklanan yüksek gürültü düzeyine maruz kalan çalışanda işitme kaybı riski bulunmaktadır. Günlük 80 dB(A) ve üzeri gürültüye maruziyet işitme kaybına neden olabilmektedir. İşitme kaybının akut etkileri baş dönmesi, kulak çınlaması, işitmenin azalması olmakla birlikte ileri seviyede total işitme kaybı yaşanabilir. İşitme kaybı neticesinde görülebilecek komplikasyonlar kalıcı işitme kayıpları, sinirlilik, uyku bozuklukları ve duymamaya bağlı iş kazalarının meydana gelmesi olarak sıralanmaktadır. İşitme kaybının önüne geçilmesi için yapılacak çalışmalar öncelikli olarak gürültü kaynağını yok etmeye yönelik olmalıdır. Bu yeterli ya da mümkün değilse çalışanın bu gürültü kaynağından etkilenmesinin önüne geçilmesi gerekmektedir. [2,11,12]

B) Kimyasal risk faktörlerine bağlı meslek hastalıkları: Çalışanlar, disinfektantlar, pestisitler ve deri işleme kimyasallarına maruziyet sonucu ya da kullanılan kimyasallardan kaynaklı sistemik ya da kontak alerjik reaksiyonlar gibi deri hastalıklarına yakalanabilirler. [2]

Mesleki kontak dermatitler: Asit ve boya gibi kimyasallardan ötürü sıklıkla ellerde görülür. Kontak dermatitler temel olarak irriten kontak dermatit (İRD) ve alerjik kontak dermatit (AKD) olmak üzere iki çeşittir..Bunun dışında çalışanın kişisel hijyenine dikkat etmesi, uygun (kimyasal risklere karşı) KKD kullanması ve koruyucu krem kullanımı önemlidir.[9,11,13]

Kronik Bronşit: Bitkisel sepileme maddeleri ve kireç tozlarının yanı sıra kimyasal buhar nedeniyle çalışanlar kronik bronşit hastalığı ile karşı karşıya kalmaktadır.[9]

Mesleki Kanser: Deri imalatı endüstrisiyle ilişkisi tartışmalı da olsa sektörde kullanılan kimyasallar düşünüldüğünde çalışanların akciğer, gırtlak, yutak ve böbrek kanserine yakalanma riski belirgin düzeydedir. [9]

c) Biyolojik risk faktörlerine bağlı meslek hastalıkları: Üretim sürecine hammadde olarak gelen deri, canlılığını henüz yitirmiş bir dokudur. Bu nedenle üzerinde çeşitli bakteri, maya ve benzeri maddeler barındırması olasıdır. Bakteri virüs gibi biyolojik ajanlara maruz kalan çalışanda tetanos, şarbon gibi hastalıklar görülebilmektedir .[2]

Şarbon: Enfekte hayvanların deri, yün ve kemikleriyle uğraşan çalışanlarda cilt şarbonu olarak görülür. Ciltte siyah ülserler şeklinde gözlemlenir. Bakteriyemi, menenjit ve sonrasında ölüme kadar ilerler. Deri imalatı endüstrisi düşünüldüğünde deri ve yünle çalışanlar risk altındadır.

d) Mesleki kas iskelet sistemi hastalıkları: Ağır yükleri taşırken vücuda fazla yüklenme ve duruş bozuklukları nedeniyle akut kas-iskelet rahatsızlıkları ya da uzun süre ayakta durarak aynı çalışma pozisyonundan dolayı sırt ağrıları şeklinde ortaya çıkar.

Bel ağrıları: Elle taşıma, gövdeyi eğme-bükme, aşırı fiziksel yük, sabit çalışma pozisyonu nedeniyle özellikle genç, sağlıklı ve aktif kişilerde görülür.Gerçekleştirilen faaliyetin analizi yapılarak şikâyet sahibi çalışanın fiziki muayenesinin ardından iş yükü değerlendirilerek gerekiyorsa yatak istirahati ve egzersiz tedavisiyle rahatsızlığının giderilmesi amaçlanmalıdır. Çalışma sırasında ergonomik koşulların dikkate alınarak bu şartlara uygun çalışma pozisyonlarının benimsenmesi çalışanın eğitilerek bu bilinci oturtmasıyla bu tür mesleki hastalığa yakalanmasının önüne geçilir. [13]

e) Psikososyal faktörlere bağlı rahatsızlıklar:

İş Stresi: Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarından sonra en sık karşılaşılan mesleki hastalık olarak bilinen iş stresi temel olarak fiziksel ve sosyal stresörlerden kaynaklanmaktadır. İş stresinin başlıca nedenleri fazla mesai, vardiya tipi çalışma biçimi, iş yoğunluğu, aşırı sorumluluk olarak tanımlanmıştır. Deri imalatı endüstrisinde ise iş stresi daha çok fiziksel stresörler (yetersiz havalandırma gibi) tarafından tetiklenmektedir. Psikolojik bir rahatsızlık olduğu için tedavi süresi nispeten uzun ve kapsamlıdır. [2,13]

Tablo 2: Deri İmalatı İşlerinde Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar

SÜREÇ	KULLANILAN KİMYASAL
Kireçleme ve Kaveleta	Biosid (Sodyum dietilditiyokarbamat trihidrat) Sodyum bisülfat ,Formik asit , Sodyum hidroksit Sodyum hipoklorit , Sodyum sülfit
Kireç Giderme ve Sepileme	Sodyum bisülfat ,Sodyum sülfit Sülfürik asit , Formik asit Hidroklorik Asit , Borik Asit Asetik Asit , Laktik Asit Organik solventler(formaldehit) , Amonyum klorür , Karbondioksit , Krom oksit Naftalin , Sodyum karbonat , Magnezyum oksit
İkinci Sepileme ve Son İşlemler	Sodyum bisülfat , Asetik Asit Formik Asit , Hidroklorik Asit Organik solventler (formaldehit) , Sülfürik Asit Alüminyum oksit,Naftalin

2. MATERYAL VE METOD

DERİ İMALATI ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN TEHLİKELİ KİMYASALLARA DERİ MARUZİYETİNDE RİSK DERECESİNİN BELİRLENMESİ ve ÖNLEMLER [14,15]

Çalışmada kaynak olarak kullanılan yöntemde temel olarak üç adım izlenmektedir:

1)Deri maruziyeti söz konusu olan kimyasalın tehlike sınıfının belirlenmesi

2) Deri maruziyeti söz konusu olan kimyasalın etki alanı ve maruziyet süresinin belirlenmesi

3) İlgili kimyasalın deri yolu ile maruziyetine karşı korunma düzeylerinin belirlenmesi

Deri Maruziyeti Söz Konusu Olan Kimyasalın Etki Alanı ve Maruziyet Süresinin Belirlenmesi

* Kimyasal maddenin etki ettiği cilt yüzey alanının belirlenmesi:

a) Geniş: Cildin tamamen sıvı, aerosol veya yoğunlaşan buharlarla ıslanması durumunu ifade etmektedir.

b) Küçük: Kimyasal sıvılara damla şeklinde maruz kalınması durumunu ifade etmektedir.

*Maruziyet süresinin belirlenmesi:

a) Kısa: Maruziyet süresi, mesai süresi boyunca , 15 dakika' dan az olduğu durumu ifade eder.

b) Uzun: Maruziyet süresi, mesai süresi boyunca , 15 dakika' dan fazla olduğu durumu ifade eder.

b) Tehlikeli kimyasallarla çalışmada bakım ve onarım ile ilgili uygulamalar için belirlenmiş kontrol stratejileri:

* Koruyucu deri kremlerinin kullanım şartları açıkça etiket ile belirtilmelidir.

* Deri kremlerinin son kullanma tarihleri düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir.

* Çalışanlar eğitilmelidir.

c) Ek önlemler:

* İşyeri hekimi koruyucu deri ürünlerinin seçiminde yer almalıdır.

* Bilgiler herkes için anlaşılır ve dermal risk maruziyetine karşı uygulanabilir olmalıdır.

* Kimyasalların deri yoluyla vücuda geçmesinin olumsuz etkileri,

İlgili Kimyasalın Deri Yolu ile Maruziyetine Karşı Korunma Düzeylerinin Belirlenmesi[14,15]

Kimyasala cilt temasında dikkate alınacak önlem gereksinimleri üç başlıkta toplanmaktadır:

1)Düşük: Bu önlem gereksinimine sahip durumlarda "Kontrol Stratejisi 1" uygulanmalıdır.

Kontrol stratejisi 1:

a) Tehlikeli kimyasallarla çalışmada iş tasarımı ve kullanılan ekipmanlar ile ilgili uygulamalar:

* İş ekipmanları seçimi ve çalışanların eğitimi ile sıvıların sıçramasını ve çalışma sırasında toz oluşumunun önlenmesi hedeflenmelidir.

* İşyerinde yüzük, bilezik, kolye gibi aksesuarlar kullanılmamalıdır.

2) Orta: Bu önlem gereksinimine sahip durumlarda düşük seviye önlem gereksinimlerine ek olarak "Kontrol Stratejisi 2" kısmında belirtildiği gibi önlemler alınmalıdır.

Kontrol Stratejisi 2: Deri korumada geliştirilmiş önlemler-temel mesleki hijyen

a)Tehlikeli kimyasallarla çalışmada iş tasarımı ve kullanılan ekipmanlar ile ilgili uygulamalar:

*Kullanılan kimyasal maddeler daha az tehlikeli madde veya süreçlerle ikame edilmelidir.

* Deriye teması azaltıcı iş araç ve gereçleri tercih edilmelidir.

* Diğer kontrol stratejileri ile deri ile ilgili risk kabul edilebilir seviyeye indirilemediği durumlarda KKD (kimyasala karşı eldivenler, önlükler ve diğerleri) son çare olarak kullanılmalıdır.

Kimyasallara karşı kullanılan eldivenler CE işareti taşımalıdır.

b) Tehlikeli kimyasallarla çalışmada bakım ve onarım ile ilgili uygulamalar için belirlenmiş kontrol stratejileri:

* Kimyasallara maruziyetin azaltılmasını sağlayan teknik cihazların işlevselliği ve verimi düzenli olarak (en az 3 senede bir kez) denetlenmeli ve kayıt altına alınmalıdır.

* Tekrar kullanılabilen güvenlik eldivenleri iyi havalandırılmış ortamlarda ilave kirlenmeye engel olunacak şekilde saklanmalıdır.

* Tekrar kullanılabilen güvenlik eldivenleri çıkarılmadan önce akan suyun altında yıkanmalıdır.

c) Ek önlemler:

* Güvenlik eldivenleri hareketli parça içeren makinelerin işletiminde kullanılmamalıdır.

* Koruyucu eldiven seçimi tıbbi bir görevli ya da iş sağlığı elemanı eşliğinde yapılmalıdır.

* Islak çalışmanın yapıldığı yerlerde aşağıdaki ilave tedbirler alınmalıdır:

* Islak çalışma işlerinin minimuma indirilmesi,

3) Yüksek: Bu önlem gereksinimine sahip durumlarda, düşük ve orta seviye önlem stratejilerine ek olarak, kullanılan kimyasal maddenin kullanılabilecek daha az zararlı kimyasal madde ile ikame

edilmesi, bunun mümkün olmadığı durumlarda, teknik önlemler almak için çalışmalar yapılması (kapalı sistem kullanılması gibi) ve son çare olarak KKD kullanımı tercih edilmelidir.[14,15]

Yapılan araştırma ve analizler ve deri imalatı işlerinde tehlikeli kimyasallara deri yolu ile maruziyetin söz konusu olduğu çalışanlar için detaylandırılan inceleme sonucunda deri yolu ile maruziyet yüksek risk içeren formik asit, sülfürik asit, borik asit, asetik asit, krom oksit, oksalik asit, formaldehit, boya maddesi, ve naftalin kullanımından kaynaklanmaktadır. Orta düzey risk seviyesine sahip kimyasal kullanımını ise krom oksit, sodyum sülfit, oksalik asit ve magnezyum oksit oluşturmaktadır. Son olarak düşük düzey risk seviyesine sahip kimyasallar sodyum formiyat, magnezyum oksit, oksalik asit ve sodyumthiosülfit olarak belirlenmiştir.

3.SONUÇ VE TARTIŞMA:

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 4. Maddesi gereğince işveren işyerinde;

Yukarıda belirtilen mesleki risklerin önlenmesi için her türlü sağlık ve güvenlik tedbirinin alınması, gereken organizasyonun yapılması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uyumlaştırılmasını sağlamalıdır.

Alınan İSG tedbirlerine uyulup uyulmadığını denetlemelidir.İşyerinde risk değerlendirmesi yapmalı veya yaptırmalıdır. Çalışana görev verirken çalışanın sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu dikkate almalıdır.İş veren kanunda belirtilen yol haritasını takip etmelidir.Tehlikelerin tanımlanması.Risklerin belirlenmesi ve analizi Risk kontrol adımlarının gerçekleştirilmesi.Dokümantasyon ve risk değerlendirmesinin revizyonu şeklinde belirtilmektedir. Kimyasal maruziyete karşı mücadelede öncelikle tehlikeli kimyasallar için işyeri ortam analizinin yapılması gereklidir. Bu yapılırken; kullanılan tehlikeli kimyasalın özellikleri ve ne kadar kullanıldığı, ne kadar sıklıkta ve kaç çalışanın bu kimyasalı kullandığı, bu kimyasalla çalışma şekli ve derinin hangi kısmının tehlikeli kimyasala ne kadar süreyle etkileşime geçtiği göz önünde bulundurulmalıdır.2 yılda bir risk değerlendirmesini tekrarlamalıdır.Gerçekleştirilen saha çalışması sonucu kimyasal kullanımının kaza ve mesleki hastalığı tetiklediği sonucuna varılmıştır. Bu durum özellikle kimyasal kullanımı bulunan çalışanlar için İSG uygulamalarının önemini ve gerekliliğini göstermektedir.İşyerlerindeki risklere genel yaklaşımın ilk aşaması olan risklerden kaçınma bu noktada önem arz etmektedir.Kimyasallarla çalışırken uygun koruyucu kıyafet giyilmeli ve ilgili kimyasala maruziyeti önleyici kimyasal maddelere karşı koruyucu eldiven kullanılmalıdır. Bunun yanı sıra gözle teması engellemek için mekanik risklere karşı koruyucu özelliğinin yanı sıra kimyasal dirence de sahip olan göz koruyucularının kullanımı önem arz etmektedir. Tehlikeli kimyasala maruz kalan iş kıyafetleri hemen değiştirilmelidir. Çalışanlara düzenli aralıklarla sağlık riskleri ve kimyasallara dermal maruziyetten sakınmak için gerekli koruma önlemleri hakkında eğitilmelidir. Gerekli bilgilendirilmeleri yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bana bu çalışmamda desteğini esirgemeyen danışmanım Doc.Dr.Ercan Arpaz'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

[1] Karanava H.A. Kombine Tabaklamada Çinkonun Kullanılabilirliği Üzerine Araştırmalar. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2001.

[2] Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Bilgi Merkezi (ILO, CIS).Tanner: International Hazard Datasheets on Occupation.

[3] 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Resmi Gazete, 30 Haziran 2012; 28339.

[4] İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. Resmi Gazete, 26 Aralık 2012; 28309

[5] European Commision (Belgium)Manufacture of Leather and Related Products Statistics- NACE Rev. 2. Brussels; 2010.

[6] Sosyal Güvenlik Kurumu. 2008-2017 SGK İstatistik Yıllıkları.

[7] Joint Research Centre (Belgium). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins. Brussels; 2013

[8] Türkiye ve Dünya'da Deri ve Deri Ürünleri Sektörünün Güncel Durumu, 13. Deri Sektörü Değerlendirme Toplantısı.Tuzla: 2010.

[9] International Labour Office (Switzerland). Encylopedia of Occupational Health and Safety. Geneva;1998.

[10] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Betül Çavdar Tez Çalışması

[11] Ladou J. Occupational and Environmental Medicine. 4th ed. San Francisco :Mc Graw Hill Education, 2007:280-297

[12] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (Türkiye).Çalışma Yaşamında Sağlık Gözetimi Rehberi, Ankara; 2011.

[13] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (Türkiye). Meslek Hastalıkları ve İş ile İlgili Hastalıklar Tanı Rehberi. Ankara; 2011.

[14] İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik 17. 02. 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete Sağlık Bakanlığı.

[15] Hijyen Eğitimi Yönetmeliği 05. 07. 2013 tarih ve 28698 sayılı Resmi Gazete- Sağlık Bakanlığı.

METAL MATRİSLİ NANOKOMPOZİT MALZEMELERİN İNCELENMESİ

Erdinç Efendi
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
erdinc.efendi@kocaeli.edu.tr

Adalet Zeren
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
adaletz@kocaeli.edu.tr

Özet

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla farklı malzeme grubunun bir araya gelmesiyle; matris ve takviye fazından oluşan yeni nesil mühendislik malzemeleri olarak tanımlanmaktadır. Bu iki fazın birleşmesi sonucu malzeme özellikleri, matris ve takviye fazının güçlü özelliklerinin kombinasyonu şeklinde ortaya çıkmaktadır. Matris fazına eklenen takviye fazı çoğu zaman matrisin özelliklerini geliştirirken, bazı durumlarda mekanik özelliklerde düşüşe sebep olabilmektedir. Böyle durumlarda takviye fazının boyutunun nano seviyeye düşürülmesi gerekmektedir. Bu şekilde matris fazına nano boyutta yapılan ilaveler ile yeni nesil nanokompozit malzemeler geliştirilmiştir. Nanomalzemeler sahip oldukları üstün mekanik özellikler, ısıl kararlılık ve hafiflik gibi özelliklerinden dolayı kompozit malzemelere ve alaşım yapılarına alternatif olarak geliştirilmiş ve oldukça geniş kullanım alanına sahip olmuştur. Bu çalışmada nanokompozit malzemelerin bir derlemesi yapılmıştır. Son dönemde geliştirilen nanokompozit malzemeler, üretim yöntemleri ve uygulama alanları anlatılmıştır. Nanokompozit malzemelerin alaşımlara ve kompozit malzemelere göre olan üstünlükleri incelenmiş, bu üstün özelliklerin mekanizması tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nanokompozit, Kompozit Malzemeler, Metal Matrisli Nanokompozit

INVESTİGATİON OF METAL MATRİX NANOCOMPOSİTE MATERİALS

Abstract

Composite materials are a new generation of materials consisting of a matrix and a reinforcing phase formed by a combination of two or more different material groups. Incorporation of these two phases forms a combination of the strong properties of the matrix and the reinforcement phase. Reinforcement phase added to the matrix phase may improve some of the properties of the material and in some cases may worsen. In such cases, the size of the reinforcement phase must be reduced. New generation nanocomposite materials have been developed with the addition of nanoscale to the matrix phase. Nanomaterials have been developed as an alternative to composite materials and alloy structures due to their superior mechanical properties, thermal stability and lightness. In this study, a compilation of nanocomposite materials was made. Recently developed nanocomposite materials, production methods and application areas are explained. The advantages of nanocomposite materials according to alloys and composite materials were examined and the mechanism of these superior properties was discussed.

Keywords: Nanocomposite, Composite Materials, Metal Matrix Nanocomposite

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla farklı malzeme grubunun makro boyutta bir araya gelmesiyle oluşturulmuş yeni nesil mühendislik malzemelerdir. Matris ve takviye fazı olarak iki ana bileşenden oluşan kompozit malzemeler, bu iki bileşenin güçlü özelliklerinin kombinasyonunu oluşturmaktadır. Matris fazı metal, seramik veya polimer içerikli olabilirken, takviye fazı ise sürekli fiber, whisker veya partikül şeklinde olabilmektedir. Böylelikle kompozit malzeme, adını sahip olduğu matris malzemesinden almaktadır (Örneğin Metal matrisli SiC takviyeli kompozit malzeme). Bu malzemelerin en büyük avantajı, sahip olduğu üstün özellikleri, matris ile takviye malzemesinin güçlü

özelliklerinden almasıdır. Daha önce verilen örnekteki gibi metal matrisli seramik partikül takviyeli bir kompozit malzeme ele alınacak olursa, bu iki farklı malzeme grubunun bir araya gelmesiyle oluşan kompozit malzeme, içerisindeki seramik fazdan dolayı metal matristen daha yüksek bir akma mukavemeti ve sertlik özelliği sergilemektedir. Bununla birlikte, içeriğindeki metalik matristen dolayı da seramik malzemelerden daha sünek bir özellik göstermektedir. Böylelikle iki malzemenin üstün özelliklerini yapısında birleştirerek, geleneksel malzemelerden çok daha üstün özelliklerde bir malzeme ortaya çıkmaktadır (Suryanarayana ve Aqeeli, 2013).

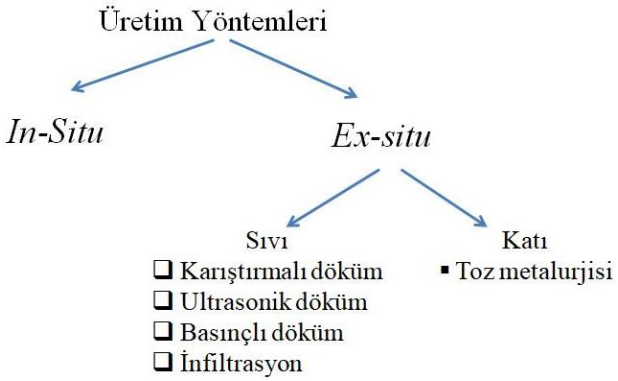
Metal matrisli partikül takviyeli kompozit malzemeler, içeriğindeki partikül fazından dolayı, üstün aşınma, sürünme ve yorulma direnci, yüksek mukavemet ve elastik modül özelliklerine sahip malzemelerdir. Partikül takviyesi, kompozit malzemeye fiber ve whisker takviyesine göre daha üstün özellikler kazandırmaktadır. Ancak partikül takviyeli kompozit malzemelerde partikül boyutu genellikle 10-100 μm aralığında bulunmaktadır. Nispeten büyük olarak kabul edilen bu partikül takviyeli yapılar süneklik ve tokluk özelliklerinde azalmaya sebep olması sonucu gevrek kırılmaya sebep olabilmektedir. Bunun sebebinin partiküllerin, yapı içerisinde oluşması muhtemel bir çatlağın ilerleyişini hızlandırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için partikül boyutunun küçültülmesi gerekmektedir (~1 μm veya daha küçük). Partikül boyutunun nanometrik seviyelere indirilmesiyle, kompozit malzemenin mekanik özelliklerinde artış sağlanmaktadır. Böylelikle nano boyutta partikül kullanılan metal matrisli kompozitlere metal matrisli nanokompozit malzemeler adı verilmektedir (Shamsipur ve ark., 2012).

1.1. Nanokompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri

Nanokompozit malzemelerin keşfi, düşük yakıt tüketimi gerektiren hafif hava ve kara araçları başta olmak üzere, yüksek sıcaklık şartlarına dayanıklı, kolay şekillendirilebilen ve üstün mekanik özelliklere sahip malzeme üretiminde oldukça geniş yankı uyandırmıştır. Geleneksel kompozit malzemelerden farklı olarak, sertlik, mukavamet ve boyutsal kararlılık gibi özelliklerin süneklik ve kırılma tokluğunda azalmaya sebep olmadan kullanımını mümkün kılan nanokompozit malzemeler, çok düşük ve çok yüksek sıcaklıklarda da mekanik özelliklerini muhafaza ederek kompozit malzemelere alternatif olmuşlardır. Nanokompozit malzemelerin üretimi genel olarak;

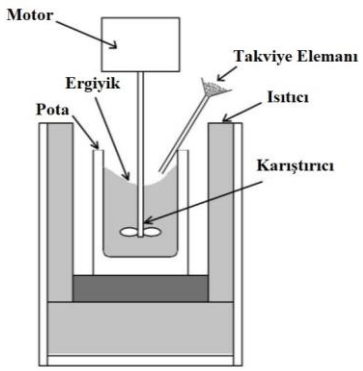
- Ex-situ,
- In-situ

olmak üzere iki yönteme ayrılmaktadır. Üretim yöntemleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Ex-situ yöntem, nanometrik seviyedeki takviye fazının önceden üretilip matris fazına sıvı veya katı matris içine takviye edilmesi ile yapılan üretim yöntemine verilen isimdir. In-situ ise nano takviye fazının malzeme üretimi esnasında kontrollü kimyasal reaksiyonlar ile matris içinde oluşturulması esasına dayanmaktadır. Ex-situ üretim yöntemi katı ve sıvı olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Sıvı fazdaki matris içine yapılan nano partikül takviyesi işlem kolaylığı sağlamasına karşın, partiküllerin sıvı içerisinde homojen dağıtılması oldukça zor bir işlemdir. Katı halde yapılan üretim ise toz metalurjik üretim yöntemlerinden oluşmakta ve sıvı ile yapılan üretim yöntemine göre daha kolaylık sağlamaktadır (Ceschini ve ark., 2017).

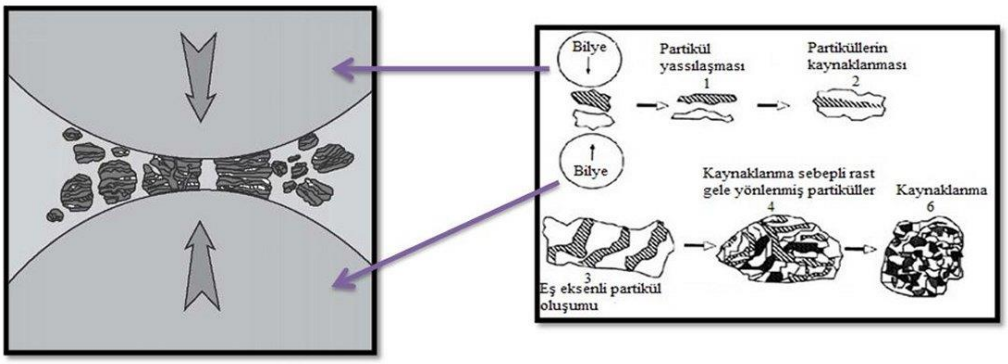


Şekil 1. Metal matrisli nanokompozit malzemelerin üretim yöntemleri

Metal matrisli nanokompozit malzemelerin sıvı üretim yönteminde en sık kullanılan teknik karıştırmalı döküm yöntemidir. Şekil 2'de karıştırmalı döküm yönteminin şematik gösterimi verilmiştir. Şekilde gözüktüğü gibi bir sıvı metal bir pota içerisinde öncelikle ergitilir ardından, vorteks oluşturacak şekilde yüksek bir devirde karıştırma işlemine tabi tutulur. Karıştırma esnasında nanopartiküllerin matris içinde homojen dağıtılması hedeflenmektedir. Bu yöntemde karşılaşılan en büyük sorun metalin katılaşması esnasında nanopartiküllerin katılaşma yönü boyunca itilmesi sonucu matirs topaklanmasına sebebiyet vermesidir (Dubey ve ark., 2016).



Katı halde yapılan ex-situ nanokompozit üretim yönteminde kullanılan başlıca yöntem mekanik alaşımlama yöntemidir. Şekil 3 mekanik alaşımlamayı tarif etmektedir. Mekanik alaşımlama yöntemi 1966 yılında John Benjamin ve arkadaşları tarafından Nickel Company (INCO) bünyesindeki Paul D. Merica Araştırma Laboratuvarında geliştirilmiştir. Bu yöntem, gaz türbinlerinde kullanılan nikel bazlı süper alaşım üretimi için yapılan uzun çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır (Suryanarayana, 2001). Mekanik alaşımlama, genelde toz formundaki malzemelerin kaynaklanma, kırılma ve yeniden kaynaklanması işlemlerinin sonucunda malzemeler arası atom geçişi esasına dayanan bir katı hal alaşımlama tekniği olarak tarif edilebilir. Bu üretim yöntemi, geleneksel üretim yöntemleriyle üretimi zor veya sınırlı olan, özellikle aralarındaki ergitme dereceleri farkı çok fazla olan iki elementi alaşımlamayı mümkün kılmaktadır. Ayrıca bu yöntemle sadece yeni bir kompoziyon oluşturma değil aynı zamanda uzun alaşımlama süreleriyle nano boyutlu parçacıkların üretimi de mümkündür (Söyler, 2008).



Şekil 3. Mekanik alaşımlama evreleri

1.2. Nanokompozit Malzemelerin Mukavemet Mekanizmaları

Metal matrisli nanokompozit malzemelerde, matris içerisine yapılan nano boyuttaki takviyeler yapı içerisinde çeşitli mukavemet arttırıcı mekanizmaların devreye sokarak mekanik ve termal özelliklerde oldukça büyük artışların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Metal matrisli nanokompozit malzemelerde gözlenen mukavemet artışı aşağıdaki mekanizmalar ile tarif edilmektedir;

1. Orowan mekanizması: Orowan mekanizması sert partiküllerin dislokasyon hareketini engellemesi ile mukavemet artışını sağlayan bir mekanizmadır. Geleneksel kompozit malzemelerde sert partikül takviyesi belli bir seviyeye kadar etkin olmaktadır. Diğer taraftan, nano seviyede yapılan partikül takviyesi mukavemet artışında etkin rol oynamaktadır. Nano seviyede yapılan partikül takviyesi, çok az miktarda yapılsa bile (<%1) özellikle sürünme direncinde önemli artışlar sergilemektedir. Yapı içerisinde homojen dağılmış nano partiküller dislokasyon hareketini engelleyerek mukavemet artışı sergilemektedir.

2. Artan dislokasyon yoğunluğu: matris ile takviye fazı arasında termal genleşme katsayısı farkı bulunmaktadır. Bu durum sıvı halde yapılan üretimde partikül ile matris ara yüzeyinde termal gerilimlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu gerilimin seviyesi özellikle matris/takviye fazı arasında plastik deformasyonu başlatacak olan gerilimden daha yüksek düzeydedir.

3. Tane inceltmesi: Sıvı metal matris içerisinde nanopartiküller heterojen çekirdeklenmeye sebep olarak yapı içerisinde daha homojen dağılmış eş eksenli tanelerin oluşumuna sebep olabilmektedir. Ayrıca dövme işlemine tabi tutulan alaşımlarda yüksek sıcaklıkta yapılan deformasyon işlemi esnasında tane büyümesini engelleyici rol oynamaktadır (Ceschini ve ark., 2017).

1.3. Metal Matrisli Nanokompozit Malzeme Türleri

Metal matrisli nanokompozit malzemelerde matris malzemesi olarak genelde endüstride oldukça geniş kullanım alanı bulan Al, Mg, Cu ve Ti ve alaşımları kullanılmaktadır. Endüstrinin hafifletmeye yönelik uygulamalarda kullanımına sıklıkla başvurduğu Al ve Al alaşımları esaslı nanokompozit içerisine yapılan takviyelerde genellikle nano boyutta oksit (Al_2O_3, Y_2O_3), nitrür (Si_3N_4, AlN), karbür (TiC, SiC), hidrür (TiH_2) ve borür (TiB_2) takviye elemenları kullanılmaktadır (Casati ve Vedani, 2014).

Otomotiv ve havacılıkta hafifletmeye yönelik uygulamalarda kullanılan diğer bir malzeme ise Mg ve Mg alaşımlarıdır. Alüminyumdan yaklaşık iki kat daha hafif olan element, düşük yoğunluğuna karşın sahip olduğu düşük korozyon ve süneklik gibi özellikleri sebebiyle kullanım alanını sınırlandırmaktadır. Mg esaslı nanokompozitlerin en tipik örneği Mg, Ti ve C partküllerinin uzun alaşımlama süreleri sonunda yapıda in-situ oluşan nano TiC takviyeli Mg matrisli nanokompozittir. Bakır ve bakır esaslı alaşımlar da endüstriyel öneme sahip bir diğer malzeme grubudur. Üstün

korozyon dirençleri, kolay şekillendirilebilirlikleri ve yüksek sürünme direnci gibi özelliklerinden dolayı çeşitli mühendislik malzemelerinde kullanılmaktadır. Bakır ve alaşımlarının kullanımını sınırlayan en büyük etken düşük aşınma direncidir. Bu sebeple bakır matris içerisine seramik faz takviyesi yapılarak çeşitli nanokompozit malzemeler üretilmektedir. Bunlar arasından nano Al2O3, and NbC partikül takviyesi bakır matris dayanımını en çok arttıran ve ayrıca aşınma özelliklerini geliştiren takviye fazlarıdır (Suryanarayana ve Aqeeli, 2013). Titanyum alaşımları ise üstün mekanik, korozif ve biyouyumluluk özellikleriyle çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. Ancak düşük tribolojik özellikler aşınma mekanizmasının kritik olduğu yerlerde kullanımını zorlaştırmaktadır. Titanyumun aşınma özelliklerini geliştirmek amacıyla TiC, TiO_2, SiC, TiB, and TiB_2 gibi çeşitli partikül formunda takviye malzemeleri kullanılmaktadır. Bu takviye malzemelerinin boyutu mikron seviyesinden nano seviyeye düşürüldüğü zaman aşınma direncinde oldukça yüksek bir artışın olduğu gözlenmiştir (Sivakumar ve ark., 2017)

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma metal matrisli nanokompozit malzemelerin genel bir derlemesini içermektedir. Çalışma içerisinde öncelikle kompozit malzemeler hakkında genel bilgiler verilmiş, ardından kompozit malzemelerin sınıflandırılmasından ve türlerinden bahsedilmiştir. Kompozit malzeme türlerinden metal matrisli kompozit malzemelerin genel özellikleri, avantaj ve dezavantajlarına da kısaca değinilmiştir. Daha sonra takviye elemanının boyutunun nano seviyeye indirilmesiyle oluştutulmuş metal matrisli nanokompozit malzemelerden bahsedilmiştir. Geleneksel kompozit malzemelere göre olan üstün özellikleri, üretim yöntemleri ve türleri literatür bilgileri ışığında değerlendirilmiştir.

3. SONUÇ

Metal matrisli nanokompozit malzemeler sahip oldukları üstün özelliklerden dolayı yeni nesil mühendislik malzemeleri olarak tarif edilmektedir. Nano boyuttaki takviye elemanları, farklı mukavemet arttırma mekanizmalarını devreye sokarak mekanik özelliklerde artışın olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple başta hafifletmeye yönelik otomotiv ve havacılık olmak üzere birçok sektörde kullanımının yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir.

4. TARTIŞMA

Nanokompozit malzemeler çok üstün özelliklere sahip olmasına karşın üretim yönteminde karşılaşılan sorunlar nedeniyle endüstriyel ölçekte üretimleri sınırlanmaktadır. Nano boyuttaki takviye elemanlarının metal matris içerisinde homojen dağıtılması birçok faktörden dolayı zor olmaktadır. Bu zorluklar nano yapılar arasındaki elektrostatik çekim kuvvetleri sebebi ile oluşan topaklanma eğilimi, matris ve takviye arasındaki ıslatma özellikleri, sıvı ergiyiğin viskozitesi, yoğunluğu vb., birçok faktör ile doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı metal matrisli nanokompozit üretimi esnasında tüm bu faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu sebeple son dönemde yapılan birçok çalışma, metal matrisli nanokompozit malzemelerin üretim yöntemini optimize etmek üzerinedir. Bu amaçla birçok araştırmacı yoğun çalışmalar yapmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi BAP koordinasyon birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

SHAMSİPUR, A., KASHANİ, S.F., HANZAKİ, A. (2012), Fabrication of Ti/SiC surface nano-composite layer by friction stir processing, *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, 5, 367-374.

DUBEY, A., KHOSLA P., SİNGH H.K., KATOCH, V., KUMAR, D., GUPTA, P. (2016), A review on role of processing parameter in determining properties of silicon carbide reinforced metal matrix nanocomposites, *Journal of Applied Science and Engineering*, 19(3), 303-312.

SÖYLER, A.U. (2008), *Mekanik Alaşımlama Yöntemleri ile Üretilmiş Al-Fe Tabanlı SiC ve Y2O3 Pekiştiricili Kompozitlerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 223111.

SURYANARAYANA, C., AL-AQEELI, N. (2013), Mechanically alloyed nanocomposites, *Progress in Materials Science*, 58(4), 383-502.

SURYANARAYANA, C. (2001), Mechanical alloying and milling, *Progress in Materials Science*, 46, 1-184.

SIVAKUMAR, G., ANANTHI, V., RAMANATHAN, S. (2017), Production and mechanical properties of nano SiC particle reinforced Ti–6Al–4V matrix composite, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 27(1), 82-90.

CESCHINI, L., DAHLE, A., GUPTA, M., JARFORS, A.E.W., JAYALAKSHMI, S., MORRI, A., SINGH, R.A. (2017), Metal Matrix Nanocomposites: An Overview. *In Aluminum and Magnesium Metal Matrix Nanocomposites*, 1-17.

CASATI, R., VEDANI, M. (2014), Metal matrix composites reinforced by nano-particles—a review, Metals, 4(1), 65-83.

GAZ TÜRBİNİ GİRİŞ HAVASININ ABSORBSİYONLU CHİLLER İLE SOĞUTULMASININ GAZ TÜRBİNİ PERFORMANSINA ETKİSİ

Erkan DEMİRAL[1]* ve Muharrem EYİDOĞAN[2]
[1*]Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Balıkesir
edemiral@keas.com.tr
[2]Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli,
muharrem.eyidogan@kocaeli.edu.tr

Özet
Günümüzde enerjinin üretiminden ziyade verimli kullanılması toplumlar için gelişmişlik ölçütü olarak değerlendirilmektedir. Enerji dönüşümü yapılırken, enerjinin tamamını faydalı enerjiye dönüştürmek mümkün değildir. Bu da enerji verimliliği çalışmaları yapılması gerektiğinin bir göstergesidir. Bu projede enerji verimliliği çalışmaları yapabilmek amacıyla bir Yonga Levha tesisinde bulunan kojenerasyon santralindeki 7 MW'lık gaz türbini ele alınmıştır. Amaca yönelik iyileştirmeler yapılarak çalışma sonundaki verimi en iyi noktaya çıkarmak için gaz türbini giriş havası ve pano odalarının absorbsiyonlu chiller ile soğutulması sağlanmıştır. Sistemin mevcut verimliliği ile uygulama sonrası sistem verimliliği deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Projenin mali tasarrufu 289.367,39 TL/yıl ve projenin geri ödeme süresi 1,91 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca pano odalarında soğutma için kullanılan elektrik enerji tüketiminde %77,8 oranında azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gaz Türbini Havası Soğutma, Gaz Türbini Performansı, Absorbsiyonlu Soğutma

The Effect of Cooling of Gas Turbine Inlet Air with Absorption Chiller on Gas Turbine Performans

Abstract

Today, the efficient use of energy rather than production is considered as a criterion of development for societies. It is not possible to convert all of the energy into useful energy while converting. This is an indication of the need for energy efficiency studies. In this project, 7 MW gas turbines in a cogeneration unit in a Partical board Plant were studied in order to conduct energy efficiency studies. Through goal-directed improvements in order to maximize the efficiency at the end of the study, it was ensured that the gas turbine inlet air and panel chambers were cooled with absorption chiller. The current efficiency of the system and post-application system efficiency were compared experimentally. The financial savings of the project were calculated as 289,367,39 TL / year and the project's repayment period was calculated as 1,91 years. In addition, electricity energy consumption used for cooling in board rooms decreased by 77.8%.

Keywords: Gas Turbine Air Cooling, Gas Turbine Performance, Absorption Cooling

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji kullanımının artışıyla birlikte artan enerji ihtiyacını karşılamak için çevresel zararları çok fazla olan fosil yakıtlar ve yapılan teşvik ve çalışmalarla yaygınlaşan yenilenebilir enerji kaynaklarının yanında enerjinin daha faydalı kullanılması için enerji verimliliği konusunda yatırımlar yapılmaktadır.

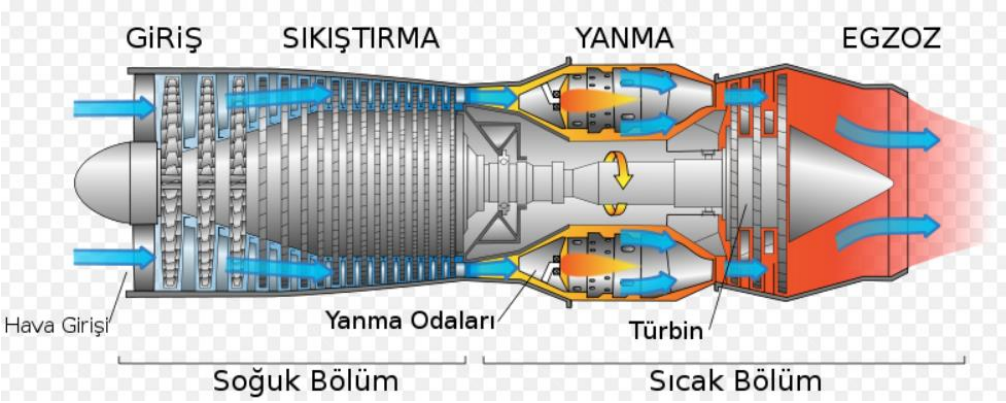
Günümüzde enerjinin daha verimli nasıl kullanıldığı ülkeler için gelişmişlik oranı olarak kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu, enerji verimliliği ve spesifik enerji tüketimi gibi ifadeler daha fazla anlam kazanmaya başlamıştır.

Enerji dönüşümünde, enerjinin tamamının %100 faydalı enerjiye dönüşmesi pek olası değildir. Çevre, ortam parametreleri gibi etkenlerin sistem verimini düşündüğümüzde çok etkili olduğunu görürüz. İlkim şartları, coğrafik koşullar vb. etkilerin olası sonuçlarının mutlaka irdelenmesi gerekir.

2. MATERYAL VE METOD

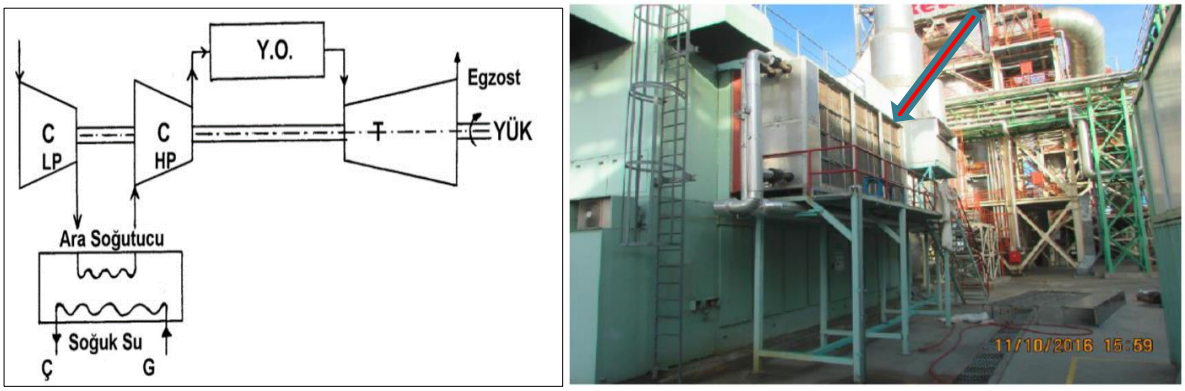
2.1. Yöntemin Açıklanması

Gaz türbinlerinin açık çevrimle çalışan Taurus 70 türbini ele alınmıştır. Ortamdaki atmosfer basıncındaki hava, kompresör tarafından emilir ve böylece sıkıştırılırak sıcaklığı ve basıncı artar. Yüksek basınçtaki emiş havası yakıt ile sabit basınçta yakılacağı yanma odasına girer. Yanma ile oluşan yüksek sıcaklıktaki gazlar türbinde atmosfer basıncına genişleyerek iş yapar. Türbinden çıkan egzoz atmosfere verilir. Böylece Şekil 1.' de görüldüğü üzere açık çevrim gerçekleşmiş olur.



Şekil 1. Gaz türbini çevrimi şematik gösterimi

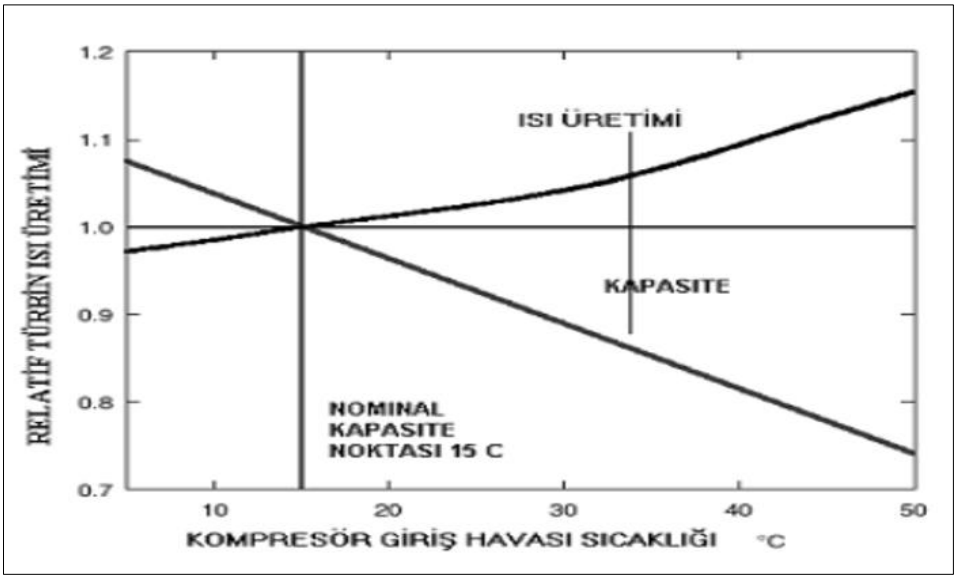
Kompresör giriş sıcaklığı düşer ve sıkıştırma işlemi daha kolaylaşacağında kompresör harcanan gücü azalır ve termik verim artar. Örnekle açıklayacak olursak, kompresör giriş sıcaklığı 1ºF'lik artarsa türbin toplam gücü % 0,5 oranında azalır. Bu güç kaybı için yanma odasına yakıt püskürtmek gerekecektir. Tam tersi bir durumda ise aynı gücü sağlamak için yanma odasına daha az yakıt püskürtmek gerekir. Hava kompresörde sıkıştırılırken izotermal işleme yaklaştığı için kompresör işi azalır ve sistem verimi artar. İzotermal işleme yakınlaşmak için sıkıştırma işlemi iki veya daha fazla kademe ile yapılır. Hava bir ısı eşanjörü ile soğutulur. Hava sıcaklığı azaldıkça yoğunluğu artar ve daha az güç harcar. Şekil 2'de soğutucu eşanjör montajı yapılmış gaz türbini çevrimi gösterilmiştir.



Şekil 2. Gaz türbini kompresör emiş havası ara eşanjör sistemi

Soğutulmuş havada yoğunluk artması ile sistem giriş havası ağırlıkça artar ve sistemin enerji üretim kapasitesi artar. Sistem yaz aylarında özellikle kapasite kaybına ve duruşlara sebebiyet verir. Şekil 3'te görüldüğü gibisoğutulmuş emiş havası üretilen enerjiyi artırır ve ısıyı düşürür. Emiş havası sıcaklığı çok düşerse buzlanma olacağından 5-6 $^{\circ}$C'lerin altına inmesini engellemek gerekir. Türbini emiş havasının 15°C'den 38°C'ye arttırılması, kapasitenin %73'üne azalmasına neden olur. Diğer bir taraftan, emiş havasının 38ºC den 15°C soğutulması kapasitenin %27 oranında kaybolmasını engeller. Emiş havası 6°C ye kadar soğutulursa, türbin kapasitesi, normal kapasitenin %110'una yükselecektir,

ve eğer emiş havası 38°C den 6°C ye soğutulursa, türbinin gücü kapasitenin %73'ünden %110'nuna çıkar ve bu da %50-40 güç artışı demektir.



Şekil 3. Gaz türbini kompresör emiş havası sıcaklığına göre verim değişimi grafiği

2.2. Uygulama Öncesi ve Sonrası Ölçülen Değerler ile Hesaplamalar

Uygulama öncesi 3 yıllık değerlerin ortalaması alınmış ve bu değerler üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

Türbinin ürettiği elektriksel güç (kW): 6.725,23 (üç yıllık ortalama)

Ortam sıcaklığı (°C): 28

Türbin giriş sıcaklığı (°C): 695

Türbin çıkış sıcaklığı (°C): 476,3

Türbin giriş özgül ısısı Cp (kcal/kg°C): 0,2707

Türbin çıkış özgül ısısı Cp (kcal/kg°C): 0,25956

Verim, Tablo 1'deki değerler kullanılarak İnterpolasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

$$\text{Hedeflenen Ortalama Sıcaklık} = 14{,}5\ °\text{C}$$

Sıcaklık 10°C ile 15°C arasında olduğundan bu sıcaklıklara ait değerler kullanılmıştır.

$$\text{Hedeflenen Verim} = \%33{,}34 - \left(\frac{(33{,}34 - 33{,}06)}{(15 - 10)} * (14{,}5 - 10)\right) = \%33{,}0852$$

Tablo 1. Aylara göre hesaplanan türbin verimleri

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM
Ortalama Sıcaklık(°C)	17,9	22,6	24,8	24,5	20,7	15,8
Mevcut Verim	32,8294	32,3366	32,0589	32,0968	31,14056	32,9939
Hedeflenen Sıcaklık(°C)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Hedeflenen Verim	33,0852	33,0852	33,0852	33,0852	33,0852	33,0852

Türbin emiş havası için montajı yapılan eşanjörün soğutma suyu absorpsiyonlu chiller ünitesinden sağlanmaktadır. Chiller ünitesi 7 ^{0}C su göndermekte ve 12 ^{0}C geri dönüş suyunu alarak tekrar soğutmaktadır. Ara soğutma eşanjörünün teknik özellikleri ise şu şekildedir :
Giriş havası : 83.000 m^3/h

Dış hava dizayn şartları : 38 $^\circ$C, % 50 RH

Yer : Balıkesir

Soğutma Kapasitesi : 1.090 kw / 937.400 Kcal/h

Soğutucu akışkan : 7-12 $^\circ$C chiller suyu

Batarya sonrası hava sıcaklığı : 14,5 ^{0}C

Hava tarafı basınç kaybı : 250-280 Pa

Su tarafı basınç kaybı : 0,5 bar

Gerekli su debisi : 196 m^3/h

Batarya çalışma ağırlığı : 2.650 kg

Su pompası değerleri : V=210 m^3/h debi, Hm=12 mss basma yüksekliği, 1450 d/dak. Devir, 11 kW güç

Pompa devrini ayarlayarak enerji verimliliğini sağlayacak değişken devirli bir pompa, hava çıkış sıcaklığını kontrol edecek olan bir sıcaklık sensörü, oransal kontrollü 2 yollu vana ve kapalı devre su içerisine konulacak olan %20 oranında monoetilen glikol, batarya üzerinde bulunan filtre ve damla tutucular sistemin hem enerji tasarruf ve verimliliği açısından hem de emniyetli bir şekilde çalışması noktasında çok önem arz etmektedir. İşletmede bulunan kojen tesisi ele alınmıştır.7,965 MW kapasiteli bir endüstriyel gaz türbini giriş havası soğutulmamış türbinin üretim kapasitesi üç yıllık ortalamayla 6,725 MW değerine düşmektedir. Standart kapasitelere göre bu durum ile yaklaşık %5,83 oranında kapasite düşüşü anlamına gelmektedir.

Tablo 2. Aylara göre soğutma suyu pompa güçleri ve enerji tüketimleri

Aylar	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**TOPLAM**
Pompa Gücü (kW)	4,153	9,893	11,165	4,800	7,573	1,588	-
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	3.815,33
Pompaların Enerji Tüketimleri (kWh)	2.893,27	6.470,02	6.751,14	3.075,22	4.493,29	994,09	24.677,03

Pompaların yıllık enerji tüketimi = 24.677,03 kWh

Elektrik Birim Maliyeti = 0,2098 TL

Tüketimin Mali Değeri = 24.677,03 [kWh] × 0,2098 [TL] = 5.177,24 TL/yıl

Gaz Türbini Giriş Havasının Soğutulması ile Yapılacak Enerji Tasarrufu
Ağustos Ayına Ait Örnek Hesap
Uygulama Öncesi

Türbin verimi, Tablo 3'de bulunan değerler kullanılarak İnterpolasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

Tablo 3. Gaz türbine ait verim-sıcaklık bilgileri

Gaz Türbini Giriş Havası Sıcaklığı (T1)	**°C**	**-5**	**0**	**10**	**15**	**20**	**35**
Nominal Elektrik Verimi	%	34,02	33,83	33,34	33,06	32,66	30,77

TurboMach Taurus 70-103015 Axial model Gaz Türbinine ait bilgiler

Tablo 4. Uygulama öncesi türbin verimi ve doğalgaz tüketim miktarı

	MAYIS	**HAZİRAN**	**TEMMUZ**	**AĞUSTOS**	**EYLÜL**	**EKİM**
Uygulama Öncesi Verim*	32,8294	32,3366	32,0589	32,0968	31,14056	32,9939
Güç kW	6.682,41	6.521,74	6.414,19	6.531,14	6.692,14	6.869,95
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00

*: TurboMach Taurus 70-103015 Axial model Gaz Türbinine ait bilgiler

Uygulama Sonrası

Türbin Hava Giriş Sıcaklığı $= 13$ °C

Türbin Doğalgaz Tüketimi $= 2.109\ \mathrm{Sm^3/h} = \ 20.231{,}69$ kW

Türbin Elektrik Üretimi $= 6.970$ kW

$$\text{Yeni Verim} = \left(\frac{6.970\ kW}{(20.231{,}69)\ kW}\right) = \%34{,}45$$

Uygulama Öncesi Tüketim $= 6.531{,}14\ (\mathrm{kW/ay})/\ 0{,}320968\ = 20.348{,}26\ \mathrm{kW/ay}$

Uygulama Sonrası Tüketim $= 6.531{,}14\ (\mathrm{kW/ay})/\ 0{,}3445\ = 18.958{,}32\ \mathrm{kW/ay}$

Elde Edilecek Aylık Tasarruf Miktarı $= 20.348{,}26\ (\mathrm{kW/ay}) - 18.958{,}32\ (\mathrm{kW/ay})$

$= 1.389{,}94\ \mathrm{kW/ay}$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarruf Miktarı $= 1.389{,}94\ (\mathrm{kW}) \times 640{,}67\ (\mathrm{h})$

$= 890.492{,}86\ \mathrm{kWh/ay}$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarruf Mali Değeri $= 890.492{,}86\ (\mathrm{kWh/ay}) \times 0{,}0855\ (\mathrm{TL/kWh})$

$= 76.137{,}14\ \mathrm{TL/ay}$

Tablo 5. Toplam tasarruf miktarları

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	Tasarrufun Toplam Değerleri
Güç (kW)	6.682,41	6.521,74	6.414,19	6.531,14	6.692,06	6.869,95	-
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	-
Tasarruf Gücü (kW)	157,355	456,2932	620,6336	1.389,94	1.263,0894	57,4424	-
Doğalgaz Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	-
Aylık Enerji Tasarrufu (kWh)	109.624,51	298.415,75	375.278,52	890.492,86	749.428,83	35.958,94	2.459.199,41
Aylık Enerji Tasarrufunun Mali Değeri (TL)	9.372,90	25.514,55	32.086,31	76.137,14	64.076,16	3.074,49	210.261,55

Doğalgaz Birim Fiyatı: 0,0855 TL/kWh

Tablo 6. Uygulama sonrası sistem ölçüm parametreleri

Parametreler	Ölçülen Değerler	
Türbin doğalgaz tüketimi	2.109	Sm^3/h
Türbin elektrik üretimi	6.970	kW
Türbin hava giriş sıcaklığı	13	$^{\circ}C$
Sirkülasyon pompa gücü	4,8	kW
Soğutma suyu debisi	46,33	m^3/h
Su gidiş sıcaklığı	10,7	$^{\circ}C$
Su dönüş sıcaklığı	16,1	$^{\circ}C$
Sirkülasyon pompa gücü	11,4	kW

Gaz türbini giriş havasının absorbsiyonlu chiller ile soğutulması projesi için toplam değerler

$$\text{Tasarrufun Mali Değeri}_{\text{toplam}} = \text{Gaz Türbini Tasarruf Değeri}\left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}}\right]$$

$$\text{Tasarrufun Mali Değeri}_{\text{toplam}} = 205.084{,}31\left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}}\right]$$

$$\text{Yatırım Maliyeti}_{\text{toplam}} = 291.135\ \text{TL}$$

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{291.135\ [\text{TL}]}{205.084{,}31\left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}}\right]} = 1{,}41\ \text{yıl}$$

Yıllık çalışma süresi hesabı;

Gaz türbinin giriş havasının soğutulması gereken süre yıllık 3.815,33 saattir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Gaz türbini emiş havası soğutularak gaz türbini verimi %32,09'dan %34,45'e arttırılmış, doğalgaz tüketimi yıllık 2.459.199,41 kWh azaltılmıştır. Emiş havası daha temiz ve şartlandırıldığından dolayı bakım masrafları azaltılmıştır. Sıcak havalarda türbinin devre dışı kalması engellenerek üretim kesintileri ve kayıpları minimize edilmiştir.

Bu çalışma ve benzer çalışmalar göstermiştir ki enerji tasarrufu önemli bir kavramdır. Ancak enerji verimliliği de en az tasarruf kadar önem arz etmektedir. Ülkemiz enerji kaynakları noktasında dışa bağımlı ve kullanımı noktasında da bir o kadar savurgandır. Genelde tasarruf kavramının yanında

yatırım yapılarak spesifik enerji tüketimleri düşürülmeli ve orta uzun vadede geri dönüşleri takip edilmelidir. Emiş havasının soğutulması ile verimliliğin arttırılması basit prensibinden yola çıkılarak ne kadar etkili bir proje ve kısa geri dönüşünün olduğu görülmüştür. Bu prensip kompresörler, gaz motorları, içten yanmalı motorlarda vb. sistemlerde kolaylıkla uygulanabilir ve bu sistemlere atık ısı absorpsiyon chiller sistemleri ya da yenilenebilir enerji kaynakları ile elde edilen herhangi bir soğutma makinaları yardımıyla entegre edilmesi ile verim artışı izlenebilir.

KAYNAKLAR

E. Stewart, Jr., William, Combustion Turbine inlet air cooling systems, ASHRAE Systems And Equipment, 2000, Ashrae Handbook

ATIK YAĞ BİYODİZEL-DİZEL KARIŞIMLARININ EGZOZ EMİSYONLARINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Arş. Gör. Ümit Ağbulut
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
umitagbulut@duzce.edu.tr

Doç. Dr. Suat Sarıdemir
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
suatsaridemir@duzce.edu.tr

Özet

Bugün milyonlarca insan fosil yakıtların yanması sonucu çevreye salınan egzoz gazı emisyonlarına maruz kalmaktadır. Egzoz gazlarının teneffüs edilmesi sonucu canlılar ciddi hastalıklarla karşı karşıya kalmakta ve hatta ölmektedirler. Egzoz gazları, dünyanın ekolojik dengesini de tehdit etmekte; sera gazlarına ve asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Sadece 1 litre mazotun yakılmasıyla birlikte 2,9 kilogram sera gazı salınımı gerçekleşmektedir. Dünyanın günlük petrol tüketimin 2017 yılında 1,6 milyon varil olduğu düşünüldüğünde fosil yakıtları daha çevreci hale dönüştüren çalışmaların önemi artmaktadır. Günümüzde, fosil yakıtlara biyodizel ilavesi yakıtı daha çevreci hale getiren en yaygın yöntemlerin başında gelmektedir. Bu çalışmada atık kızartma yağlarından üretilmiş olan biyodizel yakıt ve dizel yakıt hacimsel olarak %10, %20 ve %30 oranlarında harmanlanmıştır. Elde edilen yeni yakıt karışımlarının egzoz emisyonları üzerinde meydana getirdiği değişiklikler saptanmıştır. Sonuçlar, atık yağı biyodizelin, saf dizele ilavesiyle; karbon monoksit (CO) ve hidrokarbon (HC) emisyonlarında azalma, karbon dioksit (CO_2) ve azot oksit (NOx) emisyonlarında ise bir miktar artmaya sebep olduğunu göstermiştir. Elde edilen deneysel bulgular, atık yağlarından üretilen biyodizellerin dizel motorlarda hiçbir modifikasyon yapmaksızın kullanabileceğini ve ikame edildiği yakıtı daha çevreci bir yakıt tipine dönüştürme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atık yağlar, biyodizel, egzoz emisyonları.

Investigation of the Effects of Waste Oil Biodiesel-Diesel Blends on Exhaust Emissions

Abstract

Today, millions of people are exposed to exhaust gas emissions in the atmosphere arising from the burning of fossil fuels. As a result of inhalation of exhaust gases, human beings face serious diseases and even die. Exhaust gases also threaten the ecological balance of the world and cause greenhouse gases and acid rain. By the burning of only 1 liter of diesel, 2.9 kilograms of greenhouse gas emissions are emitted. Considering that the world's daily oil consumption is 1.6 million barrels in the year 2017, the importance of the studies that convert fossil fuels into a cleaner energy source is increasing. Nowadays, the addition of biodiesel into fossil fuels is one of the most common methods that make fuel more environmentally friendly. In this study, biodiesel fuel from waste frying oils and diesel fuel were blended in various volumes of 10%, 20% and 30%. The changes in the exhaust emissions of new fuel blends are determined experimentally. The results showed that adding waste oil biodiesel into neat diesel decreased carbon monoxide (CO) and hydrocarbon (HC) emissions whilst slightly increased carbon dioxide (CO_2), nitrogen oxide (NOx) emission. The experimental results clearly indicated that the biodiesel from waste oils can be used without any modifications in the diesel engines and have a big potential to convert the fuel into a more environmentally friendly fuel type.

Keywords: Waste oils, biodiesel, exhaust emissions,

1. GİRİŞ

Bugün, dünya genelinde 1.2 milyar binek araç ve 380 milyon ticari araç olduğu bilinmektedir ve ulaşım %99.9 oranında içten yanmalı motorlar ile tahrik edilen bu araçlar tarafından sağlanmaktadır (Ağbulut & Bakır, 2019). Hızla gelişen teknoloji ve artan nüfusa paralel olarak dünya genelindeki toplam araç sayısı da her geçen gün artmaktadır. Araçların tahrik edilebilmesi için gerekli olan enerji fosil yakıtların yakılması sonucu elde edilmektedir. Ancak fosil yakıtların yanması sonucu birçok zararlı egzoz emisyonları atmosfere salınmaktadır. Örneğin, içten yanmalı bir motor içerisinde 1 litre mazotun yakılması sonucu atmosfere 2.9 kilogram sera gazı emisyonu salınmaktadır ve bu miktar 1 litre benzin için 2.7 kilogram sera gazına eşittir (Ağbulut & Sarıdemir, 2019). Tarihin her döneminde, içten yanmalı motorlardan atmosfere salınan egzoz gazlarının etkisiyle birçok insan ciddi hastalıklarla mücadele etmek zorunda kalmıştır. Bu nedenle, birçok araştırmacı içten yanmalı motorlardan kaynaklanan zararlı egzoz gazı emisyonların seviyelerini azaltmak için çalışmalar yapmaktadır. Bu bağlamda, en pratik ve ekonomik yöntemlerden birisi hiç şüphesiz fosil kökenli yakıtlara biyodizel yakıtların harmanlanmasıdır. Biyodizel yakıtlar hayvansal ve bitkisel yağlardan üretilen yenilebilir enerji kaynaklarıdır. Aslında bitkisel ve hayvansal yağlar, fiziksel ve kimyasal özellikleriyle fosil kökenli yakıtlardan oldukça farklı özelliklere sahiptir. Ancak, genellikle transesterifikasyon yöntemi kullanılarak bu yağların özellikleri fosil yakıtların sahip olduğu özelliklere yakınlaştırılır. Bu çalışmada, öncelikle atık kızartma yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi gerçekleştirilmiş ve belirli oranlarda saf dizel yakıtı ile harmanlanarak egzoz emisyon değerleri test edilmiştir.

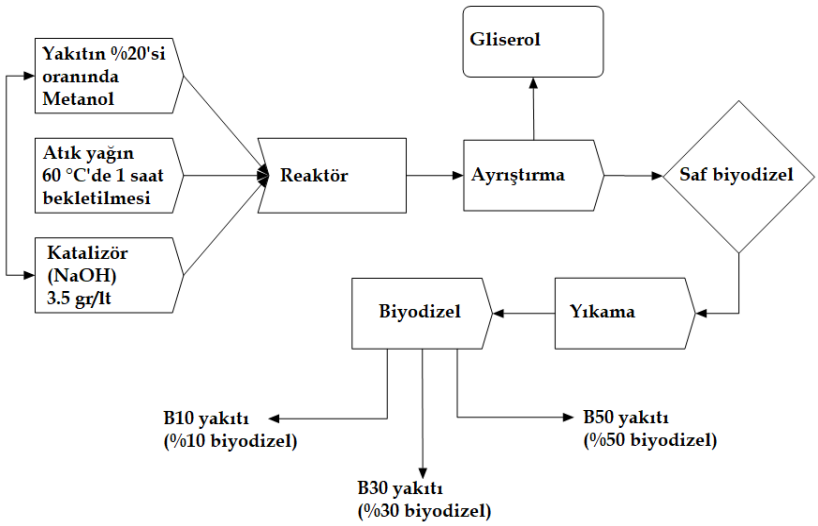
Literatürde, biyodizel-dizel karışımlarının egzoz emisyonlarında meydana getirdiği değişiklikleri araştıran birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Dorado ve ark. (2003) atık zeytin yağı metil esterden ürettikleri biyodizel yaktını saf dizel yakıt ile karıştırmış ve egzoz emisyon değerleri üzerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Sonuçlar, saf dizel yakıta biyodizel ilavesinin CO emisyonunda %58.9, CO_2 emisyonunda %8.6, NO emisyonunda %37.5 ve SO_2 emisyonunda ise %57.7 oranında azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan NO_2 emisyonunda ise %81 oranında bir artış tespit edilmiştir (Dorado ve ark. 2003). Keskin (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, trasesterifikasyon yöntemi ile ürettiği pamuk yağı metil esterini, dizel yakıta hacimce %10, %20 ve %50 oranında karıştırmıştır. Sonuçlar, saf dizele biyodizel ilavesinin CO ve duman koyuluklarında azalmaya ve NOx emisyonunda ise artmaya sebep olduğunu tespit etmiştir (Keskin, 2018). Sarıdemir ve Albayrak (2015) yaptıkları çalışmada, kanola yağı metil esterinden ürettikleri biyodizeli saf dizel yakıta karıştırmışlardır. İlgili çalışmada, kanol yağı biyodizelinin karışımdaki oranının artmasıyla elde edilen güç ve tork değerinin yanı sıra CO, CO_2 ve duman koyuluğunda azalma ve HC, NOx emisyonları ile özgül yakıt tüketiminde ise artış tespit etmişlerdir (Sarıdemir ve Albayrak, 2015). Ağbulut ve ark. (2018) etanolü saf benzin yakıtla karıştırmışlardır. Elde edilen deneysel sonuçlar, etanol ilavesinin benzin yakıta oranla artmasına bağlı olarak CO, HC emisyonlarında azalma, CO_2 ve NOx emisyonlarında ise artma göstermiştir (Ağbulut ve ark. 2018). Başka bir çalışmada ise, Özsezen ve Çanakçı (2009) atık palmiye yağından üretilmiş biyodizel yakıtın dizel yakıta farklı oranlarda harmanlanması sonucunda HC, CO ve duman koyuluğundan azalma CO_2 ve NOx değerlerinde ise bir artma meydana geldiğini rapor etmişlerdir (Özsezen ve Çanakçı, 2009). Aysal ve ark. (2014) ise, hardal yağından biyodizel üretimi gerçekleştirip saf dizelle harmanlamışlardır. Deneyler, hardal yağı biyodizel, saf dizel ve biyodizel-dizel karışımı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney sonuçları, hardal yağı biyodizelin emisyon değerlerinin saf dizel yakıtın emisyon değerlerinden daha düşük olduğunu göstermiştir (Aysal ve ark., 2014).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, biyodizel-dizel karışımlarının bir içten yanmalı motorda kullanılması sonucunda genellikle HC, CO ve is oranında önemli miktarda azalmalara, NOx emisyonunda ise %5-20 oranında artmalara sebep olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışmada, tüm deneyler 210 bar enjektör basıncında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, deneyler yağ sıcaklığının 40 °C'ye ulaşmasıyla başlatılmıştır. Bu çalışma, 2000 d/d sabit bir motor hızında ve üç farklı yükleme durumunda (2.5 N.m, 5 N.m ve 7.5 N.m) yapılmıştır. Her bir deney aynı deney şartları ve altında üç kez tekrar edilmiş, elde edilen verilerin aritmetik ortalamaları alınarak çalışmada sunulan sonuçlar kısmı oluşturulmuştur. Çalışmada, transesterifikasyon yöntemi sonucu atık yağı metil esterinden

üretilen biyodizel yakıtın farklı oranlarda (hacimce %10, %20 ve %30) saf dizel yakıt ile harmanlanması sonucu egzoz gazı emisyonlarında meydana getirdiği değişimler gözlemlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada saf dizel yakıta ilave edilecek olan biyodizel TS EN 14214 standardı referans alınarak transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiştir. Transesterifikasyon yöntemi adımları Şekil 1 ile verilmiştir. Üretimde, katalizör olarak sodyum hidroksit (NaOH) tercih edilmiştir. Sodyum hidroksit, 3.5 gram/litre oranında karıştırılmıştır. Ayrıca, biyodizel üretimi için yakıta hacimce 1/5 oranında metanol eklenmiş ve reaksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem 1 saat boyunca 60 °C'de (±2°C) sürdürülmüştür. Daha sonra, karışım dinlendirilmiş ve karışım içerisinde oluşan gliserolün dinlenme sonucu dibe çökmesi beklenmiştir. Dibe çöken gliserol ayrıştırma kabı yardımı ile biyodizel yakıttan uzaklaştırılmıştır.



Şekil 1. Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretiminin akış şeması.

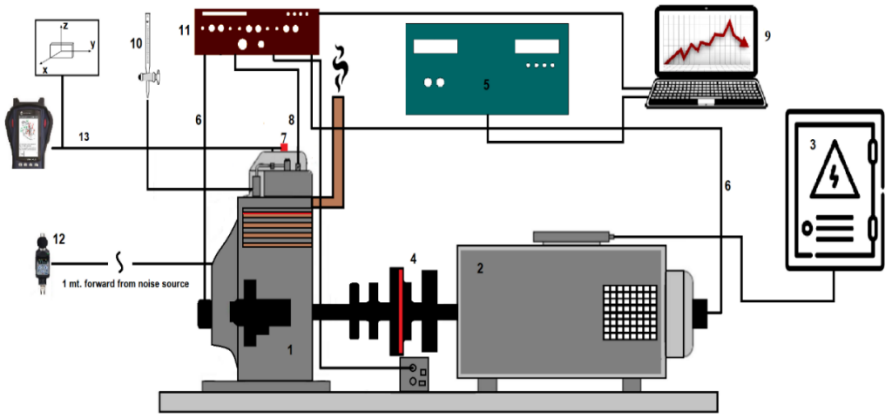
Bu noktada, elde edilen biyodizel yakıtın içerisinde kalıntı gliserol, tuz ya da metanol gibi bileşiklerin bulunma ihtimaline karşılık elde edilmiş olan biyodizel saf su ile yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Yıkama işleminden sonra yakıt içerisinde bulunan suyun uzaklaştırılması için karışım 2 saat boyunca 90 °C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Bu işlem sonucunca elde edilen biyodizel yakıt hacimce %10, %30 ve %50 oranlarında saf yakıta ilave edilmiştir. Elde edilen yakıt karışımları, biyodizelin ilave edildiği oranı temsilen B10, B20 ve B50 olarak adlandırılmıştır. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için biyodizel ilavesi olmayan saf dizel yakıt (B0) referans olarak tercih edilmiştir.

Çalışmada direkt enjeksiyonlu, 4 zamanlı ve tek silindirli, hava soğutmalı Lombardini 15 LD 350 model bir dizel motor kullanılmıştır. Kullanılan bu deney motorunun teknik özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri.

Model	Lombardini 15 LD 350
Silindir Sayısı	1
Maksimum Güç	7.5 HP/3600 d/d
Maksimum Tork	16.6 Nm/2400 d/d
Silindir Hacmi	349 cm^3
Kompresyon Oranı	20.3/1
Çap× stroke	82 mm × 66 mm
Enjektör Açılma Basıncı	207 bar

Çalışmada kullanılan deney düzeneğine ait şematik gösterim Şekil 2 ile verilmiştir.



Şekil 2. Deneysel düzeneğin şematik gösterimi.

1. Test motoru 2. Dinamometre 3. Kontrol paneli 4. Tork metre 5. Egzoz gazı emisyon cihazı 6. Enkoder 7. İvmeölçer 8. Silindir içi basınç sensörü 9. Bilgisayar 10. Yakıt tüketim büreti 11. Anakart 12. Gürültü ölçüm cihazı 13. Titreşim ölçüm cihazı

Çalışmada, egzoz emisyon verileri K-Test marka egzoz emisyonu ölçüm cihazı yardımıyla ölçülmüştür. Kullanılan ölçüm cihazının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Egzoz emisyon cihazına ait teknik özellikler.

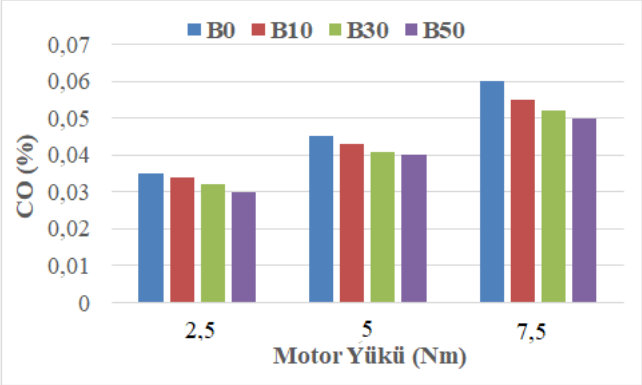
Marka	K Test
O_2 konsantrasyonu (%)	0-25 (%)
CO konsantrasyonu (%)	0-15 (%)
NOx konsantrasyonu (ppm)	0-5000 (ppm)
HC (ppm)	0-20.000(ppm)
CO_2konsantrasyonu (%)	0-20 (%)
OPASİTE %	0 - 99.99
OPASİTE K	0 - 9.99
Lambda	0,5 - 2,0

Deneyler 2000 d/d sabit motor devrinde 3 faklı motor yükünde (2.5 Nm, 5 Nm, 7.5 Nm) yapılmıştır. Tüm deneylere motor yağ sıcaklığı 40 °C'ye ulaşınca başlanmıştır.

3. SONUÇ

3.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

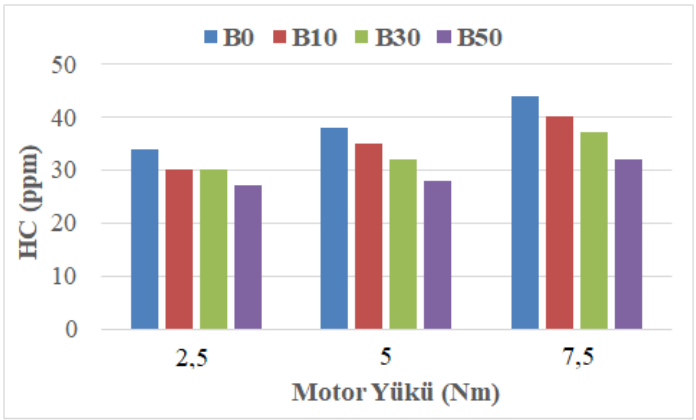
Yakıtın tam olarak yanamaması CO emisyonlarının oluşturur. Yakıtın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile hava/yakıt oranı, yanma odası şekli, püskürtme basıncı, motor yükü ve devri CO emisyonlarının oluşumunu etkiler. Homojen olmayan karışım, yetersiz O_2 ve yanma süreside CO emisyonlarının sebeplerindendir. Biyodizel içerikli yakıtların O_2 içeriğinin dizel yakıta göre daha yüksektir. Bu nedenle Şekil 3'te görüldüğü gibi yakıt karışımları içerisindeki biyodizel oranına bağlı olarak CO emisyonları tüm yüklerde azalmaktadır. Motor yükünün artmasına bağlı olarak yanma odasına püskürtülen yakıt miktarının artması, karışımı zenginleştirerek CO emisyonlarını tüm yakıt karışımları için artırmıştır.



Şekil 3. Karbonmonoksit (CO) emisyonlarının değişimi

3.2. Hidrokarbon (HC) Emisyonları

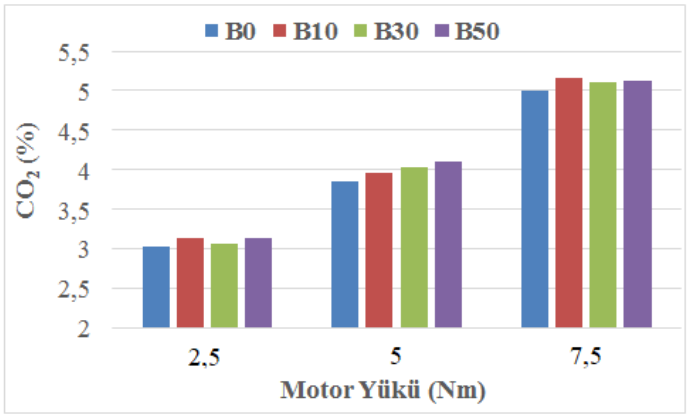
HC emisyonlarını yanmadan dış ortama atılan yakıt meydana getirir. HC emisyonlarının oluşum nedenleri CO emisyonlarına benzer olmakla birlikte, HC oluşumunun iki temel nedeni ise ortamdaki düşük sıcaklık ve yetersiz bulunan oksijendir. Şekil 4 incelendiğinde HC emisyonları motor yükünün artışıyla arttığı görülmektedir. Motor yüküne bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması, tüm yakıt karışımları için HC emisyonlarını artırmıştır. Biyodizel içerikli yakıtların O_2 içeriğinin yüksek olması, yanmayı iyileştirerek biyodizel oranına bağlı olarak HC emisyonlarını azaltmıştır.



Şekil 4. HC emisyonlarının değişimi

3.3. Karbondioksit (CO_2) Emisyonları

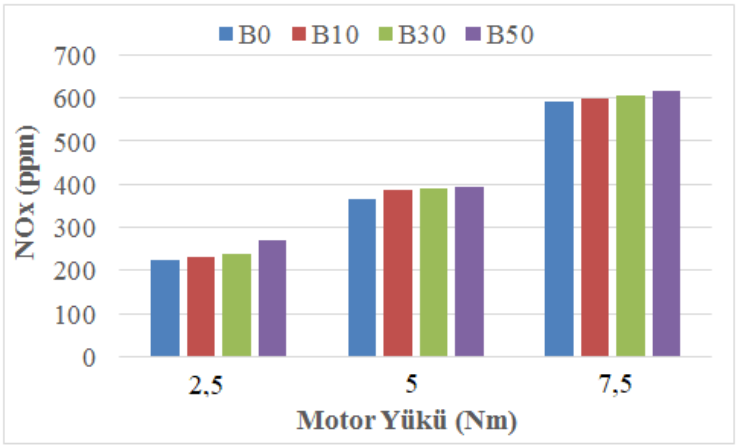
Renksiz kokusuz ve zararsız bir gaz olan CO_2, normal yanma süreçlerinin bütününde açığa çıkmaktadır ve sera etkisine neden olmaktadır. CO_2 emisyonunun artması demek, dünya ısısının artması ve birçok türün yok olması demektir. Yakıtın tam yanması CO_2 emisyonlarını azaltır. Yanma esnasında yakıtın içerisinde bulunan karbon ve hidrojen bileşenlerinin birbirinden ayrışmasıyla birlikte, hidrojen bileşeni suya dönüşmektedir. Karbon bileşeni ise oksidasyon esnasında yeterli oksijeni bulması halinde CO_2'ye, bulamaması halindeyse CO veya dumana dönüşmektedir. Şekil 5'te görüldüğü gibi motor yüküne bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması, CO_2 emisyonlarını artırmıştır. Biyodizel içerikli yakıtların O_2 oranın büyük olması, CO_2 emisyonlarının B0'a göre daha fazla olmasına neden olmuştur.



Şekil 5. CO_2 emisyonlarının değişimi

3.4. Nitrojenoksit (NOx) Emisyonları

NOx emisyonları, silindir içi yanma sıcaklığının 1600 K'yı aştığında havanın iyonize olup, içeriğindeki azotun ayrışıp oksijenle birleşmesi ile oluşmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda, yeterli oksijenin ve zamanın olması halinde, oksijen azotla reaksiyona girerek NOx' leri oluşturmaktadır Behçet ve Çakmak (2011). Şekil 6'da görüldüğü gibi NOx emisyonları motor yüküne bağlı olarak artmaktadır. Yüke bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması, yanma sonu sıcaklıklarını da artırmıştır. Biyodizel içerikli yakıtların setan sayıları B0'a göre daha küçüktür. Setan sayısının küçük olması, biyodizel içerikli yakıtların tutuşma gecikmesi süresini uzatarak yanma odasında daha fazla yakıt birikmesine neden olmaktadır. Bu durum yanma sonu basıncını ve sıcaklığını artırarak biyodizel içerikli yakıtlar ile daha fazla NOx emisyonu oluşmasına neden olmuştur.



Şekil 6. NOx emisyonlarının değişimi

4. ÇIKARIM

Yapılan çalışmadan elde edilen deneysel veriler ışığında aşağıdaki çıkarımlar yapılmıştır.

- Biyodizel içerisindeki yüksek oksijen, zengin bölgelerde yeterli yanmayı sağlayarak hidrokarbon emisyonlarını azaltmıştır.
- Motor yükünün artışına bağlı olarak yanma sıcaklığının artması, tüm yakıtların NOx emisyonlarını artırmıştır.
- Atık yağ biyodizel içerikli yakıtların sahip olduğu nispeten yüksek O_2 içeriğinin saf dizel yakıta kıyasla tüm motor yüklerinde daha küçük CO oluşumunu sağlamıştır.
- Motor yükündeki artışa paralel olarak enjektörden püskürtülen yakıt miktarının artması karışımları zenginleştirerek, karbondioksit emisyonlarını artırmıştır.

KAYNAKLAR

Ağbulut, Ü., & Bakır, H. 2019. The investigation on economic and ecological impacts of tendency to electric vehicles instead of internal combustion engines. Düzce University Journal of Science and Technology.

Ağbulut, Ü., & Sarıdemir, S. 2019. A general view to converting fossil fuels to cleaner energy source by adding nanoparticles. International Journal of Ambient Energy, 1-6.

Ağbulut, Ü., Sarıdemir, S., & Durucan, G. 2018. The Impacts of Ethanol-Gasoline Blended Fuels on the Pollutant Emissions and Performance of a Spark-Ignition Engine: An Empirical Study. International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis (IJAEFEA), 5(4), 50-59.

Aysal, F. E., Aksoy, F., Şahin, A., Aksoy, L., & YILDIRIM, H. (2014). Hardal Yağından Biyodizel Üretiminin Optimizasyonu ve Motor Performans Testleri. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), 1-9.

Dorado, M. P., Ballesteros, E., Arnal, J. M., Gomez, J., & Lopez, F. J. 2003. Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. Fuel, 82(11), 1311-1315.

Keskin, A. 2018. Pamuk yağı metil esteri-eurodizel yakıt karışımlarının direkt püskürtmeli bir dizel motorunun yanma, performans ve emisyon karakteristiklerine etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2018(18-2).

Sarıdemir, S., & Albayrak, S. 2015. Kanola Yağı Metil Esteri Ve Karışımlarının Motor Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Olan Etkileri. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 4(1), 35-46.

Özsezen, A. N., & Çanakçi, M. (2009). Biyodizel ve karışımlarının kullanıldığı bir dizel motorda performans ve emisyon analizi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 15(2).

KARBON ELYAF TAKVİYELİ PC/PLA KOMPOZİTLERİNİN ALEV GECİKTİRİCİLİĞİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Gizem URTEKİN
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
urtekin.gizem@gmail.com

Seda HAZER
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
hazerseda@gmail.com

Doç. Dr. Ayşe AYTAÇ*
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
Kocaeli Üniversitesi, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Kocaeli-TÜRKİYE
*Sorumlu yazar: aaytac@kocaeli.edu.tr

Özet
Poli(laktik) asit (PLA), petrol temelli polimerlere karşılaştırıldığında çevre dostu bir polimerdir ve farklı alanlarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. PLA, biyobozunurluğunun yanında diğer biyobozunur polimerlere göre daha yüksek mekanik özellik, gaz geçirgenliği ve saydamlık gibi istenilen özelliklere sahiptir. Bu nedenlerle de biyomedikal uygulamalarda ve paketleme endüstrisinde ilk tercih haline gelmektedir. Ancak, PLA'nın ısıl dayanımının düşük olması ve kırılgan olması onun bazı alanlarda kullanımını sınırlandırmaktadır. Polikarbonat (PC) ise yüksek termal özellikler, tokluk ve darbe dayanımı göstermektedir. Literatürde, PLA'nın eksikliklerinin PC ile karışımı hazırlanarak giderilmeye çalışıldığı yayınlar bulunmaktadır. PLA/PC karışımının mekanik özellikleri, karbon elyaf (KE) gibi elyaf takviyesi ile arttırılabilir. Bunun yanında, kompozitlerin otomotiv ve elektronik sektörü gibi alanlarda kullanımının arttırılması için alev dayanımı özelliğinin de iyi olması istenmektedir. Bu çalışmada, PC/PLA/KE((50/50/30) karışımının, alev dayanımı özelliğini geliştirmek amacıyla amonyum polifosfat (APP), bor fosfat (BP) ve APP/BP karışımı takviyesi yapılmıştır. Örnekler, laboratuvar ölçekli çift vidalı mini ekstruderde 240 ^{o}C'de harmanlanıp enjeksiyon kalıplama cihazında kalıplanmıştır. Hazırlanan numunelerin karakterizasyonları diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC), termal gravimetrik analiz (TGA), çekme testi ve sınırlayıcı oksijen indeksi(LOI) testleri ile yapılmıştır. Yapılan LOI testi sonucunda en yüksek LOI değeri 50PLA50PC30KE/2.5APP-7.5BF örneği için 29.7 olarak elde edilmiştir. TGA analizi sonucunda ise BP ilavesinin bozunma başlama sıcaklığını, APP'ye göre daha fazla arttırdığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: poli(laktik asit), polikarbonat, bor fosfat, alev geciktiricilik, karbon elyaf

IMPROMENT OF FLAME RETARDANCY OF CARBON FIBER REINFORCED PC / PLA COMPOSITES

ABSTRACT
Poly (lactic) acid (PLA) is a more environmentally friendly polymer compared to petroleum-based polymers and it is increasingly used in different fields day by day. In addition to its biodegradability, PLA has the desired properties such as higher mechanical properties, gas permeability and transparency than other biodegradable polymers. For these reasons, it is becoming the first choice in biomedical applications and packaging industry. However, the low thermal resistance and fragility of the PLA limit its use in some industrial areas. Polycarbonate (PC) has high thermal properties, toughness and impact resistance. In the literature, there are publications in which the deficiencies of PLA are eliminated by mixing with PC. The mechanical properties of the PLA / PC mixture can be increased by fiber reinforcement such as carbon fiber (KE). Besides, it is desirable to have good flame resistance to increase the use of composites in areas such as automotive and electronics sector. In this

study, ammonium polyphosphate (APP), boron phosphate (BP) and APP / BP mixture were added to a mixture of PC / PLA / KE ((50/50) / 30) to improve the flame resistance. Samples were compounded at 240 °C in a laboratory scale twin screw extruder and molded in the injection moulding device. Characterization of prepared samples was done by differential scanning calorimetry (DSC), thermal gravimetric analysis (TGA), tensile test and limiting oxygen index (LOI) tests. As a result of the LOI test, the highest LOI value was obtained as 29.7 for the 50PLA50PC30KE / 2.5APP-7.5BF sample. As a result of the TGA analysis, it was found that the addition of BP increased the initial decomposition temperature more than the APP.

Keywords: poly(lactic acid), polycarbonate, boron phosphate, flame retardancy, carbon fiber

1.GİRİŞ

Biyo plastik sektörü, 1990'lardan bu yana gelişim gösteren ve hala gelişmekte olan bir sektördür. Günümüzde bu sektörde biyolojik içeriği yüksek, dayanıklı biyo-plastiklerin üretimini amaçlayan bir yaklaşım mevcuttur. Temel amaç, elde edilen malzemenin kullanım süresi boyunca çevreye en az zarar vermesidir. Fosil yakıtların yerini yenilenebilir kaynaklara bırakması için çalışmalar sürdürülmektedir (Nagarajan ve ark.,2016).

Poli(laktik asit) (PLA), laktik asidin sentezinden elde edilen biyobozunur, polyester sınıfından bir malzemedir. PLA, poli (L-laktik asit) (PLLA) ve poli (D-laktik asit) (PDLA) içeren bir enantiyomerik polyesterdir (Yang ve ark.,2008). PLA, petrol bazlı mühendislik plastiklerinin yerini yüksek mekanik dayanım değerleriyle alan biyobozunur bir polimer olarak bilinmektedir. Mekanik dayanımının iyi olmasının yanında darbe dayanımındaki eksiklik ve düşük sıcaklıklarda bozunmaya uğraması onun farklı alanlarda uygulamaları kısıtlamaktadır. Polimerin bozunma sıcaklığını iyileştirmek için nano boyutlu silikatlar, cam elyaf, karbon elyaf, selüloz lifi gibi birçok katkı maddesi denenmiş ve güzel sonuçlar elde edilmiştir (Lin ve ark.,2015). Otomotiv, elektronik ve diğer endüstrilerde çok amaçlı uzun süreli uygulamalar için dayanıklı biyoplastikler istenmektedir. Geçtiğimiz son on yılda, otomotiv, elektronik ve dayanıklı parça üretimi uygulamaları için PLA bazlı harmanların ve kompozitlerin geliştirilmesinde dikkat çekici bir araştırma artışı olduğu görülmüştür (Nagarajan ve ark.,2016).

Polikarbonat(PC), yüksek termal kararlılığa ve yüksek darbe direnci değerlerine sahiptir. Otomotiv ve elektronik cihazlarda oldukça fazla kullanılan bir mühendislik plastiğidir. PC, PLA'ya kıyasla çok yüksek bir erime viskozitesine sahiptir (Karslı ve Aytaç,2014, Lin ve ark.,2015).

Mısır, şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen biyobozunur polimerlerden en dikkat çekicisi PLA'dır. Diğer bileşen olan PC, benzersiz bir tokluk, boyutsal kararlılık, optik netlik, yüksek ısı direnci ve mükemmel elektriksel direnç dengesine sahip hafif, yüksek performanslı bir malzemedir (Rahman ve ark.,2011, Lin ve ark.,2014). Bu iki polimer bir araya getirilerek karışımlar hazırlanmakta ve endüstri için ideal malzemeler elde edilmektedir. Elde edilen bu malzemelerin alev geciktiriciliğinin de iyileştirilmesi farklı sektörlerde istenmektedir.

Alev geciktirici davranış veya kompozit malzemenin yangın performansı iki şekilde iyileştirilebilir. İlk olarak, kompozit yapım bileşenlerinin yangın performansını arttırarak, yani matris ve güçlendirici madde ilave edilerek bu yapılabilir. İkinci yöntem ise kompozitlerin çekirdeğini çevreleyen koruyucu alev geciktirici kaplama yapmaktır. Bileşik malzemelerin yanma performansını arttırmanın yanı sıra, bileşen modifikasyonu ve koruyucu kaplama sağlamak yoluyla farklı yöntemler tartışılmaktadır (Bar ve ark.,2015). Polimer karışımlarına alev geciktiricilik özellik kazandırmak için en yaygın olarak kullanılan yöntem kabaran alev geciktirici(intumescent flame retardant)(IFR) sistemleridir. Amaç ısı ve oksijenin alev içerisinde ilerlemesini engellemektir. Bu sistemlerde amonyum polifosfat(APP) ilk tercih edilen asit kaynaklarından biridir. Hem fosforun hem de borun alev geciktirici katkı maddelerinde kullanılan "alev geciktirici elementler" olduğu bilinmektedir (Zhao ve ark.,2011, Sain ve ark.,2004). Ayrıca, alev geciktirici katkı maddeleri olarak borik asit, amonyum fosfatlar ve boratlar, amonyum sülfat ve klorürler, çinko klorür ve borat, antimon oksit ve sodyum borat da kullanılmıştır. Katkı maddeleri, katı, sıvı veya gaz fazında kimyasal veya fiziksel olarak sistem içerisinde hareket kabiliyetine sahiptirler. Örneğin, halojen içeren bileşiklerin temelde radikal reaksiyon yoluyla bir buhar fazı alev önleyici mekanizma ile işlev gördüğü söylenirken, fosfor bileşiklerin piroliz sırasında

polimerik malzemelerin bir kalıntı tortusuna dönüşümünü artırarak yanıcı karbon içeren gazların oluşumunu azalttığı söylenmektedir (Sain ve ark.,2004).

PLA/PC karışımı, otomotiv parçaları, mobil telefonlar, dizüstü bilgisayarlar gibi çok çeşitli teknolojik alanlarda kullanılmakta ve dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, karbon elyaf takviyesi ile özellikleri geliştirilmiş PLA/PC karışımına APP ve BF takviyesi ile alev geciktiricilik özelliğinin kazandırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda APP ve BF karışımlarının alev geciktiricilik üzerinde etkileri de incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Malzemeler

Poli(laktik) asit(PLA), NatureWorks firmasından (PLA-2003D) temin edilmiştir. T_g değeri 50-55°C aralığında, T_m değeri 150-155 °C aralığında ve eriyik akış indeksi(MFI) 10–30 g/10 dak(190 °C)'dır. Polikarbonat(PC), PC110 koduyla Kempro firmasından alınmıştır. Yoğunluğu 1.2 g/cm³, MFI değeri 12 g/10dak.(300 °C)'dir. Karbon elyaf (AC0101) (elyaf çapı: 7 µ, elyaf boyutu: 6 mm) DowAksa tarafından sağlanmıştır.

2.2 Numune Hazırlama

Numuneler ekstruzyon yöntemi ile harmanlanmıştır. Ekstruderde üretim yapılmadan önce PLA 80 °C vakumlu fırında 12 saat kurutulmuştur. Tablo 1'de verilen oranlar eşliğinde hazırlanan polimer karışımları Laboratuvar ölçekli çift vidalı ekstruderde eriyik haline getirilmiştir. Bu aşamada ekstrüzyon sıcaklığı 240 °C olarak ayarlanmıştır. Vidaların dönme hızı 100 rpm, eriyiğin cihazda alıkonma süresi 3 dakika olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Numune bileşimleri

ÖRNEKLER	PLA (%wt)	PC (%wt)	KE (%wt)	APP (%wt)	BF (%wt)
PLA/PC	50	50			
PLA/PC/KE	35	35	30		
PLA/PC/KE/APP	30	30	30	10	
PLA/PC/KE/BF	30	30	30		10
PLA/PC/KE/7.5APP/2.5BF	30	30	30	7.5	2.5
PLA/PC/KE/5APP/5BF	30	30	30	5	5
PLA/PC/KE/2.5APP/7.5BF	30	30	30	2.5	7.5

2.3 Karakterizasyon Yöntemleri

Isıl özelliklerin analizi için termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) testleri gerçekleştirildi. TGA analizinde üretilen malzemelerin bozunmaya başlama-bitiş sıcaklıkları, maksimum bozunma sıcaklığı ve yüksek sıcaklıklar sonucu kalan kalıntı miktarları belirlendi. TGA'da analiz 25 °C'den 800 °C'ye dakikada 10 °C sıcaklık artışıyla uygulanmıştır.

DSC analizinde ise camsı geçiş sıcaklığı (T_g), erime sıcaklığı (T_m), erime ve kristalizasyon entalpileri belirlenmiştir. Bu değerlerden %kristalinite değerleri hesaplanmıştır. Bu analizde çift ısıtma uygulandı. Numune ilk olarak 25 °C'den 200 °C'ye dakikada 10 °C sıcaklık artışıyla ısıtıldı. Daha sonra 200 °C'de 5 dakika bekletildi. Ardından tekrardan 25 °C'ye soğutma işlemi uygulandı. Sıcaklık 25 °C'ye geldiğinde tekrar 200 °C'ye ısıtma yapıldı. Analiz sonusu DSC eğrileri elde edildi.

Mekanik özelliklerin tayini için çekme testi gerçekleştirildi. Çekme testi Instron marka evrensel test cihazında gerçekleştirildi. ISO 527 3A standartlarına göre ölçümler yapıldı. Numune 5 mm/dak hızla çekilerek çekme dayanımı, kopma uzaması ve modül değerleri elde edildi. Her numuneden beş örnek test yapılarak ortalama değerler kullanıldı.

Alev geciktiricilik özelliklerini saptamak için sınırlayıcı oksijen indeks (LOI) testi yapıldı. Bu test sırasında numuneler yakılarak, yanma süreleri ve numunelerin yanmaya başladığı $\%O_2$ değerleri belirlendi.

3. SONUÇ

3.1 Termal Gravimetrik Analiz

TGA analizi sonucu elde edilen veriler Tablo 2'de verilmiştir. En yüksek bozunma başlangıç sıcaklığı PLA/PC/KE/2.5APP/7.5BF kompozitinde elde edilmiştir. KE takviyesi maksimum bozunma sıcaklığını karışımınkine göre 18°C arttırmıştır. APP ve BF kontrol numunesindeki etkisi incelendiğinde bor fostatın bozunma sıcaklıklarına daha olumlu etkiler yaptığı görülmektedir. %5 Bor fosfat ilavesinden fazla eklenen kompozitlerde, iki kademeli bozunma meydana gelmektedir.

Tablo 2: TGA analizi sonucu elde edilen veriler

ÖRNEK	Başlangıç Bozunma Sıcaklığı (°C)	50% Kayıp Kütle (°C)	Bozunma Bitiş Sıcaklığı (°C)	Kalan Kül Miktarı (%)
PLA	338	352	374	0
PC	484.4	501	520	21.7
PLA/PC	**341**	**371**	472	5.6
PLA/PC/KE	332.6	**389**	450	31
PLA/PC/KE/APP	330.5	346.1	367	38.7
PLA/PC/KE/BF	341.4 485.2	363 507.8	373 524	40.4
PLA/PC/KE/7.5APP-2.5BF	328	342.1	366	40.3
PLA/PC/KE/5APP-5BF	329	344.4	370	40.2
PLA/PC/KE/2.5APP-7.5BF	**342.4** **526.7**	361.9 507.2	371.2 535.4	44.1

3.2 Diferansiyel Taramalı Kalorimetre

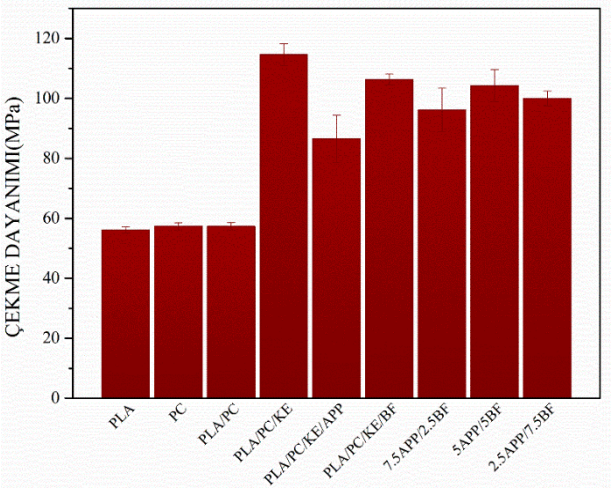
Üretilen örneklerin DSC sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. PLA/PC karışımını T_g değeri 65.1 ^{0}C'dır. Karışıma sırasıyla KE ve BF eklenmesi T_g değerini düşürmüştür. T_g değeri en fazla APP den etkilenmiş ve yaklaşık 8 derece kadar azalmıştır. Karışımın T_m değerleri KE ve alev geciktirici eklenmesinden anlamlı bir şekilde etkilenmemiştir. Karışıma KE eklenmesi kristalinite değerlerini düşürürken, karışım halinde alev geciktirici eklenmesi kristalinite değerlerini arttırmıştır.

Tablo 3 : DSC sonuçları

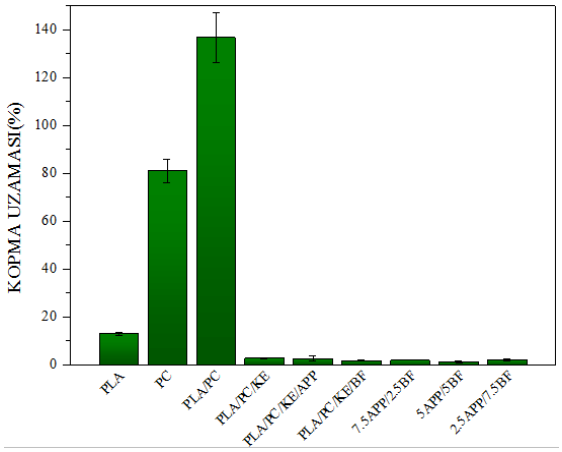
	T_g	T_m	ΔH_m (J/g)	ΔH_c (J/g)	% X_c
PLA	**60.7**	**151.8**	**21.2**	**19.5**	**1.9**
PC	**150.7**	**150.7**			**0.0**
PLA/PC	**65.1**	**149.8**	**10.9**		**23.3**
PLA/PC/KE	**62.8**	**148.2**	**2.9**		**8.8**
PLA/PC/KE/APP	**56.6**	**150.3**	**6.1**		**21.5**
PLA/PC/KE/BF	**60.2**	**154.6**	**4.3**		**15.2**
PLA/PC/KE/7.5APP-2.5BF	**61.1**	**153.2**	**5.2**		**18.5**
PLA/PC/KE/5APP-5BF	**62.0**	**151.0**	**6.7**		**23.8**
PLA/PC/KE/2.5APP-7.5BF	**63.7**	**150.4**	**8.3**		**29.5**

3.3 Çekme Testi

Çekme testi sonuçları Şekil1-2'de gösterilmiştir. En yüksek çekme dayanımı değeri PLA/PC/KE kompozitinde görülmüştür. Kontrol numunesi içerisine APP ilavesinde %15'lik bir düşüş varken Bor fosfat ilavesinde bu değer sadece %5'tir. Kopma uzaması değerleri incelendiğinde; PLA/PC matrisi içerisine eklenen her takviye uzamayı önemli ölçüde düşürmüştür. En yüksek kopmada uzama değeri %136 ile PLA/PC kompozitine aittir. BF ve APP takviyesi ayrı ayrı kopma uzamasını PLA/PC kompozitine göre yaklaşık %100 oranında düşürürken, bu oran BF ilavesinde daha fazladır.



Şekil 1: Kompozitlerin çekme dayanımı değerleri



Şekil 2: Kompozitlerin kopma uzama değerleri

3.4 LOI Testi

Örneklerin LOI değerleri tablo 3'de verilmiştir. En yüksek LOI değeri 29.7 olup PLA/PC/KE/2.5APP/7.5BF kompozitinde elde edilmiştir. PLA/PC karışımının yanmazlığı yaklaşık %24 oranında arttırılmıştır. Alev geciktiricilerin tek tek eklenmesi yaklaşık olarak aynı değerin elde edilmesi ile sonuçlanmıştır.

Tablo 3: LOI değerleri

Örnekler	LOI	Yanma Süresi (dk)	Yanma Sınırı (50mm)
PLA	22.1	2.36	GEÇTİ
PC	28.3	2.2	GEÇMEDİ
PLA/PC	**24.0**	3.09	GEÇMEDİ
PLA/PC/KE	25.5	0.12	GEÇMEDİ
PLA/PC/KE/APP	28.8	3.41	GEÇMEDİ
PLA/PC/KE/BF	28.9	2.65	GEÇMEDİ
PLA/PC/KE/7.5APP-2.5BF	29.4	3.36	GEÇTİ
PLA/PC/KE/5APP-5BF	29.6	2.95	GEÇTİ
PLA/PC/KE/2.5APP-7.5BF	**29.7**	2.61	GEÇMEDİ

4. SONUÇ

Bu çalışmada, karbon elyaf takviyesi ile özellikleri geliştirilmiş PLA/PC karışımının APP ve BF takviyesi ile alev geciktiricilik özelliğinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. TGA analizi sonucunda KE takviyesinin bozunma sıcaklıklığına olumlu etkisi net bir şekilde görülmüştür. Çekme dayanımları karşılaştırıldığında hem alev geciktiricilik hem dayanım istenen durumlarda BF'nin APP ye göre daha etkili olduğu görülmüştür. En yüksek LOI değeri PLA/PC/KE/2.5APP-7.5BF kompozitinde görülmüş olup, değer 29.7 olarak bulunmuştur.

Kaynaklar

Zhao K., Xu W., Song L., Wang B., Feng H., Hu Y. 2011. Synergistic effects between boron phosphate and microencapsulated ammonium polyphosphate in flame-retardant thermoplastic polyurethane composites. Polymers for Advanced Technologies 23(5), 894-900.

Lin L., Deng C. Wang YZ. 2015. Improving the impact property and heatresistance of PLA/PC blends through coupling molecular chains at the interface. Polymers for Advanced Technologies 26(10), 1247-1258.

Lin L., Deng C., Lin GP., Wang YH. 2014. Mechanical Properties, Heat Resistance and Flame Retardancy of Glass Fiber-Reinforced PLA-PC Alloys Based on Aluminum Hypophosphite. Polymer-Plastics Technology and Engineering. 53(6), 613-625.

Sain M., Park SH., Suhara F., Law S. 2004. Flame retardant and mechanical properties of natural fibre–PP composites containing magnesium hydroxide. 83(2), 363-367.

Bar M., Alagirusamy R., Das A. 2015. Flame Retardant Polymer Composites. 16(4), 705-717.

Karsli, NG., Aytac A. (2014). Properties of Alkali Treated Short Flax Fiber Reinforced Poly (Lactic Acid) /Polycarbonate Composites, Fibers and Polymers. 15(12), 2607-2612.

Nagarajan V., Mohanty AK., Misra M. (2016). Perspective on Polylactic Acid (PLA) based Sustainable Materials for Durable Applications: Focus on Toughness and Heat Resistance. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 4(6), 2899-2916.

Yang SL., Wu ZH., Yang W., Yang MB. (2008). Thermal and mechanical properties of chemical crosslinked polylactide (PLA). Polymer Testing. 27(8), 957-963.

Rahman MA., Wilde BL., Verstichel S., Cinelli P. (2011). Biodegradable PLA/PC Copolymers for Automotive Applications. Bioplastics. 6

ATIK YAĞ SERBEST YAĞ ASİTLERİNİN OLEYİL ALKOL İLE ESTERLEŞMESİ

Gürkaya Kutluk
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
bgurkaya@hotmail.com

Arş. Gör. Togayhan Kutluk
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
togayhan.kutluk@kocaeli.edu.tr

Doç. Dr. Başar Uyar
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
basar.uyar@kocaeli.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan Kapucu

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
nurcan.kapucu@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, atık yağlar hidroliz edilerek atık yağ asitleri (FFA) elde edilmiştir. Elde edilen FFA'nın oleyil alkol ile esterleşme tepkimesi incelenmiştir. Esterleşme tepkimesine etki eden parametrelerin (başlangıç su içeriği, enzim miktarı, sıcaklık, asit / alkol mol oranı ve karıştırma hızı) etkileri de incelenmiştir. Deneyler sabit sıcaklıkta çalkalamalı inkübatörde yapılmıştır. FFA dönüşümü titrasyonla belirlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre en yüksek ester dönüşümü (% 81), 1: 1 asit / oleyil alkol molar oranda, enzim miktarı ve başlangıç su içeriği, % 1 olduğu durumda, 30°C sıcaklık, 400 rpm çalkalama hızında ve 24 saatlik tepkime sonucunda elde edilmiştir. Enzim katalizli esterleşme tepkimesinin atık yağ yönetimi, biyoyağlayıcı üretimi ve daha çevre dostu bir işlem için umut verici olduğu öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyoyağlayıcı, çevre dostu, lipaz, oleyil alkol, yenebilir atık yağ.

ESTERIFICATION OF WASTE EDIBLE OIL FATTY ACIDS WITH OLEYL ALCOHOL

Abstract

In the study, firstly the waste edible oils were hydrolyzed to obtain fatty acids (FFA) and then the enzymatic esterification of waste edible oil fatty acids with oleyl alcohol was investigated. Effects of reaction parameters (initial water content, enzyme content, temperature, fatty acids/alcohol molar ratio, and agitation speed) were also examined. The experiments were carried out in a temperature and mixing speed controlled incubator and the conversion of FFA was determined by titration. According to the experimental results, maximum ester conversion (81%) was obtained under the following reaction conditions:1:1 fatty acid/oleyl alcohol molar ratio, 1% enzyme content and initial water content, 30°C temperature, 400 rpm agitation speed, 24 hour reaction time. Enzyme catalyzed esterification processes have been shown to be promising for waste oil management, biolubricant synthesis and a more environmentally friendly process.

Keywords: biolubricant, eco-friendly, lipase, oleyl alcohol, waste edible oil.

1. GİRİŞ

Yağlama yağlarının kullanımı sırasında, kazalar ve sızmalar ile çevreye %50 oranında yağ kayıpları olmaktadır. Özellikle çevreye duyarlı alanlarda (suyla ilgili sektörler, belediye aktiviteleri, dağcılık sektörü, ormancılık ve zirai sektör) bu kayıpların etkisi daha da önemlidir. Yağlama yağlarının toksik özellikleri n edeniyle çevreye verdiği zarar oldukça yüksektir. Ayrıca doğada uzun yıllar bozunmadan kalabilirler. Çevrenin özellikle mineral bazlı yağlama ve hidrolik yağlarının yarattığı kirliliğe karşı korunması için kullanım esnasında oluşabilecek kayıpların mümkün olduğunca azaltılması ve yağın tekrar kullanılabilir özellikte olması gerekmektedir (Schneider 2006). Çevre ile uyumlu, su, toprak ve havanın doğal yapısına zarar vermeyen yağlayıcılar çevre dostu biyoyağlayıcılar olarak adlandırılır. Biyobozunur yağlayıcıların %95'i doğada bir yıl içerisinde bozunmaya uğrar. Hidrokarbon temelli sentetik yağlayıcılara göre daha ucuz, yenilenebilir, doğaya saygılı ve biyobozunur olmaları nedeniyle biyoyağlayıcıların kullanımında son yıllarda artış gözlenmektedir. Biyoyağlayıcıların genel uygulamaları, otomotiv, havacılık, soğutma ve kompresör uygulamaları, iki zamanlı motorlar, zincir testere yağları, biyogreslerin üretimi, metal işleme yağları, beton endüstrisi kalıp yağları, gıda endüstrisi ekipman yağları, hidrolik yağları, vb.'dir. Petrokimya endüstrisinde kullanılan payın düşük olması ile beraber özellikle biyoyağlayıcı üretimi için atık yağların kullanıldığı bilinmektedir (Kutluk, 2012). Mineral yağlara kıyasla, düşük toksik özellikleri ve hızlı biyobozunur olmalarının yanı sıra düşük ısıl özellikleri sayesinde kullanımdan kaynaklanan kayıpları azaltmaları da oldukça önemlidir. Mineral yağ bazlı hidrolik akışkanlar, maliyet açısından halen uygun olmasına rağmen, petrol türevli bir ürün olduğu için yıllar geçtikçe fiyatlarında artış gözlenmektedir. Bitkisel yağların hammade olarak kullanıldığı biyoyağlayıcıların teknik özellikleri, mineral yağlarla yarışabilecek kadar iyi olmasına karşın, ısıl kararlılıkları ve düşük sıcaklıklardaki davranışları başlıca dezavatajlarıdır. Ayrıca, hidrolize karşı duyarlı olup, oksidasyona girme eğilimleri yüksektir. Bu dezavantajlar; gliserinin diğer polyol alkollerle (özellikle trimetilolpropan, TMP) yer değiştirmesi, çoklu doymamış yağ asitlerinin uzaklaştırılması ya da değiştirilmesinin yanı sıra katkı maddelerinin eklenmesi ile ortadan kaldırılabilir (Schneider, 2006). Biyoyağlayıcılar genellikle FFA'nın farklı zincir uzunluklarındaki alkoller ile tepkimesi sonunda sentezlenmektedir. Bu tepkimeler enzim ve kimyasal katalizör ile gerçekleşebilmektedir. Enzim katalizör varlığında gerçekleşen tepkimeler çevreye duyarlıdır. Kimyasal katalizörlere nazaran daha ılımlı sıcaklıklarda tepkime gerçekleşir ve yağ asitlerinin yapısı bozulmaz. Ayrıca tutuklanmış enzimlerin kullanımı ile tepkimeler sonucunda ürün ayırma işlemleri daha kolaydır.

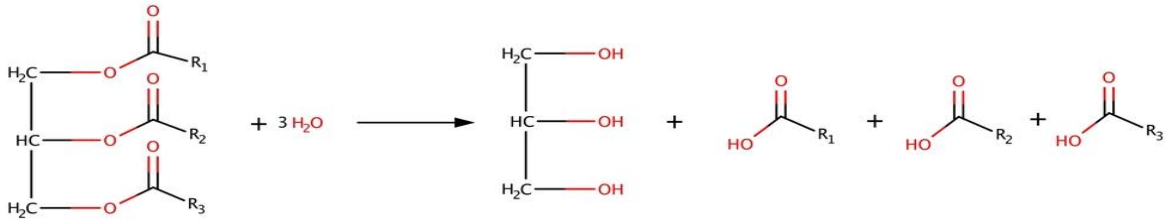
Ülkemizde her yıl yaklaşık 1,5 milyon ton bitkisel yağ gıda amaçlı olarak tüketilmektedir. Lokanta, hızlı gıda sektörü, yemekhane, hazır yemek fabrikası, otel, motel, hastane, turistik tesis, tatil köyleri, gıda endüstrisi, askeri tesis gibi işletmelerde ve evlerde bitkisel yağların kullanımı sonucu yaklaşık 300 bin ton kızartmalık atık yağ oluşmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca verilen bilgilere göre dünyada kişi başı yağ tüketim ortalaması 15 kg/yıl olarak verilnekte, gelişmiş ülkelerde ise bu değer 30-38 kg/yıl arasında değişmektedir. Atık yağlar denizlere, göllere ve akarsulara döküldüğünde su yüzeyini kaplayarak havadan suya oksijen transferini önleyerek balıkların ve diğer canlıların ölümüne neden olmaktadır. Lavaboya döküldüğünde kızartmalık yağlar evsel atık su kirliliğinin %25'ini oluşturur, ayrıca dren sistemine yapışarak kanalizasyon borusu içindeki atıkların boru cidarına tutunmasına, zamanla borunun daralmasına ve kanalizasyon sisteminin kullanılmaz hale gelmesine neden olur (Kutluk, 2013).

Biyoyağlayıcı üretiminde daha çok kimyasal katalizörlerle (asit ve baz) çalışmalar yapılmıştır. Enzim katalizli çalışmalar sınırlı sayıda olup serbest ya da ticari tutuklanmış lipaz formları ile çalışılmıştır.

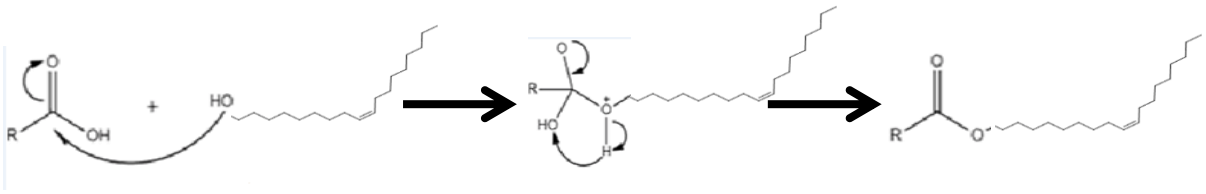
TMP esterlerinin üretimi için sodyum metoksit katalizörü kullanılarak, *Jatropha curcas* yağı metil esteri ile vakum altında ve 200°C'de %47 dönüşüm elde edilmiş, elde edilen biyoyağlayıcının akma noktası ve viskozite indeksi belirlenmiş, soya ve palm yağından elde edilen biyoyağlayıcıların özellikleri ile karşılaştırılmış (Resul ve diğ. 2012); palm yağı metil esterleri ve palm çekirdek yağı metil esterlerinin kullanıldığı bir diğer çalışmada ise (Yunus ve diğ. 2002) polyol ester kimyasal katalizle elde edilerek analizleri TLC, HPLC ve GC ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada atık yağdan elde edilen FFA'nın oleyil alkol ile lipaz katalizli enzimatik esterleşme tepkimesine (Şekil 1.2) etki eden başlıca tepkime parametreleri (başlangıç su içeriği, enzim miktarı,

sıcaklık, asit / alkol mol oranı ve karıştırma hızı) incelenmiştir. Atık yağın hidroliz tepkimesi Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Atık kızartma yağlarının hidroliz tepkimesi



Şekil 1.2. Serbest yağ asitlerinin oleyil alkolle esterleşme tepkimesi

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Malzemeler

Çalışmada kullanılan atık kızartma yağları yerel restoranlardan temin edilmiştir. Kullanım öncesi atık kızartma yağında bulunan safsızlıklar (pişirme sonrası yağda kalan katı tanecikler) filtre edilmiş, içeriğindeki su ise 105°C'de ısıtılarak uzaklaştırılmıştır. Tepkimelerde katalizör olarak kullanılan enzimler (Lipozyme TL IM, Novozyme 435) Novozymes firmasından temin edilmiş, oleyil alkol, NaOH, KOH, BSTFA, n-hegzan, metanol ve diğer kimyasallar Merck ve Sigma-Aldrich firmalarından satın alınmıştır.

2.2. Atık Yağın Hidrolizi ile FFA Üretimi

Atık yağların Lipozyme TL IM katalizörlüğünde hidrolizi ile FFA üretilmiştir. Elde edilen FFA, oleyil alkol esterlerinin üretiminde tepkime girdisi olarak kullanılmıştır. Hidroliz tepkimesi 2L kapasiteli erlenlerde, atık yağ/su oranı kütlece 1/10 olacak şekilde, 55°C sıcaklık, 600rpm karıştırma hızı, %0,3 enzim (yağa göre kütlece) ve 24 saat süreyle gerçekleştirilmiştir.

2.3. FFA ve Oleyil Alkolün Esterleşmesi (Biyoyağlayıcı Üretimi)

Atık yağdan elde edilen FFA'nın oleyil alkol ile esterleşme tepkimesinde Novozyme 435 tutuklu lipazı katalizörlüğünde reaksiyon parametrelerinin (enzim miktarı, başlangıç su miktarı, yağ asidi/alkol mol oranı, sıcaklık, karıştırma hızı, zaman) etkilerini belirlemek amacı ile deneyler, oluşan suyun uzaklaşması için ağzı açık 100 ml kapasiteli erlenlerde gerçekleştirilmiştir. Tepkime koşullarının sağlanması için çalkalamalı inkübatör kullanılmıştır.

Novozyme 435 için en uygun miktarın belirlenmesi amacıyla belirli oranlarda (%1-25) enzim kullanılarak, 40ºC sıcaklıkta, 1/1 FFA/oleyil alkol) mol oranında ve 400 rpm karıştırma hızında deneyler yapılmıştır. En uygun enzim miktarı belirlendikten sonra bu değer sabit tutularak diğer parametreler değiştirilmiş ve bu parametrelerin etkisi gözlemlenmiştir. Başlangıç su miktarı % 0-15, yağ asidi/oleyil alkol mol oranı 1/1-1/6, sıcaklık 30-60 ºC, karıştırma hızı 200-500 rpm aralıklarında deneyler yapılarak en uygun tepkime parametreleri belirlenmiştir.

2.4. FFA Miktarının Belirlenmesi

Hidroliz tepkimeleri sonucunda oluşan ve oleyil alkol ile esterleşme reaksiyonlarında girdi olarak kullanılan FFA miktarı ASTM-D5555-95 standardına göre NaOH çözeltisi ile titre edilmiş ve hesaplanmıştır.

2.5. FFA Bileşimi Tayini

FFA bileşimi alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve 30 m x 320 µm x 0.25 µm kapiler kolon (CARBOWAX 20M) ile donatılmış olan Agilent marka 7820 A model Gaz Kromatografi cihazı kullanılarak tayin edilmiştir (David ve diğ., 2005).

2.6. Ester Tayini

Esterleşme tepkimesi sonucunda elde edilen ürünün ester bileşimleri, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve (12 m x 530 µm x 0.15 µm) SGE HT-5 marka kapiler kolon ile donatılmış olan Agilent marka 7820 A model Gaz Kromatografi cihazı kullanılarak tayin edilmiştir (Yunus ve diğ., 2002).

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1. Atık Yağın Yağ Asidi Bileşimi

Çevre restorantlardan toplanıp deneysel çalışmalarda kullanılan atık yağın GC ile belirlenen yağ asidi bileşimi Tablo 3.1'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere kullanılan atık yağın C18:3 linolenik asitçe zengin (%51.42) olduğu belirlenmiş ve ortalama molekül ağırlığı ise 872,32 g/mol olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.1. Atık yağın yağ asidi bileşimi

Yağ asidi	% Bileşim
C8:0 Kaprilik	0,20
C15:0 Pentadekanoik	0,16
C17:0 Margarik	9,12
C18:1 Oleik asit	4,10
C18:2 Linoleik asit	35,20
C18:3α Linolenik asit	51,42

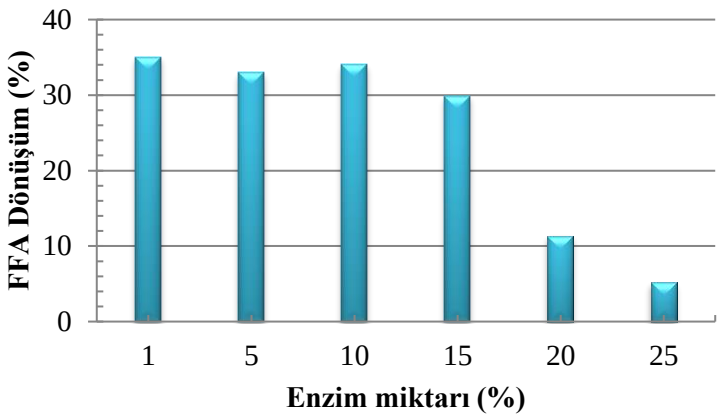
3.2. Atık Yağın Hidrolizi ile FFA Üretimi

Atık yağların Lipozyme TL IM katalizörlüğünde hidrolizi sonucunda FFA %97 içerikle üretilmiş ve oleyil alkol ile esterleşme tepkimelerinde hammadde olarak kullanılmıştır.

3.3. FFA ve Oleyil Alkolün Esterleşmesi (Biyoyağlayıcı Üretimi)

3.3.1. Lipaz (enzim) miktarının etkisi

Enzim miktarının ortamdaki substrat kütlesi ile paralel biçimde değiştirilmesi gerektiği bilinmektedir. Çünkü substrat ile anahtar-kilit ilişkisi yakalayarak esterleşmeyi gerçekleştiren lipazın en uygun sürede mümkün olduğunca çok yağ asidi molekülünü esterleştirmesi gerekmektedir. Deneyler 40ºC sıcaklıkta, 1/1 yağ asidi/alkol mol oranlarında ve 400 rpm karıştırma hızında, 24 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta ortama su eklemesi yapılmamıştır. Enzim miktarının FFA'nın oleyil alkol ile esterleşme tepkimesi üzerine etkisi Şekil 3.1'de verilmiştir.

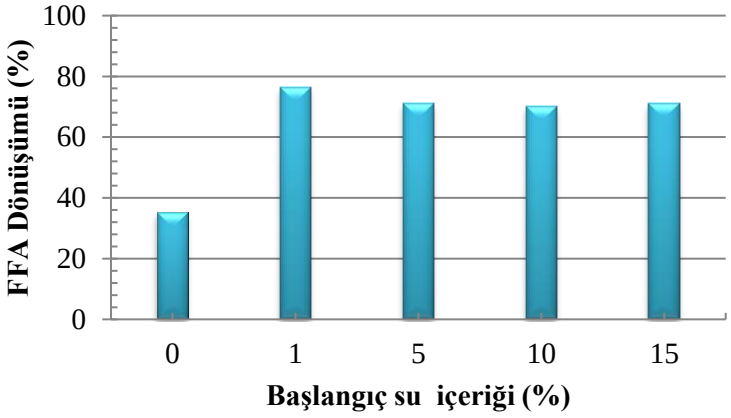


Şekil 3.1. Enzim miktarının FFA dönüşümüne etkisi

Enzim miktarının %1'in üzerine artırılması FFA dönüşümünü olumsuz etkilemiştir. Yüksek miktarlarda kullanılan enzim reaksiyon ortamı çeperlerine yapışarak substratlar ile etkileşim gösteremez. Diğer yandan birbirleri arasında topaklaşarak çökme eğilimi gösterir, bu nedenle gerçek aktivitelerini gösteremezler (Chowdhury ve diğ., 2014, Syaima ve diğ., 2015).

3.3.2 Başlangıç su içeriğinin etkisi

Lipazların tepkime ortamında aktivite göstermeleri için bir miktar suya ihtiyaç duyduğu bilinmektedir (Trupti ve diğ., 2011). Bu araştırmada, yağa göre kütlece %0-1-5-10-15 oranında ortama eklenen suyun FFA dönüşümüne etkisi incelenmiştir. Enzim miktarı %1 olacak şekilde, sıcaklık 40°C'de sabit tutularak, yağ asidi/alkol mol oranı 1/1 iken, 24 saat süreyle ve 400 rpm çalkalama hızında tepkimeler gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2'de başlangıçta ortama eklenen su miktarının FFA dönüşümüne etkisi görülmektedir.

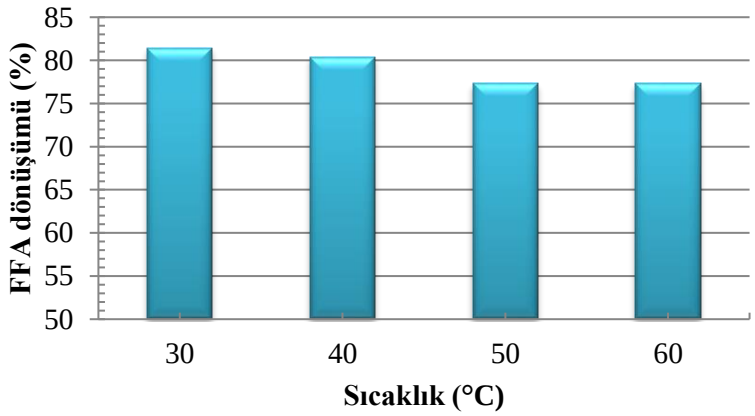


Şekil 3.2. Başlangıç su içeriğinin FFA dönüşümüne etkisi

Biyoyağlayıcı üretim reaksiyonu tersinir bir reaksiyon olup reaksiyon sonunda ortamda esterler ve yan ürün olarak su oluşmaktadır. Dönüşümün arttırılması için ortamdaki suyun uzaklaştırılması gerekmektedir. Ağzı açık erlenlerde yapılan deneylerde bu olumsuz etkinin buharlaşma yardımıyla önüne geçilmektedir. En yüksek ester dönüşümü (%76) ortamın başlangıçta %1 su içerdiği durumda elde edilmiştir. Ortamlara eklenen daha fazla miktardaki su, esterleşme reaksiyonlarını tersi yönde etkilemiştir.

3.3.3. Tepkime sıcaklığının etkisi

Enzimlerin en iyi aktivitelerini gösterdiği uygun bir sıcaklık aralığı vardır. Bu sıcaklık ya da sıcaklık aralığı protein yapılı enzimin bozunmadan çalıştığı sıcaklıktır. Enzim aktivitesi, aynı zamanda katalizlenen tepkime türüne ve aktivasyon enerjisine de bağlıdır (Yunus, 2002; Akerman, 2011). Biyoyağlayıcı üretiminde tepkime sıcaklığının FFA dönüşümüne etkisini belirlemek amacı ile enzim miktarı %1 seçilmiştir. Başlangıçta ortamdaki su içeriği %1 oranında eklenmiş, yağ asidi/alkol mol oranı 1/1, 24 saat süreyle, 400 rpm çalkalama hızında tepkimeler gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığının FFA dönüşümüne etkisi Şekil 3.3'de verilmiştir.

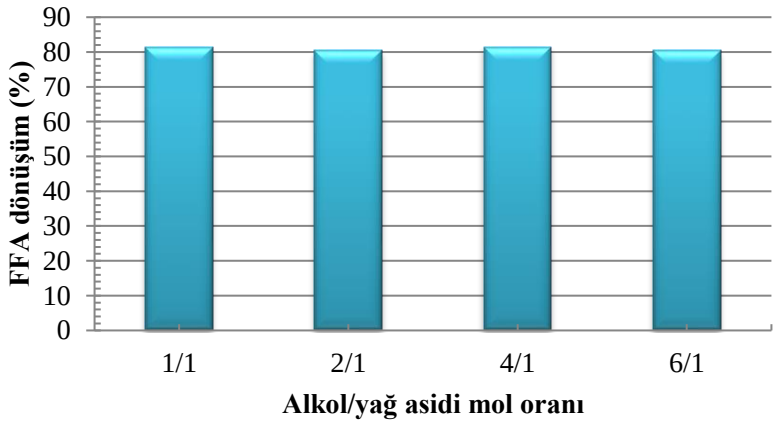


Şekil 3.3. Tepkime sıcaklığının FFA dönüşümüne etkisi

Deneysel çalışmalar sonucunda en yüksek dönüşüm %81 olarak 30°C sıcaklıkda elde edilmiştir. Sıcaklığın artması ile FFA dönüşümünde belirgin bir azalma görülmemiştir.

3.3.4 Alkol / yağ asidi mol oranının etkisi

Serbest yağ asitlerinin esterleşme reaksiyonlarında sitokiyometri değiştirilerek ileri yöndeki reaksiyon hızında artış sağlamak dönüşüm üzerinde olumlu etki yaratmaktadır. Bu nedenle alkolün farklı oranlarda fazlası kullanılarak dönüşüm arttırılabilir. Kullanılan alkol türüne göre stokiyometrik oranlar değişiklik göstermektedirler. Biyoyağlayıcı üretiminde, alkol/yağ asidi mol oranının FFA dönüşümüne etkisini belirlemek amacı ile enzim miktarı ve başlangıç su içeriği %1, sıcaklık 30°C'de, 24 saat süreyle, 400 rpm çalkalama hızında tepkimeler gerçekleştirilmiştir. Molar oranın FFA dönüşümüne etkisi Şekil 3.4'de verilmiştir.

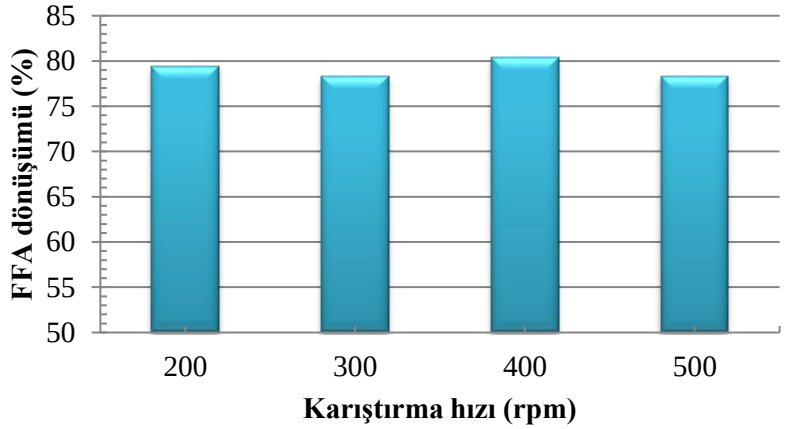


Şekil 3.4. Alkol/yağ asidi mol oranının FFA dönüşümüne etkisi

Alkol miktarının artırılmasının FFA dönüşümüne belirgin bir etkisine rastlamadığı görülmektedir. En yüksek dönüşüm (% 81,4) stokiyometrik oranda (1/1) elde edilmiştir.

3.3.5. Karıştırma hızının etkisi

Düşük karıştırma hızlarında enzimler sıvı faz içinde homojen dağılamazlar ya da yüksek hızlarda tepkime ortam çeperlerinden yukarı yönelerek yapışırlar ve bu tür karıştırma problemleri düşük verimlere neden olur (Xin, 2008; Kutluk, 2012). Karıştırma hızının FFA dönüşümüne etkisini belirlemek amacı ile enzim miktarı ve başlangıç su içeriği %1, mol oranı 1/1 ve 30 °C sıcaklıkda 24 saat süreyle tepkimeler gerçekleştirilmiştir. Karıştırma hızının FFA dönüşümüne etkisi Şekil 3.5'de görülmektedir.



Şekil 3.5. Karıştırma hızının FFA dönüşümüne etkisi.

Karıştırma hızının arttırılması FFA dönüşümüne belirgin bir etkisine rastlanmamıştır. En yüksek dönüşüme (%81,4) karıştırma hızının 400 rpm olduğu durumda ulaşılmıştır. Oleyil alkol ile serbest yağ asitlerinin ara yüzey etkileşiminin düşük karıştırma hızlarında da kolayca oluştuğu öte yandan kütle aktarım kısıtlamalarının düşük hızlarda kolayca aşıldığı deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

Biyoyağlayıcı üretiminin amaçlandığı oleyil alkol ile FFA'nın esterleşme tepkimesi için enzim miktarı %1, başlangıç su içeriği %1, 30°C sıcaklık, 400 rpm karıştırma hızında, alkol/FFA mol oranının 1/1 olduğu durumda en yüksek FFA dönüşümü %81,4 ve mono ester içeriği ise %91 olarak belirlenmiştir. Elde edilen biyoyağlayıcı ürünün yüksek ester içeriğine sahip olması nedeniyle fiziksel özellikleri belirlenerek benzer özelliklere sahip petrol kökenli bir yağlama yağına alternatif olarak kullanımı önerilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 217M525 Proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Åkerman C. O., Hagström A. E. V., Mollaahmad M. A., Karlsson S., Hatti-Kaul R., Biolubricant synthesis using immobilised lipase: Process optimisation of trimethylolpropane oleate production, *Process Biochemistry*, 2011, 46, 2225–2231.

Chowdhury A., Mitra D., Biswas D., Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification, Wiley Online Library, DOI 10.1002/jctb.3874.

David F., Sandra P., Vickers A. K., Column selection for the analysis of fatty acids methyl esters, *Application Agilent Technolojies*, 2005, 1-5.

Kutluk G B., Biyoyağlama Yağlarinin Tutuklanmiş Lipaz Katalizli Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012, 440655.

Kutluk T., Bitkisel Atık Yağlardan Tutuklanmış Lipaz Katalizli Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 342546.

Resul M. F. M. G., Ghazi T. I. M., Idris A., Kinetic study of jatropha biolubricant from transesterification of jatropha curcas oil with trimethylolpropane: Effects of temperature, *Industrial Crops and Products*, 2012,38, 87– 92.

Schneider M. P., Plant-oil-based lubricants and hydraulic fluids, *Journal of Science and Food Agricultural*, 2006, 86, 1769–1780.

FFAima M.T.S, Ong K. H., Ishenny M.,N., Zamratul M. I. M., Brahim S.,A., Hafizul M.,M., The synthesis of bio-lubricant based oil byhydrolysis and non-catalytic of palm oil mill effluent (POME) using lipase, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, 44,669–675.

Trupti W. Charpe, Virendra K. Rathod, Biodiesel production using waste frying oil, *Waste Management*, 2011, 31, 85-90.

Xin C., Wei D., Liu D., Effect of several factors on soluble lipase mediated biodiesel Preparation in the biphasic aqueous -oil systems, *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2008,24, 2097-2102.

Yunus R., Lye O. T., Fakhru'l-Razi A., Basri S., "A Simple Capillary Column GC Method for Analysis of Palm Oil-Based Polyol Esters", *Journal of the American OilChemists' Society*, 2002, 79, 1075–1080.

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA MİKROALGLER

Necla Altın
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
nejla_altin@hotmail.com

Arş. Gör. Togayhan Kutluk
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
togayhan.kutluk@kocaeli.edu.tr

Doç. Dr. Başar Uyar
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
basar.uyar@kocaeli.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan Kapucu

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
nurcan.kapucu@kocaeli.edu.tr

Özet

Son yıllarda mikroalglerden biyokütle eldesi önem kazanmıştır. Mikroalglerin hammadde olarak seçilmesinin birçok nedeni vardır. Hızlı büyüyüp kolay üretilmesi, yüksek yağ içeriğine sahip olmaları, tarımsal bitkiler gibi endüstriler arasında rekabete girmemesi, çeşitli çevre koşullarına kolay adapte olmaları bu nedenler arasında sayılabilir. Dünyada mikroalgal biyodizel üretimi alanında özellikle Avrupa ülkeleri arasında rekabet olup çok yüksek miktarlarda yatırımlar yapılmaktadır. Ülkemizde de bu alanda çalışmalar başlamış ve sanayi üniversite iş birlikleriyle devam etmektedir. Araştırmacılar tarım alanları ve su kaynakları üzerinde daha az baskı yaratan, daha verimli ve daha gelişime açık bir yöntem olan mikroalgler üzerine yoğunlaşmaya başlamıştır. Alternatif bir enerji kaynağı olarak gündeme gelmesinin yanı sıra mikroalglerden çok sayıda değerli endüstriyel ürünler (biyoyağlama yağı, yağ asitleri, klorofil, gliserin, karbonhidrat, protein vb.) çevreci süreçlerle üretilebilmektedir. Ayrıca atık su arıtımında da mikroalglerin kullanımı giderek artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: mikroalg, yenilenebilir enerji, atık su, biyoyağlayıcı

MICROALGES IN RENEWABLE ENERGY AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

Abstract

In recent years, biomass extraction from microalgae has gained importance. There are many reasons for choosing microalgae as raw material. Fast growing, easy to produce, high oil content, agricultural plants, such as not to compete between industries, and adapt to various environmental conditions can be counted among these reasons. In the world of microalgal biodiesel production, competition is made between European countries and very high amounts are made. Studies in this field have started in our country and the industry continues with the cooperation of the university. Researchers have begun to concentrate on microalgae, which is a more efficient and more open method, creating less pressure on agricultural areas and water resources. As an alternative energy source, many valuable industrial products (biolubricants, fatty acids, chlorophyll, glycerine, carbohydrate, protein etc.) from microalgae can be produced by environmental processes. In addition, the use of microalgae in wastewater treatment is increasing.

Keywords: biolubricants, micoalgae, renewable energy, wastewater,

1. GİRİŞ

Mikroalgler çok uzun yıllardan beri farklı alanlarda kullanılmakta olup; hücrelerinde biriktirdikleri protein, vitamin, yağ asitleri, karbonhidrat, mineral, pigment, hidrokarbon, polisakkarit, antibiyotik ve daha birçok metabolitleri nedeniyle insanlar tarafından başlıca besin desteği olmak üzere farklı amaçlarla kullanılmaktadırlar. Bu nedenle II. Dünya savaşından bu yana Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, İngiltere, Almanya ve Norveç gibi gelişmiş ülkelerde mikroalglerin besinsel zenginliklerinden yararlanılmaktadır (Becker, 1994). Mikroalg kültürleriyle ilgili ilk çalışmalarda hedeflenen esas amaç, tek hücre proteinini elde etmek olmuştur. İlk olarak 1890 yılında Beijerink *Chlorella vulgaris*'in agar üzerinde kolonilerini elde etmiş ve kültürünü yapmıştır. O yıllarda alg kültürleriyle tek hücre protein üretiminin dünyadaki protein açığını kapatacak büyük bir alternatif olduğuna inanılıyordu. Dolayısıyla konuya sadece bu açıdan yaklaşılmış olması nedeniyle, çalışmalar belli bir noktaya kadar gelmiş ve arzu edilen sonuçlar elde edilemeyince hayal kırıklığına uğranmıştır (Gökpınar, 2007). 1919 yılında Otto Warburg, Chlorella kültürü üzerindeki araştırmaları daha da geliştirmiştir. 1940-1950 yıllarında Almanya ve Japonya'daki daha sonra ise ABD'deki araştırmacılar fototrofik mikroalglerin üretiminde temel kültür özelliklerini çalışmışlardır. 1970'li yıllarda farklı enerji kaynakları arayışı ile birlikte güneş enerjisi, dünyanın ilgisini üzerinde toplamıştır. Mikroalgler, güneş enerjisini en etkin kullanan canlılardan biridir ve bu nedenle de farklı mikroalg türlerinde yeni bileşenlerin keşfedilmesi amacıyla mikroalg üretim teknolojisine ilgi giderek artmaktadır. Son yıllarda, tek hücreli türlerden elde edilen yağ ve yağ asidi ürünleri oldukça dikkat çekmiştir. İlk olarak Solar Enerji Araştırma Enstitüsü biyoyakıt olarak mikroalgal yağların kullanımı üzerinde durmuştur (Neenan ve diğ., 1986). Son zamanlarda artan petrol fiyatları ve fosil yakıtların kademeli olarak tükenmesi nedeniyle mikroalgal yakıt üretimi büyük ilgi görmektedir. Yenilenebilir ve toksik olmaması nedeniyle biyodizel yakıt kaynağı olarak mikroalglerden yararlanma olanakları konusunda çalışmalar sürdürülmektedir (Altın, 2017). Bu amaçla yağ içeriği ve büyüme hızı yüksek mikroalg türlerinin belirlenmesi çalışmalarının yanında, hücre içinde mevcut yağ içeriğinin arttırılmasını uyaran stres koşullarının belirlenmesi araştırmaları pek çok ülkede sürdürülmektedir (Converti ve diğ., 2009; Damiani ve diğ., 2010, Uslu ve diğ., 2011). Mikroalgal biyokütle, transesterifikasyonla üretilen biyodizel, fotobiyolojik olarak üretilen hidrojen ve anaerobik sindirim ile üretilen metan dahil olmak üzere çeşitli yenilenebilir biyoyakıt türleri sağlayabilir (Soydemir, 2016).

2. MİKROALG ÜRETİMİ

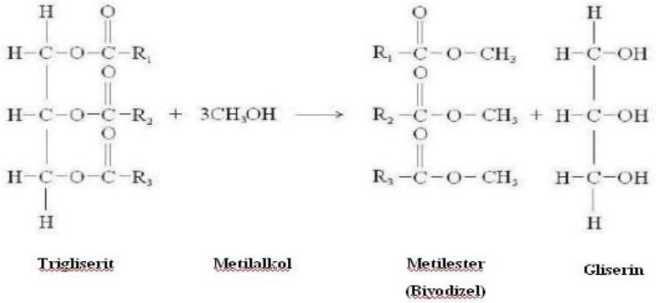
Mikroalg üretimi genellikle diğer tarım bitkilerinin üretimine göre daha maliyetlidir. Fotosentetik büyüme için ışık, karbondioksit, su ve inorganik tuzlara gereksinim vardır. Sıcaklık ise 20-30°C arasında olmalıdır. Biyodizel üretiminde pahalı olan bu sistemin üretim maliyetlerinin minimize edilmesi güneş ışığı, deniz suyu ve fosil yakıtlardan elde edilen karbondioksitin kullanılması ile sağlanabilir. Mikroalg üretiminde kullanılan ortam azot, fosfor, demir gibi başlıca elementleri içermektedir (Grobbelaar, 2004). Deniz suyu bahsedilen bu elementler ile beraber çok sayıda mikro besin elementini de içermektedir. (Sawayama ve diğ., 1995, Altın 2017). Mikroalgler temel olarak açık veya kapalı sistemlerde üretilmektedirler. Kapalı ve açık sistemlerin başlıca avantaj ve dezavantajları Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Açık ve kapalı mikroalgal sistemlerin avantajları ve dezavantajları (Altın,2017)

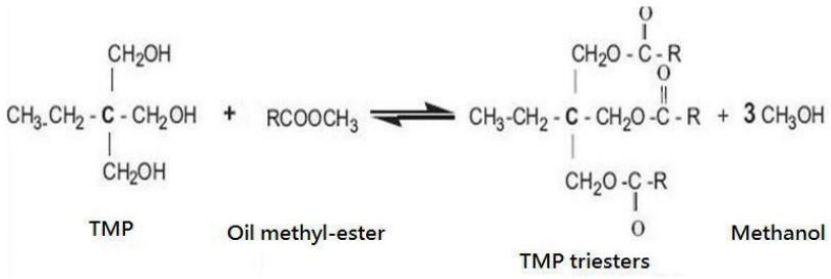
Parametreler	Açık Sistemler	Kapalı Sistemler
Kontaminasyon riski	Aşırı yüksek	Düşük
Alan ihtiyacı	Yüksek	Düşük
CO_2 kayıpları	Yüksek	Hemen hemen yok
Hava şartlarına bağımlılık	Yağış sırasında istenen üretim mümkün olmaz	Kötü hava şartlarında da üretim mümkün, önemli değil
Üretim biyokütle derişimi	Düşük 0,1-0,2 g/L	Yüksek 2-8 g/L
Proses verimi	Düşük	Yüksek

2.1. Mikroalglerden Yağ Eldesi ve Uygulama Alanları

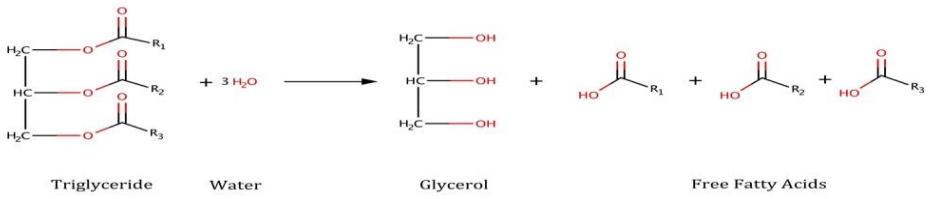
Farklı tür mikroalglerin yağ içerikleri de farklıdır. Örneğin *Chlorella prothecoides* yağ içeriği %50 iken başka bir mikroalg türü olan *Chlorella vulgaris* için bu değer % 30 - 35 arasında değişmektedir. Mikroalglerden yağ eldesi kuru kütleden klasik çözücü ekstraksiyonu ya da presleme ile elde edilmektedir (Kutluk, 2019, Altın 2017). Üretilen bu yağların etanol ya da metanol ile transesterleşmesi ile biyodizel üretilebilir (Şekil 2.1). Bu biyodizel ile yüksek moleküllü alkollerin (trimetilolpropan, neopentil glikol) tepkimesi sonucunda biyo yağlama yağları elde edilebilir(Şekil 2.2). Ayrıca elde edilen mikroalg yağları hidroliz edilerek (Şekil 2.3) pek çok sektörde özellikle kozmetik sektöründe başlıca hammadde olarak kullanılan, gliserin ve yağ asitleri üretilmesi mümkündür (Kutluk, 2012). Yağ asitlerinin de farklı zincir uzunluklarındaki alkoller ile esterleşme tepkimesinden (Şekil 2.4), yine biyo yağlama yağları elde edilebilmektedir. Bu tepkimeler enzimatik veya kimyasal kataliz yardımı ile gerçekleşebilir. Daha çevreci prosesler için son yıllarda enzimatik çalışmalar önem kazanmıştır (Kutluk 2013).



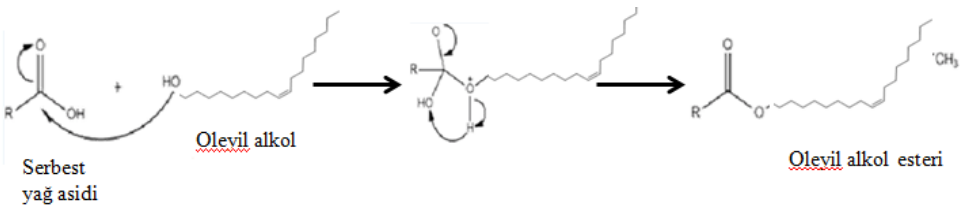
Şekil 2.1 Transesterleşme tepkimesi



Şekil 2.2 Fame ve TMP arasındaki transesterleşme tepkimesi



Şekil 2.3 Yağların hidroliz tepkimesi



Şekil 2.4 Serbest yağ asitlerinin esterleşme tepkimesi

2.2. Mikroalglerin Besin Olarak Değerlendirilmesi

Mikroalglerin içerdikleri yağın yanı sıra bünyelerinde protein ve karbonhidrat gibi değerli bileşikler de üretirler. Üretim koşullarına bağlı olarak sözü edilen metabolitler kuru biyokütle ağırlıklarına göre yaklaşık %50'e kadar ulaşmaktadır. Endüstriyel olarak üretilen ve araştırmacılar tarafından ilgi gören, *Chlorella* türü mikroalgler, *Chlorella vulgaris, Chlorella variabilis, Chlorella stigmatophora, Chlorella sorokiniana, Chlorella zofingiensis* ve *Chlorella pyrenoidosa, Chlorella protothecoides, Chlorella ESP-6* olarak sıralanabilir (Darzins ve diğ., 2010). Yaygın olarak rastlanan farklı mikroalg türlerinin lipit içerikleri Tablo 2.2'de, karbonhidrat ve protein içerikleri ise Tablo 2.3.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Yaygın olarak rastlanan mikroalg türlerinin lipit içerikleri

Mikroalg türü	Maksimum	Yağ verimliliği
Chlorella emmersonii	63,0	50,0
Chlorella protothecoides	58,7	1214
Chlorellas orokiniana	22,0	44,7
Chlorella vulgaris	58,0	40,0
Chlorella sp.	48,0	42,1

Tablo 2.3. Yaygın olarak rastlanan mikroalg türlerinin karbonhidrat ve protein içerikleri (Altın, 2017)

Mikroalg türü	Karbonhidrat (%)	Protein (%)
Chlorella vulgaris	6-10	25-30
Scenedemus obliquus	10-17	50-56
Spirulina platensis	8-14	46-63
Pavlova lutheri	11-13	28-31
Isochyrsis sp.	26-28	21-24
Chlorella prothecoides	15-17	10-12

2.3. Mikroalglerin Atık Su Arıtımında Kullanımı

Şehir, sanayi ve tarımsal faliyetler sonucu her yıl büyük miktarda atık su oluşmaktadır. Atık sular arıtılmadığında yer altı sularına karışarak kirlilik oluşturmaktadır. Atık sulardaki azot derişimi 1,9 mg/L'den daha yüksek seviyeye ulaştığında mikroalglerin çoğalabilmesi için uygun ortam şartları sağlanmış olmaktadır (Brown ve Simpson, 2001). Aynı zamanda su yüzeyindeki güneş ışığından da yararlanıldığında mikroalglerin fotosentez yapmaları sağlanmış olur. Mikroalgler fotosentez yaptıklarında oksijen sentezlerler bu oksijen sudaki diğer canlılar için yaşam kaynağı olmaktadır. Mikroalgler ile bakterilerin bir arada kullanıldığı açık heterotrofik sitemlerde arıtım çalışmaları sürdürülmektedir. Bu sistemlerde atık sulardaki bakteriler ile mikroalgler arasında simbiyotik bir ilişki vardır. Mikroalgler bakterilerin ürettiği karbondioksiti alarak fotosentez yaparlar aynı zamanda bakteriler için oksijen üretirler. Mikroalgler varlığında atık su arıtımı canlı hücre kullanımı (biyosorpsiyon), ölü hücre (adsorbsiyon) kullanımı şeklinde olabilir. Mikroalglerin adsorpsiyon ve biyosorpsiyon yeteneği, alg hücrelerinin bir bileşeni olan aljinat polimeri üzerindeki bağlanma bölgelerinin varlığına ve yapısına bağlı olarak değişebilir (Kutluk 2019).

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada mikroalglerin önemi ve endüstriyel uygulamalar kısaca özetlenmiştir. Son yıllarda mikroalglere olan ilgi artmıştır. Alternatif enerji kaynakları üretiminde ve geliştirilmesinde mikroalglerin önemi son derece yüksektir. Dünyada mikroalgal biyokütleden değerli endüstriyel ürünlerin (protein, lipid, karbonhidrat, antioksidan, karoten, klorofil vb) üretimi konusunda özellikle Avrupa ülkeleri arasında rekabet olup çok yüksek yatırımlar yapılmaktadır. Ülkemizde de bu alanda

çalışmalar başlamış ve sanayi üniversite iş birlikleri az sayıda da olsa devam etmektedir. Mikroalgal lipitlerin gelecek için umut verici uygulamaları her zaman düşünülmelidir. Gelecekte bazı mikroalg türleri yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabileceklerdir. Bunların yanı sıra, mikroalglerin endüstriyel ve evsel atık suların arıtımında da etkin olarak kullanılabilirliği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Mikroalglerin endüstriyel alanlarda sözü edilen uygulamaları gelecek için umut vericidir.

KAYNAKLAR

Altın N., *Chlorella Variabilis* Türü Mikroalgin Büyümesine ve Yağ İçeriğine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2017, 511154.

Becker E.W., *Microalgae Biotechnology and Microbiology*, 2rd, ed., Cambridge University Press, Cambridge, 1994.

Brown T., Simpson J., Managing Phosphorus Inputs to Urban Lakes: I. Determining the Trophic State of Your Lake, *Watershed Protection Techniques*, 2001, **3**, 771–781.

Converti A., Casazza A. A., Ortiz E. Y., Perego P., Del Borghi M., Effect of Temperature and Nitrogen Concentration on the Growth and Lipid Content of *Nannochloropsis Oculata* and *Chlorella Vulgaris* for Biodiesel Production, *Chemical Engineering and Processing Process Intensification*, 2009, **48**(6), 1146-1151.

Damiani M. C., Popovich C. A., Constenla D., Leonardi, P. I., Lipid Analysis in *Haematococcus Pluvialis* to Assess Its Potential Use as a Biodiesel Feedstock, *Bioresource technology*, 2010, **101**(11), 3801-3807.

Darzins A., Pienkos P., Edye L., Current Status and Potential for Algal Biofuels Production, *Bioenergy Task*, 2010, **39**,1-15.

Gökpınar Ş., Göksan T., Cirik S., Özbaş B., *Nannochloropsis* sp.(Eustigmatophyta)'nin Kış Döneminde Tubular Fotobiyoreaktörde Büyüme Özelliği, *E.U. Su Ürünleri Dergisi*, 2007, **24**(3), 233-237.

Grobbelaar J. U., Nedbal L., Tichý V., Influence of High Frequency Light/Dark Fluctuations on Photosynthetic Characteristics of Microalgae Photoacclimated to Different Light Intensities and Implications for Mass Algal Cultivation, *Journal of Applied Phycology*, 1996, **8**(4), 335-343.

Kutluk G B., Biyoyağlama Yağlarının Tutuklanmış Lipaz Katalizli Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012, 440655.

Kutluk T., Bitkisel Atık Yağlardan Tutuklanmış Lipaz Katalizli Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 342546.

Kutluk T., Farklı Chlorella Türlerinin Biyodizel ve Atık Su Arıtımında Kullanılmak Üzere Üretimi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2019, 10244242.

Neenan B., Feinberg D., Hill A., Mcintosh R., Terry K., *Fuels from Microalgae, Technology Status Potential and Research Requirements*, 2rd ed., Solar Energy Research Institute, Singapore, 1986.

Sawayama S., Inoue S., Dote Y., Yokoyama S. Y., CO_2 Fixation and Oil Production Through Microalga, *Energy Conversion and Management*, 1995, **36**(6), 729-731.

Soydemir G., Atiksu Ortaminda Yetiştirilen Mikroalglerin Yağinin Karakterizasyonu Ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2016,432886.

Uslu L., Isık O., Koç K., Göksan T., The Effects of Nitrogen Deficiencies on the Lipid and Protein Contents of *Spirulina Platensis*, *African Journal of Biotechnology* (2011) **10**(3), 386-389.

BA_2BİAU TERMOELEKTRİK MALZEMESİNİN YAPISAL, ELASTİK VE TİTREŞİMSEL ÖZELLİKLERİNİN KURAMSAL OLARAK İNCELENMESİ

Arş. Gör. Bahadır Salmankurt
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
bahadir.salmankurt@kocaeli.edu.tr

Doç. Dr. Hikmet Hakan Gürel
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği
hhakan.gurel@kocaeli.edu.tr

Özet

Termoelektrik malzemeler ısıyı elektriğe ya da elektriği ısıya çevirebilmek için kullanılırlar. Enerji üretme ve soğutma gibi alanlarda tercih edilirler. Bu malzemelerin performansının ((zT)başarım ölçütü) artışı için sıcaklık, yüksek Seebeck sabiti, yüksek elektrik iletkenliği ve düşük termal iletkenlik gereklidir. zT 4'den büyük olan malzemeler oldukça değerlidir. Fakat en iyi termoelektrik malzemeler bile 3 değerinin altındadır. Dolayısıyla yüksek zT değerli malzemeler bulmak önemlidir. Kuramsal olarak çalışılan ve 2019 yılında yayımlanan makalede 800 Kelvin sıcaklıkta Ba_2BiAu malzemesinin zT değeri 5 olarak bulunmuştur. Bu oldukça iyi bir sonuçtur ve ilgili kristalin değerli olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla malzemenin birçok özelliğini araştırmak önem taşımaktadır. Literatür tarandığında elektroniksel ve titreşimsel özellikleri incelendiği görülmüş fakat elastik özelliklerle ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Elastik özellikler, malzemenin mekaniksel özelliklerini anlamak adına önemlidir. Bu yüzden, bu çalışmada, Ba_2BiAu kristalinin elastik, yapısal ve titreşimsel özellikleri yoğunluk fonksiyonel kuramına dayalı olarak incelendi. Elastik sabitler ve fonon grafiği sonuçları malzemenin taban durumunda kararlı olduğunu göstermektedir. Poisson oranı, Pugh oranı ve ses hızı ifadeleri hesaplama sonucunda elde edildi. Kristalin esnek bir yapıya sahip olduğu ortaya çıkarıldı. Fonon grafiği sonuçları tartışıldı.

Anahtar Kelimeler: Termoelektrik malzeme, Yoğunluk fonksiyonel kuramı, Elastik sabitler, Titreşimsel özellikler

THEORETICAL INVESTIGATION OF STRUCTURAL, ELASTIC AND VIBRATIONAL PROPERTIES OF THERMOELECTRIC MATERIAL Ba_2BiAu

Abstract

Thermoelectric materials are used to convert heat to electricity or electricity to heat. They are preferred in areas such as energy generation and cooling. In order to increase the performance ((zT) figure of merit), it is required high temperature, high Seebeck constant, high electronic conductivity and low thermal conductivity. Materials with a zT greater than value of 4 are very valuable. But even the best thermoelectric materials are below value of 3. Therefore, it is important to find high zT value materials. In the article published in 2019, the zT of Ba_2BiAu material at 800 Kelvin temperature was found to be 5. This is a very good result and shows that the crystal is valuable. Therefore, it is important to investigate the many properties of the material. When the literature was reviewed, it was seen that its electrical and vibrational properties were examined but no studies about elastic properties were conducted. Elastic properties are important to understand the mechanical properties of the material. Therefore, in this study, elastic, structural and vibrational properties of Ba_2BiAu crystal were investigated based on density functional theory. Elastic constants and phonon dispersion of curves results show that the material is stable at ground state. After performing the calculations, Poisson ratio, Pugh ratio and sound velocity were obtained. The crystal was found to have a ductile structure. The results of the phonon dispersion of curves were discussed.

Keywords: Thermoelectric material, Density functional theory, Elastic constants, Vibrational properties

1. GİRİŞ

Sınırlı fosil kaynaklar ve çevresel zorluklardan ötürü etkili, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır (He ve ark., 2016). Bu duruma çözüm bulabilmek adına, özellikle son yıllarda, termoelektrik malzemeler dikkat çekmektedir. Bu malzemeler doğrudan ısı enerjisini elektrik enerjisine çevirebilmektedir. Bu dönüşümün etkinliği başarım ölçütü (zT) ile belirlenir. Başarım ölçütü sıcaklık, termogüç ve elektriksel iletkenlik ile doğru fakat termal iletkenlik ile ters orantılıdır (Park ve ark., 2019).

Yarıiletken yarı-Heusler (HH) malzemeler iyi elektronik, mekanik özellikler ve termal kararlılıklarından ötürü termoelektrik malzemelere iyi adaydırlar. n-tipi XCoSb (X: Ti, Hf, Zr) ve p-tipi FeYSb (Y: V,Nb) zT değeri yüksek olan termoelektrik malzemelerdendir (Zhu ve ark., 2015). HH olanların aksine, çok az sayıda tam-Heusler (FH) malzemeler mevcuttur (Skoug ve ark., 2009). Bu gibi malzemelerde bile zT değeri 3'ün altındadır. Dolayısıyla yüksek zT değerli malzemeler bulmak önemlidir.

Kuramsal olarak çalışılan ve 2019 yılında yayımlanan makalede 800 Kelvin sıcaklıkta FH olan Ba_2BiAu malzemesinin zT değeri 5 olarak bulunmuştur (Park ve ark., 2019). Bu oldukça iyi bir sonuçtur ve ilgili kristalin değerli olduğunu göstermektedir

Bu çalışmada Ba_2BiAu malzemesinin yapısal, elastik ve titreşimsel özellikleri yoğunluk fonksiyonel kuramına dayalı olarak incelenmiştir.

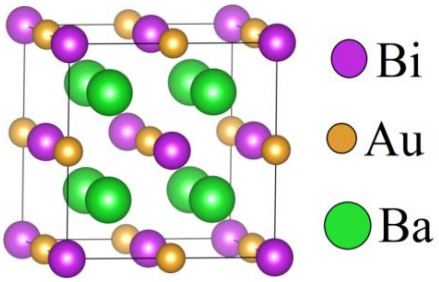
2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Yoğunluk Fonksiyon Teorisini temel alan ab initio düzlem dalga yapay potansiyelleri Quantum-Espresso kodu ile birlikte kullanıldı (Giannozzi ve ark., 2009). Değiş-tokuş ve karşılıklı etkileşim için Genelleştirilmiş Gradyen Yaklaşımı (GGA), Perdew-Burke-Ernzerhof fonksiyonu ile çalışıldı (Perdew ve ark., 1996). Deneysel sonuçlara daha yakın olduğu için GBRV-ultrasoft potansiyel kullanıldı (Garrity ve ark., 2014). Düzlem dalgaların dalga fonksiyonu kesme enerjisi 70 Ry olarak alındı. K noktalar grubu için 8x8x8 tercih edildi. Hacim modülü (B) ve hacim modülünün basınca göre türevi (B') değerleri için Murnaghan denklemlerinin çözümleri kullanıldı.

Bilindiği gibi kübik kristallerde C_{11}, C_{12} ve C_{44} olmak üzere üç bağımsız elastik sabit vardır. Bu sabitlerin elde edilebilmesi ve fonon hesaplamaları için Quantum Espresso ile entegre edilebilen thermo_pw programı kullanıldı. Ayrıca fonon hesabı 4x4x4 q noktalar grubu ile yapıldı.

3. SONUÇ

Ba_2BiAu termoelektrik malzeme, FH olan Cu_2MnAl yapısında kristalleşmektedir ve ilgili yapı Şekil 1'de gösterilmiştir. Kristal, Fm-3m uzay grubuna aittir (Numarası.225). Atomik yapıda sekiz tane Ba atomu 8c (1/4, 1/4, 1/4; 1/4, 1/4, 3/4), dört tane Au atomu 4b (1/2, 1/2, 1/2) ve dört tane Bi atomu ise 4a (0, 0, 0) konumunda bulunmaktadır.



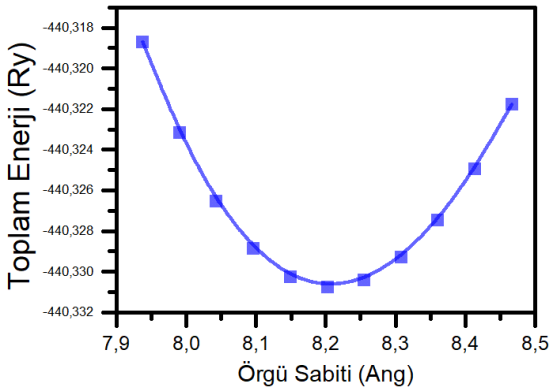
Şekil 11 Ba_2BiAu malzemesinin kristal yapısı

Ba_2BiAu kristali için elde edilen örgü sabiti, hacim modülü (B) ve hacim modülünün basınca göre türevi (B') değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 10 Örgü parametreleri

Ba_2BiAu	***a* (Å)**	***B* (GPa)**	***B′***
Bu çalışma	8.20	35.0	4.48
Kuramsal Çalışma (Park ve ark., 2019)	8.30	-	-

Yapısal parametrelerin belirlenmesi amacıyla ilk olarak denge durumu civarında farklı örgü sabitleri için enerji değerleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de görüldüğü gibi toplam enerji-örgü sabiti grafiği olarak çizildi. Grafikte belirli bir noktada enerjinin minimum olduğu görülmektedir. Bu değere karşılık gelen örgü sabiti, denge durumu örgü sabiti olarak alınır. Şekilden açıkça görüldüğü gibi örgü parametresi 8.20 Å olarak belirlenmiştir.



Şekil 12 Örgü sabitinin toplam enerjiye göre değişimi

Ba_2BiAu kristali için hesaplanan elastik sabitler Tablo 2'de verilmiştir. Ba_2BiAu kübik yapıda kristalleşen bir malzeme olduğundan bu yapıda kararlı olup olmadığının belirlenebilmesi için hesaplanan elastik sabitlerin,

$$C_{11} - C_{12} > 0,\ C_{11} > 0,\ C_{44} > 0,\ (C_{11} + 2C_{12}) > 0 \qquad (1)$$

şartlarını sağlaması, hacim modülünün de $C_{11} > B > C_{12}$ aralığında olması gerekir.

Tablo 11 Elastik Sabitler

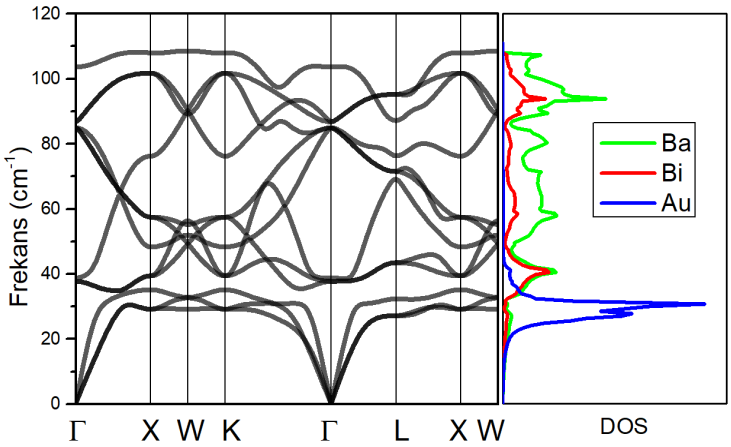
C_{11}(GPa)	C_{12}(GPa)	C_{44}(GPa)
63.3	21.0	17.6

Tablo 3 de ise birtakım elastik özellikler verilmiştir. Malzemenin plastik özellikleri ile elastik modülleri arasında bir ilişki mevcuttur. Kayma modülü plastik deformasyona olan direnci gösterirken, hacim modülü ise kırılganlığa olan direnci gösterir. Materyalde B/G (Pugh) oranı onun esnekliğinin ve kırılganlığının bir göstergesidir. Bir malzeme için kritik B/G değeri 1.75'tir. Elde edilen sonuç bu değerden daha düşükse materyal kırılgan yapıya sahiptir denebilir.

Tablo 12 Kayma modülü (G), B/G oranı, Elastilite modülü (E), Poisson oranı ve ses hızı değerleri

G (GPa)	B/G	E (GPa)	Poisson oranı	Ses hızı (m/s)
18.8	1.86	47.9	0.27	1690

Şekil 3'de ilgili kristalin fonon dağınım grafiği verilmiştir. Grafikte negatif işaretli bir titreşim frekansı yoktur. Ayrıca 30 cm^{-1} civarında akustik ve optik kollar birbirini itmektedirler. İlgili bölgede Au atomu baskındır. Durum yoğunluğunda ise frekans değeri arttıkça Ba ve Bi atomlarının titreşimlere katkısı da artmaktadır.



Şekil 13 Fonon dağınım ve durum yoğunluğu (DOS) grafiği

4. TARTIŞMA

Elde edilen örgü parametresi literatürdeki kuramsal çalışmalarla uyumludur ve sapma yaklaşık %1.2 kadardır. Dolayısıyla yapılan hesaplamalara güvenilir diyebiliriz. Ayrıca literatürdeki çalışmalar bu çalışmada kullanılan yapay-potansiyellerin deneysel sonuçlara diğerlerine göre daha yakın olduğunu göstermektedir (Salmankurt ve Duman, 2017).

Bulk modülü düşük değerlidir. Örneğin alüminyum için bu değer yaklaşık 68 GPa'dır. Diğer yandan elde edilen elastik sabitler bize yapının mekanik olarak kararlı olduğunu göstermektedir çünkü kübik yapı için kararlılık şartı sağlanmaktadır. B/G oranı 1.86 olarak bulunduğundan kristalin esnek bir özelliğe sahip olduğu söylenebilir. Elastisite modülü (E), malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin bir ölçüsüdür ve çelik için bu değer 207 Gpa'dır. İncelediğimiz kristal için bu değer 47.9 GPa olarak bulundu.

Fonon dağınım grafiğinde herhangi bir negatif işaretli bir değer bulunmadığından malzeme dinamik olarak kararlıdır. Genel olarak düşük enerjili durumlarda büyük kütleli atomlar ve yüksek enerjilerde ise küçük kütleli atomlar etkinlik gösterdiği görülmektedir ki bu beklenen bir şeydir.

Akustik ve optik dalların birbirlerinden uzaklaşma durumu atomik tıkırdamanın çok açık bir göstergesidir. Yani Au atomu Ba ve Bi atomlarının oluşturduğu kafesin içinde – aynı çıngırakta

olduğu gibi- tıkırdamaktadır. Böylesi bir durumda düşük termal iletkenlik oluşur ki bu da yüksek performanslı termoelektrik malzemelerde umulan bir şeydir.

KAYNAKLAR

Garrity, K. F., Bennett, J. W., Rabe, K. M., ve Vanderbilt, D. 2014. Pseudopotentials for high-throughput DFT calculations. Computational Materials Science, 81 (1), 446-452.

Giannozzi, P., Baroni, S., Bonini, N., Calandra, M., Car, R., Cavazzoni, C.,ve Dal Corso, A. 2009. QUANTUM ESPRESSO: A modular and open-source software project for quantum simulations of materials. Journal of Physics: Condensed Matter, 21 (39), 395502.

He, J., Amsler, M., Xia, Y., Naghavi, S. S., Hegde, V. I., Hao, S., ve Wolverton, C. 2016. Ultralow thermal conductivity in full heusler semiconductors. Physical Review Letters, 117 (4), 046602.

Park, J., Xia, Y., ve Ozoliņš, V. 2019. High Thermoelectric Power Factor and Efficiency from a Highly Dispersive Band in Ba_2BiAu. Physical Review Applied, 11 (1), 014058.

Perdew, J. P., Burke, K., ve Ernzerhof, M. 1996. Generalized gradient approximation made simple. Physical Review Letters, 77 (18), 3865.

Salmankurt, B., ve Duman, S. 2017. First-principles study of structural, mechanical, lattice dynamical and thermal properties of nodal-line semimetals ZrXY (X= Si, Ge; Y= S, Se). Philosophical Magazine, 97 (3), 175-186.

Skoug, E. J., Zhou, C., Pei, Y., ve Morelli, D. T. 2009. High thermoelectric power factor near room temperature in full-Heusler alloys. Journal of Electronic Materials, 38 (7), 1221-1223.

Zhu, T., Fu, C., Xie, H., Liu, Y., ve Zhao, X. 2015. High efficiency half-Heusler thermoelectric materials for energy harvesting. Advanced Energy Materials, 5 (19), 1500588.

HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI ANAEROBİK FERMANTASYONA DAYALI BİYOGAZ TESİSİNDE İŞLETME MALİYETLERİNİN ÇIKARILMASI VE TESİS FİZİBİLİTESİNE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Evren KÖKSAL
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
koksalevren41@gmail.com

Dr. Volkan ÇOBAN
Kocaeli Üniversitesi/Teknoloji Fakültesi/Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
volkan.coban@kocaeli.edu.tr

Dr. Selman ÇAĞMAN
Kocaeli Üniversitesi/Teknoloji Fakültesi/Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
selman.cagman@kocaeli.edu.tr

Özet
Gelişen teknoloji ve artan nüfusla beraber gerekli olan enerji ihtiyacı sürekli artmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmadığı takdirde, dünyamızı daha yaşanılır bir hale getirmek ve gelecek nesillere daha güzel yarınlar bırakabilmek her geçen gün daha da zorlaşacaktır. İşte bu noktada doğanın kendi içinde bulunan, atıkları yok ederek doğaya verilen zararı minimize eden ve doğanın döngüsüne yardımcı olarak enerji üretme imkanı ve "Geleceğin yakıtı" olarak da adlandırılan enerji kaynağı olan "biyogaz" devreye girmektedir. Bu tesislerin kurulabilmesi, yatırımcıların ilgisini çekebilmesi için ticari olarak karlılığının da yüksek olması gerekmektedir. Bu çalışmada hayvansal atık kaynaklı 2 MW çalışma kapasitesine sahip anaerobik fermantasyona dayalı bir biyogaz tesisinin işletme maliyetlerinin farklı varyasyonları ve bunların fizibiliteye olan etkileri incelenecektir.
Anahtar Kelimeler: Biyogaz, anaerobik fermantasyon, hayvansal atık, işletme maliyeti, fizibilite

EXTRACTİON OF OPERATİNG OF COSTS İN BİOGAS PLANT BASED ON ANAEROBİC FERMANTATİON FROM ANİMAL WASTE AND EXAMİNİNG THE EFFECTS ON THE FEASİBİLİTY OF PLANT

Abstract
With the increasing technology and the increasing population, the energy requirement is continuously increasing and if it is not met from renewable energy sources, it will become more difficult to make our world more livable and to leave more good tomorrows for future generations. At this point, the "biogas", which is the energy source in the nature itself, which is also called the ın fuel of the future ın, minimizes the damage to the nature by minimizing the waste and assisting the cycle of nature. In order to establish these facilities and attract the interest of investors, commercial profitability should be high. In this study, different variations of operating costs of a biogas plant based on anaerobic fermentation with 2 MW working capacity from animal waste and their effects on the feasibility will be examined.

Keywords : Biogas, anaerobic fermentation, animal waste, operating cost, feasibility

1. GİRİŞ

Hızla globalleşen dünyada artan nüfus ve gelişen teknoloji ile beraber enerji ihtiyacının artması ve buna bağlı olarak birincil enerji kaynaklarının azalması insanlığı alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Sürekli büyüyen ve yenilenen enerji dünyasında "geleceğin yakıtı" olarak tabir edilen biyogaz yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir.

Biyogaz üretim tesislerinde, organik atıklar oksijensiz ortamda fermente edilerek, içeriği metan ve karbondioksit ağırlıklı olan biyogaz dediğimiz gaz karışımını elde ederiz. Biyogaz motorlarda yakılarak ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Çevreye zarar verebilecek bu atıklar arıtılarak su, toprak ve hava kirliliği önlenmekte, işlenerek çıkan atıklar ise gübre olarak değerlendirilebilmektedir.

2018 yılı verilerine göre Türkiye'de 17milyon 338 bin büyükbaş hayvan, 47milyon 362bin küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Türkiye biyokütleden enerji üretiminde büyük potansiyele sahiptir ancak yapılan araştırmalar bu potansiyelin yeterince kullanılmadığını göstermektedir.

2. BİYOGAZ TESİSİNDE PROSES AKIŞI

Biyogaz tesisimizde 470 m^3 hacminde silindirik yapıda bir adet ön depo, her biri 6400 m^3 hacminde iki adet reaktör, 905 m^3 hacminde bir adet son depo ve bir adet katı gübre alanı bulunmaktadır. Dışarıdan gelen büyükbaş hayvan ve tavuk atıkları ön depoda toplanarak iki adet karıştırıcı vasıtası ile harmanlanmaktadır. Ön deponun etkin hacmi dışarıdan gelen hammaddeleri minimum bir gün depolayacak şekilde tasarlanmıştır. Ön depo içerisinde karıştırılan atıkların kuru madde oranı %10-12 civarında tutularak merkezi pompa dediğimiz bir pompa yardımı ile fermantörlere gönderilir. Merkezi pompamızın çalışma kapasitesi minimum 50 m^3/h olmalıdır. Ahırlardan gelen atıkların içerisine yabancı cisimler karışabilmektedir. Bu yabancı cisimler pompa ve karıştırıcılara zarar vermektedir. Bunun önüne geçebilmek için hammaddemizi fermantörlere gönderirken kıyıcı dediğimiz bir elekten geçirerek yabancı cisimleri uzaklaştırırız.

Her biri 6400 m^3 olmak üzere toplamda 12800 m^3 etkin hacme sahip reaktörlerimizde hammaddemizin fermante süresi minimum 32 gündür. Reaktörlerimizin çalışma sıcaklığı mezofilik olarak 35-40°C aralığındadır. Bu sıcaklık otomasyon sistemi ile istediğimiz aralıklarda tutulmaktadır. Hammaddenin ısıtılması için gerekli olan ısı kojenerasyon sisteminin ceket suyu ısısından sağlanmaktadır. Bu ısı, reaktörlerin içerisini saran sıcak su boruları ile iletilmektedir. Reaktörlerin üzeri çift membran ile kapatılarak elde edilen biyogaz burada 0-5 mbar aralığında depolanır. Bu aralığın üstü membran sağlığı için risk teşkil etmektedir. Bu nedenle reaktör içi gaz basıncımız 5 mbar'ın üzerine çıktığında membranların altında biriken biyogazı direkt havaya tahliye etmek yerine yakılması için flair'e gönderilir. Flair'in yeterli olmadığı ya da arızalı olabileceği durumlarda ise relif valflerimiz devreye girerek fazla gazı tahliye eder.

Biyogaz, %55-70 Metan(CH_4), %25-30 Karbondioksit(CO_2), 1000-2000ppm Hidrojen sülfür(H_2SO_4) ve geri kalanı nemden oluşan bir gaz karışımıdır. İçerisinde barındırdığı hidrojen sülfür gaz motorları için korozif özelliktedir. Bu gazı arındırmadan motora gönderdiğimizde motor ömrünü kısaltmakta ve bakım maliyetlerini arttırmaktadır. Bu nedenle reaktörlerde üreyip biriken biyogaz önce gaz şartlandırma ünitelerine gönderilerek hidrojen sülfür miktarı kabul edilebilir seviyelere indirilmekte ve içerisinde barındırdığı nemden mümkün olduğunda arındırılarak bu şekilde kojenerasyon ünitesine gönderilir.

Gaz şartlandırma ünitelerinden ilki desülfürizasyon kolonu dediğimiz H_2S giderme kısmıdır. Burada kolona alttan gönderilen H_2S miktarı yüksek gaz, alkali bir solüsyon ile yukarıdan yapılan yıkama ile hidrojen sülfürden arındırılır. Hidrojen sülfür miktarı 200ppm'in altına düşen biyogazın içerisinde bulunan neminde alınabilmesi için nem alma kolonlarına gönderilir. Bu işlemler sonunda istenilen değerlere gelen biyogaz blower vasıtasıyla istenilen debide kojenerasyon ünitesine gönderilerek ısı ve elektrik enerjisi elde edilir.

Bu işlemler sonunda reaktörler içerisinde minimum 32 gün beklemiş olan gübre fermente olmuş bir şekilde çıkmaktadır. Fermantörlerden çıkan substrat seperatör pompası dediğimiz 2. bir pompa yardımıyla hijyenizasyon ünitesine gönderilir. Bu pompanın çalışma kapasitesi minimum 25m^3/h olmalıdır. Burada hijyenize edilen ürün yine aynı pompa ile seperatöre gönderilir. Seperatörde fiziksel ayırma yapılır. Sıkma işlemi yapılan gübre katı ve sıvı olarak ayrılır. Katı gübre %25-32 kuru madde(piyasadaki seperatörlerin marka ve modeline göre değişmektedir.) içerecek şekilde çıkar ve katı gübre alanında depolanır. Sıvı gübre ise %5-7 askıda kuru madde(piyasadaki seperatörlerin marka ve modeline göre değişmektedir.) içerecek şekilde sıvı gübre deposuna gönderilir.

2.1. Ön Depo

Tesise getirilen atıklar ön depoda toplanarak karıştırılmaktadır. Ön depo 12 m çapında, 8 m yüksekliğinde silindirik betonarme bir yapıdır. Bu silindirik betonarme yapının duvar kalınlığı en az

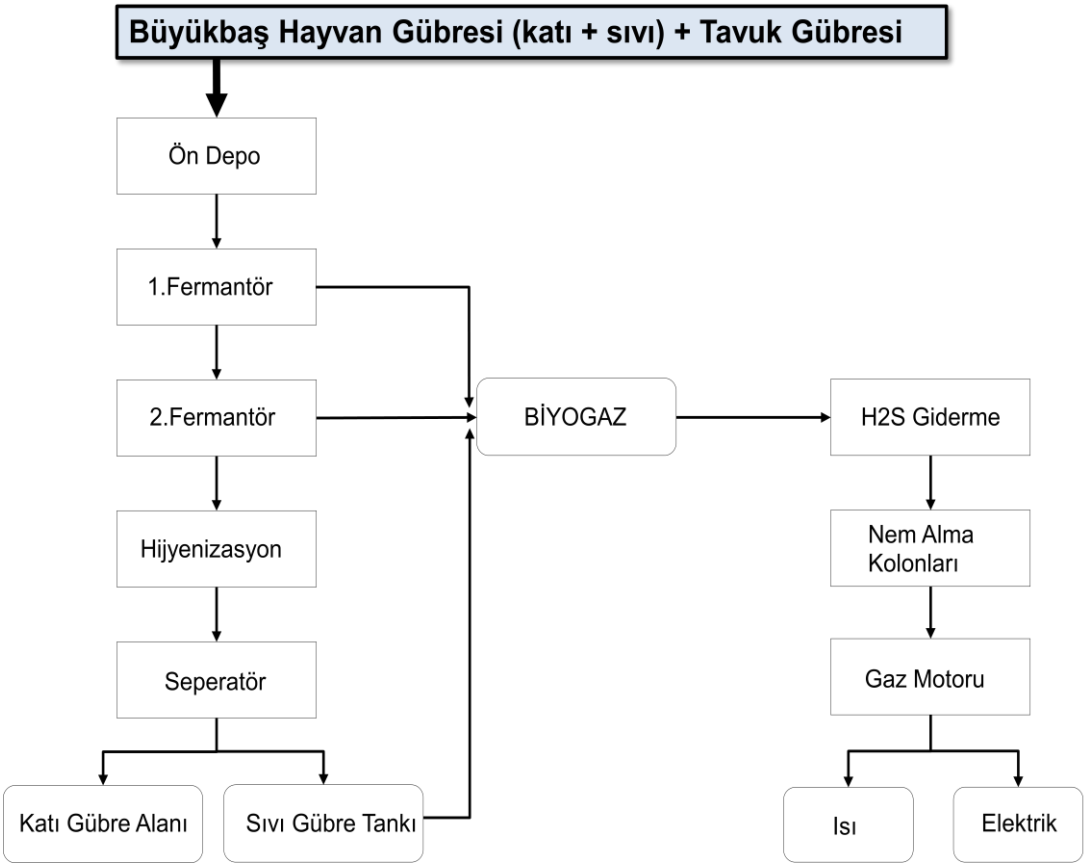
30 cm olmak zorundadır. Yaklaşık 80 m^3 beton kullanılmaktadır. 475 m^3 kullanılabilir hacme sahiptir. Üstü açık ve açık alanın çevresi çit ile çevrilidir. Ön depo içerisinde gübrenin fermantörlere gönderilebilmesi için borular ve karıştırılabilmesi için 2 adet karıştırıcı mevcuttur. Hem etkin hacim olarak yüksek olduğu hem de herhangi bir arızada yedekli çalışmak açısından 2 adet karıştırıcı uygun görülmüştür.

2.2. Fermantörler

Ön depoda katı madde oranı ayarlanan gübre merkezi pompa ile fermantörlere gönderilmektedir. Her bir fermantör 25 m çapında, 14 m yüksekliğinde silindirik betonarme bir yapıdır. Fermantörlerin duvar kalınlığı en az 30 cm olmak zorundadır. Her bir fermantör için yaklaşık 560 m^3 beton kullanılmaktadır. İki Fermantör toplamda 12800 m^3 etkin hacme sahiptir. Fermantörlerin üzeri membran ile örtülmüştür. İç duvar çeperini saran ısıtma boruları mevcuttur. Fermantörlerin içerisinde toplam dört adet sıcaklık sensörü, iki adet basınç sensörü ve sekiz adet karıştırıcı mevcuttur.

2.3. Son depo

Seperatörde fiziksel ayırma yapıldıktan sonra sıvı substratın depolandığı kısımdır. 12 m çapında, 8 m yüksekliğinde 905 m^3 hacminde silindirik bir yapıdır. En az iki gün depolama hacmine sahiptir. Sıvı subsrat içerisinde askıda katı madde oranı düşük olduğu için içerisinde bir adet karıştırıcı olması yeterlidir.



Şekil 1. Biyogaz proses akış şeması

3. REÇETELER

Biyogaz her türlü organik atığın oksijensiz ortamda fermantasyonu sonucu elde edilen bir gaz karışımıdır. Mısır sılajı, çimen, evsel yemek artıkları, hayvan gübreleri gibi her türlü atıktan üretimi yapılabilmektedir. Bu organik atıkların her birinin kendine göre kuru madde oranları, uçucu kuru madde oranları ve biyogaz verimleri farklıdır. 2 MW kapasiteli bir biyogaz tesisi için hammadde

olarak büyükbaş hayvan gübresi(%9 kuru madde içeren) ve yumurtacı tavuk gübresi(%25 kuru madde içeren) bunların karışım oranları için iki farklı reçete kullanılacaktır.
Her bir reçete için öncelikle lokasyon seçimi yapılacaktır. (tüm varyasyonlar 15 km çapındaki alan içerisinde dizayn edilecektir.)

a. Tavuk gübresi alınan yerin yanında
b. Büyükbaş gübresi alınan yerin yanında
c. Her iki hammaddeye eşit mesafede

4. YATIRIM MALİYETLERİ İÇERİSİNDE OLAN MALZEME VE EKİPMANLAR

a. Beton
b. İzolasyon
c. Karıştırıcılar
d. Pompalar
e. Borulama
f. Kıyıcı
g. Elektrik ve otomasyon
h. Gaz motoru
i. Membran
j. İşçilik

5. İŞLETME MALİYETİ İÇERİSİNDE OLAN GİDER KALEMLERİ

a. Personel
b. Bakım
c. Hammadde nakliyesi
d. Dağıtım bedeli

6. SONUÇ

Yukarıda belirtilen yatırım maliyetleri içerisindeki ayrıntılarda beton miktarı, karıştırıcı sayısı ve özellikleri, pompa tip ve özellikleri, substrat, gaz ve su hatlarında kullanılan boru tipleri, otomasyon için kullanılan PLC pano ve scada sistemi, gaz motoru sayısı ve modeli ve tüm bu yatırımların inşası için gerekli olan işçilik yatırım maliyetlerinin ana gider kalemlerini oluşturmaktadır. İşletme maliyetleri içerisindeki ayrıntılar ise üç vardiya çalışan minimum gerekli personel sayısı, hammaddelerin taşınmasında görevli personel sayısı, tesisin bakım ve işletme kısmından sorumlu personel sayısı, tesis içerisindeki ekipmanların bakım maliyetleri ve özellikle gaz motorunda kullanılan yedek parça ve bakım maliyetleri, hammadde taşımasında kullanılan araçların bakım ve akaryakıt maliyetleri, elektrik sistemine verilen kWh enerji birimi üzerinden alınan elektrik dağıtım bedeli maliyeti biyogaz tesisinin işletme maliyetlerinin ana gider kalemlerini oluşturmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda uygun lokasyon bulunarak, hammadde nakliyesi için yıllık yakıt giderinde minimum %20, araç bakım giderlerinde minimum %10 azalma görülmüştür. Uygun yedek parça ve bakım ekibi ile gaz motoru yedek parça ve bakım masraflarında minimum %50 azalma görülmüştür.
Bu çalışmanın önemi, kurulacak olan bir biyogaz tesisi lokasyonunun ve incelenen her bir gider kaleminin birbirine bağlı ve hem işletme hem de yatırım maliyetlerini etkileyen değişkenler olduğu ve bu değişkenlerin birbiri ile etkileşimini minimum maliyet ve maksimum verimde tutarak 2 MW'lık bir biyogaz tesisinin fizibilitesine etkileri görülmüştür.

KAYNAKLAR

www.turkeyarena.net, Biyogaz nedir? Biyogaz teknolojisinin faydaları nelerdir?,2008

HAREKETLİ TARET SİSTEMLERİNDE ATIŞ İSTİKAMETİ STABİLİZASYONU

İsa ERDOĞAN
Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
isaerdogan@havelsan.com.tr

Doç Dr. Ali SAYGIN
Gazi Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
asaygin@gazi.edu.tr

Özet

Araç üstü taret sistemlerinin savunma sistemlerindeki önemi hızla artmaktadır. Bu sistemler genel olarak iki eksende hareket eden servo düzeneklerden oluşmaktadır. Atış yapılacak istikamete yönelmiş olan silah sisteminin stabilizasyonu arazinin engebeli yapısı ve aracın içyapısı sebebiyle bozulmaktadır. Atış sisteminin istenilen hedefi yüksek doğrulukta vurması gereksinimi, stabilizasyonu gerekli kılmaktadır. Engebeli arazide kontrolcü olarak PID denetleyici kullanılması durumunda, PID katsayıları sabit olması sebebiyle taret hareketlerinde hatalar oluşabilmektedir. Bu çalışmada, değişken çevre ve çalışma koşulları için bulanık mantık denetleyici kullanılarak taret sistemi hareketi kontrol edilmiştir. IMU (Inertial Measurement Unit) sensör kartından alınan jiroskop ve ivmeölçer ham değerleri gerçek zamanlı olarak okunmuştur. Okunan bu değerlerden Euler denklemlerinin de yardımı ile yatay (azimut) ve yükselme (elevation) açıları hesaplanmıştır. Bu değerler taret sisteminin gerçek değerleri olarak kullanılmış olup, hedef değerler ile karşılaştırılarak hata değerleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak hata ve hatanın türevi bulanık mantık denetleyicide kullanılarak, kural tablosu sisteme özgü tasarlanarak hassas ve daha kararlı bir stabilizasyon sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atış Kontrol Sistemi, Stabilizasyon, Bulanık Mantık

STABILIZATION OF FIRE DIRECTION IN MOVABLE TURRET SYSTEMS

Abstract

The importance of on-board turret systems in defence systems is rapidly increasing. These systems generally consist of servo mechanisms that move in two axes. The stabilization of the weapon systems, which is directed towards the firing point, is disrupted by the hilly structure of the land and the internal structure of the vehicle. The requirement of the shooting system to hit the desired target with high accuracy requires stabilization. Since the PID coefficients are used as constant in the controllers with PID controllers, it cannot provide the correct solution. In this study, position control of servo motors is provided by using fuzzy logic controller for variable environment and working conditions as an alternative to PID systems. The gyroscope and accelerometer raw values from the IMU (Inertial Measurement Unit) sensor card were read in real time. With the help of Euler equations, azimut (horizantal axis) and elevation (vertical axis) angles were calculated from these values. These values are used as the real values of the turret system and the error values have been determined by comparing with the target values. As a result, the error and error of the derivative fuzzy logic controller is designed to be specific to the syste1m behavior and a more stable stabilization system has been implemented.

Keywords: Fire Direction, Fuzzy Logic, Stabilization,

1. GİRİŞ

Ülkelerin tehditlere karşı caydırıldığı arttırmak ve birbirlerine karşı üstünlük sağlamak amacıyla daha güçlü ve etkili silah sistemlerine sahip olma isteği ve ülkelerin bu alandaki çalışmaları günümüzde artan bir hızla devam etmektedir [1]. Silah sistemlerinin ana amacı belirlenen hedefin yüksek

doğrulukta vurulmasıdır. Bu amaçla kara sistemlerinde kullanılan taret sistemlerinin her türlü bozucu etki karşısında hedefi tam isabetle vurması beklenmektedir.

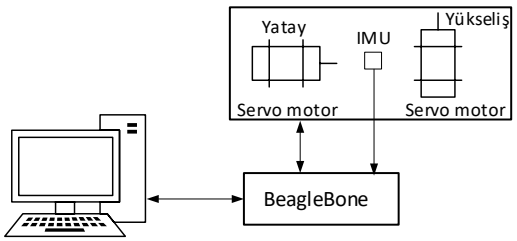
Silah kulesi sistemleri, genellikle gemilerin ya da taktik kara araçlarının (tank, obüs, zırhlı personel taşıyıcı) üzerinde, hava ve kara tehditlerine ve asimetrik tehditlere karşı kullanılan sistemlerdir. Bunun yanında sabit tesislerde de kullanılabilirler. Kule üzerinde çok farklı askeri ekipman bulundurabilirler. Bunlardan bazıları makineli tüfek, bomba atar ya da top olabilir. Kule sistemleri yatayda ve dikeyde tasarımsal açıdan bir problem olmadığı sürece istenilen açılarda hareket ettirilebilir. Silah kuleleri manuel (el ile), elektrikli ya da uzaktan kontrollü olarak çalışabilir. Manuel kontrolde bütün iş tamamen tarette bulunan personelin kabiliyeti ile hareket etmektedir. Ancak elektrikli kulelerde durum bundan farklıdır. Elektrikli ve bilgisayar kontrollü kulelerde kule hareket için 2 adet servo motora ihtiyaç duyar. Servo motorların biri tareti hereket ettirirken diğeriyle istenilirse silah hareket ettirilebilir. İyi bir tasarım için motorların yerleşimi çok önemlidir. Bu sistemler savunma sanayi sistemleri olduğu için motorların iyi bir şekilde saklanması ve olası bir çatışma halinde zarar görmemesi gerekmektedir.

Literatür incelendiğinde stabilizasyona yönelik çalışmalar genellikle gimbal yapıları üzerine yoğunlaşmıştır. Kontrolcü tasarımları ise gimbal üzerinde uygulanmıştır. Dey ve arkadaşları bulanık mantık denetleyicili gimbal stabilizatörü tasarlamaya çalışmışlardır [2]. Mao ve arkadaşları 2 eksenli stabilize platform sistemleri için kayan kontrolcü yapısını kullanarak tasarım ve uygulama yapmışlardır [3]. Abdo ve arkadaşları 2 eksenli gimbal sisteminin stabilizasyonu için kendinden ayarlamalı PID tipi bulanık mantık kontrolcüsü tasarlamışlardır [4]. Büyüksarıkulak ve arkadaşları ise iki eksen gimbal yapıları için bozucu kaynakların stabilizasyona olan etkilerini incelemiştir [5]. Öksüz ve arkadaşları ise servo motorlar için bulanık mantık yaklaşımı ile PID denetleyici tasarımı yapmışlardır [6].

2. MATERYAL VE METOD

Stabilizasyon hareketli araçlarda Atıs Kontrol Sisteminin (AKS) bünyesinde değerlendirilir. Atış kontrol sistemi ile mürettebatın mevcut ateş gücü donanımını muharabe sahasında en etkin şekilde kullanmasını sağlar. Sistem dört başlıkta incelenmiştir. Bunlar;

- Algılayıcılar (Sensörler)
- Merkezi İşlem Birimi (İşlemci)
- Yazılım (Veri Okuma, İşleme ve Değerlendirme)
- Bulanık Mantık Denetleyici



Şekil 1. Sistem Mimarisi

2.1. Algılayıcılar (Sensörler)

IMU(Inertial Measurement Unit), çeşitli sensörleri içinde toplayın tümleşik bir devredir. IMU içerisinde ivmeölçer, jiroskop ve pusula gibi sensörleri barındırır. İvmeölçer üç eksende üç ayrı analog sinyal üretir ve doğrusal ivme verisini verir. Jiroskop ise aynı şekilde üç eksende açısal hız verisi üretir. Sistemde, hem ivmeölçer hem de jiroskop verileri açısal konumu elde etmek için kullanılmıştır. Jiroskop üzerinden alınan açısal hız verisi ve ivmeölçer üzerinden alınan ivme verileri ile açı değeri elde edilmiştir. İvmeölçerden eğim açısı belirleme işlemi arctan fonksiyonu kullanılarak elde edilmiştir.

$$Angle\ Y = \text{atan}\left(\frac{X}{\sqrt{Y^2+Z^2}}\right) \quad (1)$$

$$Angle\ X = \text{atan}\left(\frac{Y}{\sqrt{X^2+Z^2}}\right) \quad (2)$$

MPU6050 navigasyon sistemlerinde hava araçlarında, denge robotlarında ve daha birçok alanda kullanılan bir sensördür. Üzerinde 3 eksenli bir jiroskop ve 3 eksenli bir açısal ivmeölçer bulunur. Toplamda 6 eksenli bir IMU kartıdır(Şekil2). Besleme voltajı kart üzerinden ayarlanabildiğinden 3V ile 5 V arası bir besleme voltajı ile çalıştırılabilir. I2C seri haberleşme protokolü ile IMU kartından sensör verileri işlemciye aktarılabilir. Her eksende 16 bit çözünürlüğünde ham veri elde edilir.

İtici sistemden ve fiziksel limitlerden dolayı, ivme ölçen bu sensörlerdeki en önemli durum yer çekiminden etkilenmeleridir. Sensör sürekli olarak yer çekiminin etkisinde kalır. Ölçü skalası olarak bir, iki veya üç eksende ölçüm yapabilen türevleri vardır. Bunlar ± 1g, ± 2g, ± 4g vb. gibi değerler ile ifade edilmektedir [7].

.



Şekil 2. MPU6050 Sensörü [8]

2.1.1 Tamamlayıcı (Complimentary) Filtre

İvmeölçer ve jiroskopu birleştirmek için çeşitli sensör füzyon algoritmaları vardır. Jiroskop ve ivmeölçerin ayrı ayrı göndermiş olduğu ham değerler çok güvenli bilgiler değildir. Çünkü jiroskop ve ivmeölçer eğimsel sapma (bias, drift) adı verilen bir sapma yapar. Bu sebepten hassas açı ölçümünde tek başlarına kullanılmaları tercih edilmez. Ayrıca ivmeölçer kuvvete karşı çok duyarlıdır ve en ufak titreşimlerde bile çok yüksek gürültüler oluşturmaktadır. Ancak jiroskop bu kuvvetlerden etkilenmemektedir. Tamamlayıcı filtre algoritması ile iki sensörden gelen verilerin birleştirilmesi amaçlanmıştır. Filtre için aşağıdaki matematiksel denklem kullanılmıştır.

Açı = (a) * (Jiroskop_Açısı) + (1-a) *(İvmeölçer_Açısı) (3)

“a” değeri filtre katsayısı olup, 0.98 olarak alınmıştır. İvmeölçer açısı katsayı değeri ise 0.02 olmuştur.

2.2. Merkezi İşlem Birimi (İşlemci)

BeagleBone Black geliştirme kartı, Texas Ins. tarafından geliştirilen 1GHz Sitara™ AM3358 ARM® Cortex™-A8 işlemcisi, dahili 512 MB DDR3 RAM ve 4GB hafıza birimi, ses ve görüntü çıkışı için dahili µHDMI bağlantısı, GPIO pinlerine ve diğer bağlantı pinlerine erişim sağlayan konnektörleri, microSD hafıza kartı girişi, dahili Ethernet bağlantı birimi ve USB çıkışları temel özelliklerindendir.



Şekil 3. BeagleBone Sitara™ AM3358 ARM Mikrodenetleyici [9]

2.3 Yazılım

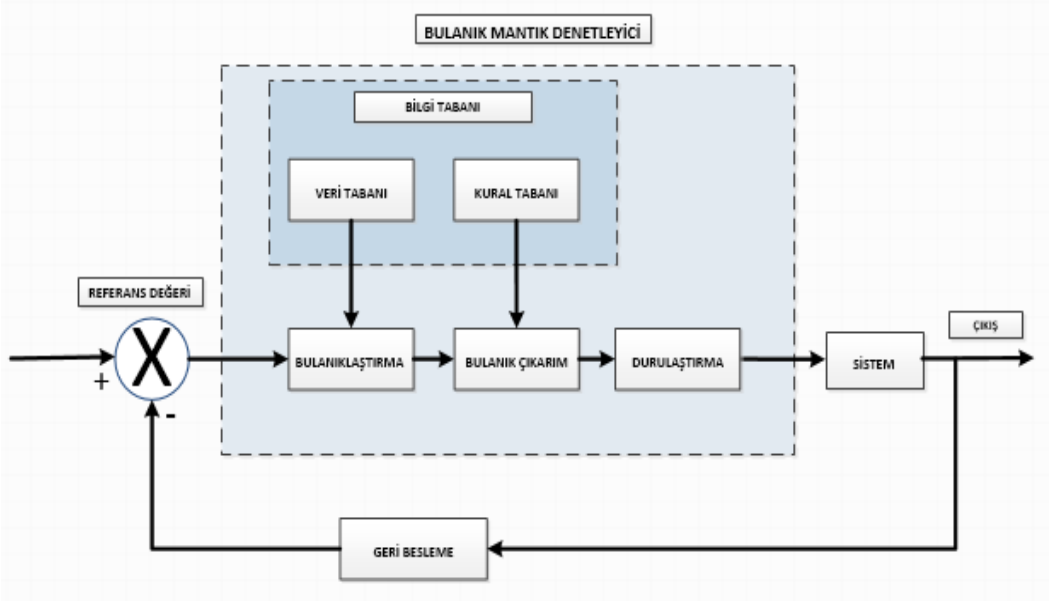
Kart üzerinde geliştirilen programda python yazılım dili kullanılmıştır. Python, nesne yönelimli, yorumlamalı ve etkileşimli yüksek seviyeli bir programlama dilidir. Bulanık mantık denetleyici ise yazılım içine gömülmüş, gerçek zamanlı olarak sistem ile birlikte çalıştırılmıştır.

Yazılım BeagleBone Black geliştirme kartı üzerinde çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar LABVIEW Programına aktarılarak görsel sonuçlar elde edilmiştir. LabVIEW, metin tabanlı programlamaya alternatif olarak, görsel bir programlama dili olarak National Instruments firması tarafından geliştirmiştir.

2.4 Bulanık Mantık Denetleyici

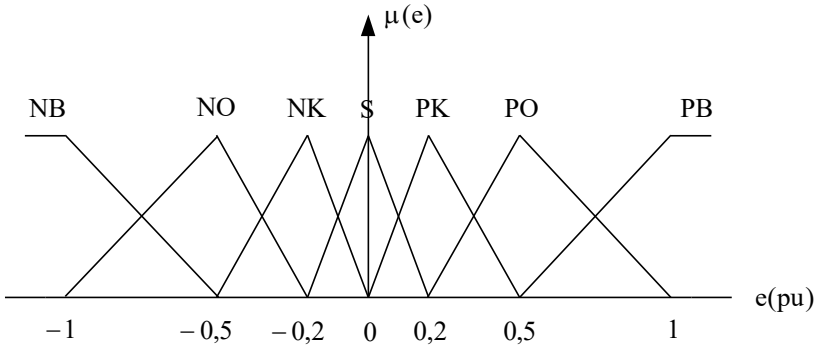
Bulanık mantık denetleyici, dinamik bir sistemin matematiksel modeli yerine, dilsel değişkenler içeren, bulanık kurallarla tanımlanan ve uzman deneyimiyle oluşan bir sistemdir. Bulanık mantık denetleyici bulandırma, karar verme, durulama ve bilgi tabanı olmak dört ana birimden oluşur (Şekil4).

Bulandırma birimi, sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeleri ve üyelik derecesi tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atanır. Karar verme birimi, bulandırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretilmektedir. Durulama birimi, karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerin elde edilmesini sağlar [6,10-11].



Şekil 4. Bulanık Mantık Denetleyici Genel Yapısı

Bulanık mantık denetleyicide, yükseliş hatası, yükseliş hatasındaki değişim ve çıkış kontrol değişkeni üyelik fonksiyonu değerleri 7 dilsel etiket ile ifade edilmiştir. Bunlar; NB(Negatif Büyük), NO(Negatif Orta), NK(Negatif Küçük), S(Sıfır), PK(Pozitif Küçük), PO (Pozitif Orta) ve PB (Pozitif Büyük) dür. Bu uygulamada üyelik derecelerinin belirlenmesinde üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Yükseliş Hatası Üyelik fonksiyonu

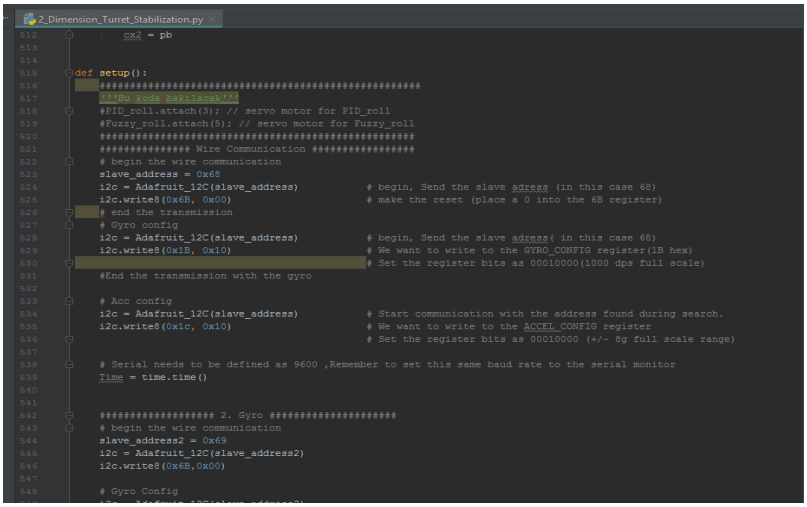
Durulaştırma işleminde toplamların ortalaması yöntemi kullanılmıştır. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa;

$$z^* = \frac{\left(\int X \, z_i \sum_{i=1}^{n} \mu_C (z_i) \, dz_i \right)}{\left(\int X \sum_{i=1}^{n} \mu_C (z_i) \, dz_i \right)} \qquad (3)$$

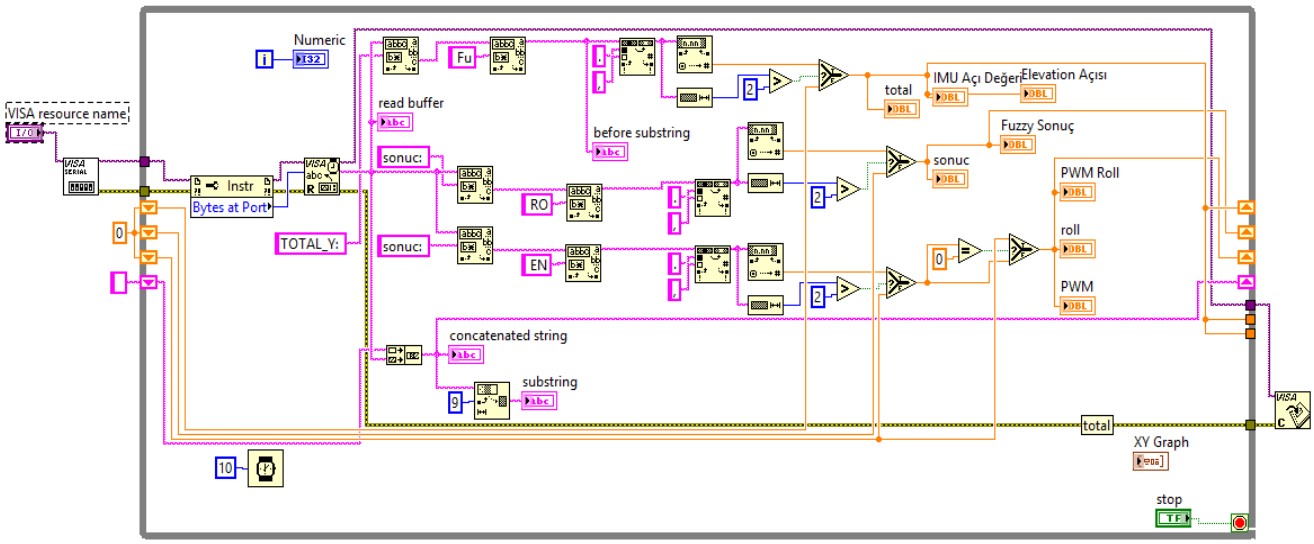
3. UYGULAMA

Oluşturulan yapı ve yazılan yazılım ile sistem test edilmiştir. Elektronik geliştirme kartı üzerine IMU Sensörü bağlanmış, elde edilen veriler yazılımda işlenerek nihai halini almıştır. Stabilizasyon için sistemde yükseliş ekseninde açı değeri sıfır derece olarak belirlenmiştir. Sistemin tüm bozucu etkilere karşı belirlenen sıfır derecede kalması hedeflenmiştir. İstenen açı değeri ile gerçek açı değeri

arasındaki fark hata olarak ele alınmıştır. Hata ve hatanın türevi ise bulanık mantık denetleyicisine girdi olarak verilmiştir. Bulanık mantığa ait kural tabanı ve sabit değerler deneme yanılma yoluyla nihai halini almıştır. Şekil 6' da python yazılımına ait bir kesit verilmiştir. Şekil 7' de ise Görsel arayüz için tasarlanan Labview kodu verilmiştir.

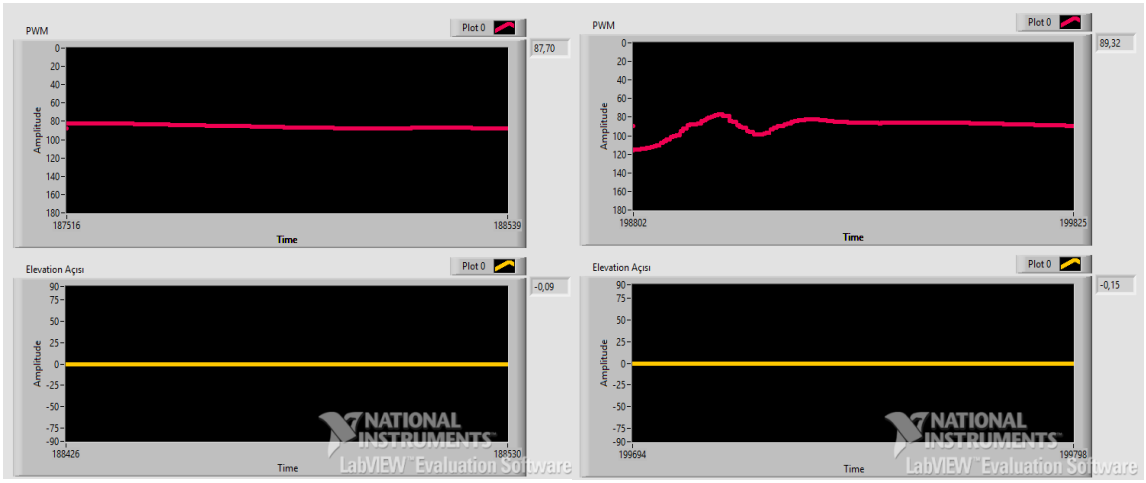


Şekil 6. Python Programlama Dili

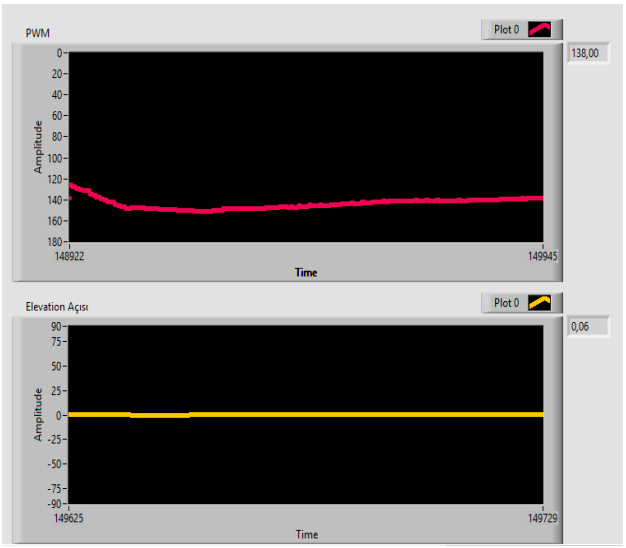


Şekil 7. Görsel Arayüz İçin Tasarlanan Labview Kodu

Test sistemi yükseliş açısında 0 derece denge durumu servo motor mekanik konumu gereği 90 dereceye sabitlenmiştir. 90 derecenin dışındaki konum yükselme açısında bozulma anlamına gelmekte olup, y ekseninde aşağı veya yukarı yönlü konumun bozulduğu anlamına gelmektedir. Yükselme açısında Şekil 8' de verildiği gibi yaklaşık 10 derecelik giriş bozucu hatası, IMU sensörden alınarak denetleyici çıkışında bulunan servo motor çalıştırılarak sistemin 0 denge noktasında durması sağlanmıştır. Benzer şekilde sistemde giriş bozucu giriş açısı 30 derecelere kadar zorlanmıştır. Şekil 9 da verilen giriş bozucu etkisinde sistem 0 denge noktası için ürettiği çıkış ile denge konumunu korumuştur.



Şekil 8. 10 derece bozucu giriş ve çıkış Labview görseli **Şekil 9.** 30 derece bozucu giriş ve çıkış Labview görseli



Şekil 10. 60 derece bozucu giriş ve çıkış Labview görseli

4. SONUÇ

Bu çalışmada bulanık mantık denetleyici ile hareketli taret sistemleri için yatay ve yükseliş açı stabilizasyon denetleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma da esas alınan sistem tipik bir atış kontrol sistemi olmuştur. Sisteme çeşitli bozucu etkiler girilmiş ve sonuçlar incelenmiştir. Mekanik yerleşim açısı ile atış istikamet açıları yatay eksende çakışık olmaları sebebiyle azimut açısında büyük değişim olmadığı örneklenmiştir. Özellikle sisteme yükseliş (elevation) ekseninde 30-35 dereceye kadar bozucu etki girilmiş, sistem atış istikameti için gerekli 0 derece referans açısını yakalamak için gerekli servo sürücü sinyallerini üretmiştir. Yaygın olarak yükseliş açısında bozulma atışı etkilediği için çalışma bu alanda yoğunlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Isık, H., (2016), Namlu İçerisindeki Balistik Parametrelerin Modellenmesi, *The Journal of Defense Sciences* Vol.15. pp. 159.

[2] Dey, S., Halder, S., Nandakumar M. P. (2014), Gyroscopic Stabilization of Two-Dimensional Gimbal Platform Using Fuzzy Logic Control, International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication, 2(8), 36-42.

[3] Mao, J., Li, Q., Li, S., Yang, J. (2019), Design and implementation of continuous finite-time sliding mode control for 2-DOF inertially stabilized platform subject to multiple disturbances, ISA Transactions, 84 (2019), 214–224.

[4] Abdo, M. M., Vali, A. R., Toloei, A. R., Arvan, M. R. (2014), Stabilization loop of a two axes gimbal system using self-tuning PID type fuzzy controller, *ISA Transactions,* 53 (2019), 591–602.

[5] Büyüksarıkulak, M.S., Kürkçü, B., Karakurt, M. (2016), İki Eksen Gimbal Sistemleri için Farklı Bozucu Kaynaklarının Stabilizasyon Performansına Etkileri, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı,* TOK'2016, 224-229.

[6] Öksüz, M., Dülger, L., Halıcıoğlu, R., (2016), Servo Pres İçin Bulanık Mantık Yaklaşımı ile PID Denetleyici Tasarımı, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı,* TOK'2016, 760-765.

[7] Songül, S. (2014). Tank Namlusu Stabilizasyon Sisteminin Arduino İle Uygulanması ve Deneysel Düzeneğinin Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Edirne

[8] 20 Nisan 2019 tarihinde https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/ adresinden alındı.

[9] 15 Nisan 2019 tarihinde https://beagleboard.org/black adresinden alındı.

[10] Küçüksille, E.U. (2002), Servo Motorların Bulanık Mantık Yöntemi ile Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

[11] H. Zhongliang, W.Xingsong, Position Control of Servo Press System Based on Fuzzy PID, *Chinese Control and Decision Conference(CCDC),* IEEE-2012, 4068-4073.

EFFECT OF THE INERTIA WEIGHT STRATEGY ON THE PSO OPTIMIZATION PERFORMANCE

Assist. Prof. Dr. Hüseyin DOĞAN
Selçuk University / Faculty of Technology/ Department of Mechatronics Engineering
huseyindogan@selcuk.edu.tr

Abstract

Particle Swarm Optimization (PSO) is a stochastic population-based evolutionary algorithm inspired by social interaction of organisms such as bees, birds and fishes. In a such swarm, each individual (called particle) modifies its movement according to its own experience and position of individual who is closer to the most fertile feeding location than others (the best particle) . In this structure, there is no leader or any controlling unit above them dictating how individuals should behave. PSO tries to find the best solution to an optimization problem by simulating this movement and collective intelligence of swarm searching for the food. PSO algorithm starts with an initial swarm randomly produced. Every particle in this swarm consists of set of parameters which are variables of possible solution to the defined optimization problem. At each iteration, fitness values of all particles are evaluated and fittest particle (closest to the target) is selected. Other particles update their parameters to get close to the best particle. During this procedure, "Inertia Weight" plays an important role. If inertia weight increases then changes in the variables of particles will be large and possibility of searching new areas will be increased. On contrary, smaller values of inertia weight make the particles concentrate on the local search areas. In order to maintain the balance between global and local search several inertia weight strategies have been proposed in literature. In this paper PSO is used to determine optimum parameters of fuzzy logic controller which regulates output voltage of a Boost DC-DC converter. PSO algorithm is implemented with different inertia weight approaches and results are compared according to the steady state and transient response of converter, time consumed for the optimization process and speed of convergence to optimal value.

Keywords: PSO, Fuzzy Logic, Inertia weight, Optimization, Algorithm.

1. INTRODUCTION

The particle swarm optimization (PSO) was introduced by Kennedy and Eberhart (1995) as a population-based stochastic search and optimization process (Kiranyaz et al., 2014). PSO simulates movements and collective intelligence of swarm looking for the food while searching the best solution to an optimization problem. In the algorithm, every member (particle) of the swarm consists of set of parameters which are variables of possible potential solution to the defined optimization problem. During optimization, the particle which has highest fitness score (degree of how the particle is successful at approaching the global best) is selected and other particles update their positions in order to come close to this particle.

Shi and Eberhart (1998) added a new variable called "Inertia Weight" into the original algorithm in order to maintain the balance between global and local search. Later, PSO with this addition has become standard PSO algorithm.

In this work, effect of inertia weight strategy on the performance of PSO is investigated. PSO algorithm is carried out with different inertia weight strategies to find out optimum values of fuzzy inference system (FIS) parameters. FIS is employed in the voltage supervisory unit of a Step-Up converter. This unit tries to stabilize load voltage during step response of converter. Parameters of FIS that are selected to be optimized are, input and output normalization coefficients, intersection points of input membership functions and intermediate values of crisp outputs. Step-Up converter is run with best results obtained by each optimization process and the steady state and transient characteristics are compared.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Step-Up (Boost DC-DC) Converter

Step-Up converters are power electronics-based devices which are widely used in many industrial applications where the input voltage is needed to be increased. Simulink model of the converter is given in Figure 1. It consists of an inductor (it stores energy in ON state and releases this energy in OFF state), a MOSFET (or an IGBT), a diode and a capacitor (for supply load during ON state). Circuit scheme also contains a fuzzy logic-based voltage controller and total error calculation blocks that will be explained below. Circuit parameters of the converter are given in Table 1.

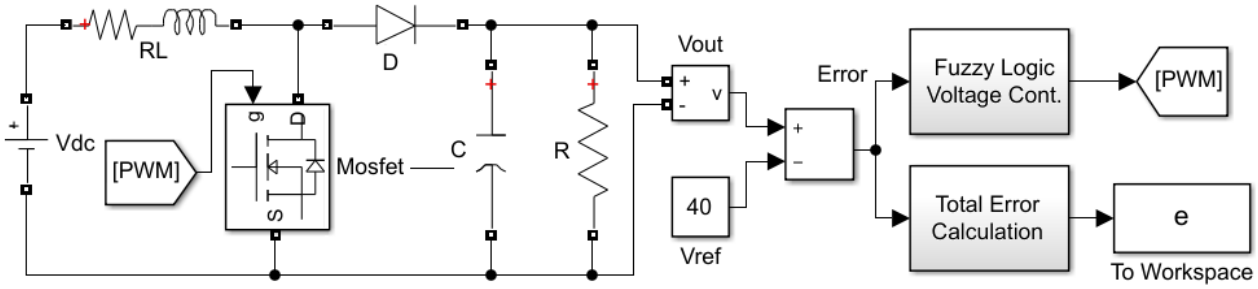


Figure 2. Circuit scheme of the Step-Up converter with FLC and total error calculation blocks.

Table 2. Circuit Parameters of the Step-Up Converter

Parameter	**Value**
Input Voltage	20 V
Input Inductor	0,5 Ω
Input Resistor	0,5 mH
Output Capacitor	220 µF
Output Reference Voltage	40 V
Load	20 Ω
Switching Frequency	10 kHz

2.2 Fuzzy Logic Based Voltage Controller

Figure 2 shows inside of the fuzzy logic voltage controller block. Mission of this block is to hold output voltage constant near its reference value. Input of the block is the voltage error between the actual output voltage (***V*****out**) and reference voltage (***V*****ref**). Output of the block is the PWM signal to be applied to the semiconductor switch to adjust output voltage. Inside the block, fuzzy logic controller has two input variables; first is the voltage error (***e***) which is also input of the whole block and second is the change in this voltage error (**Δ*e***). These variables are calculated at the **t-th** time interval;

$$e(t) = G1\big(V_{out}(t) - V_{ref}\big) \tag{1}$$

$$\Delta e(t) = G2\big(e(t) - e(t-1)\big) \tag{2}$$

where ***G*1** and ***G*2** are input normalization coefficients. Output of the fuzzy controller is the change of duty cycle (**Δ*D***) and actual duty cycle is determined as below;

$$D(t) = D(t-1) + G0.\Delta D(t) \tag{3}$$

where ***G0*** is the output normalization coefficient. Also, voltage controller block contains a "Limiter" to keep duty cycle in a certain range. After duty cycle is updated, it is compared with a sawtooth signal in order to obtain proper PWM gating signal. This produced signal is also output of the whole block.

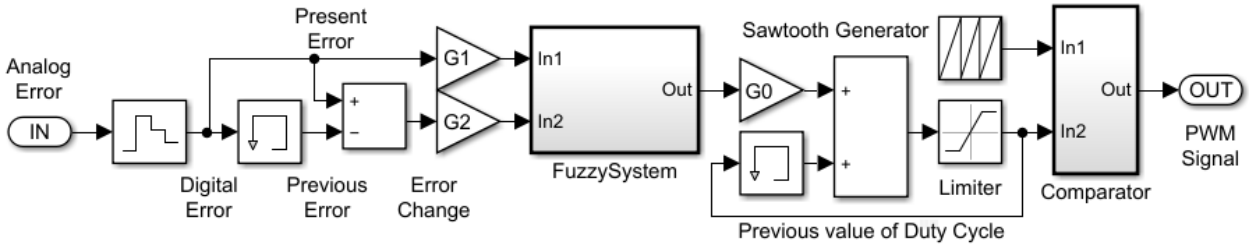
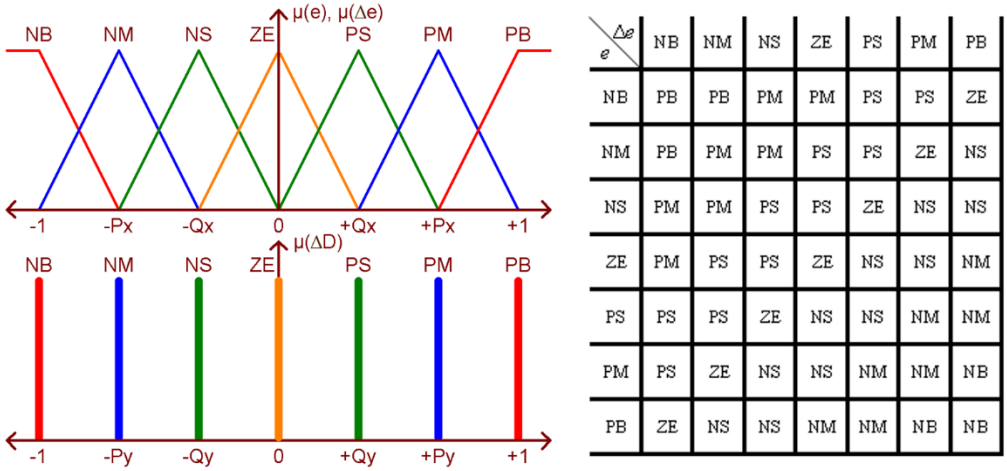


Figure 2. Inside of the Fuzzy Logic Controller Block

All the fuzzy operations take place in the "Fuzzy System" block. The input and output membership functions and rule table are shown in Figure 3. To ensure output voltage stable near the set point 49 rules are derived. Linguistic fuzzy rules can be expressed as below;



e \ Δe	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	PS	ZE
NM	PB	PM	PM	PS	PS	ZE	NS
NS	PM	PM	PS	PS	ZE	NS	NS
ZE	PM	PS	PS	ZE	NS	NS	NM
PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZE	NS	NS	NM	NM	NB
PB	ZE	NS	NS	NM	NM	NB	NB

Figure 3. Input membership functions, crisp outputs and rule table of the fuzzy controller

$$IF\ e(t)\ is\ X_i\ AND\ \Delta e(t)\ is\ Y_i\ THEN\ \Delta D(t)\ is\ T_i \tag{4}$$

where $\boldsymbol{X_i}$ and $\boldsymbol{Y_i}$ are input membership functions. The linguistic expressions of these functions are named as negative big (NB), negative medium (NM), negative small (NS), zero (ZE), positive small (PS), positive medium (PM) and positive big (PB) respectively. $\boldsymbol{T_i}$ is the weighted output of the fuzzy controller and is computed as;

$$T_i = W_i . Z_i \tag{5}$$

$$W_i = AndMethod\left(X_i(e(t)), Y_i(\Delta e(t))\right) \tag{6}$$

where $\boldsymbol{Z_i}$ is the crisp output (NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB) and $\boldsymbol{W_i}$ is the firing strength of the rule. For any combination of (***e***) and (**Δ*e***) the final output of the system is the weighted average of all rule outputs, computed as;

$$FinalOutput = \sum_{j=1}^{N} T_j / \sum_{j=1}^{N} W_j \tag{7}$$

2.3 Optimization of FLC by PSO

In order to obtain perfect steady state and transient response, fuzzy inference system parameters should be well determined. To find optimal values of fuzzy parameters, different optimization algorithms have been introduced in literature. Particle Swarm Optimization (PSO) which is a stochastic population-based evolutionary algorithm inspired by social interaction of organisms is one of these methods.

Parameters of fuzzy controller that are selected to be optimized are, input and output normalization coefficients, intersection points of input membership functions and intermediate values of crisp outputs as seen in Table 2. Also, in order to minimize the optimization time and get better results, search range of each parameter is limited according to past experience.

Table 2. FLC parameters that will be optimized and their limit values

Input and output normalization coefficients			Intersection points of membership functions		Intermediate values of crisp outputs	
G1	***G2***	***G0***	***Qx***	***Px***	***Qy***	***Py***
0,0 – 0,5	0,0 – 0,5	0,0 – 0,1	0,18 – 0,48	0,51 – 0,81	0,18 – 0,48	0,51 – 0,81

PSO algorithm is carried out by MATLAB commands in an M-File. Algorithm starts up with production of random first swarm that consists of 50 particles. Each particle consists of 7 variables that are candidate of potential optimum values of corresponding fuzzy parameters given in Table 2. This group of 7 parameters also indicates the position of particle.

In this work, total load voltage error is used instead of a predetermined mathematical equation or function, to evaluate particles whether they are close to the optimal solution or not. For this purpose, generated parameters of each particle are loaded to the fuzzy logic controller by the command "***set_param()***" and Step-Up Converter circuit is run in Simulink by the command "***sim()***". At the end of the simulation, total voltage error calculated by "Total Error Calculation Block" in Figure 4, is sent to Workspace. This process is executed for every particle of first swarm and at the end, fitness values of all particles are obtained. Also, initial positions (7 variables) of particles are stored as "$\boldsymbol{Pbest_i()}$" (Personal best variables of i-th particle in the swarm) and initial velocities ($\boldsymbol{V_i}$) of all particles are set to zero. Then, best particle is selected from the current swarm according to its fitness value as "***Gbest()***" (Global best).

After these initialization processes, PSO algorithm iterations begin. In each iteration, firstly velocity of each particle is updated according to its previous velocity, current position ($\boldsymbol{X_i}$), personal best position and position of best particle as seen Equation (8). Then updated velocity is added to current position to obtain new position as seen Equation (9). The aim is to bring the corresponding particle closer to the best one while preserving its personal experience.

$$V_i = w_i.V_i + C_1.Rand.(Pbest_i - X_i) + C_2.Rand.(Gbest - X_i) \quad (8)$$

$$X_i = X_i + V_i \quad (9)$$

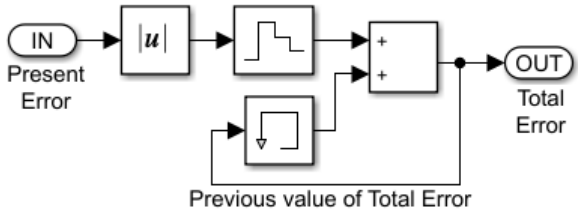


Figure 4. Inside of Total Error Calculation Block

In above equations, w_i, ***Rand***, C_1 and C_2 are inertia weight, random number between 0-1 and acceleration factors (C_1=C_2=2) respectively. After position update of each particle, Step-Up Converter circuit in Simulink is run again with updated parameters of particles to obtain new fitness values for new position update operations. This cycle continues until iteration number reaches to 50. To eliminate effect of the randomly produced initial swarm on the performance of the optimization process, iterations are run 10 times with new random swarm in each. And finally, the best particle (with least total voltage error) is determined at the end of each iteration and optimal solution is selected from these particles (best of best).

"Inertia Weight" plays an important role on the performance of PSO. If inertia weight increases then changes in the variables of particles will be large and possibility of searching new areas will be increased. On contrary, smaller values of inertia weight make the particles concentrate on the local search areas (Zhang et al., 2015). In order to maintain the balance between global and local search several inertia weight strategies have been proposed in literature. In this paper, each PSO process described above is carried out with four different inertia weight strategies listed in Table 3.

Table 3. Different Inertia Weight Strategies used for PSO

	IW Strategy	**Formula**	**Reference**
PSO1	Constant Inertia Weight	$w = c$ $(c = 0{,}7)$	(Shi and Eberhart, 1998)
PSO2	Random Inertia Weight	$w_i = 0{,}5 + \frac{Rand}{2}$ $(0 < Rand < 1)$	(Eberhart and Shi, 2001)
PSO3	Linear Decreasing Inertia Weight	$w_i = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{mim}}{i_{max}} \times i$ $w_{max} = 0{,}9\ w_{min} = 0{,}4$	(Xin et al., 2009)
PSO4	Global-Local Best Inertia Weight	$w_i = 1{,}1 - \frac{f(g_{best})}{f(p_{\text{best}})_{mean}}$ $f = Fitness\ Function$	(Arumugam and Rao, 2006)
$i = Iteration\ number\ (1 \leq i \leq i_{max})$			

3. RESULTS

Table 4 shows best optimal values of FLC parameters obtained at the end of each optimization process. Step response of the Step-Up converter for each optimization process is shown in Figure 5 and Figure 6 (Zoomed). Also, in Table 5, step response characteristics are given in numeric values. From the table and figures it can be seen that;

- All optimization strategies have nearly same "Min. Value" and exactly same "Rise Rime" except PSO3. Its "Rise Time" value is slightly lower than others.

- PSO1 has the worst performance in terms of "Total Error", "Overshoot" and "Settling Time".

- PSO2 has the lowest "Total Error" and it has a moderate performance in other characteristics.

- PSO3 has the best values except the "Settling Time" and "Total Error".

- PSO4 is superior in "Settling Time" but in other characteristics it is the second worst.

Table 4. Best optimal values of FLC parameters obtained at the end of each optimization process

	G1	G2	G0	Qx	Px	Qy	Py
PSO1	0,0771	0,0010	0,0285	0,4800	0,5163	0,1800	0,8088
PSO2	0,0418	0,5000	0,0152	0,4800	0,5979	0,3618	0,5741
PSO3	0,0192	0,3011	0,1000	0,4800	0,5789	0,1800	0,5100
PSO4	0,0948	0,0010	0,0251	0,4800	0,5403	0,1800	0,8084

Table 5. Performance parameters of converter for each optimization process

	Total Error	Rise Time (s)	Overshoot (%)	Settling Time (s)	Max. Value (V)	Min. Value (V)
PSO1	478.8676	0.0011	15.0242	0.0113	46.0097	**36.0257**
PSO2	**356.6159**	0.0011	0.9286	0.0064	40.3714	36.0176
PSO3	372.3848	**0.0010**	**0.6079**	0.0084	**40.2431**	35.6192
PSO4	418.4471	0.0011	11.9025	**0.0040**	44.7610	36.0239

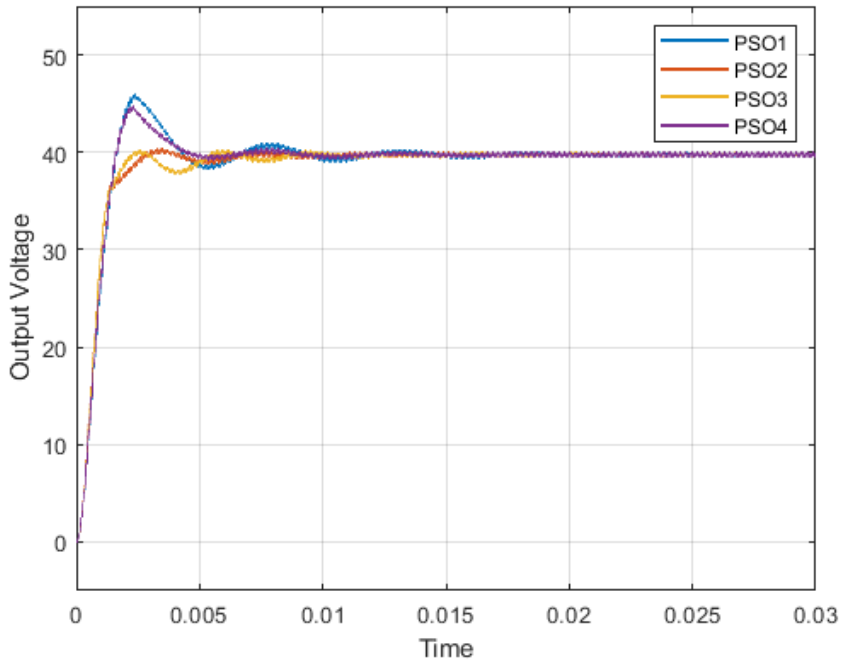


Figure 5. Step response of Step-Up Converter

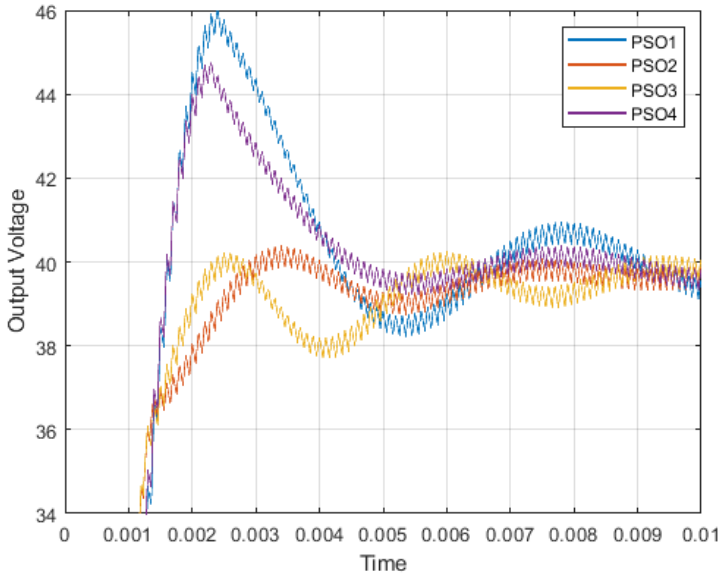


Figure 6. Step response of Step-Up Converter (Zoomed)

4. CONCLUSION

In this work, effect of inertia weight strategy on the performance of PSO is investigated. PSO algorithm is carried out with different inertia weight strategies to find out optimum values of fuzzy inference system (FIS) parameters. FIS is employed in the voltage supervisory unit of a Step-Up converter. This unit tries to stabilize load voltage during step response of converter. Parameters of FIS that are selected to be optimized are, input and output normalization coefficients, intersection points of input membership functions and intermediate values of crisp outputs. Step-Up converter is run with best results obtained by each optimization process and the steady state and transient characteristics are compared.

REFERENCES

ARUMUGAM, M. S., RAO, M. V. C. (2006), On the Performance of the Particle Swarm Optimization Algorithm with Various Inertia Weight Variants for Computing Optimal Control of a Class of Hybrid Systems, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2006 (3), 1-17.

EBERHART, R. C., SHI, Y. (2001), Tracking and Optimizing Dynamic Systems with Particle Swarms, *Proc. of the IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 27-30 May 2001, Seoul, South Korea, 94-100.

KENNEDY, J., EBERHART R. (1995), Particle Swarm Optimization, *Proc. of the IEEE International Conference on Neural Networks*, 27 November-1 December 1995, Perth, Australia, 1942-1948.

KIRANYAZ, S., INCE, T., GABBOUJ, M. (2014), *Multidimensional Particle Swarm Optimization for Machine Learning and Pattern Recognition*, Berlin: Springer.

SHI, Y., EBERHART R. (1998), A Modified Particle Swarm Optimizer, *Proc. of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 4-9 May 1998, Anchorage, U.S.A., 69-73.

XIN, J., CHEN, G., HAI, Y. (2009), A Particle Swarm Optimizer with Multistage Linearly-Decreasing Inertia Weight, *International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*, 24-26 April 2009, Sanya, China, 505-508.

ZHANG, L., TANG, Y., HUA, C., GUAN, X. (2015), A New PSO Algorithm with Adaptive Inertia Weight Based on Bayesian Techniques, Applied Soft Computing, 28 (), 138-149.

PAMUK YAĞI METİL ESTERİ-DİZEL KARIŞIMLARININ DI DİZEL MOTORUNDA MOTOR PERFORMANS, NO VE İS EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Burak YILDIRIM
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
burak.yildirim12@ogr.sakarya.edu.tr

Prof. Dr. İbrahim ÖZSERT
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
ozsert@subu.edu.tr

Doç. Dr. Vezir AYHAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi /Makine Mühendisliği Bölümü
vayhan@subu.edu.tr

Adem TÜYLÜ
[a] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
adem.tuylu1@ogr.sakarya.edu.tr

Özet

Enerji ihtiyacının her geçen gün artması ve taşıt sayısına bağlı olarak hava kirliliği yönünde atılan adımlar içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt kullanımını ön plana çıkartmaktadır. Dizel motorlarında yapısal herhangi bir modifikasyon yapılmadan kullanılabilecek alternatif yakıtların başında bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel gelmektedir. Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu (DI) bir dizel motorunda B10 ve B20 (%20 Biyodizel + %80 Dizel) pamukyağı metil esteri karışımlarının yakıt olarak kullanılması durumunda motor performans parametreleri, NO (azot oksit) ve İs emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler tam yük şartlarında 1200 ile 2200 d/d arasında 200 d/d aralıklarla 6 devir sayısında yapılmıştır. Deney adımları tekrarlı bir şekilde gerçekleştirilmiş olup her bir motor devri için kayıt altına alınan verilerin ortalama değerleri hesaplanmıştır. B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı sonucunda elde edilen motor performans ve emisyon verileri, standart dizel yakıtı kullanımı sonucunda elde edilen motor standart verileri ile mukayese edilmiştir. Biyodizel karışımlarının kullanılması durumunda motor performans parametrelerinde iyileşmelerin olduğu ve maksimum iyileşme miktarlarının B20 yakıtı kullanılması ile gerçekleştiği tespit edilmiştir. Motor efektif gücünde 2200 d/d da % 3 kadar artma ÖYS' de (özgül yakıt sarfiyatı) 1600 d/d' da % 4 kadar azalmanın olduğu saptanmıştır. NO emisyonlarının tüm motor devirlerinde biyodizel karışımları kullanılması durumunda standart verilere göre arttığı, is emisyonlarının ise; motorun maksimum tork üretmiş olduğu 1600 d/d' ya kadar bir miktar arttığı, bu devirden sonra azalma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk yağı metil esteri, Biyodizel, Motor performansı, NO emisyonu

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COTTON OIL METHYL ESTER-DIESEL MIXTURES ON ENGINE PERFORMANCE, NO AND SMOKE EMISSIONS IN DI DIESEL ENGINE

Abstract

Depending on the increasing demand for energy, and depending on the number of vehicles, the steps taken to control air pollution are highlighted by the use of alternative fuels as fuel in internal combustion engines. In this study, in the case of B10 and B20 (20% Biodiesel + 80% Diesel) cotton oil methyl ester-diesel mixtures use as alternative fuels in the DI diesel engine the effects of the fuels on engine performance parameters, NO (Azote Oxide) and smoke emissions experimentally

investigated. Tests were performed at full load conditions between 1200 rpm and 2200 rpm at 200 rpm intervals. The experimental steps were done repetitively and recorded data for each engine speed were calculated mean of values. Engine performance and emissions data from use of B10 and B20 fuels were compared with those of the standard diesel fuel. It has been detected that engine performance parameters get better in case biodiesel mixtures were used and maximum improvement amounts have been obtained with use B20. Comparing B20 with standard diesel fuel, it has been observed that there was an increase of 3 % at 2200 rpm in the engine effective power and a decrease of 4 % at 1600 rpm in the BSFC (Brake-Specific Fuel Consumption). It has been observed that with the addition of cotton oil biodiesel for all rpms resulted in an increase in NO emissions. On the other hand, it has been determined that it happened an increase in smoke emissions up to 1600 rpm which has produced maximum torque and after this engine speed it happened a decrease.

Keywords: Cotton oil methyl ester, Biodizel, Engine performance, NO Emission.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji, nüfus artışı ve bunlara bağlı olarak taşıt sayısında meydana gelen artışla birlikte enerjiye olan ihtiyaç gün geçti artmaktadır. Diğer taraftan fosil yakıt rezervleri hızlı bir şekilde tükenmektedir. Ayrıca taşıt sayısına bağlı olarak hava kirliliği de ortaya çıkmıştır. Bir taraftan fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması diğer taraftan hava kirliliğinin önlenmesi için yürürlüğe giren yasal düzenlemeler otomobil firmaları ve araştırmacılar bu konular üzerinde çalışma yapmaya yönlendirmiştir. Dizel yakıta alternatif, yenilenebilir yakıtların başında, motorda belli oranlara kadar köklü bir değişiklik yapılmadan kullanılabilmesi, petrol kökenli yakıtlara kıyasla kullanıldığında atmosfere salınan zehirli gazların azaltılmasında etkili olan ve motor performans değerlerinde dizel yakıta yakın olmasından dolayı, biyodizel gelmektedir. (Haşimoğlu vd. 2009, Ayhan vd. 2018). Biyodizel yakıtlar bitkisel veya hayvansal kökenli yağlardan üretilebilmektedirler. Dolayısıyla ülkelerin yetiştirdikleri bitkiler ve bunlarda bulunan yağ potansiyeli alternatif yakıt araştırmalarında önemli konulardan biridir. Ülkemizde potansiyel olarak en çok üretimi yapılan tarım ürünlerinden biri de pamuktur ve yılda 5,186,342 ton üretim ile pamuk üretimi bakımından dünyada 7. sıradadır. (Tüik, 2018). Bu veriler dikkate alındığında pamuk yağı biyodizeli yakıtının ticarileşmesi sonucunda ülkemize ekonomik açıdan çok taraflı bir katkı sunacağı kesindir. Literatürde birbirinden farklı bitkisel yağların kullanılması sonucu elde edilen çeşitli biyodizel yakıtları deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada pamuk yağı biyodizeli ele alınmıştır. Keskin, dizel yakıta belirli oranlarda pamuk yağı biyodizeli karıştırarak tam yük şartlarında çalışan dizel motorunun performans ve emisyon parametrelerini kayıt altına almıştır. Pamuk yağı biyodizeli ilavesi ile motor performans parametreleri olan motor torku, gücü, efektif verimi ve özgül yakıt sarfiyatında kötüleşmelerin olduğunu, emisyon değerleri bakımından is, CO, HC emisyonlarında azalış, NO_X emisyonlarında ise artış tespit etmiştir. (Keskin, 2017). Kılıçkan ve arkadaşları belirli oranlarda karıştırılmış ham pamuk yağı-dizel yakıtı ile transesterifikasyon işlemi gerçekleştirilmiş pamuk yağı metil esteri-dizel, pamuk yağı etil esteri-dizel yakıtlarını deneysel çalışmalarında kullanmışlardır. Ham pamuk yağının esterleştirilmesi sonucunda yoğunluğunda ve viskozitesinde azalma, ısıl değerinde artma saptanmıştır. Esterleşme işlemi gerçekleştirilmiş pamuk yağı-dizel yakıtı karışımlarının kullanılması ile elde edilen motor gücünün ham pamuk yağı-dizel karışımları kullanımı sonucu elde edilen motor gücünden daha fala olduğu gözlenmiştir. NO_X ve is emisyonları ele alındığında, STD dizel yakıta kıyasla, pamuk yağı metil/etil esteri-dizel yakıtının is emisyonları üzerine indirgeyici, NO_X emisyonu üzerine artırıcı bir etkisinin olduğu, ham pamuk yağı-dizel yakıtının bunun tam tersi bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. (Kılıçkan vd. 2008).

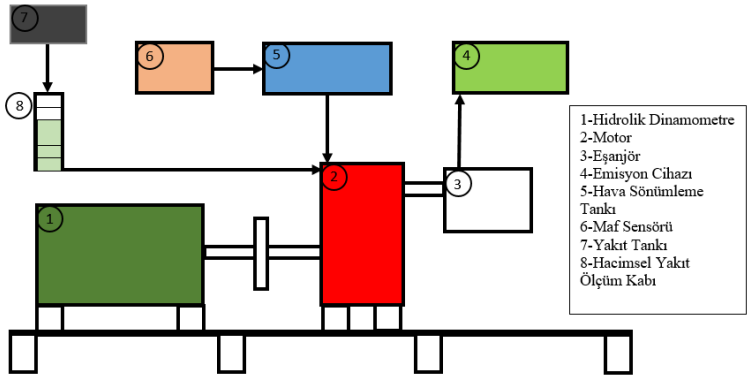
Bu çalışmada pamuk yağından transesterifikasyon yöntemi ile pamuk yağı metil esteri (biyodizel) üretilmiştir. Dizel yakıtına %10 ve %20 kütlesel oranlarda karıştırılarak direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılmıştır. Tam yük şartlarında ve farklı motor devirlerinde dizel ve dizel-biyodizel karışımları ile elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. MATERYAL VE METOD

Deneysel çalışmalarımızı yürütmüş olduğumuz doğal emişli, direkt enjeksiyonlu, tek silindirli motora ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Motoru Teknik Özellikleri

Motor Tipi	Super Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm^3]	0,92
Güç, 2400 d/d, [kW]	12
Enjektör Açma Basıncı [bar]	225
Püskürtme Avansı [KMA]	29
Maksimum Devir [d/d]	2800
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direkt Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak



Şekil 1. Deney Düzeneği

Deneyde kullanılan yakıtlara ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deney Yakıtlarının Bazı Özellikleri

Özellikler	Dizel	Pamuk Yağı Metil Esteri
Yoğunluk [kg/m^3], (15°C)	874	886
Setan Sayısı	59,1	55,4
Alevlenme Noktası [°C]	70	180
Kinematik Viskozite [mm^2/s], (40°C)	2,4	4,32
Alt Isıl Değer [MJ/kg]	43,8	38,9

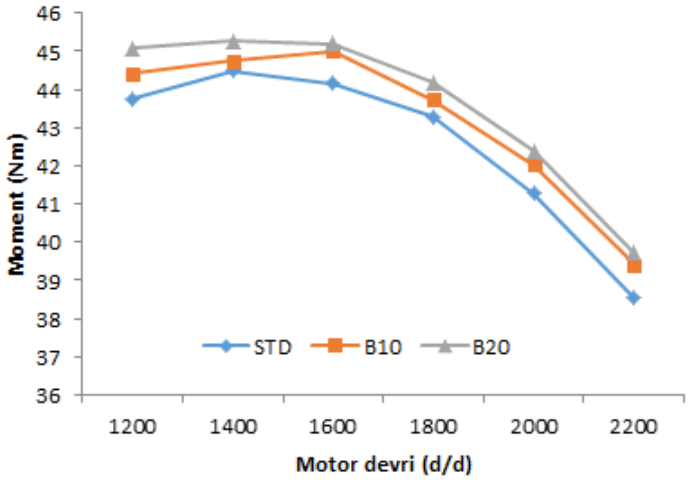
Pamuk yağı metil esteri üretiminde reaktant olarak yağ hacminin % 20'si oranında metanol, katalizör olarak belirli miktarda KOH (potasyum hidroksit) kullanılmış olup, biyodizel oluşumu için gerçekleşmesi gereken reaksiyonların etkin bir biçimde meydana gelmesi için karışım, uygun sıcaklıkta mekanik karıştırıcı ile sürekli bir şekilde karıştırılmıştır. Oluşturulan yakıttan gliserin uzaklaştırıldıktan sonra yakıt içerisinde kalabilen alkol, yağ asitleri ve katalizör maddenin yakıttan uzaklaştırılması için saf suyla hava kabarcıkları metodu ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonrasında elde edilen biyodizel içinde su bulunabilmesine karşın biyodizel yaklaşık 1 saat 65°C sıcaklıkta tutularak kurutma işlemi yapılmıştır. Deneyler tam yük şartlarında 1200 ile 2200 d/d arasında 200 d/d aralıklarla 6 devir sayısında gerçekleştirilmiştir. Motor gücünü kayıt altına almak için

hidrolik tipi dinamometre kullanılmıştır. Sağlıklı bir şekilde motor performans ve emisyon verilerini tespit etmek için motor ilk olarak yüksüz bir halde çalıştırılmış ve kararlı bir biçimde çalışma durumuna ulaşması beklenmiştir. Yakıt tüketimi 25'er cm^3'lük bölmelerden oluşan bir cam tüp vasıtasıyla hacimsel olarak ölçülmüştür. Deney süresince yağ sıcaklığı ve soğutma suyu sıcaklığı 85 - 90 ℃ sıcaklıklarda tutulmuştur. Deneyler öncelikle STD dizel yakıtı devamında B10 ve B20 (kütlece %20 Biyodizel, %80 dizel) yakıtları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. BOCSH marka BEA modeli gaz analiz cihazı ile NO emisyonu, BİLSA marka is ölçüm cihazı ile de is emisyonu ölçülmüştür.

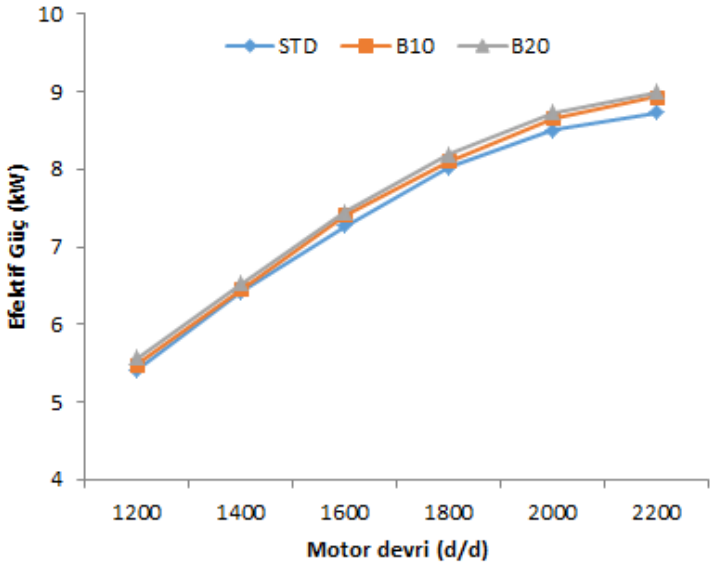
3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Motor Performans Parametreleri

Şekil 2'de tam yük şartlarında 1200 ile 2200 devirleri arasında 200'er devir aralıklarla belirlenen devirler için motor moment değerlerindeki değişim verilmiştir. Standart dizel yakıta kıyasla B10 ve B20 yakıtları kullanımında motor momentinde artışın olduğu görülmektedir. Maksimum moment değerleri tüm deney yakıtlarında 1600 d/d motor devrinde gerçekleşmiştir. 1600 d/d motor devrinde B20 yakıtı kullanılması durumunda standart duruma göre momentte % 2,4'lük bir artış tespit edilmiştir. Şekil 2'de kullanılan üç farklı deney yakıtı için efektif güç değerleri verilmiştir. Standart duruma göre B10 ve B20 yakıtları kullanımı ile motor moment ve güç değerlerinde artış yaşanmıştır. Bu artışa biyodizel yakıtının oksijence zengin bir kimyaya sahip olup bu nedenle de yanma verimine olan olumlu etkisinin sebep olduğu tahmin edilmektedir.

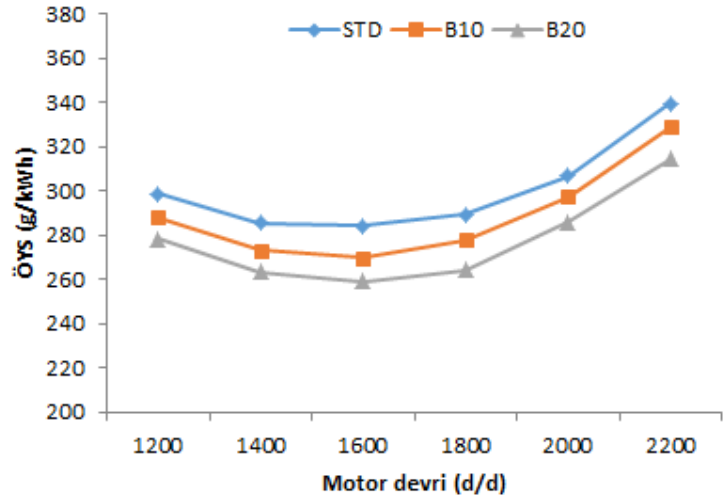


Şekil 2. Dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı ile elde edilen moment değerleri



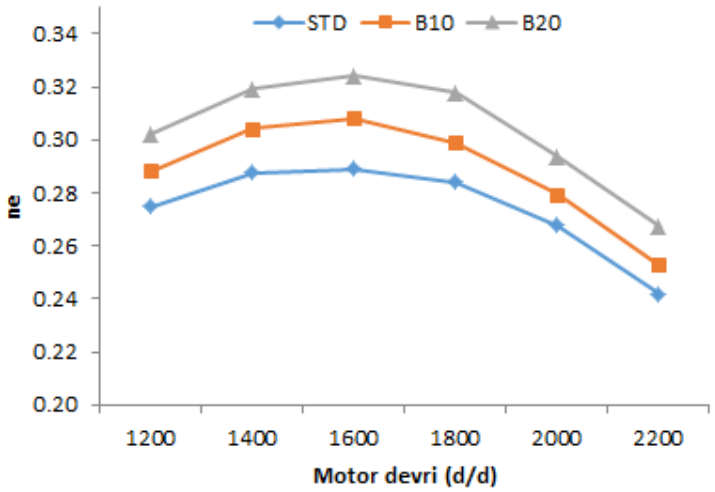
Şekil 3. Dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı ile elde edilen güç değerleri

Şekil 4'te dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanılması durumundan elde edilen özgül yakıt sarfiyatı değerleri verilmiştir. Dizel-biyodizel yakıt karışımları kullanılması durumunda özgül yakıt sarfiyatında iyileşmelerin yaşandığı anlaşılmaktadır. Maksimum momentin elde edildiği 1600 d/d motor devrinde B20 yakıtı kullanılması sonucunda, standart duruma göre özgül yakıt sarfiyatında yaklaşık %9'luk bir azalma gerçekleşmiştir. Bu iyileşme dizel-biyodizel yakıt karışımının, yalın dizel yakıtı yanma veriminden daha iyi olması ile açıklanabilir.



Şekil 4. Dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı ile elde edilen özgül yakıt sarfiyatı değerleri

Şekil 5'te dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanılması durumundan elde edilen motor efektif güç değerleri verilmiştir.

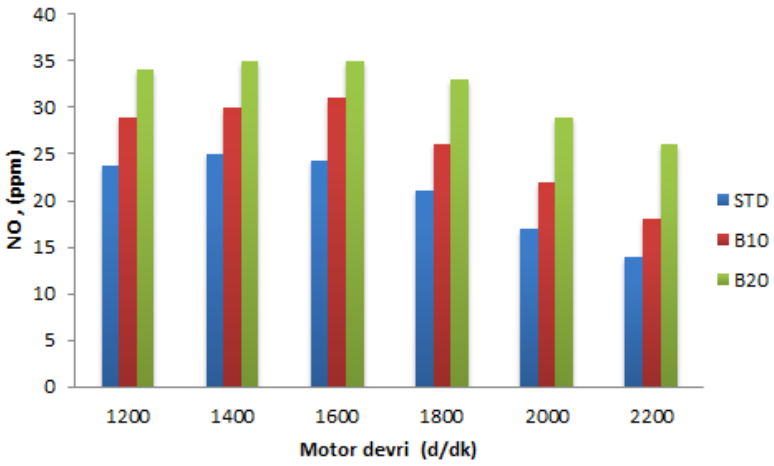


Şekil 5. Dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı ile elde edilen efektif verim değerleri

Şekil 5'ten de anlaşılacağı üzere B20 yakıtı kullanımı ile standart duruma göre tüm motor devirlerinde efektif verimde kayda değer bir artış saptanmıştır. Motor maksimum momentinin elde edildiği 1600 d/d motor devrinde, B20 yakıtı kullanılması, efektif verimde standart duruma kıyasla %10'luk bir artış sağladığı tespit edilmiştir.

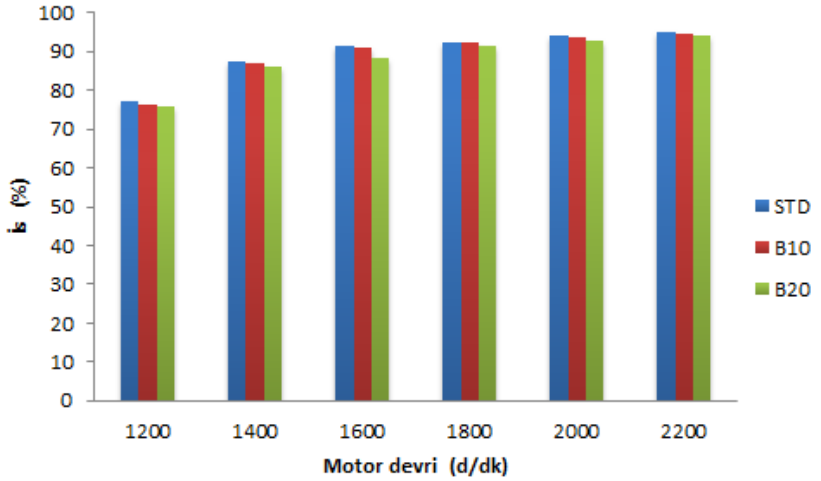
3.2. Motor NO ve İs Emisyonları

Şekil 6'da dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanılması durumundan elde edilen NO emisyon değerleri verilmiştir. Tüm devirlerde B10 ve B20 yakıtları kullanılması durumunda elde edilen NO emisyon değerlerinin, standart duruma göre artmış olduğu görülmektedir. NO emisyonu oluşumunda en etkili parametrelerden birisi olan yakıt-hava dolgusu içerisindeki oksijen konsantrasyonudur. Biyodizel yakıt kimyasının oksijence zengin oluşunun NO emisyonlarında artışa sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı ile elde edilen NO emisyon değerleri

Şekil 7'de dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanılması durumundan elde edilen NO emisyon değerleri verilmiştir. Tüm motor devirleri için ölçülen is emisyon değerlerinin kullanılan 3 farklı yakıt türünde de birbirlerine yakın büyüklüklerde olduğu görülmektedir. Biyodizel yakıt karışımları kullanımı ile is emisyonlarında az bir miktarda düşüş gerçekleşmiştir.



Şekil 7. Dizel, B10 ve B20 yakıtlarının kullanımı ile elde edilen is emisyon değerleri

4. DEĞERLENDİRMELER

Çalışmada direkt enjeksiyonlu, su soğutmalı, tek silindirli dizel motorunda tam yük şartları altında üç farklı yakıt test edilmiştir. B10 ve B20 biyodizel karışımlarının kullanılması durumunda standart duruma göre;

1. Motor performans parametrelerinde (moment, efektif güç, özgül yakıt sarfiyatı, efektif verim) iyileşmelerin yaşandığı tespit edilmiştir.

2. NO emisyonlarında artışlar gözlenmiştir. Karışım içerisindeki biyodizel oranı arttıkça NO emisyon değerlerinde de artış gerçekleşmiştir.

3. İs emisyonlarında belirgin bir artış veya azalış gözlenmez iken, çok az bir miktarda azalmalar tespit edilmiştir.

5. KISALTMALAR

STD: Standart dizel

B20: %20 Biyodizel + %80 Dizel

NO: Azotoksit

KAYNAKLAR

AYHAN, V., TUNCA, S., CESUR İ., ÖZSERT, İ., ERGEN, G. (2019), Ayçiçek Yağı Metil Ester Karışımlarının DI Bir Dizel Motorunun Performans ve Emisyonlarına Etkisi, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 67-73.

HAŞİMOĞLU, C., İÇİNGÜR, Y., ÖZSERT, İ., (2008), Turbo Şarjlı Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Biyodizel Kullanılmasının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 23(1), 207-213.

KESKİN, A. (2017), Experimental Investigation of the Effect of Cottonseed Oil Biodiesel-Eurodiesel Mixtures on Combustion, Performance and Emissions at Full Load, *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 17(1), 797-809.

KILIÇKAN, A. ELİÇİN, A.K., ERDOĞAN D. (2008), Pamuk Yağı Motorin Karışımlarının ve Pamuk Yağı Esterlerinin Küçük Güçlü Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanımı, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3), 237-245.

M.SUNDARESAN, S.CHANDRASEKARAN, P.T. PORAI, Analysis of combustion, performance and emission characteristics of blends of methyl esters of jatropha oil (MEJ) in DI diesel engine, SAE Technical Paper, 2007.

TÜİK, (2019), *Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alan ve Üretim Miktarları*, 15.04.2019 tarihinde http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist adresinden alındı.

THE ANALYTIC SOLUTION OF INITIAL BOUNDARY VALUE PROBLEM INCLUDING SPACE-FRACTIONAL DIFFUSION EQUATION

Research Assistant. Suleyman Cetinkaya
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
suleyman.cetinkaya@kocaeli.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Ali Demir
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
ademir@kocaeli.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Mine Aylin Bayrak
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
aylin@kocaeli.edu.tr

Abstract
In this research, we determine the analytic solution of initial boundary value problem with Dirichlet boundary conditions in one dimension. By using seperation of variables the solution is constructed in the form of a Fourier series with respect to the eigenfunctions of the corresponding Sturm-Liouville eigenvalue problem including fractional derivative in Caputo sense.

Keywords: Caputo fractional derivative, space-fractional diffusion equation, Mittag-Leffler function, initial-boundary-value problems, spectral method.

1. INTRODUCTION

As PDEs of fractional order plays an important role in modelling for the numerous processes and systems in various scientific research areas such as applied mathematics, physics chemistry etc., the interest in this topic is increasing enourmously. Since the fractional derivative is non-local, the model with fractional derivative for physical problems turns out to be the best choice to analyse the behaviour of the complex non linear processes. That is why it attracts increasing number of researchers.

The derivatives in the sense of Caputo is one of the most common one since mathematical models with Caputo derivatives gives better results compare to the analysis of ones including other fractional derivatives. In literature increasing number of studies can be found supporting this conclusion (Demir et al., 2013), (Demir et al., 2015), (Demir et al., 2014), (Huang and Liu, 2005), (Luchko, 2012), (Luchko, 2011), (Momani and Odibat, 2007), (Plociniczak, 2015). Moreover the Caputo derivative of constant is zero which is not hold by many fractional derivatives. The solutions of fractional PDEs and ODEs are obtained in terms of Mittag-Leffler function.

2. MATERIALS AND METHODS

Some fundamental definitions and common consequences concerning Caputo fractional derivatives are supplied in this part.

Definition 1. If $n-1 < q < n$, the Caputo fractional derivative of $u(t)$ of order q is presented by equation:

$$ {}^{c}D^{q}u(t) = \frac{1}{\Gamma(n-q)} \int_{t_0}^{t} (t-s)^{n-q-1} u^{(n)}(s) ds, \quad t \in [t_0, t_0+T] \tag{1} $$

where $u^{(n)}(t) = \frac{d^n u}{dt^n}$. If q is an integer, the before the definition of fractional derivative matches with the integer derivative.

Definition 2. If $0 < q < 1$, the Caputo fractional derivative of order q can be defined by equation

$${}^{c}D^{q}u(t) = \frac{1}{\Gamma(1-q)}\int_{t_0}^{t}(t-s)^{-q}u'(s)ds. \quad (2)$$

The two-parameter Mittag–Leffler function described as

$$E_{\alpha,\beta}(\lambda(t-t_0)^{\alpha}) = \sum_{k=0}^{\infty}\frac{(\lambda(t-t_0)^{\alpha})^{k}}{\Gamma(\alpha k+\beta)} \quad (3)$$

where λ is a constant and $\alpha, \beta > 0$. For $t_0 = 0,\ \alpha = \beta = q$ we acquire

$$E_{q,q}(\lambda t^{q}) = \sum_{k=0}^{\infty}\frac{(\lambda t^{q})^{k}}{\Gamma(qk+1)}, \quad q > 0. \quad (4)$$

when $q = 1$, equation (4) corresponds to $E_{1,1}(\lambda t) = e^{\lambda t}$. For additional study see (Kilbas et al., 2006), (Podlubny, 1999).
Let's define the following functions

$$\sin_q(\mu t^{q}) = \frac{E_{q,1}(i\mu t^{q}) - E_{q,1}(-i\mu t^{q})}{2i} = \sum_{k=0}^{\infty}\frac{(-1)^{k}(\mu t^{q})^{2k+1}}{\Gamma((2k+1)q+1)} \quad (5)$$

and

$$\cos_q(\mu t^{q}) = \frac{E_{q,1}(i\mu t^{q}) + E_{q,1}(-i\mu t^{q})}{2} = \sum_{k=0}^{\infty}\frac{(-1)^{k}(\mu t^{q})^{2k}}{\Gamma(2kq+1)}. \quad (6)$$

These functions are $\sin(\mu t)$ and $\cos(\mu t)$ for $q = 1$.

Inner Product

Let V be a vector space, produced of all linear combinations of $\sin_\beta\left(\mu(\frac{x}{b-a})^{\beta}\right)$ and $\cos_\beta\left(\mu(\frac{x}{b-a})^{\beta}\right)$ for fixed β where $0 < \beta \leq 1, \mu \in \mathbb{R}$ on the interval $I = [a, b]$, i.e.,
$V = span\{\sin_\beta\left(\mu(\frac{x}{b-a})^{\beta}\right), \cos_\beta\left(\mu(\frac{x}{b-a})^{\beta}\right)\}$. Let $T: V \to span\{\sin\left(\frac{\mu x}{b-a}\right), \cos(\frac{\mu x}{b-a})\}$ be a linear transformation which is one-to-one and onto. Thus it has its inverse transformation T^{-1}. The mapping $<\cdot,\cdot>: V \times V \to \mathbb{R}$ is defined as

$$< u(x;\beta), v(x;\beta) > = T^{-1}(\int Tu(x;\beta).Tv(x;\beta)dx)\,|_{x=a}^{b} \quad (7)$$

where $Tu(x;\beta) = u(x;1)$ and $Tv(x;\beta) = v(x;1)$ (Kodal and Demir, 2018).

Main Results

We deal with the problem (8)-(10) including space fractional PDE in this part.

$$u_t(x,t) = D_x^{2\beta}u(x,t) + \gamma u(x,t), \qquad 1 < 2\beta < 2, \quad 0 \leq x \leq l, 0 \leq t \leq T \quad (8)$$

$$u(x,0) = f(x), \quad 0 \leq x \leq l \quad (9)$$

$$u(0,t) = 0, \ \ u(l,t) = 0 \quad 0 \leq t \leq T. \quad (10)$$

The eigenvalue problem is given as follows:

$$\left(D^{2\beta}X\right)(x;\beta) + \lambda(\beta)X(x;\beta) = 0 \quad (11)$$

$$X(0;\beta) = 0, \quad X(l;\beta) = 0 \quad (12)$$

we use equation (13) to determine the solution of (11)-(12)

$$X(x;\beta) = E_{\beta,1}(rx^{\beta}). \tag{13}$$

This leads to (14) for (11)-(12)

$$r^2 + \lambda(\beta) = 0 \tag{14}$$

which has two complex roots $r = \mp i\sqrt{\lambda}$. Hence the general solution of (11-12) is characterize by:

$$X(x;\beta) = c_1 \sin_{\beta}(\sqrt{\lambda}\, x^{\beta}) + c_2 \cos_{\beta}(\sqrt{\lambda}\, x^{\beta}). \tag{15}$$

From (12) we have:

$$X(0;\beta) = 0 \Longrightarrow c_1 \sin_{\beta}(0) + c_2 \cos_{\beta}(0) = 0 \Longrightarrow c_2 = 0 \tag{16}$$

which gives solution (17)

$$X(x;\beta) = c_1 \sin_{\beta}(\sqrt{\lambda}\, x^{\beta}) \tag{17}$$

From (12) we have:

$$X(l;\beta) = 0 \Longrightarrow X(l) = c_1 \sin_{\beta}(\sqrt{\lambda}\, l^{\beta}) = 0 \tag{18}$$

which implies that

$$\sin_{\beta}(\sqrt{\lambda}\, l^{\beta}) = 0. \tag{19}$$

Let $w_n(\beta) = \sqrt{\lambda_n(\beta)} l^{\beta}$. From here we have,

$$\lambda_n(\beta) = \frac{w_n^2(\beta)}{l^{2\beta}}, \qquad 0 < w_1(\beta) < w_2(\beta) < \cdots \tag{20}$$

Thus the solution of the (11)-(12) is represented in (21):

$$X_n(x;\beta) = c_n \sin_{\beta}\left(w_n(\beta)\left(\frac{x}{l}\right)^{\beta}\right). \tag{21}$$

from (20) for each eigenvalue $\lambda_n(\beta)$ gives (22):

$$T_n(t;\beta) = k_1 e^{(\gamma - \lambda_n(\beta))t} = k_1 e^{\left(\gamma - \frac{w_n^2(\beta)}{l^{2\beta}}\right)t} \qquad , n = 1,2,3,\ldots \tag{22}$$

For each eigenvalue $\lambda_n(\beta)$ we get

$$u_n(x,t;\beta) = X_n(x;\beta)T_n(t;\beta) = d_n \sin_{\beta}\left(w_n(\beta)\left(\frac{x}{l}\right)^{\beta}\right) e^{\left(\gamma - \frac{w_n^2(\beta)}{l^{2\beta}}\right)t} \tag{23}$$

and so we have

$$u(x,t;\beta) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin_{\beta}\left(w_n(\beta)\left(\frac{x}{l}\right)^{\beta}\right) e^{\left(\gamma - \frac{w_n^2(\beta)}{l^{2\beta}}\right)t} \tag{24}$$

which satisfy both (8) and (10). To determine the solution which satisfies (9) we use the equation (7). In (22), replacing t by 0 and using the initial condition (9), we get the coefficients d_n as follows:

$$u(x,0) = f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l}\right)^\beta \right) \quad (25)$$

via (7) we will obtain the coefficients d_n for $n = 1,2,3,$ ...as follows:

$$d_n = \langle f(x), \sin_\beta \left(w_n(\beta) \left(\frac{x}{l}\right)^\beta \right) \rangle \quad (26)$$

Illustrative Example:

Before solving fractional heat-like problem we first solve the following problem for $\beta = 1$ so as to check the solutions of these two problems.

$$u_t(x,t) = u_{xx}(x,t) + \gamma u(x,t)\,, \qquad 0 \le x \le 1, \qquad t \ge 0 \quad (27)$$

$$u(x,0) = 3\sin(2\pi x) - 4\sin(3\pi x), \qquad 0 \le x \le 1 \quad (28)$$

$$u(0,t) = 0, u(1,t) = 0\,, \qquad t \ge 0 \quad (29)$$

The solution of problem (27)-(29) is acquired as follows:

$$u(x,t) = 3\sin(2\pi x)\, e^{(\gamma - 4\pi^2)t} - 4\sin(3\pi x) e^{(\gamma - 9\pi^2)t}. \quad (30)$$

Let's consider the following fractional heat-like problem.

$$u_t(x,t) = D_x^{2\beta} u(x,t;\beta) + \gamma u(x,t), \quad 1 < 2\beta < 2, \quad 0 \le x \le 1, 0 \le t \le T, \quad (31)$$

$$u(x,0) = 3\sin(2\pi x) - 4\sin(3\pi x), \qquad 0 \le x \le 1 \quad (32)$$

$$u(0,t) = u(1,t) = 0, \qquad 0 \le t \le T \quad (33)$$

The series form of the solution for this problem can be given as follows in (24):

$$u(x,t;\beta) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin_\beta\left(w_n(\beta)x^\beta\right) e^{(\gamma - w_n^2(\beta))t}. \quad (34)$$

where

$$d_n\langle \sin_\beta\left(w_n(\beta)x^\beta\right), \sin_\beta\left(w_m(\beta)x^\beta\right)\rangle$$
$$= 3\langle \sin(2\pi x), \sin_\beta\left(w_m(\beta)x^\beta\right)\rangle - 4\langle \sin(3\pi x), \sin_\beta\left(w_m(\beta)x^\beta\right)\rangle$$

As a result we obtain

$d_2 = 3$ for $n = 2$, $d_3 = -4$ for $n = 3$ and $d_n = 0$ for $n \neq 2,3$.

Hence the final solution becomes

$$u(x,t;\beta) = 3\sin_\beta\left(w_2(\beta)x^\beta\right) e^{\left(\gamma - w_2^2(\beta)\right)t} - 4\sin_\beta\left(w_3(\beta)x^\beta\right) e^{\left(\gamma - w_3^2(\beta)\right)t} \quad (35)$$

Solution (35) goes to the solution (30) as β goes to 1.

3. CONCLUSION

In this study, we determine the analytic solution of initial boundry value problem with Dirichlet boundary conditions in one dimensional. By practicing seperation of variables the solution is formed in the form of a Fourier series with respect to the eigenfunctions of a corresponding Sturm-Liouville eigenvalue problem including fractional derivative in Caputo sense, we use the inner product defined in our previous article (Kodal and Demir, 2018).

REFERENCES

DEMIR, A., ERMAN, S., OZGUR, B., KORKMAZ, E. (2013), Analysis of fractional partial differential equations by Taylor series expansion, Boundary Value Problems, 2013,68.

DEMIR, A., KANCA, F., OZBILGE, E. (2015), Numerical solution and distinguishability in time fractional parabolic equation, Boundary Value Problems, 2015,142.

DEMIR, A., OZBILGE, E. (2014), Analysis of the inverse problem in a time fractional parabolic equation with mixed boundary conditions, Boundary Value Problems, 2014,134.

HUANG, F., LIU F., (2005), The time-fractional diffusion equation and fractional advection-dispersion equation, ANZIAM J., 46, 1-14.

KILBAS, A. A, SRIVASTAVA, H. M, TRUJILLO J. J. (2006), Theory and Applications of Fractional Differential Equations, Amsterdam: Elsevier.

KODAL SEVINDIR H., DEMIR, A. (2018), The Solution of Initial Boundary Value Problem with Time and Space-Fractional Diffusion Equation via a Novel Inner Product, Advances in Mathematical Physics, 2018, Article ID 1389314.

LUCHKO, Y. (2012) Initial boundary value problems for the one dimensional time-fractional diffusion equation, Fract. Calc. Appl. Anal., 15, 141-160.

LUCHKO, Y. (2011), Initial-boundary-value problems for the generalized multi-term time-fractional diffusion equation, Journal of Mathematical Analysis and Applications, 374 (2), 538-548.

MOMANI, S., ODIBAT, Z. (2007), Numerical comparison of methods for solving linear differential equations of fractional order, Chaos Solitons and Fractals, 31(5), 1248-1255.

PLOCINICZAK, L. (2015), Analytical studies of a time-fractional porous medium equation. Derivation, approximation and applications, Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul., 24(1), 169-183.

PODLUBNY, I. (1999), Fractional Differential Equations, San Diego: Academic Press.

MARKET-FİYAT ANALİZİ İÇİN OCR TABANLI MOBİL UYGULAMA

Zeynel ÇAN [1*], Tuğrul TAŞCI [2]
[*1] Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı, Sakarya, Türkiye
Sorumlu yazar e-mail: zeynel.can1@ogr.sakarya.edu.tr
[2] Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye
ttasci@sakarya.edu.tr

Özet
Mobil bağlılığın vazgeçilmez hale geldiği günümüzde, akıllı telefon ve tablet gibi cihazlar alışveriş, eğlence, eğitim ve araştırma amaçlı olarak her geçen gün daha fazla insan tarafından kullanılmaktadır. Yoğun talep ve kullanım, servis sağlayıcı ve yazılım geliştiricilerin her gün mobil cihazlar için yeni servis ve uygulamalar sunmaya sevk etmektedir. Günlük hayatın en önemli rutinlerinden birisi olarak sayılan alışveriş, artık mobil uygulamalar üzerinden kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu çalışmada, farklı zincirlere dahil olan yerel marketlerdeki temel gıda kategorilerine ait ürünlerin ambalaj etiketleri üzerindeki marka, tür, gramaj gibi bilgileri OCR ile algılayıp Levenshtein tekniği ile sınıflandıran mobil bir uygulama sunulmaktadır. Zaman içinde ve marketten markete değişen ürün fiyatları kullanıcılar tarafından kaydedilip güncellenebilmektedir. Uygulama, kullanıcılar için zaman, konum, ürün ve market bağlamlarında anlık raporlar üreterek istedikleri ürünleri en yakın ve en uygun fiyatlı marketten almalarına yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Market-Fiyat Analizi**,** OCR, Google ML Kit, Levenshtein, Android

OCR-based Mobile Application for Market-Price Analysis

Abstract
Devices including smartphones and tablets are used by much more people with each passing day for shopping, entertainment, education or research purposes according as mobile connectivity becomes indispensable in today's World. Such a myriad of demands and intensive usage force service providers and software developers to deploy new services and applications for mobile devices every day. Considered as one of the most important routines of daily life, shopping, can now simply be performed via mobile applications. In this study, a mobile application capable of detecting the brand, type and weight on the packaging labels of the food products within the local stores of different store-chains by OCR and classifying them using the Levenshtein technique is presented. Prices changing in time and from store to store can be saved and updated by mobile users. The application provides immediate reports in time, location, product and store contexts and helps users to buy products from the nearest and most affordable store.

Keywords: Market-Price Analysis, OCR, Google ML Kit, Levenshtein, Android

1. GİRİŞ

İnternet kullanımı, bilgi alma, alışveriş, iletişim gibi konular başta olmak üzere hemen hemen her konuda ilk olarak yardım alınan araçlar mobil cihazlardır. Bunun en önemli sebebi insanların sürekli iletişim isteği, mobil cihazlar ve uygulamaların hayatı büyük ölçüde kolaylaştırmasıdır. Alışveriş 'de dâhil olmak üzere gündelik yaşamın tüm rutinleri bu cihazlar ile gerçekleştirilebilmektedir. Kullanıcıların her geçen gün mobil cihazlara gösterdiği ilginin artması, hatta akıllı telefonların hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmesi bu mecranın pazarlama anlamında da önem kazanmasını sağlamaktadır. (Bülbül ve ark.,2002)

Başarılı şirketler, mobil cihazlara bağlılığın çok yüksek olduğu günümüzde, bu bağlılıktan yararlanarak mobil alanına çok büyük yatırımlar yapmaktadır. Özellikle mobil uygulamalar bu anlamda büyük market zincirlerine de birçok avantaj sunmaktadır. Marketlerin pazarladıkları ürünleri

kullanıcılarına özel olarak ulaştırabilmesi, ürünlerinin tanıtımının büyük kitlelere minimum maliyet ile yapabilmesi ve fiyat-rekabet avantajı sağlaması, mobil uygulamaların tercih edilmesinde öncelikli nedenler arasında yer almaktadır. Mobil Uygulamaların marketlere sağladığı avantajlar genel olarak; Her zaman ulaşılabilir olmak, Doğrudan pazarlama kanalı yaratmak, Müşterilere değer sunmak, Marka bilinirliği oluşturmak, Rekabet ortamında öne çıkmak gibi başlıklar altında sınıflandırılabilir. (Karaca ve Gülmez, 2010)

Bu çalışmada, Sakarya ili içerisinde faaliyet gösteren belirli mağazalardaki hazır paket gıda ürünlerinin sınıflandırılması, analiz edilmesi, karşılaştırılması gibi işlemlerin yapılarak sonuçların kullanıcılar için analiz edilmesi üzerine gerçekleştirilen bir mobil uygulama yer almaktadır. Uygulamada yazılım dili olarak Android Studio (Java), Veri tabanı kısmında da MS SQL Server kullanılmıştır. Veri tabanı bağlantısı ve işlemleri sunucu(ağ) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Mobil Uygulama Süreci mobil cihaz üzerindeki kameraya, marketteki ürün etiketinin okutulması ile başlamaktadır. Etiket üzerindeki karakterler OCR yöntemi ile ayrıştırılmakta, Levenshtein tekniği ile veri tabanına bağlantılı olarak anlamlı bir şekilde sınıflandırılmakta ve analiz yapılabilecek bir karakter dizisi oluşturulmaktadır. Sonuç olarak GPS(konum) tabanlı çalışan uygulamada oluşturulan karakter dizisi üzerinde; Grafik oluşturma, sıralama, filtreleme gibi analiz teknikleri kullanılarak kullanıcıya; ürün bilgilerinin yer aldığı listeler ve istediği analiz sonucu grafikleri gösterilmektedir.

2. TEMEL KAVRAM VE YÖNTEMLER

2.1 Mobil Uygulamaların Önemi

Mobil teknolojilerin ve mobil uygulamaların hızla yükseldiği bir zamandayız. Yakın zamana kadar ekonomisi çok genç olan mobil uygulama sektörü, günümüzde teknolojisinin en büyük alanlarından biri haline gelmiştir. Akıllı telefon sahibi her birey, günde yaklaşık 2.5 saatini mobil uygulamalarda geçirmektedir. Bu oran kullanıcıların artık günlük hayattaki işlerini mobilden çözdüğü anlamına gelmektedir. Durum böyle olunca dijital pazarlamanın da mobil platformda önemi bir hayli artmaktadır. Dijital pazarlamada mobil uygulamaların önemi tüketiciler ve kurumlar açısında ayrı ayrı değerlendirilmektedir. (Eru, 2013)

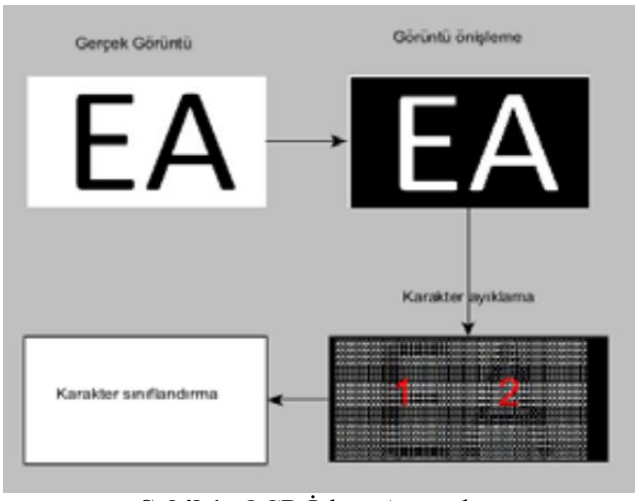
Mobil uygulamalar tüketici açısından bakıldığında, hayatı büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Uygulamanın bulunduğu bir cihaz ile kullanıcı; sosyal ortamlarda bulunabilmekte, alışveriş yapabilmekte, ödeme gibi finansal işlemlerini gerçekleştirebilmekte ve bu işlemleri yer ve donanımdan bağımsız olarak yapabilmektedir. Hatta bu uygulamalar, tüketiciye özel geliştirildiğinden, çok daha etkili bir deneyim sunmaktadır. Gelişen teknolojiyle güvenlik, konum ve kapasitesi gibi sorunların çözülmesi, uygulamaların çok daha etkili ve masrafsız hizmet vermesine olanak tanımaktadır.

Mobil platform olarak bakıldığında, dünya genelinde kurumlar tarafından bu ortamlar oldukça ilgi görmektedir. Birçok global firma zorlu rekabet ortamında popülerliğini yitirmemek için, bunun bir zorunluluk haline gelmiş olduğunun farkında olarak, spesifik cihazlara özel mobil uygulamalar geliştirmektedir. Aynı durum, lokal hizmet veren kurumlar için de geçerlidir. Bu uygulamaların şirketlere kattıkları değer ise maliyetlerine oranla çok yüksektir.

2.2 OCR(Optical Character Recognition) Teknolojisi

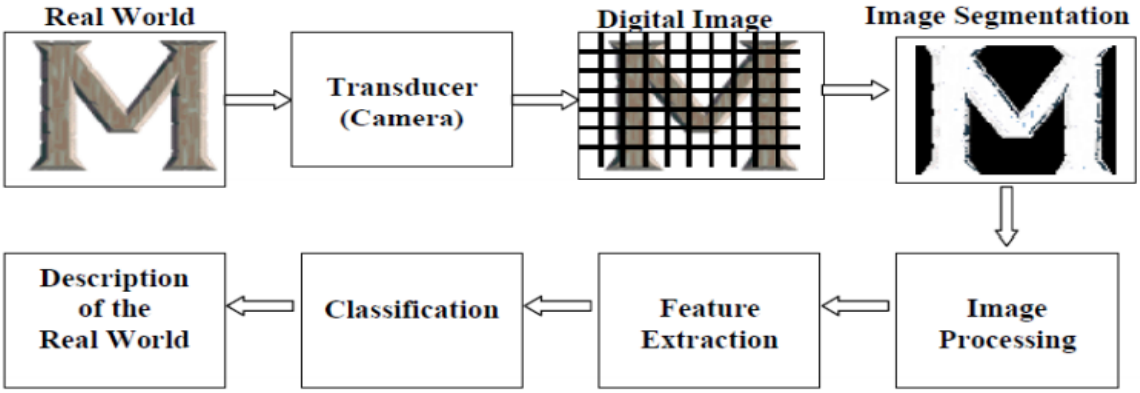
OCR teknolojisi temel anlama taranmış görüntülerin veya metinlerin elektronik ortama dönüştürülmesi sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji ile basılı veya el yazısı karakter ve işaretler kolaylıkla okunup bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir. OCR yazılımları kullanılarak uzun boyutlardaki yazılar, dakikalar içerisinde kolaylıkla bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Böylece kullanıcıyla bilgisayar arasındaki etkileşim kolaylaşmaktadır.

OCR sistemi, elektronik görüntüler üzerindeki karakterlerin okunarak ASCII koda dönüştürülme işlemidir. Bu işlem elektronik belgelerin düzenlenebilir verilere dönüştürülmesini sağlamaktadır. OCR sistemi, görüntüdeki harfleri seçip ayırarak, metinlerin ayıklanmasına olanak tanır (Şekil 1).



Şekil 1: OCR İşlem Aşamaları

OCR Sistemleri temel olarak alfa numerik veriler üzerinde işlem yapan bir örüntü tanıma sistemidir. Tanıma işlemi birkaç ara aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamaların kendine ait çözüm yöntemleri vardır ve bunlardan herhangi birinin hatalı olması karakterlerin tanınma başarısını azaltmaktadır. OCR işlemi ile yazılı bir dokümana ait karakterler kümesi sayısal görüntüye dönüştürülür. Karakterin çözünürlüğü, karakter şekillerinin karmaşıklığı, kelime havuzunun büyüklüğü, gibi etkenler karakter tanımanın hız ve doğruluğunu etkileyen faktörler arasındadır. Şekil 2' de tipik bir OCR sisteminin içerdiği işlem adımları (segmentasyon, ön işleme, özellik çıkartma ve karakter tanıma) verilmiştir. (Bektaş ve ark., 2016)



Şekil 2: OCR Sistemi Genel Yapısı

OCR ile basılı ve el yazılarının bilgisayar ortamına dönüştürülmesinin hızlandırması, bilgisayar sistemlerinin hızlı veri girişi ve metin işlemeye izin vermesi, bazı olası insan hatalarını azaltma ve hızlı bilgi bulmayı mümkün kılması gibi avantajlarla ön plana çıkmıştır. Böylece OCR; örüntü tanıma, görüntü işleme, doğal dil işleme, metin madenciliği, yapay zekâ gibi pek çok bilgisayar uygulama alanına yayılmaya başlamıştır. Bununla birlikte mektupların, üzerinde bulunan posta kodlarına göre ayrıştırılması, bankalara yollanan çeklerin otomatik olarak tanınıp gerekli hesap işlemlerinin elektronik ortamlarda gerçekleştirilmesi, kütüphanelerdeki kitapların bilgisayar ortamına aktarılması, otoparklarda plaka tanıma sistemlerinde, market panolarının okunması gibi projelerde karakter tanıma teknolojileri yaygın olarak kullanılmaktadır.

OCR teknolojisi alanındaki ilk patent sahibi Alman bilim adamı Gustav Tauschek'e aittir. 1929 yılında optik ve mekanik teknolojiler (karakter maskesi ve ışık) kullanarak karakterlerin ayrıştırılmasını sağlamıştır. 1950 de David Shepard tarafından Amerika'da geliştirilen GİSMO; 23 harfi tanıyabilen ilk bilgisayar destekli OCR sistemi olmuştur (Çit ve ark., 2010). OCR teknolojisi kullanan geçmişte birçok çalışma yer almaktadır ve bugün de değişik alanlarda bu çalışmalar hız kesmeden devam

etmektedir. Srihari ve arkadaşları 1996 yapmış oldukları çalışmada; Vergiler üzerindeki kişisel bilgiler bölümünde yer alan adres bilgilerini okuyan ve bu bilgiler ile postaları sınıflandıran bir OCR sistemi geliştirmişlerdir (Srihari ve ark., 1996). Gorski ve arkadaşları, 1999 yılında Fransa, İngiltere ve Amerika'da çekleri işlemek için OCR tabanlı bir çek tanıma sistemi geliştirmişlerdir (Gorski, 1999). Yanıkoğlu'nun 1998 yılındaki çalışmasında, harflerin bölümlenmesi üzerinde araştırmalar yapılmış ve %97 başarı oranı elde edilmiştir (Yanıkoğlu ve Sandon, 1998). Inoue ve arkadaşları 1998 yılında Japonca dokümanlara ait metinleri ve matematiksel formülleri tanıyan bir OCR sistemi sunmuşlardır. (Inoue ve Miyazaki, 1998). Singh ve arkadaşları Yapay Sinir Ağlan yardımı ile Hint alfabesini tanıyan bir OCR sistemi geliştirmişlerdir (Singh, 2010). Ni 2007 yılında yaptığı çalışmada, posta kodlarını okuyarak adresleri sıralayabilen ve bunu yaparken yapay sinir ağlarını kullanan bir OCR sistemi ortaya koymuştur (Ni, 2007). Park ve Kwon, masaüstü OCR sistemlerinin mobil platformlar üzerinde de çalışabilecek gömülü bir versiyonunu geliştirmişlerdir (Park ve Kwon, 2009). Halit Çetiner ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptıkları çalışmada, gerçek zamanlı olarak Türkiye TC kimlik numaralarının kamerayla tespiti gerçekleştirilmiştir (Çetiner ve ark., 2012).

2.3 Levenshtein(Edit Distance) Algoritması

Bilişim dünyasında farklı iki karakter dizisi arasındaki benzerliği hesaplayan algoritmalar mesafe algoritmaları olarak adlandırılmaktadır. Bu algoritmaların bir kısmı benzerliği hesaplarken diğer bir kısmı farklılığı hesaplamada kullanılmaktadır. Mesafe algoritmaları; arama motorları veya kelime işlemci programları, DNA analizi vb. gibi alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. En sık kullanılan algoritmalar: Hamming, Jaccard, Tanimoto ve Levenshtein Mesafe Algoritmalarıdır (Şahin ve Temür, 2015).

Mesafe algoritmaları arasında en çok tercih edilenlerden birisi olan Levenshtein algoritması bu çalışma da kelimeler arasındaki benzerlikleri belirlemede en kısa sürede en yüksek verimi alabilmek için kullanılmıştır. Levenshtein mesafesi iki kelimeyi harf harf karşılaştırarak, bir kelimenin diğerine dönüştürülmesi için gerekli olan işlem maliyetini hesaplamaktadır (Şekil 3).

$$lev_{a,b}(i,j) = \begin{cases} \max(i,j) & if\ \min(i,j) = 0, \\ min \begin{cases} lev_{a,b}(i-1,j)+1 \\ lev_{a,b}(i,j-1)+1 \\ lev_{a,b}(i-1,j-1)+1_{a_i \neq b_j} \end{cases} & diğer, \end{cases}$$

Şekil 3: Levenshtein Mesafe Formülü (Şahin ve Temür, 2015).

Benzerlik ölçümü, aranan kelime ile hedef kelimeler arasındaki farklılıkların yani uzaklıkların hesaplaması ile yapılmaktadır. Sonuç tek bir sayısal değer olarak hesaplanmakta ve bir kelimenin diğerine dönüştürülmesi için gerekli olan işlem maliyetini vermektedir. Levenshtein sonucuna göre gerekli olan işlem maliyeti ne kadar az ise iki kelime arasındaki benzerlik o kadar fazladır (Şahin ve Temür, 2015). Şekil 4'te örnek bir işlem maliyet hesabı gösterilmektedir.

		m	o	n	k	e	y
	0	1	2	3	4	5	6
m	1	0	1	2	3	4	5
o	2	1	0	1	2	3	4
n	3	2	1	0	1	2	3
e	4	3	2	1	0	1	2
y	5	4	3	2	1	0	1

Şekil 4: Levenshtein Mesafe İçin Örnek İşlem Maliyeti

Silme (Deletion), Yer Değiştirme (Substitution), Ekleme (Insertion) gibi işlemler bir kelimenin diğerine dönüştürülmesini için yapılabilecek işlemlerdendir. İşlem türüne bakılmaksızın her bir işlem bir maliyet değerine sahiptir. Bu maliyet değeri üzerinden hesaplanan ve Edit Distance olarakta adlandırılan Levenshtein uzaklığı, genellikle yazım denetimi uygulamalarında yanlış yazılmış kelimeleri düzeltmekte kullanılır. Zayıf tarafı ise tüm bu silme, ekleme ve değiştirme işlemlerinin eşit maliyet ile tanımlanmış olmasıdır (Şahin ve Temür, 2016).

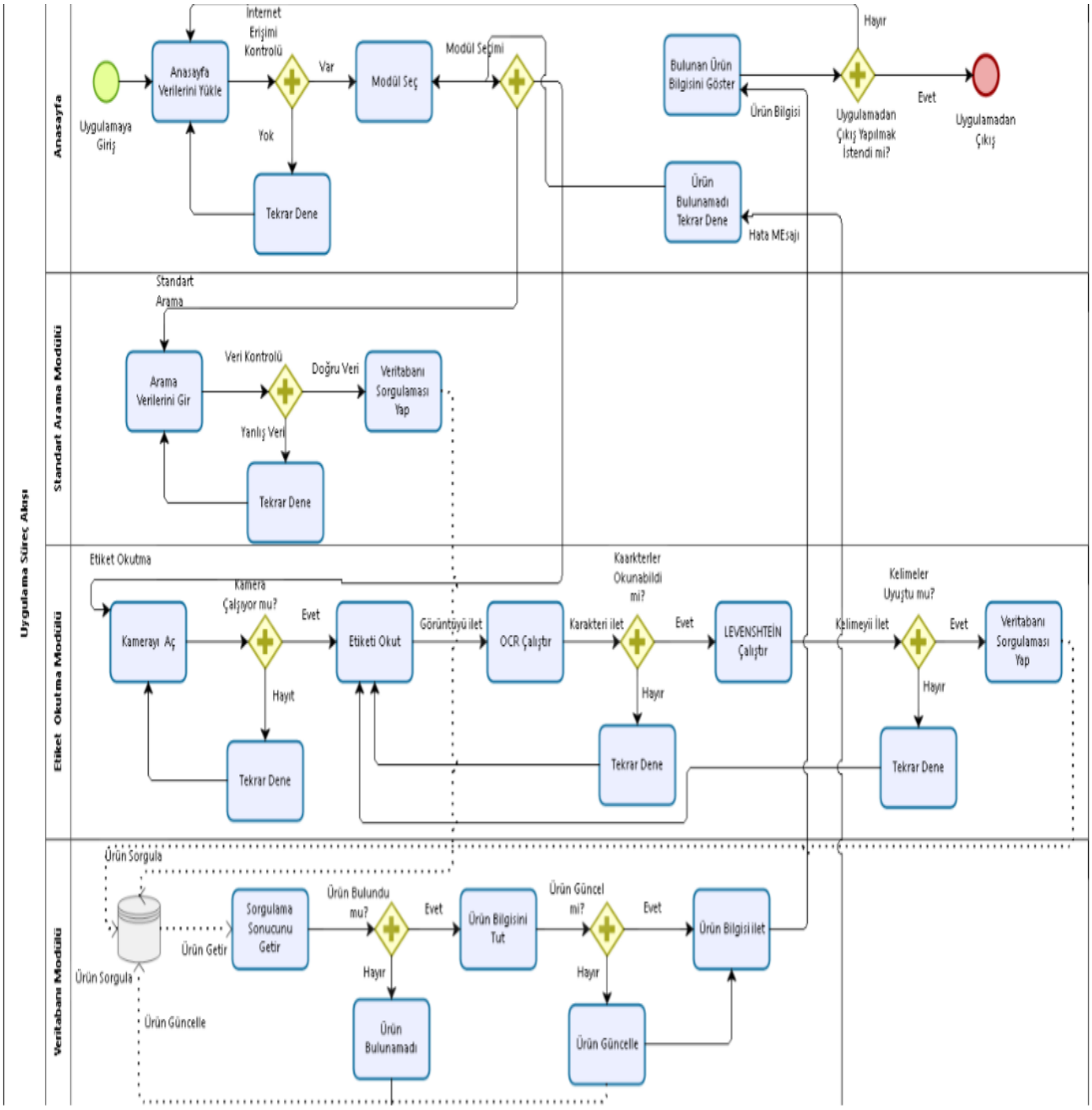
1966 da Vladimir Levenshtein tarafından yapılan Dizi benzerliği ile ilgili çalışmada, iki dizinin yazım uzaklığını ölçmek üzere, verilen bir diziden başka bir diziye karakter silerek, ekleyerek ya da değiştirerek en az kaç adımda ulaşılabileceğini hesaplamıştır. Bu hesabın sonucuna Levenshtein uzaklığı demiştir (Levenshtein, 1966). Literatürde Levenshtein Algoritması üzerine kurulu birçok çalışma yer almaktadır. Bunlardan bu çalışma kapsamı içerisinde yer alanlardan bazıları şöyledir. Şahin ve Temür'ün yaptıkları çalışmada Levenshtein mesafe algoritmasını kullanacak bir FPGA modül tasarımı gerçekleştirmişleridir (Şahin ve Temür, 2016). Yine bir başka çalışmalarında Yüzde tabanlı string eşleme problemi için mesafe algoritmalarının karşılaştırıldığı bir modül tasarım gerçeklemişlerdir (Şahin ve Temür, 2015). Dursun ve Sönmez'in yaptıkları çalışmada Türkçe metin benzerliklerinin hesaplanabilmesi için Levenstein mesafe algoritması üzerine bazı Türkçe karakter özeliklerini ekleyerek bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem ile %81 olan Levenshtein benzerlik oranını Türkçe karakterler için %94'e çıkarmıştır (Dursun ve Sönmez, 2008). Kaynar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada farklı benzerlik yöntemleri kullanarak çizgi tabanlı otomatik doküman özetleme sistemi oluşturmuşlardır. Çalışma içerisinde benzerlik açısından en yüksek verimi yaklaşık %51 ile Levenshtein algoritmasından almışlardır (Kaynar ve ark., 2017).

3. OCR TABANLI MARKET-FİYAT ANALİZİ SİSTEMİ

3.1 Problemin Tanımı

Gerçekleştirilen OCR tabanlı mobil uygulama kapsam bakımından literatürdeki öncü çalışmalardandır. Marketlerdeki ürünleri karşılaştıran ve markaların fiyatlarını analiz eden bir mobil uygulama çalışması daha önce literatürde yer almamıştır. Yapılan bu çalışma tüketiciler tarafında; Farklı marketlerdeki benzer ürünleri karşılaştırıp en kaliteli ürünü en uygun fiyata almayı, kendilerine en yakın marketteki ürünlere rahatlıkla ulaşabilmelerini, ürünler-markalar-marketler hakkında uygulama tarafından oluşturulan analizleri inceleyerek kalite-maliyet açısından maksimum fayda sağlamaları hedeflenmektedir. Üreticiler ve satıcılar tarafında ise; ürünlerini pazarlayabilecekleri bir ortam oluşturulmuş ve bu ortam ile rekabet avantajı sağlayarak satışlarını arttırmaları hedeflenmektedir.
Çalıma içerik açısından kullanıldığı teknolojiler ile incelendiğinde Literatürdeki en yakın çalışma Özarslan ve Eren'in 2013 yılında yaptıkları, Katılımcı Algılama Uygulamalarında Otomatik Veri Toplama İçin Karakter Tanıma ve Düzeltme adlı çalışmadır. Bu çalışmada faturalar üzerindeki ürün, market ve marka bilgileri OCR ile algılanıp oluşturdukları veri tabanına kaydediliyor daha sonra Levenshtein algoritmasını kullanarak OCR ile algılanan değerlerdeki başarı oranının arttırılması hedefleniyor. Yapılan çalışmada OCR'ın başarı oranı %71 olarak hesaplanmaktadır. Levenshtein ile birlikte bu başarı oranı %97'e çıkarılmıştır. Yaptığımız uygulamada da OCR ve Levenshtein teknolojilerinin ortak çalışması yer almaktadır. Bu metodun kullanım amacı ise; Okutulan etiketin algılanma başarısının minimum sürede maksimum düzeye çıkması ve böylelikle kullanıcının pozitif tepkisini çekebilmektir.

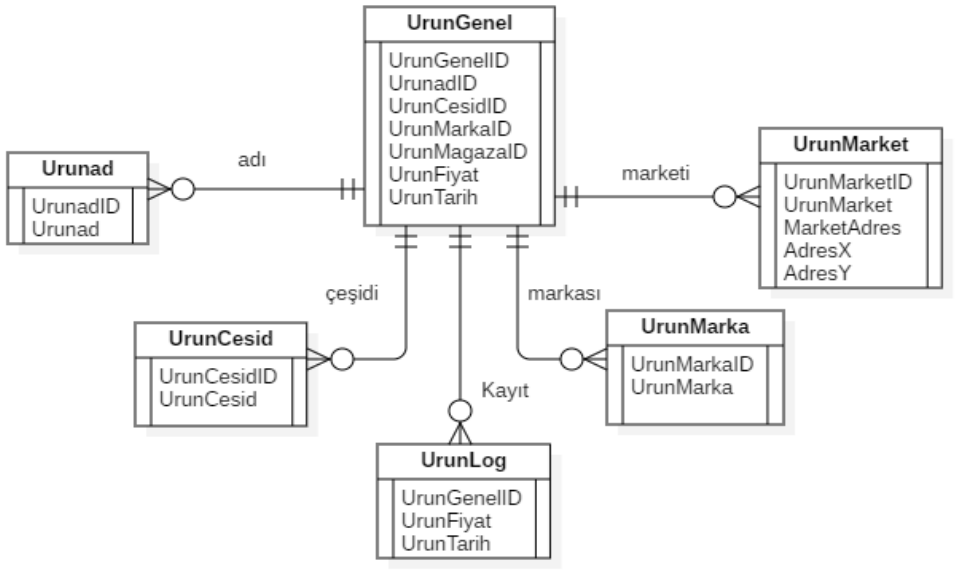
3.2 Uygulama Modeli



Şekil 5: Uygulama Süreç Akış Diyagram

Uygulama kullanıcının girişi ile başlamaktadır. İnternet erişimi var ise uygulamanın ağ üzerinden bağlı olduğu veri tabanında bulunan tüm ürünlerin listesinin ve diğer sayfalara giriş butonlarının bulunduğu ana sayfa verilerinin yüklenmesi ile devam etmektedir. Daha sonra kullanıcının seçim yapması üzerine algoritma tasarlanmıştır. Bu seçimler arasında etiket okutma ve standart arama yer almaktadır. Eğer standart arama seçilir ise kullanıcıdan yeni bir sayfa üzerinde aramak istediği ürünün bilgileri alınmaktadır ve bilgiler ile veri tabanında sorgulama yapılmaktadır. Sorgulama sonunda veri tabanında bir eşleşme olursa kullanıcıya bu ürünün bilgisi gösterilmektedir eğer sorgu sonucu boş dönerse ürünün mevcut olmadığı bilgisi yine kullanıcıya iletilmektedir. Eğer diğer seçenek olan Etiket okutma seçilir ise mevcut uygulamanın bulunduğu mobil cihazda kameranın OCR denetimi için

çalıştırılıp çalıştırılamayacağı sorgulanıp kullanıcıya ilk adımda bildirilir. Bunun nedeni cihazın kamera açısından fiziksel özellikleri ve cihazın işletim sistemi sürümü ile alakalıdır. Eğer kamera sorunsuz bir şekilde çalışırsa kullanıcıdan etiket okutması beklenir. Etiket okutma bir buton ile aktif hale gelecektir ve arka tarafta OCR fonksiyonu çalışacaktır. Eğer bu aşamada bir hata ile karşılaşılırsa kullanıcıya etiketi tekrar okutması gerektiği mesajı verilir. Diğer durumda fonksiyondan dönen karakterler veri tabanı ile sorgulamasının yapılıp bu süreç uzunluğunu minimuma, OCR'dan alınacak verimi maksimuma çıkarmak için en iyi benzerliklerin döneceği Levenshtein fonksiyonuna gönderilir. Bu fonksiyonda bir hata ile karşılaşılırsa kullanıcının tekrar etiket okutması gerektiği bildirilir. Eğer hata oluşmaz ise belirli kriterlerden geçen kelimelerin benzerlik oranlarının değerlendirilmesi yapılır. Eğer benzerlik oranı %51'in altında ise bu ürünün yeni bir ürün olduğu anlaşılır ve kullanıcının bulunduğu konum bilgisi ile eşleşen market bilgisi ile beraber yeni ürünün bilgi formatı hazırlanarak kullanıcıya ürünün veri tabanına eklenilebileceği bilgisi verilir. Eğer benzerlik oranı yüksek ise Veri tabanı ile eşleşen bu ürün bilgisi getirilir daha sonra burada bir tarih ve fiyat değişim sorgulaması yapılır. Burada çıkan sonuç şu şekilde olur. Eğer bu ürün daha önce veri tabanında kayıtlı ise ve fiyatı etiket üzerindeki fiyattan farklı ise kullanıcıya ürünü güncelleyebileceği bilgisi verilir. Böylece kullanıcı uygulama içerisinde ürün ekleyip güncelleyebildiği aktif bir role sahip olur. Eğer fiyat farklı değil ise kullanıcıya ürün bilgisi gösterilir. Son adımda kullanıcı uygulamadan çıkmak isterse süreç sona erer ya da ana sayfaya gidiş ile bu süreç tekrar başlatılır. Genel hatları ile uygulamanın akışı bu şekilde oluşmaktadır.



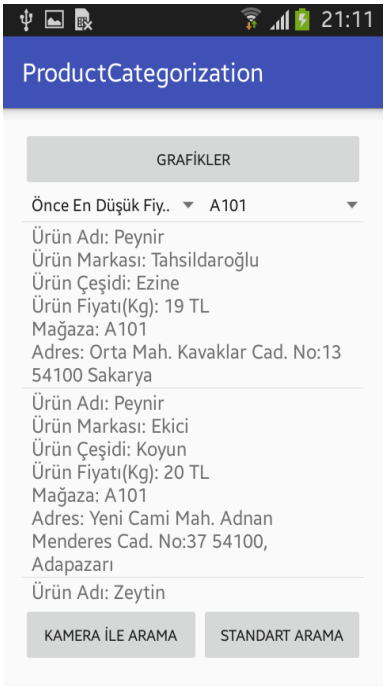
Şekil 6: Uygulama Varlık İlişki Diyagramı

Veri tabanındaki varlıkların ilişki şekillerini gösteren bu modelimiz 5 tablodan oluşmaktadır. Kullanıcı tarafından sürekli güncellenebilir ve yeni kayıtların eklenebilir olması veri tabanındaki mimarinin bu şekilde oluşturulmasını gerektirdi. Ürünün ad-çeşit-marka bilgileri genişletilebilir olup her bir kayıt tanımına bağlı bir benzersiz ID(primary key) ile tutulmaktadır. Market bilgisi yerelde bulunan 4 farklı marketin 10'ar şubesinden, toplamda 40 şubenin her biri için market isimlerinden, x ve y koordinatlarından, adres bilgilerinden ve bu bilgileri bir kılan bir ID'den oluşmaktadır. Burada market tablosu daha önce belirlenen konumlardaki marketlerden oluşmakta ve değiştirilememektedir. Yine tablodaki konum bilgileri kullanıcının uygulamayı kullanırken aktif konumunun belirlenerek hangi market içerisinde olduğunu ve kullanıcıya en yakın olan marketleri belirlemekte kullanılmaktadır. UrunLog tablosu ise her ürün hareketinin; yeni ürün eklenme, ürün güncelleme gibi kaydını tutarak ürün analizinin gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır. UrunGenel tablosu ise her bir farklı ürünün tüm özellikleri ile tutulduğu tablodur. Uygulama içerisindeki veri tabanı sorguları genelde bu tablo

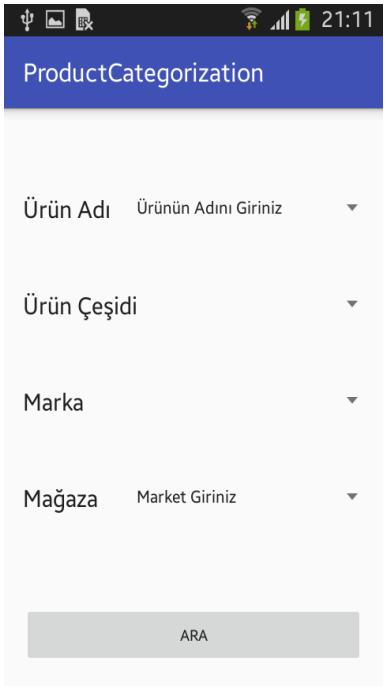
üzerinden çekilmektedir örnek uygulama testinde 151 adet farklı ürün eklenerek uygulama ve veri tabanı verimi test edilmiş ve ürünler üzerindeki analizler gerçekleştirilmiştir

3.3 Uygulama Tasarımı

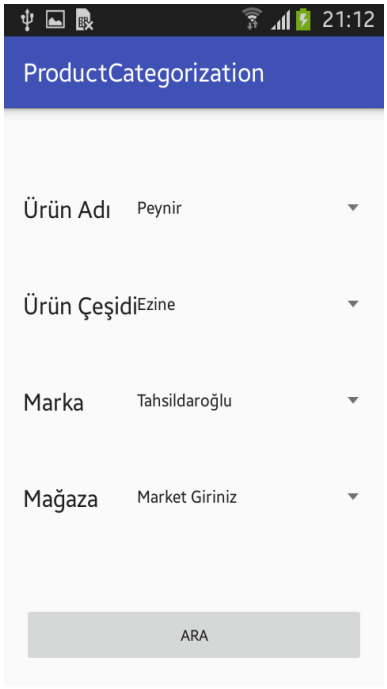
Bu bölümde Android tarafında uygulama ekranlarından ve her bir ekran üzerindeki işlemlerden bahsedilmektedir. Uygulama toplamda 8 farklı ekrandan oluşmaktadır.



Şekil 7: Ana sayfa Ekranı



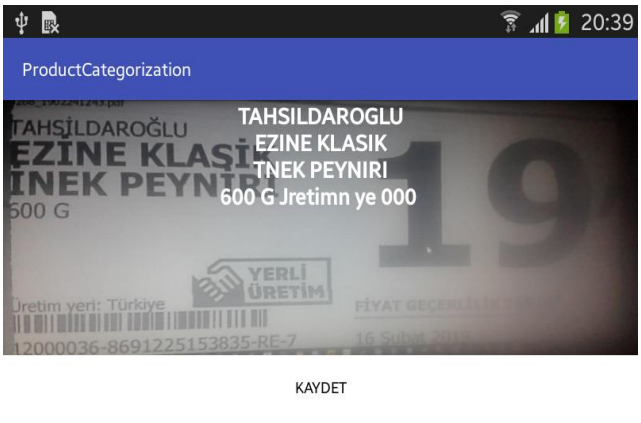
Şekil 8: Standart Arama Ekranı



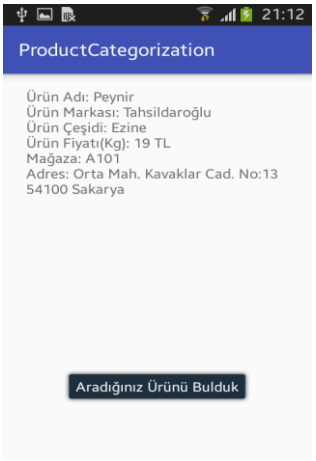
Şekil 9: Standart Arama Ekranı

Ana sayfa üzerinde veri tabanında kayıtlı olan tüm ürünlerin bilgisi yer almaktadır. Şekil 7'deki sayfa üzerindeki market ve fiyat filtreleri ile istenilen liste elde edilmektedir. Ana sayfa üzerindeki grafikler butonu ile ürünlerin analizlerinin yapılarak verilerin görselleştirildiği grafiklerin yer aldığı sayfaya geçilmektedir. Bu bölüme sonuç bölümünde değinilecektir. Sayfanın alt kısmında yer alan kamera ve standart arama ile uygulamanın temel algoritmalarını yer aldığı bölümlere geçiş sağlanmaktadır. Standart arama ile geçilen yeni ekranda kullanıcıdan ürün bilgileri alınır (Şekil 8 ve 9). Bu bilgiler ile veri tabanında sorgulama yapılır eşleşen bir ürün var ise yeni bir ekran üzerinde ürün bilgisi kullanıcıya iletilir eğer sorgu sonucu boş döner ise kullanıcı girdiği bilgiler ile ürün ekleme sayfasına yönlendirilir.

Kamera ile arama bölümünde uygulama içerisinde kamera etkinleştirilerek kullanıcıdan etiket okutması istenir (Şekil 10). Kaydet butonu ile gönderilen etiket üzerindeki karakterler uygulama içerisinde OCR fonksiyonu ile ayrıştırılarak Levenshtein fonksiyonuna gönderilir. Burada kelimelerin benzerlik oranlarına göre sınıflandırma yapılır veri tabanı sorgusu için ana yapı oluşturulur.



Şekil 10: Etiket Okutma Ekranı



Şekil 11: Ürün Bilgisi Ekranı

Etiket okutma işlemi sonrasında yapılan veri tabanı sorgusunda eşleşen değer var ise bu ürün bilgisi yeni bir ekran üzerinde kullanıcıya iletilmektedir (Şekil 11). Eğer eşleşen ürün üzerinde fiyat farklılığı var ise kullanıcı ürün güncelleme sayfasına bulunan ürün bilgisi ile gönderilir (Şekil 12). Diğer taraftan eşleşme gerçekleşmez ise etiketin okunabildiği takdirde kullanıcı ürün ekleme sayfasına gönderilir (Şekil 13). Süreç bu şekilde tamamlanmış olur.



Şekil 12: Ürün Güncelleme Ekranı



Şekil 13: Ürün Ekleme Ekranı

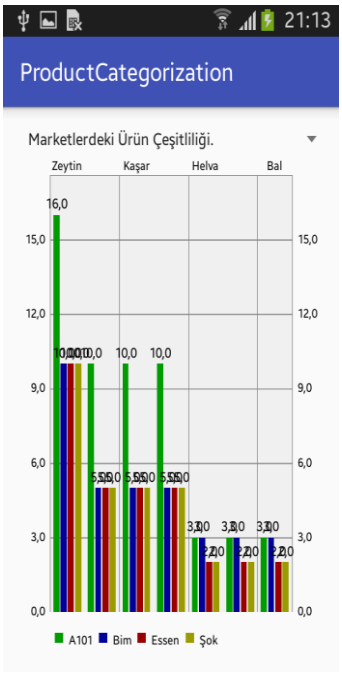


Şekil 14: Ürün Bilgileri Ekranı

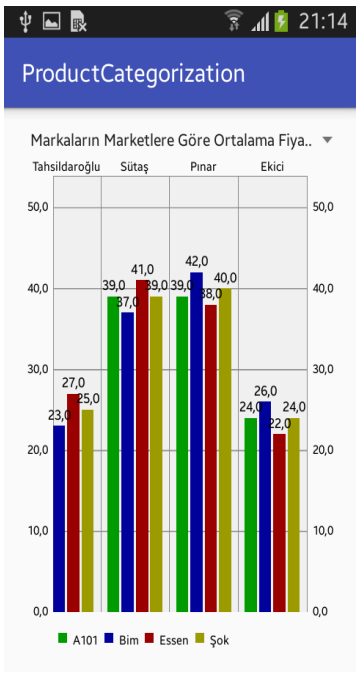
4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ürün etiketleri üzerindeki bilgileri algılayarak fiyat karşılaştırması yapabilen, kullanıcıların bu süreçte aktif rol alarak ürün ekleyebilmelerini sağlayan, kullanıcılara ürünler bağlamında anlık raporlar üretebilen bir uygulama önerilmiş ve gerçeklenmiştir. Bu bağlamda oluşturulan raporlar arasında yer alan Marketlerdeki Ürün Çeşitliliği Raporu (Şekil 15 – Rapor A1) her biri ürün çeşidinin farklı marketlerdeki miktarlarını göstermektedir. Bu rapor bir bakımdan müşteri için hangi üründen daha fazla çeşit bulabileceği marketleri analiz etmektedir. İkinci rapor olan Markaların Marketlere Göre Ortalama Fiyatları Raporu (Şekil 16 - Rapor A2) her markanın farklı marketlerdeki ortalama fiyatları göstermektedir. Bu rapor da müşteriye genel olarak hangi markaya hangi markette daha ucuz ulaşabileceğini göstermektedir. Diğer bir rapor olan Marketlerdeki Marka Çeşitliliği (Şekil 17 - Rapor A3) her bir markanın hangi markette kaç farklı çeşidinin olduğunu

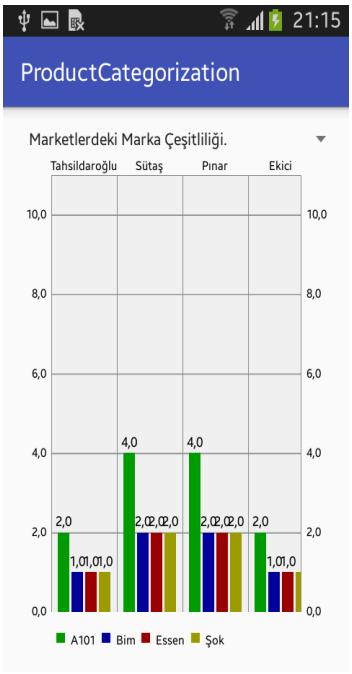
göstermektedir. Böylece müşteri sevdiği bir markanın bütün ürünlerine erişebileceği marketleri belirlemiş olur.



Şekil 15: Rapor A1

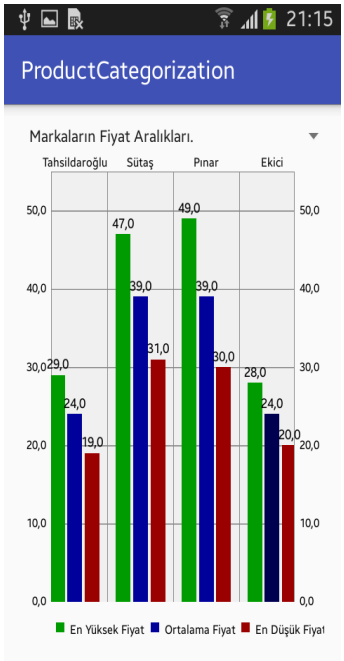


Şekil 16: Rapor A2

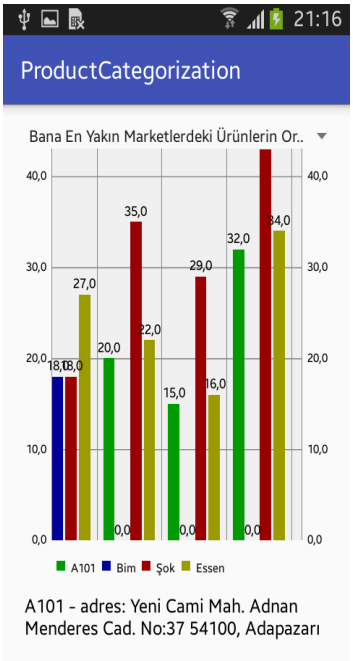


Şekil 17: Rapor A3

Markaların Fiyat Aralığı Raporu (Şekil 18 - Rapor B1) her bir markanın tüm marketlerdeki; ortalama, en düşük ve en yüksek fiyatları karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmada müşteriye markalar arasında tercih yapmasını kolaylaştırmak hedeflenmektedir. Genel analizlerden sonuncusu olan En Yakın Market Raporu (Şekil 19 - Rapor B2), kullanıcının o anki konumuna göre kendisine en yakın dört farklı marketteki ürünlerin ortalama fiyatlarını görebilme imkânı sunmaktadır. Bu raporun amacı da müşteriye kendisine en yakın olan marketi görebilme ve bu marketteki fiyatlar hakkında bilgi sahibi olabilmesini sağlamaktır.

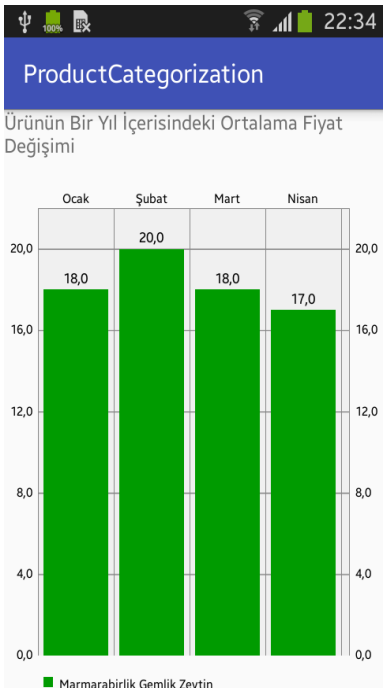


Şekil 18: Rapor B1

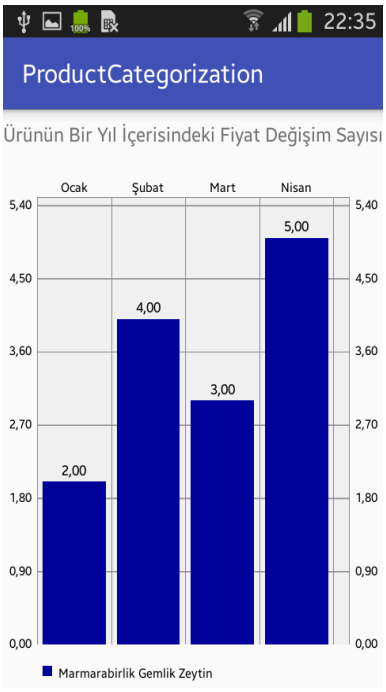


Şekil 19: Rapor B2

Her ürün bazında ayrı ayrı gerçekleştirilen ve özel analizler kapsamına giren iki rapor mevcuttur. Bunlardan biri olan Ürünün Değişen Fiyat Raporu (Şekil 20 - Rapor C1), listeden seçilen her hangi bir ürünün son bir yıl içerisindeki fiyat değişimlerini göstermektedir ve bu rapor müşteriye aradığı ürünün fiyatı hakkında zaman bazlı bir fikir edinmesini ve alışverişini etkilemesini hedeflemektedir. Diğeri ise Ürünün Fiyat Değişim Miktarı Raporu (Şekil 21 - Rapor C2)'dur. Buradaki analiz sonucu, seçilen bir ürünün son bir yıl içerisindeki fiyat değişim sayısını aylar bazında göstermektedir. Buradaki önemli nokta ise müşterinin aradığı ürünün son zamanlardaki fiyat değişimi ve sayısından yola çıkarak tahmin yapabilmesi ve alışveriş kararını etkileyebilmesidir.



Şekil 20: : Rapor C1



Şekil 21: : Rapor C2

Gerçekleştirilen bu çalışma; OCR ve Levenshtein teknikleri ile ürün tanıyıp fiyat analizi yapan Android platformu üzerinde işleyen bir mobil uygulama içermektedir. Çalışma üzerinde geliştirilecek yeni yaklaşımlarla ve kullanılabilecek farklı tekniklerle, yapılan analizler ve görsel raporların daha ileri seviyede taşınabileceği düşünülmektir. Çeşitli yapay zekâ temelli algoritmalar ile birlikte kullanıcıya daha yüksek doğruluk ve tutarlılıkta pratik sonuçlar verilebileceği öngörülmektedir. Ayrıca, GPS ile alınan koordinatlar üzerinden belirlenen en yakın marketlere yol tarifi için harita servisleri ile entegrasyon yapılarak daha cazip bir uygulama elde edilmesi mümkündür. Yine, ürün tanıma sürecinde OCR yerine/yanında görüntü işleme temelli daha sağlam algoritmalar kullanılarak ürünlerin görüntülerinden tanıma da sağlanabilmesi mümkündür.

KAYNAKLAR

Bektaş, B., (2016), Makine Öğrenmesi Yardımıyla Optik Karakter Tanıma Sistemi, *5. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu*

Bülbül, H., (2002), İnternet Teknolojileri Açısından İşletmeler Arası Elektronik Ticaret ve Aracılar, C(7), syf 34

Çetiner, H., (2012), Gerçek Zamanlı T.C. Kimlik Numarası Tanıma. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*

Çit, G., (2010), Cep Telefonu İçin Bir Optik Karakter Tanıma Uygulaması, *International Science and Technology Conference*

Dursun, B.. Sönmez, C., (2008), Türkçe Metin Benzerlik Hesaplaması İçin Yeni Bir Yöntem, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*

Eru, O., (2013), Süpermarket Sektöründeki Mobil Pazarlama Uygulamalarının Tüketici Davranışlarına Etkisi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*

Gorski, N., (1999), A2İA Check Reader: A Family of Bank Check Recognition Systems, *Proc. 5lh Int. Conf. Document Analysis and Recognition*

Inoue, K,, Miyazaki, R., (1998), Optical Recognition of Printed Mathematical Documents, *Proceedings of the 3th Asian Technology Conference in Mathematics*

Karaca, Ş., Gülmez, M., (2010), Mobil Pazarlama: Kavramsal Bir Değerlendirme, *Journal Of Academıc Approaches*, C(1), syf 70

Kaynar, O., (2017), Farklı Benzerlik Yöntemleriyle Çizge Tabanlı Otomatik Doküman Özetleme. *Cumhuriyet Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri*

Levenshtein, V., (1966), Binary Codes Capable of Correcting Deletions, *Insertions and Reversals, Soviet Physics Doklady*

Ni, D,. (2007), Application of Neural Netvvorks to Character Recognition, *Proccedings of Student Research Day*

Park, J.. Kwon, Y., (2009), An Embcdded OCR: A Practical Case Study of Code Porting for a Mobile Platform, *Chinese Conference on Pattem Recognition*

Singh, R,, (2010), Optical Character Recognition (OCR) for Printed Devnagari Script Using Artificial Neural Network, *International Journal of Computer Science*

Srihari, S., (1996), A System To Read Names and Adresses on Tax Forms, Proc. *IEEE*

Şahin, İ.. Temür, G., (2015), Yüzde tabanlı String Eşleme Problemi için yeni bir donanım modülü tasarımı, *SAÜ Fen Bil Dergisi*

Şahin, İ.. Temür, G., (2016), Levenshteın Mesafe Algoritması İçin Bir Donanım Modülü Tasarımı, *5th international vocational schools symposium*

Yanıkoğlu, B., Sandon, P., (1998), Segmentation og OFF-LINE Cursive Handwriting Using Linear Programming. *Pattern Recognition*

DETERMINATION OF AMYOTROPHIC LATERAL SCLEROSIS DISEASE USING K NEAREST NEIGHBORHOOD ALGORITHM

Research Assistant. Suleyman Cetinkaya
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
suleyman.cetinkaya@kocaeli.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Ali Demir
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
ademir@kocaeli.edu.tr

Asst. Prof. Dr. Hulya Kodal Sevindir
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
hkodal@kocaeli.edu.tr

Abstract

In this study, walking force signals from force sensitive receptors were used to separate one of the neuro-degenerative diseases Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) from the normal individual. These signals were first separated by the Symlet 4 (sym4) wavelet transform to the seventh level. Then peak analysis was performed on the seventh level approximation signal to find out the local maxima of the signal, the peak positions of these local maxima, peak widths and peaks. Then, 7 basic statistical characteristics were obtained from each of these four peak features. So, a total of 56 attributes were obtained, 28 for the left foot and 28 for the right foot. After this stage, training data was generated by using 80% of the data of each subject. In the next step, 86.2% accuracy was obtained for determination of ALS using the K nearest neighborhood (KNN) algorithm.

Keywords: Amyotrophic lateral sclerosis, Wavelet Transfrom, KNN.

1. INTRODUCTION

Neurodegeneration is a usual expression that states the loss of structure and role of neurons, as well as the death of neurons. Many neurodegenerative disorders such as Alzheimer's (AD), Parkinson's disease (PD), Huntington's disease (HD) and amyotrophic lateral sclerosis (ALS) happen as a result of neuro-degenerative processes. Neuro-degenerative diseases cannot be cured and this progressive deterioration causes the death of nerve cells. The common symptom in ALS, HD and PD is that the disease manifests itself physically in the first stage. One of the processes in which physical disorders manifest themselves is walking action. Actually, walking starts in the brain. Therefore, assessment of gait problems should be from the brain to the medulla spinalis and then to the muscles and joints (Kierman et al., 2011).

A portion of nerve cells that check the muscle functions of a person suffering from ALS disease has been destroyed. The feature of this illness is constant muscle blindness. It causes muscle defect and sensitivity. Common symptoms in ALS are difficulty breathing, speaking, swallowing and walking (Kierman et al., 2011). Some research studies only involve the detection of PD or ALS (Wu and Shi, 2011), (Daliri, 2013), (Wu and Krishnan, 2009). Some include HD, ALS and PD classification (Zeng and Wang, 2015), (Daliri, 2012), (Delacruz et al., 2014), (Aydin and Aslan, 2017). In these studies, information from the left and right feet is used. One of them used only the right foot to classify PD, ALS and HD (Aziz and Arif, 2006). All previous researchers used a regular classifier, such as the support vector machine and the K * classifier.

In this study, walking force signals from force sensitive receptors were used to separate one of the neuro-degenerative diseases ALS from the normal individual. These signals were first separated by the sym4 wavelet transform to the seventh level. After this decomposition, the seventh level approximation signal was selected. This selection process was decided in the light of the experimental results. Then peak analysis was performed on this level 7 approach signal to find out the local maxima of the signal, the peak positions of these local maxima, peak widths and peaks. Then, 7 basic statistical

characteristics were obtained from each of these four peak features. Thus, a total of 56 attributes were obtained, 28 for the right foot and 28 for the left foot. After this stage, training data was generated by using 80% of the data of each subject. In the next step, 86.2% accuracy was obtained for ALS-Control (CO) using the K nearest neighborhood (KNN) algorithm.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Database

The data used in this research were the raw data obtained from the right and left feet of 29 subjects (13 subjects in ALS and 16 in healthy subjects), and they were received from PhysioNET database (PhysioNET, 2018). These walking signals were sampled at 300 Hz from the subjects and 5 minutes for each subject. The device used to collect this data was found in Hausdorff et al. (Hausdorff et al., 1995). Gait analysis (GA) practiced in this research is a kinetic analysis which is one of the measures of 3D GA.

2.2 Wavelet Transform

The wavelet transform is a method of transformation that has been developed to eliminate the deficiencies of Fourier transform on non-stationary signals (Shaker, 2005). The wavelet transform maintains all frequency-time information of the signal. Therefore, the processing of non-stationary signals provides better results than conventional methods. One of the most important advantages of the wavelet is that it allows local analysis of large signals.

2.3 K Nearest Neighborhood (KNN)

One of the most basic sampling-based learning algorithms is the KNN algorithm. In sample-based learning algorithms, the learning process is carried out based on the data kept in the training set. A newly encountered example is classified according to the similarity between the examples in the training set (Mitchell, 1997). In the KNN algorithm, the examples in the training set are indicated by n-dimensional numerical attributes. Each sample is held in an n-dimensional sample space to represent a point in n-dimensional space. When an unknown example is met, the k samples that are closest to the corresponding sample are determined from the training set. Then the class label of the new example is selected according to the majority voting of the class tags of the nearest neighbor (Han and Kamber, 2006).

3. RESULTS and DISCUSSION

The algorithm was performed using the 10-fold CV technique. k in KNN algorithm is 3. Left and right foot force signals belonging to the ALS patient and the control individual are shown in Figure 1 and Figure 2, respectively.

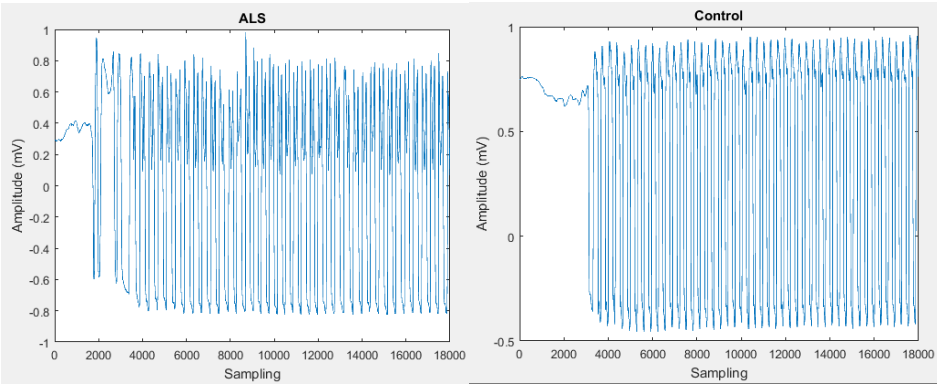


Figure 3. The left foot force-sensitive resistor data for one ALS patient and CO subject

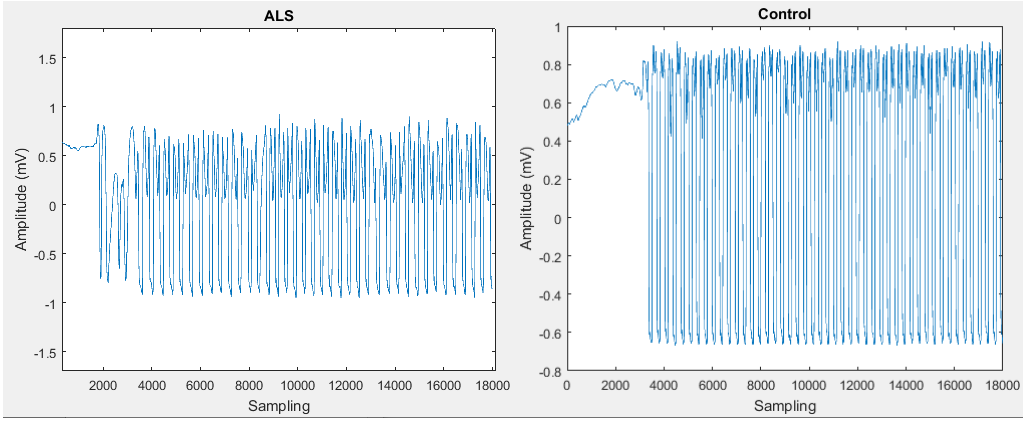


Figure 2. The right foot force-sensitive resistor data for one ALS patient and CO subject

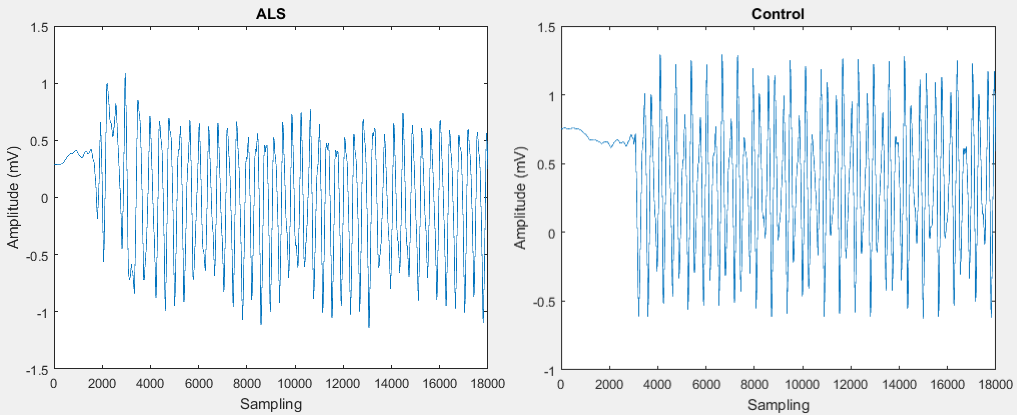


Figure 3. Reconstructed approximation signal at level-7 using Sym 4 wavelet for the left foot

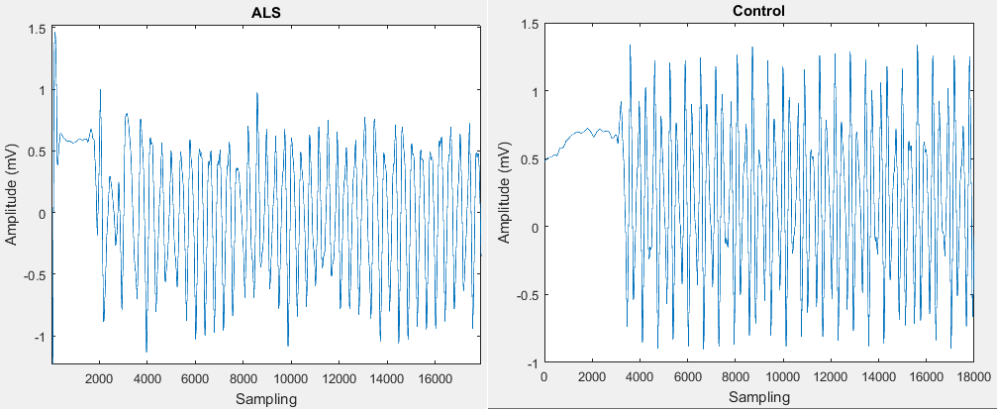


Figure 4. Reconstructed approximation signal at level-7 using Sym 4 wavelet for the right foot

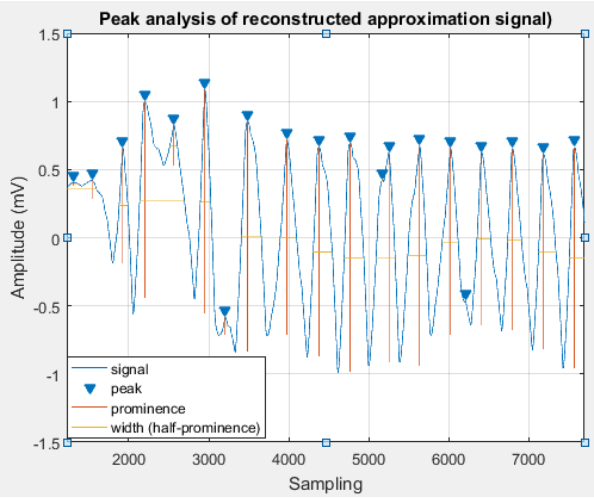


Figure 5. Peak analysis of reconstructed approximation signal

Each of these signals was decomposed to level 7 using the Symlet 4 wavelet tarnsform. Then the seventh level approximation signal was used. These signals are shown in Figure 3 and Figure 4, respectively, for the left and right feet. Peak analysis was performed on these new signals for left and right feet. As a result of the peak analysis 4 directions were obtained. These are local maxima, peak locations, peak widths and peak prominence (See figure 5). 7 statistical functions were applied to each of these 4 directions. These statistical functions are: minimum, standard deviation, skewness, kurtosis, median value, absolute deviation from the mean and absolute deviation from the median. Thus, a total of 56 statistical attributes were obtained, 28 for the left foot and 28 for the right foot. 80% of each subject's data was used for the training phase and the remaining data for the test phase. The accuracy shown in Equation 1 gives the correct number of samples from all samples.

$$Accuracy = \frac{Number\ of\ true\ Instances}{Number\ of\ all\ Instances} \quad (1)$$

Table 1 shows the accuracy rate of ALS and the control group together with the mean accuracy. In Table 2, we compared our study with related studies. The classifiers used in this comparison table and the accuracy results of these classifiers are shown. According to this table, it is seen that our study is superior to some studies in the literature. The mean accuracy of our study is 86.2%. According to comparison results using walking rhythm signals, Zeng and Wang has the highest accuracy rate compared to other studies, the average accuracy rate of this study is 89,66% (Zeng and Wang, 2015).

Table 3. Accuracy of the proposed algorithm

	Accuracy
ALS	% 92.3
Control	% 81.3
Mean	% 86.2

Table 2. Comprasion of the our study with the existing studies

Studies	Method	Accuracy
Our Study	KNN	% 86.2
(Aziz and Arif, 2006)	Radial Basis Function (RBF) neural networks (All-training-all-testing)	% 82
(Zeng and Wang, 2015)	RBF neural networks (Leave-one-out)	% 89.66
(Wu and Shi, 2011)	Least squares support vector machine (Leave-one-out)	% 82.8

As a result, artificial learning methods and wavelet transformation method can be used effectively in early and accurate diagnosis of neuro-degenerative diseases.

REFERENCES

AYDIN F., and ASLAN, Z. (2017), Classifcation of Neurodegenerative Diseases using Machine Learning Methods, International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 1(5), 1–9.

AZIZ, W., and ARIF, M. (2006), Complexity analysis of stride interval time series by threshold dependent symbolic entropy, European Journal of Applied Physiology, 98(1), 30–40.

DALIRI, M. R. (2012), Automatic diagnosis of neuro-degenerative diseases using gait dynamics, Measurement, 45(7), 1729– 1734.

DALIRI, M. R. (2013), Chi-square distance kernel of the gaits for the diagnosis of Parkinson's disease, Biomedical Signal Processing and Control, 8(1), 66–70.

DELACRUZ, E. S., ESCALANTE, F. A., WISTER, M. A., HERNANDEZ-NOLASCO, J. A., PANCARDO, P., and MENDEZ-CASTILLO, J. J. (2014), Gait Recognition in the Classifcation of Neurodegenerative Diseases, in International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence, 8867, 128–135.

HAN, J. and KAMBER, M., (2006), Data mining: concepts and techniques, Burlington: Morgan Kaufmann Publishers.

HAUSDORFF, J. M., LADIN, Z., and WEI, J. Y. (1995), Footswitch system for measurement of the temporal parameters of gait, Journal of Biomechanics, 28, 347–351.

KIERNAN, M. C., VUCIC, S., CHEAH, B. C. et al., (2011), Amyotrophic lateral sclerosis, Te Lancet, 377(9769), 942–955.

MITCHELL, T., (1997), Machine Learning, New York: McGraw Hill.

PHYSIONET (2018), Gait Dynamics in Neuro-Degenerative Disease Data Base. http://www.physionet.org/physiobank/database/gaitndd/. Access date July 10, 2018.

SHAKER, M. M. (2005), EEG waves classifier using Wavelet transform and Fourier transform, International Journal of Biological and Life Sciences, 1 (2), 85-88.

WU Y., and KRISHNAN, S. (2009), Computer-aided analysis of gait rhythm fuctuations in amyotrophic lateral sclerosis, Medical & Biological Engineering & Computing, 47(11), 1165–1171.

WU, Y., and SHI, L. (2011), Analysis of altered gait cycle duration in amyotrophic lateral sclerosis based on nonparametric probability density function estimation, Medical Engineering & Physics, 33(3), 347–355.

ZENG W., and WANG, C. (2015), Classifcation of neurodegenerative diseases using gait dynamics via deterministic learning, Information Sciences, 317, 246–258.

EEG İŞARETLERİNDE EPİLEPSİ NÖBET TAHMİNİ VE TESPİTİ İÇİN AMPİRİK KİP AYRIŞIMI VE AYRIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

Yüksek lisans öğrencisi. Aliya Zhunis
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Bölümü
mbf.175@mail.ru

Dr. Öğr. Üyesi Aysun Taşyapı Çelebi
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Bölümü
aysun.tasyapi@kocaeli.edu.tr

Özet

Epilepsi nöbeti beynin sinir hücrelerinde anormal elektriksel boşalım olarak meydana gelen nörolojik bir bozukluktur. Elektroensefalografi (EEG) ise bu anormal elektriksel aktiviteyi kayıt etme yöntemidir. Bu çalışmada BONN veri tabanı kullanılarak sağlıklı, nöbet öncesi ve nöbet anı tespit edilmiştir. Çalışmada ilk aşama olarak EEG işaretlerinde ciddi gürültü bulunması nedeniyle ön-işlem olarak gürültü giderimi gerçekleştirildi. İkinci aşama olarak EEG sinyallerine Ampirik Kip Ayrışımı yöntemi ile İçkin Kip Fonksiyonlarına ayrıştırılarak ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü uygulayarak sinyalleri alt-bantlarına ayrıştırarak bu iki frekans uzayı dönüşümü yöntemlerinin ayrı ayrı sınıflandırma aşamasındaki başarımı irdelenmiştir. Sınıflandırma aşmasından önce özellik çıkartımı amacıyla frekans uzayındaki sinyallerin istatiksel özellikleri çıkartıldı. Bu özellikler kullanılarak Destek Vektör Makineleri (SVM), Karar Ağacı, K-en Yakın Komşuluk (KNN) sınıflandırıcılarının başarımları karşılaştırıldı. BONN veri tabanı üzerinde yapılan deneylerde en iyi tespit ve tahmin başarımını Ampirik Kip Ayrışımı uygulanılmasının ve sınıflandırıcı olarak da SVM,KNN durumunda elde edildiği görülmüştür. Epilepsi hastalarının mevcut durumdan daha az etkilenmesi amacıyla bu çalışmada epilepsinin nöbet tespit ve tahminine yardımcı olacak bir yaklaşım gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: EEG, Epilepsi Tespiti, Epilepsi Tahmini, Karar Ağacı, SVM, KNN.

PERFORMANCE COMPARISON OF EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION AND DISCRETE WAVELET TRANSFORM METHODS FOR EPILEPTIC SEIZURE PREDICTION AND DETECTION IN EEG SINGNALS

Abstract

Epilepsy is a neurological disorder that occurs as abnormal electrical discharges in the brain structures. These abnormal electrical activities can be recorded via electroencephalography (EEG) signals. In this study, we used BONN database for the detection of seizure from non-seizure and interictal signals. Firstly, it pre-processes the signal to remove noise from the EEG signals. Secondly, for comparison two frequency domain methods we decomposed the EEG signal into Intrinsic Mode Functions (IMFs) using Empirical Mode Decomposion (EMD) and decomposed the EEG signals into sub-bands using discrete wavelet transform (DWT). The higher order statistical moments extracted as a features, extracted features have been used for classification. Classification methods such us Support Vector Machine (SVM), Decision Tree, K-Nearest Neighbors (KNN) were compared. Experiments show that good classification results are obtained using the EMD method and for classification used the SVM,KNN. In this study, an approach to help detect and predict epilepsy seizure is shown.

Keywords: EEG, Seizure Dectection, Seizure Prediction, Desicion Tree, SVM, KNN.

1. GİRİŞ

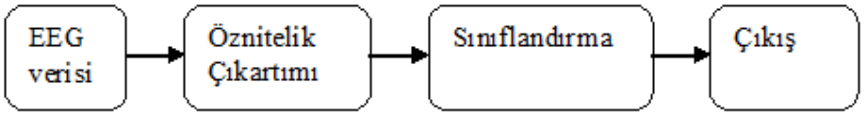
Epilepsi dünya üzerinde 50 milliondan fazla insanda rastlanan ciddi bir nörolojik hastalıktır. Uzmanlarca mevcut durumun gittikçe artacağı söylenmektedir. Bu nedenle konu da yapılmış ve yapılacak çalışmalar bu hastalıkla karşılaşabilecek insanlar için hayati önem taşımaktadır. Genelde yapılan çalışmalarda EEG kayıtları en çok kullanılan metotlar arasında yer almaktadır. Dolayısıyla bu güne kadar literatürde EEG kayıtlarından nöbet tespiti ve tahmini için çeşitli algoritmalar denenmiştir.

Shufang ve ark., epileptik EEG tespiti ve tanınması için EMD ve SVM algoritmalarını kullanan bir çalışma önerdiler. EEG sinyali EMD kullanılarak IKF'lere ayrıştırılır ve ardından IKF'lerin değişim ve dalgalanma indeksleri özellik olarak çıkartırılmıştır. Sonra epileptik EEG'nin tanınması için sınıflandırıcı olarak SVM kullanılmıştır (Shufang ve ark., 2010). Başka bir çalışmada ise EMD ve DWT metotlarını kullanılarak EEG sinyallerinde nöbet tespiti yapan bir yaklaşım önerilmiştir. Normalleştirilmiş enerji, Fourier spektrumu ve çapraz korelasyon katsayısı analizini göz önüne alınarak DWT yönteminin 4. seviyeli katsayısı ve dominant IKF özelliklerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Shahnaz ve ark., ise yüksek dereceli istatistikleri özellik vektörünü oluşturmak için kullanılıp nöbetli ve normal EEG sinyallerini ayırt etmek için KNN sınıflandırıcısı ile sınıflandırmak daha etkili olduğunu göstermiştir. (Shahnaz ve ark., 2015).

Bu çalışmada ise EEG işaretleri üzerinden sağlıklı, nöbet öncesi ve nöbet anı tespit edilmiştir. Bu sebeple EEG sinyallerine Ampirik Kip Ayrışımı ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü ayrı ayrı uygulanarak özellik çıkartımı yapılmıştır. Sınıflandırıcı olarak Destek Vektör Makineleri (SVM), Karar Ağacı, K-en Yakın Komşuluk (KNN) algoritmaları kullanılarak en iyi tespit ve tahmin başarımı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

EEG verilerinde ciddi anlamda gürültü bulunmaktadır. Bu sebeple ilk aşama olarak çalışmada EEG verilerinden gürültü giderim uygulanılmıştır. Sonra Ampirik Kip Ayrışımı (EMD) yöntemi kullanılarak EEG sinyalleri İçkin Kip Fonksiyonlarına (IKF) ayrıştırılmıştır. Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT) yöntemi uygulanarak EGG sinyalleri alt bandlara ayrıştırılmıştır. Özellik çıkartımı amacıyla frekans uzayındaki sinyallerin istatiksel özellikleri kullanılmıştır. En son olarak KNN, SVM, Karar Ağaçları metotlarıyla ayrı ayrı sınıflandırma yapılarak dogruluk değerleri kıyaslanmıştır. Çalışmaya ait algoritma Şekil 1'de verilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Nöbet tahmini ve tespiti için blok şeması

2.1. Özellik Çıkartımı

Ampirik Kip Ayrışımı (EMD) yöntemi EEG gibi uyarlamalı ve doğrusal olmayan sinyalleri incelemek için kullanılan bir yöntemdir. EMD zaman-frekans analizi için anlık frekans değerleri önem taşımaktadır. EMD sonucunda EEG işareti, İçkin Kip Fonksiyonu (İKF) ve kalan (residue) olarak ayrışmaktadır. Original işaret elde edilen İKF'ler kalan ile birlikte toplanmasıyla elde edilir. Dolayısıyla bilgi kaybı ve hata ile karşılaşılmamaktadır. EMD anlık frekans değerlerini kullanmayı sağlayacak ayrışımı aramaktadır. En yüksek frekansı IKF 1 içerir. Kalan ise en düşük frekansı içermektedir. Bununla birlikte, nöbet anındaki EEG'e için önemli özellikleri ilk beş IKF içerdiğinden dolayı çalışmada ilk beş İKF özellik çıkartımı için kullanılmıştır.

EEG sinyalleri analizinde önemli olan diğer bir yöntem Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT). DWT sinyali bir ana dalgacık denilen tek bir fonksiyonun kaydırılması ve genişletilmesiyle elde edilen belirli bir fonksiyon dizisinin doğrusal bir kombinasyonu olarak ifade edilir. Anne dalgacık, sinyali yüksek ve düşük frekanslı alt bantlara ayırmak için dalgacık ve ölçekleme işlevini bant geçiren filtreler olarak kullanır. Tüm sinyal ayrışana kadar yüksek ve düşük frekanslı alt bantlara ayrılmıştır. Ayrılan bu beş frekans bandı delta, teta, alfa, beta ve gama bandlarına karşılık gelmektedir. Alçak geçiren filtre

(AGF) sonrası oluşan düşük frekanslı olanlara yaklaşım katsayıları (A) ve yüksek geçiren filtre (YGF) sonrası oluşan yüksek frekanslı olanlara detay katsayıları (D) denilmektedir. Çalışmada ana dalgacığın seçimi için Daubechies 4 (db4) kullanılmıştır.

Çalışmada sınıflandırma için yüksek dereceli istatistiksel momentler ortalama, varyans, çarpıklık ve kurtosis değerleri şeklinde özellik olarak çıkartılmıştır. Veri kümesi örneklerinin yayılımına göre dağılım, asimetri ve ortalamanın etrafındaki yoğunlaşma seviyelerini ifade ettiğinden dolayı istatistiksel momentler kullanılmıştır. N-noktalı, $\mathcal{H}\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ veri için ortalama μ, varyans σ^2, çarpıklık β_1 ve kurtosis β_2 değerleri aşağıdaki (1)-(3) formüllere göre hesap yapılmıştır.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2\,,\ \mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \tag{1}$$

$$\beta_1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)^3 \tag{2}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)^4 \tag{3}$$

Varyans verinin ikinci dereceli anıyken, çarpıklık ve kurtosis ikinci, üçüncü ve dördüncü dereceli momentlerden hesaplanmıştır. Eğer çarpıklık negatif ise veriler ortalamanın soluna doğru daha fazla yayılır, çarpıklık pozitif ise veriler sağa doğru daha fazla yayılır. Normal dağılımın çarpıklığı sıfırdır.

Bu istatistiksel özellikler sınıflandırma amaçlı test ve eğitim öneklerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, veri kümesinin dağılımı %60 eğitim için ve %40 test için kullanılmıştır.

2.2. Sınıflandırma

Sınıflandırıcı, bir grup veriyi benzerliklerine ve özelliklerine göre gruplandırmak için kullanılan bir yöntemdir. Çalışmada sınıflandırma yapabilmek için sırasıyla Destek Vektör Makineleri (SVM), Karar Ağacı ve K-en Yakın Komşu (KNN) yöntemleri kullanılmıştır. SVM, desen tanıma ve sınıflandırma problemleri için kullanılan ve öğrenme algoritmalarına dayanan bir yapay öğrenme yöntemlerinden biridir. SVM modelinde, örnekler uzayda nokta olarak gösterilirken veri sınıflandırması için veri kümeleri arasında bir düzlem oluşturulur. Bu düzlemde yer alan vektörler sınıflandırmaya ait bilgileri taşımakla sorumludur ve destek vektörleri olarak isimlendirilir.Bu uzaya yeni örnekler uyarlanır ve düştükleri bölgeye bakılarak hangi sınıfa ait olduklarına karar verilir. Eğitimin mümkün olabilmesi için verilerin etiketlenmesi şarttır. SVM algoritması, eğitim sonucu oluşan yaptığı genelleştirmelerden faydalanarak, etiketlenmemiş test verilerinin ayrımını yapıp sınıflandırma için kullanılır.

Çalışmada çoklu sınıflandırma ve doğrusal olmayan bir durumu çözebilmek için SVM'den olan Radiyal Tabanlı Fonksiyon (RBFSVM) kullanılmıştır. Bu sınıflandırıcı örneklerimizi 3 boyutlu bir düzeye taşıyarak problemi çözümekte kolaylık sağlamaktadır. KNN örnekleri farklı sınıflara ayırmada kullanılan ve parametrik olmayan bir sınıflandırma yöntemidir. Özellik uzayındaki k adet en yakın eğitim örneklerinden oluşur. Bir test verisi, komşularının çoğunluk oyu ile sınıflandırılır; veri, en yakın komşuları arasında en yaygın olan sınıfa dahil edilir.

Karar Ağacı sınıflandırıcısının eğitimi, bir durumun ona ilişkin özelliklerinden faydalanılarak bunun sonuçlarına gitmek için bir karar ağacı modeli oluşturturularak gerçekleştirilir.

Bu ağaç yapısında, yapraklar ve dallar sırasıyla sınıf etiketlerini ve sınıf etiketlerine yol açan özelliklerin birleştirilmesini ifade eder. Bir cevabı tahmin etmek için izlenen yol , ağaçtaki başlangıç düğümünden bitiş düğümüne kadar devam eder. İstenen problemin cevabı son düğümdedir.

Karar Ağaçları kolay olduğundan ve belirsizlik içermediğinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Geçmiş dönem verilerinden yola çıkılarak ağaç modelini kullanılıp, gelecekteki verilerin sonucunu bu örneklerden elde ettiği sonuçlara göre yorumlayan ve tahmin eden en önemli karar mekanizmalarından biridir.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

BONN veri seti farklı senaryolara göre incelenmiştir. Tablo 1'de deney için kullanılan senaryolar açıklanmıştır.

Tablo 1. Durum açıklanması

Durum	Sınıflandırma
I	Sağlıklı (A,B)
	Nöbet öncesi (C,D)
	Nöbet anı (E)
II	Sağlıklı (A)
	Nöbet öncesi (D)
	Nöbet anı (E)
III	Sağlıklı (A)
	Nöbet anı (E)
IV	Sağlıklı (A,B,C,D)
	Nöbet anı (E)
V	Sağlıklı (A)
	Nöbet öncesi (D)

EMD ve DVM yöntemleri hem de SVM, KNN, Karar Ağaçlarının sınıflandırma performansları Tablo 2'de verilmiştir. I. ve II. durumlar sağlıklı, nöbet öncesi ve nöbet anı olmak üzere 3'lü sınıflandırma problemini çözmektedir. EMD yöntemi ve sınıflandırıcısı SVM (RBFSVM)'iken %92.50, DWT yöntemi olduğunda ise KNN sınıflandırıcı aynı sonucu vermektedir. III.,IV., V. durumlar ise sağlıklı ve nöbet anı olmak üzere 2'li sınıflandırma problemini çözüp EMD yöntemi ve sınıflandırıcı ise SVM ve KNN olduğunda %100 doğruluk değeri ile en yüksek başarım sonucu üretmektedir.

Tablo 2. EMD ve DWT performansları (% doğruluk değeri)

Yöntem	EMD			DWT		
Sınıflandırıcı	SVM	Tree	KNN	SVM	Tree	KNN
Durum I	92.50	42	55	79.17	90	87.50
Durum II	91.50	46	58	90.83	89.17	92.50
Durum III	100	100	100	98.75	98.75	97.50
Durum IV	95.50	97.50	98	95.50	97	97
Durum V	83.75	92.50	86.25	96.25	86.25	93.75

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada EMD ve DWT yöntemleri kullanılarak EEG sinyalerinden öznitelikler çıkartılmıştır. Çıkartılan bu öznitelikler kullanılarak SVM, KNN, Karar Ağacları metotları uygulanıp sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlara göre en iyi sonuç sağlıklı ve nöbet anı durumunda EMD yöntemi olarak tespit edilmiştir. Sınıflandırıcı olarak RBFSVM ve KNN daha iyi çözüm üretmiştir.

Nöbetlerin tespitinin çeşitli nedenlerden dolayı bir nörolog tarafından görsel olarak incelenme aşamaları bazen zor olabilir. Nöbet tahmininin tespiti konusunda çok az onaylanmış bilgi vardır.Ayrıca bu durum için kesin bir tespit mekanizması mevcut olmadığından dolayı nöbetlerin tahmin edilmesi zorlaşmaktadır. Ayrıca epileptik nöbetler sırasında hasta fiziksel ve zihinsel durumunun farkında değildir ve fiziksel yaralanması meydana gelebilir. Bu yüzden epileptik nöbet teşhisinde otomatik metotların geliştirilmesi, nöbetlerin gerçekleşmeden önce engelleyecek veya hafifletecek sistemlerin tasarımına yol açmacını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

A.R.ÖZCAN ve S.ERTÜRK (2017), Epileptic Seizure Prediction with Recurrent Convolutional Neural Networks, *IEEE 2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 1-4.

C.SHAHNAZ ve ark., (2015), Seizure Detection Exploiting EMD-Wavelet Analysis of EEG Signals, *2015 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 57-60.

H.ADELİ ve ark., (2007) A Wavelet-Chaos Methodology for Analysis of EEGs and EEG Subbands to Detect Seizure and Epilepsy, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 54, no.2, 205-211.

S.Lİ ve ark., (2010) Feature Extraction and Recognition of Ictal EEG using EMD and SVM, *Computer in Biology and Medicine Journal*, vol. 43, no. 7, 807-816.

S.M.S.ALAM ve M.I.H.BHUIYAN (2013), Detection of Seizure and Epilepsy Using Higher Order Statistics in the EMD Domain, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol.17, no. 2, 312-318.

YONGA LEVHA TESİSİNDE ÖRNEK BİR ABSORBSİYON CHİLLER UYGULAMASI

Bülent ORAL
Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş., Balıkesir
boral@keas.com.tr

Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN
Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli,
muharrem_eyidogan@hotmail.com

Özet

Günümüzde gelişen teknoloji ile enerjiye bağımlılık ve enerji ihtiyacı gittikçe artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılama genellikle yeni enerji kaynaklarına ulaşma şeklinde olmaktadır. Fakat özellikle fosil yakıtların önümüzdeki birkaç yüzyılda tükenecek olması insanlığı alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırmaya ve de enerji tasarruf sistemlerini geliştirmeye itmektedir. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki enerji ihtiyacının karşılanmasında yeni enerji yatırımları yapmak kadar, enerji tasarruf çalışmaları yapmak da çok ciddi fırsatlar sunmaktadır. Özellikle ülkemiz gibi fosil enerji türleri anlamında çok zengin olmayan ve dışa bağımlı olan ülkeler için enerji tasarruf çalışmaları çok daha önem kazanmaktadır. Bunun yanında son yıllarda ülkemizde enerji birim maliyetlerinin gitgide artması da özellikle sanayide faaliyet gösteren şirketleri enerji tasarrufu sağlayacak ve verimliliği arttıracak çalışmaları yapmaya yöneltmiştir. Yapılan bu çalışma ile orman ürünleri alanında faaliyet gösteren bir Yonga Levha tesisinde, tesis soğutma suyu ihtiyacını karşılayan mekanik chillerlerin harcadığı 1.893.773 kWh/yıl elektrik enerjisi tüketimi absorbsiyonlu chiller kullanılarak ortadan kaldırılmış ve gaz türbini egzoz gazı atık ısısı kullanılarak prosesin ihtiyacı olan soğutma absorbsiyonlu chiller ile sağlanmıştır. Gaz türbini egzoz gazı atık ısısı geri kazanımı ile soğutma suyu elde edilmiş ve absorbsiyon chiller'in soğutma kapasitesinin 900 kW'ı yaz aylarında gaz türbini giriş havası sıcaklığının 15 °C'ye düşürülmesi için kullanılmıştır. Bu yolla yaz aylarında gaz türbini elektriksel verimi %2-3 oranında artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yonga levha, absorbsiyonlu soğutma, gaz türbini giriş havası soğutma.

A SAMPLE ABSORPTION CHILLER APPLICATION AT PARTICAL BOARD PLANT

Abstract

Today, with the developing technology, energy dependency and energy needs are increasing. This need is usually satisfied by reaching new energy sources. However, the fact that fossil fuels will be depleted in the next few centuries is pushing humanity to research alternative renewable energy sources and to develop energy saving systems. Research shows that as much as making new energy investments to meet the energy needs, energy saving studies also provide golden opportunities. Energy saving efforts are becoming more important for countries that are not very rich in terms of fossil energy types, such as our country and are dependent on foreign countries. In addition, the increasing cost of energy unit in our country in recent years has led the companies operating in industry to do studies for saving energy and increasing the efficiency. With this study, in a Particle Board Plant operating in the field of forest products, 1.893.773 kWh / year of electricity consumption consumed by mechanical chillers, which meet the need for plant cooling water, has been eliminated by using absorption chiller and the cooling which the process needed is supplied with absorption chiller by using the gas turbine exhaust gas waste heat. Cooling water is obtained by gas turbine exhaust gas waste heat recovery and 900 kW of cooling capacity of the absorption chiller is used to reduce the gas turbine inlet air temperature to 15 ° C in Summer. In this way, gas turbine electrical efficiency increases by 2-3% in the summer months.

Keywords: Particle board, absorption cooling, gas turbine ınlet air, cooling.

1. GİRİŞ

Orman Ürünleri sektöründe gelişen en önemli sanayi dallarından biride MDF ve Yonga levha endüstrisidir. Her türlü lifli lignoselülozik hammaddeler yonga levha üretiminde kullanılabildiğinden dolayı odun hammaddesi dışında hızar talaşı, kereste parçaları ağaç paletleri gibi atıklarda değerlendirilebilmektedir. Bu avantajda MDF ye oranla daha ekonomik olmasını sağlamaktadır. Yaygın bir kullanım alanı olmakla birlikte çoğunlukla mobilya ve inşaat sektörlerinde kullanılmaktadır.

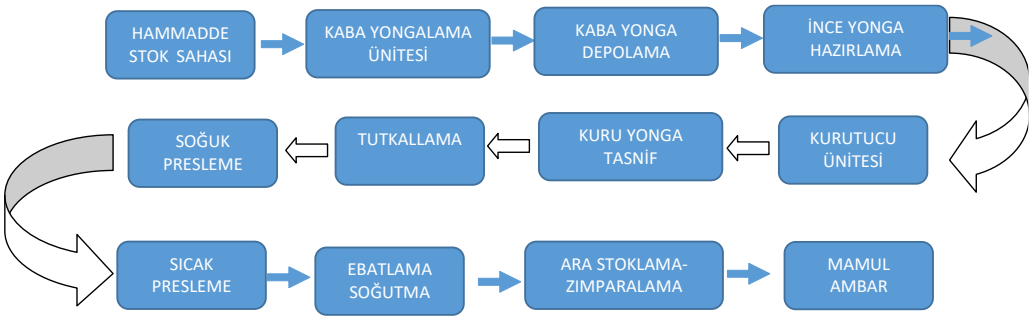
Yonga levha; genellikle odun hammaddesinden elde edilen yonga ve küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç altında geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan bir malzemedir (Alıcı, 2004).



Şekil 1. Farklı kalınlıklarda yonga levha panelleri (Çelik, 2017)

Yonga levhalar, yonga ebatlarına ve geometrisine, presleme yöntemlerine, özgül ağırlıklarına, kat sayılarına, kullanılan yapıştırıcılara, özel işleme tabi tutulup tutulmadıklarına göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır (TS EN 309, 1999). Ülkemizde yaygın olarak Ebatlarına, Özgül ağırlığına ve de özel işleme tabi tutulup tutulmadığına göre sınıflandırılmaktadırlar.

Yonga levha; iç ve dış zemin uygulamalarında, duvarlarda, tavan panellerinde, ofis bölmelerinde, dolap ve mobilya yapımında, tezgâh ve masa üzerinde kullanılan en popüler malzemeler arasındadır (Wang ve Sung, 2002). Yonga levha üretiminde temel olarak üç üretim teknolojisinden söz edilebilir. Bunlar, yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi ve kalıplanmış yonga levha üretimidir. Bütün üretim metotlarında temel olarak işlemler aynıdır. Yonga levhaların genel üretim süreci şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Yonga levha üretim aşamaları

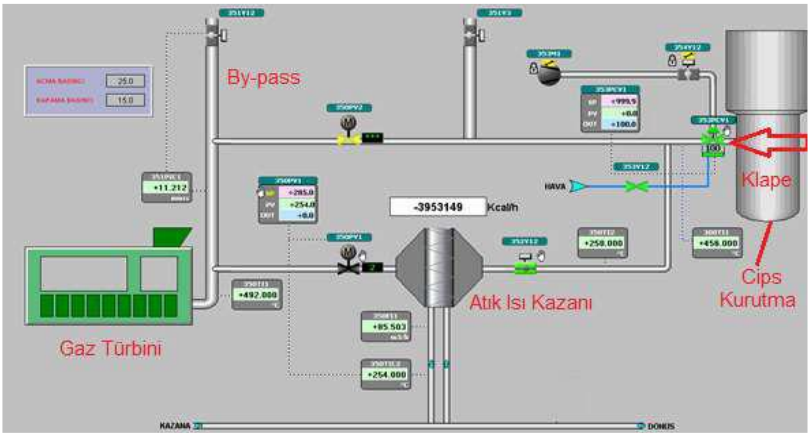
Çalışmanın yapıldığı bu Y.levha tesisi üretim kapasitesi; yaklaşık olarak yıllık 630.000 m3/yıl dır. Bünyesinde 7,5 Mwh lik kapasiteye sahip bir doğal gaz türbini mevcuttur. Bu doğal gaz türbin atık ısısı ise hem kızgın yağ üretiminde hem de proseste yonga kurutma için kullanılmaktadır.

Yonga levha tesisinde proses gereği ciddi bir ısı enerji ihtiyacı oluşmaktadır. Tesisin toplam enerji ihtiyacı değişen şartlar ve üretime göre 38 Mwh ila 50 Mwh arasında değişmektedir. Bu enerjinin 27 Mwh İla 38 Mwh faydalanılabilir enerji geri kalan 11 - 12 Mwh lik kısmı ise atılan enerjidir. Faydalanılamayan bu enerjinin yaklaşık olarak 4Mwh lik kısmı ise türbin bacasından atılan enerjidir. Bu enerji türbinden üretilen elektrik neticesinde oluşan 14 Mwh lik egsoz gazının proseste yonga kurutmak ve kızgın yağ üretmek amacıyla kullanılan enerjiden arta kalan kısımdır.

Ayrıca tesisin çeşitli ünitelerinde soğutma suyu ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuş olan lokal gazlı mekanik chillerler bulunmaktadır. Bu mekanik chillerler ise ciddi bir elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Bir taraftan tesiste yukarıda ki paragrafta da açıklanmak istendiği üzere 4Mwh lik bir gaz türbini egzoz gazı atılmak da ama diğer taraftan da soğutma ihtiyacı için mekanik gazlı chillerler kullanılmaktadır. Buradan hareket ile tesisin soğutma ihtiyacının karşılanması için gazlı mekanik chillerlerin yerine atıl ısı ile çalışan Absorbsion chiller kurulması düşünülmüştür. Bununla hem atık ısıdan faydalanılmak istenmiş hem de mekanik gazlı chillerlerin tüketmiş olduğu elektrik enerjisinden tasarruf edilmek amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Tesiste bulunan 7,5 MW'lık gaz türbininden 490~500 ºC sıcaklıkta egzoz gazı oluşmaktadır. Gaz türbininden çıkan egzoz gazları Şekil 3'de görüldüğü gibi iki ayrı hattan geçerek cips kurutmaya gitmektedir. Hatlardan biri üzerinde kızgın yağ serpantini bulunmaktadır. Kızgın yağ serpantinine 490~500 ºC'de giren egzoz gazları, kızgın yağın 240~250 ºC'den 270~280 ºC'ye ulaşmasını sağlamaktadır. Kızgın yağ serpantininden çıkan 270~280 ºC'deki kızgın yağ kollektörde toplanarak prosese veya buhar jeneratörüne gönderilmektedir. Buhar jeneratöründe kızgın yağın ısısı kullanılarak buhar elde edilmektedir.



Şekil 3. Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı

Kızgın yağ serpantininden 350~500 ºC'lerde ayrılan egzoz gazı cips kurutma ünitesine ihtiyaç oranında beslenmektedir. Egzoz gazını taşıyan iki hattan birisi doğrudan kurutucu ünitesine diğeri de kızgın yağ serpantini üzerinden kurutma ünitesine beslenmektedir. Kurutma ünitesi girişinde bulunan bir klape vasıtası ile kurutma ihtiyacına bağlı olarak üniteyi beslenecek egzoz gazı miktarı ayarlanmaktadır. Gaz türbinin çıkışında bulunan by-pass hattı doğrudan bacaya açılmaktadır. Kurutma ünitesi girişinde bulunan klape kapanmaya başladığında bypass hattında basınç oluşturmakta ve bu basınca bağlı olarak egzoz gazı atmosfere atık ısı olarak salınmaktadır. Aşağıda verilen Tablo 1'de yıllara göre klape açlık oranları ortalaması sunulmuştur. Klape açıklık oranında egzoz gazları cips kurutmak için kullanılmakta, arta kalan egzoz gazı atmosfere atılmaktadır.

Tablo 1. Yıllara göre cips kurutma klape açıklık oranı

Aylar	2012	2011	2010	Aylık Ortalama
Ocak	47,05	94,48	68,16	69,90
Şubat	77,67	96,86	94,40	89,64
Mart	78,10	83,51	90,10	83,90
Nisan	84,52	80,56	87,55	84,21
Mayıs	80,56	77,75	54,70	71,00
Haziran	76,79	68,22	64,05	69,69
Temmuz	77,40	35,60	20,69	44,56
Ağustos	42,84	18,33	19,56	26,91
Eylül	52,68	15,24	36,46	34,79
Ekim	49,72	22,57	56,04	42,78
Kasım	59,75	45,38	66,86	57,33
Aralık	69,36	54,30	82,18	68,61
Yıllık Ortalama	**66,37**	**57,73**	**61,73**	**61,94**

Proje kapsamında by-pass hattından atmosfere salınan sıcak baca gazı miktarı minimize edilerek, kızgın yağ serpantininden maksimum düzeyde kızgın yağ elde edilecektir. Mevcut durumda kızgın yağ kazanı kapasitesinin yüksek olmasına rağmen, kızgın yağ ihtiyacı düşük olduğu için gaz türbini egzoz gazlarının belli bir miktarı (mevsimsel şartlara göre egzoz gazı kullanım oranı) atmosfere atılmaktadır. Bu durum enerjinin kullanılamadan atmosfere atılması anlamına gelmektedir.

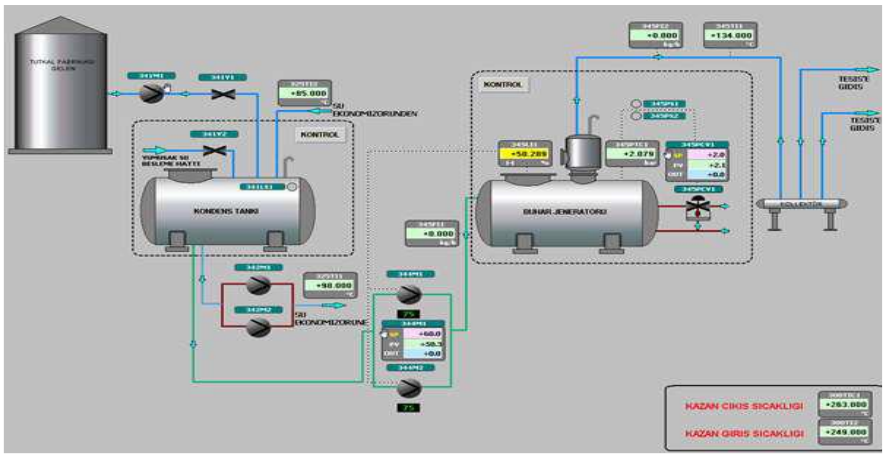
Tesiste proses soğutma suyu ihtiyacını karşılamak için mekanik chillerler kullanılmaktadır. Tesisde kullanılan mekanik chillerler ve kapasiteleri Tablo 2'de verilmiştir. Mekanik chillerler bilindiği gibi elektrik enerjisi tüketmektedir. Bir tarafta gaz türbini çıkışı egzoz gazı ısısı kullanılamadan atmosfere atılırken, diğer taraftan proseslerin soğutulması için elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

Tablo 2. Tesislerinde Kullanılan Mekanik Chillller Soğutma Güçleri

Chiller Adı	Soğutma Gücü (kW)
Yonga Levha Chiller	428,6
Melamin Pres 1 Chiller	90,0
Melamin Pres 2 Chiller	90,0
Melamin Pres 3 Chiller	79,6
Emprenye Chiller	113,9
Prıntpan Chiller	163,2
Toplam	**965,3**

Yapılan bu proje ile gaz türbini egzoz gazının bir kısmı ile buhar jeneratöründen (kızgın yağ kazanı vasıtasıyla) buhar elde edilecektir. Buhar jeneratörü scada ekranı Şekil 4'de verilmiştir. Bu proje kapsamında alınacak yeni absorpsiyonlu chiller, buhar jeneratöründen alacağı buharı kullanarak proses soğutma suyu elde edecektir. Diğer bir ifadeyle, gaz türbini egzoz gazı atık ısısı kullanılarak soğutma suyu elde edilecektir. Bu bağlamda atık ısı değerlendirilirken, elektrikle çalışan mekanik chillerlerin devre dışı kalması ile elektrik tasarrufu sağlanacaktır.

Tesiste proseslerin ihtiyaç duyduğu soğutmanın yapılabilmesi için bir adet 1.400.000 kcal/h kapasiteli absorpsiyonlu soğutma ve 6 adet mekanik (lokal) chiller kullanılmaktadır. Ayrıca, absorpsiyonlu chillerden elde edilecek soğutma kapasitesinin 900 kW'ı gaz türbini giriş havası sıcaklığının 15 °C'ye düşürülmesi için kullanılacaktır. Gaz türbini giriş sıcaklığının düşürülmesi, gaz türbininde performans artışına sebep olmaktadır. Türbin üretici firma tarafından net garanti veriler verilememekle birlikte bu durum %2-3 üretilen elektrik başına tüketilen özgül yakıt tüketiminde azalma sağlanmıştır.



Şekil 4. Buhar jeneratörü scada ekranı

2.1. Uygulama Öncesi Değerler

Tüm bu bilgiler ışığında; Yeni alınacak olan absobsion chiller kapasitesinin belirlenmesi için mevcut mekanik cihillerlerin soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları ile soğutma suyu debisi ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri "testo 435" ile yapılmıştır. Debi ölçümleri ise "GE PT878" ultrasonik debimetre ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her bir mekanik chillerin tükettiği enerji miktarını belirlemek için yaz ve kış şartlarında chillerin güç panosundan "Fluke 435" enerji analizörü ile elektriksel ölçümler yapılarak kayıt altına alınmıştır.

Tablo 3. Yaz ve Kış Ayları İçin Her Bir Mekanik Chillerin Çektiği Güçler

Chiller Adı	Yazın Çekilen Güç (kW)	Kışın Çekilen Güç (kW)	Ortalama (kW)
Melamin Pres 1	32,26	17,64	24,95
Melamin Pres 2	32,61	17,55	25,08
Melamin Pres 3	25,52	12,33	18,92
Yonga Levha	131,47	74,53	103,00
Boya Hattı	60,33	29,94	45,13
Emprenye	30,00	30,00	30,00

Mevcut mekanik chillerlerin yaz ve kış aylarına göre ölçülen sıcaklık ve debi değerlerine göre yapılan hesaplamalarda bulunan soğutma yükleri tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Mevcut Mekanik Chillerlerin Soğutma Yükleri (Ölçülen Değerler)

Chiller Adı	Kışın Soğutma Yükü (kW)	Yazın Soğutma Yükü (kW)
Melamin Pres 1	37,43	74,82
Melamin Pres 2	41,44	77,64
Melamin Pres 3	27,16	55,50
Yonga Levha	179,68	315,62
Boya Hattı	67,49	135,56
Emprenye	69,20	7357
Toplam	**422,40**	**732,71**

Yaz aylarında gaz türbin emiş havasının soğutulması için gerekli olan soğutma yükü de eklendiğinde proje kapsamında alınacak absorbsion chiller kapasitesi tablo 5'de verildiği gibi belirlenmiştir.

Tablo 5. Tesis soğutma yükü ihtiyacı

Mevsimler	Mekanik Chillerler Soğutma Yükü (kW)	Gaz Türbini Giriş Havası Soğutma Yükü (kW)	Atık Isıdan Elde Edilecek Soğutma Potantiyeli (kW)	Absorpsiyonlu Chiller Kapasitesi (kW)
Kış	422,40	-	1,581	2,326
Yaz	732,71	~900	5,038	

2.2. Uygulama Sonrası Gerçekleşen Değerler

Uygulama sonrasında, mevcut mekanik chillerler kapatılıp tesis soğuk su ihtiyacı yeni alınan ve mevcut olan absorbsion chillerler ile sağlanmaya başlanmıştır. Uygulama sonrasında yapılan ölçüm ve hesaplamalar neticesinde elde edilen değerler şu şekildedir.

Hat giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüş ve aşağıda ki değerler elde edilmiştir.

Tablo 6. Uygulama Sonrası Soğutma Suyu Debi ve Sıcaklık Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Yapılan Alan	Soğutma Suyu Debisi (m^3/saat)	Su Giriş Sıcaklığı (ºC)	Su Çıkış Sıcaklığı (ºC)
Melamin Pres 1-2-3	16,62	10,70	6,70
Yonga Levha	92,25	11,50	6,90
Boya Hattı	18,23	9,90	6,70
Emprenye	15,62	9,30	6,80

Debi ölçümleri yapılmış ve yukarıda verilen sıcaklık değerlerine göre soğutma yükleri hesaplanmıştır. Gerçekleşen soğutma yükleri aşağıda ki tabloda verilmiştir.

Tablo 7. Uygulama Sonrası Gerçekleşen Soğutma Yükü Değerleri

Ölçüm Yapılan Alan	Soğutma Suyu Debisi	Su Giriş Sıcaklığı	Su Çıkış Sıcaklığı	Özgül Isı	Yoğunluk	Soğutma Suyu Debisi	Soğutma Gücü
(m^3/h)	(°C)	(°C)	(kJ/kg. °C)	(kg/m^3)	(kg/h)	(kW)	
Melamin Pres 1-2-3	16,62	10,7	6,7	4,19	999,831	16.617,19	77,36
Yonga Levha	92,25	11,5	6,9	4,19	999,794	92.231,00	493,79
Boya Hattı	18,23	9,9	6,7	4,19	999,858	18.227,41	67,89
Emprenye	15,62	9,3	6,8	4,19	999,873	15.618,02	45,44
TOPLAM				**684,48**			

Ayrıca proje kapsamında tesis edilen absorbsion chiller ve soğutma kulesi güçleri “Fluke 435” enerji analizörü ile ölçülmüş ve aşağıda ki değerler elde edilmiştir.

Absorbsiyonlu chiller iç tüketimi (elektrik) = 4,50 kW

Soğutma kulesi pompa tüketimi (elektrik) = 9,10 kW

Uygulama sonrası gerçekleşen toplam tüketim (elektrik) = 13,6 kW

Uygulama öncesi ve sonraki gerçekleşen güç tüketimleri 8’de görülmektedir. Yapılan ölçüm ve hesaplamalar neticesinde uygulama öncesinde mekanik chillerlerin çekmiş olduğu ortalama saatlik güç

247,08 kW iken aynı soğutma yükünü absorbsiyon chiller sayesinde saatlik ortalama güç 13,6 kW ile gerçekleştirilmiştir. Bu yolla da ortalama saatlik 233,48 Kw enerji tasarrufu yapılmıştır.

Tablo 8. Uygulama Sonrası Gerçekleşen Tasarruf Miktarı

	Uygulama Öncesi			**Uygulama Sonrası**			**Enerji Tasarrufu**
Ekipman Adı	**Yazın çekilen güç (kW)**	**Kışın çekilen güç (kW)**	**Ortalama (kW)**	**Yazın çekilen güç (kW)**	**Kışın çekilen güç (kW)**	**Ortalama (kW)**	**Ortalama (kW)**
Melamin pres-1 Chiller	32,26	17,64	24,95	-	-	-	24,95
Melamin pres-2 Chiller	32,61	17,55	25,08	-	-	-	25,08
Melamin pres-3 Chiller	25,52	12,33	18,92	-	-	-	18,92
Yonga levha Chiller	131,47	74,53	103,00	-	-	-	103,00
Boya hattı Chiller	60,33	29,94	45,13	-	-	-	45,13
Emprenye Chiller	30,00	30,00	30,00	-	-	-	30,00
Absorbsiyonlu Chiller İç Tüketimi	-	-	-	4,50	4,50	4,50	-4,50
Soğutma Kulesi Pompa Tüketimi	-	-	-	9,10	9,10	9,10	-9,10
Toplam			247,08			**13,60**	233,48

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Uygulanan bu proje ile proses soğutma ihtiyacı için kullanılan mekanik chiller yerine gaz türbini egzoz gazı atık ısıdan üretilen kızgın yağ ile buhar elde edilmiş ve ısı kaynağı bu buhar olan absorpsiyon chiller tesis edilerek mekanik chillerin kullandığı elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmıştır. Mevcut mekanik chillerin harcadığı 1.893.773 kWh/yıl elektrik enerji tüketimini absorbsiyonlu chiller kullanılarak ortadan kaldırılmıştır. Gaz türbini egzoz gazı atık ısısı kullanılarak prosesin ihtiyacı olan soğutmanın absorbsiyonlu chiller ile sağlanması ve bu sayede atık ısı geri kazanımı sağlanmıştır. Gaz Türbini emiş havasının soğutulması ile %2-3 üretilen elektrik başına tüketilen özgül yakıt tüketiminde azalma sağlamıştır.

Özellikle ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı ülkeler, enerji verimliliği çalışmalarına ağırlık vermelidir. Ülkemiz sanayisinde faaliyet gösteren firmalar enerji tüketimlerini takip etmeli ve işletmelerindeki enerji verimliliği potansiyellerini araştırarak bunlar üzerinde projeler üretmeleri gerekmektedir. Bu alanda devlet teşviklerinden de istifade imkânları araştırılarak projelerin geri ödeme süreleri de düşürülebilir.

5. KAYNAKÇA

Alıcı, Y. (2004). *Atık ve Çimento Kullanarak Üretilen Levhaların Mekaniksel Özellikleri.* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon,

Çelik, S. (2017). *Motorlu Testere Talaşının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi.* Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bartın.

TS EN 309 (2008). *Yonga Levhalar- Tarifler Ve Sınıflandırma,* Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.

TS EN 309 (1999). *Ahşap Yonga Levhalar-Tarif Ve Sınıflandırma,* Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Wang, D., Sun X.S. (2002). Low density particleboard from wheat straw and corn pit. *Industrial Crops and Products,* 15, 43-503.

ENDÜSTRİYEL İŞLETMELERDE ENERJİ İZLEME SİSTEMLERİ VE ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNE KATKILARI

Ecem UZUN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği
ecem-uzun@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYAZ
Kocaeli Üniversitesi, Uzunçiftlik Nuh Çimento MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü
murat.ayaz@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüz teknolojik gelişmeler ile birlikte sürekli olarak artan enerji talebi; enerji takibi, analizi ve verimliliği gibi kavramların önemini arttırmıştır. Rekabet koşulları ve artan enerji fiyatları nedeniyle bir işletmenin tükettiği enerjiyi etkin kullanabilmesi, enerjinin sürekli kontrol altında tutularak izlenmesi ile mümkündür. Endüstriyel işletmelerde gün içerisinde gözlenen farklı enerji tüketim değerleri, enerji tüketim ve üretim maliyetlerini hesaplamada önemli bir etken haline gelmiştir. Artan enerji maliyetleri ile birlikte, enerji izlenme, kontrolü ve verimliliği üzerine yapılan çalışmalar büyük önem kazanmıştır. Özellikle son yıllarda önemi gittikçe artan TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standartlarının gereklilikleri sebebiyle enerji izleme sistemleri enerji tüketimini görünür kılarak endüstriyel işletmelerde önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayan bir çözüm haline gelmiştir. Bu çalışmada enerji izleme sistemlerinin endüstriyel işletmeler için önemi ve TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemine sağladığı katkılar ele alınmıştır. Enerji izleme sistemleri kullanılarak endüstriyel işletmelerin tek seferlik enerji iyileştirmeleri yerine sürekli iyileştirmeler ile enerjinin verimli kullanılması, ülke ekonomimizin sürdürülebilir büyümesine öncülük edecektir.

Anahtar Kelimeler: enerji izleme sistemleri, enerji yönetim sistemi, sürekli iyileştirme, ISO 50001

ENERGY MONITORING SYSTEMS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES AND ITS CONTRIBUTIONS TO ISO 50001 ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

Abstract

Continuously increasing energy demand with the technological developments in the present day, has increased importance of concepts such as energy monitoring, analysis and efficiency. The efficient use of the energy consumed by an enterprise due to competitive conditions and increasing energy prices is possible by continuously monitoring and control the energy. Energy consumption values, which have changed during the day in industrial enterprises, have become an important factor in the calculation of energy consumption and production costs. With increasing energy costs, studies on energy monitoring, control and efficiency have gained great importance. Due to the requirements of the ISO 50001 Energy Management System standards, which have become increasingly important in recent years, energy monitoring systems have become a solution that provides significant energy savings in industrial enterprises by making energy consumption visible. In this study, the importance of energy monitoring systems for industrial enterprises and their contribution to ISO 50001 Energy Management System have been discussed. By using energy monitoring systems, the continuous use of energy with continuous improvements instead of one-time energy improvements of industrial enterprises will lead the sustainable growth of our country's economy.

Keywords: energy monitoring systems, energy management system, continuous improvement, ISO 50001

1. GİRİŞ

Halen hızlı bir şekilde kalkınma sağlamakta olan ülkemizde sanayi faaliyetlerinde gerçekleşen artış, teknolojinin sürekli gelişmesi ve artan nüfus, her geçen yıl daha fazla enerji tüketimine sebep

olmaktadır. Uluslararası enerji ajansı raporuna göre 2035 yılında enerji kaynaklı CO_2 emisyonlarında %20 artış yaşanacağı öngörülmektedir (World Energy Outlook, 2013). Bu sebeple enerji verimliliği ve enerji yönetimi kavramları tüm dünyaca üzerinde önemle durulan konulardandır. Enerji verimliliğinin, sürdürülebilir bir enerji için önemi tüm dünyaca bilinmekte ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması, çevreye olan zararlı etkisinin azaltılması açısından hayati öneme sahiptir (Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye).

Günümüzde endüstriyel işletmeler ekonomik olarak büyümelerinin yanında, önemli bir kaynak olan enerjiyi de yüksek verimlerde kullanmayı hedeflemektedirler (UZUN, 2018). Sürekli artan enerji fiyatları, gelişen teknoloji, enerji arzındaki endişeler, iklim değişikliği gibi etmenler enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmaların önemini arttırmaktadır. Özellikle enerji yoğun endüstriyel işletmeler başta olmak üzere, enerji verimliliğinde sistematik bir yaklaşımın benimsenmesi ve sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Enerji verimliliğinin sistematik bir yaklaşımı olan TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi enerji performansına katkıda bulunan; ölçme, dokümantasyon ve raporlama, donanımın tasarımı, ve tedariki uygulamaları, sistemler, prosesler, ve personel ile ilgili şartlar dahil enerji kullanımı ve tüketimine uygulanabilir şartlarını belirlemektedir (TS EN ISO 50001,2013). ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı endüstriyel işletmelerin sürdürülebilir bir enerji yönetimi sağlamasında dünya çapında uygulanabilir bir standarttır. Enerji yönetiminin temeli, birim ürün/çıktı başına tüketilen enerjinin optimize edilerek enerji verimliliğinin sürekli iyileştirilmesine dayanmaktadır. TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi; izleme ve ölçmeyi, dolayısıyla enerji analizini esas alır. Enerji tüketiminin fazla olduğu noktaların tespit edilerek enerji verimliliği uygulamaları ile fazla tüketimin tasarruf edilmesini ister. Bir işletmenin tükettiği enerjiyi en verimli şekilde kullanabilmesi, enerjinin sürekli kontrol altında tutularak izlenmesi ile mümkün olmaktadır. Enerji yönetim sisteminden bağımsız olarak gerçekleştirilen enerji verimliliği faaliyetleri; planlama, bakım, ölçme ve izlemenin olmaması ve tasarrufun takip edilememesi sebebi ile etkili olamamaktadır.

Etkin bir enerji yönetim sisteminde enerji izleme ve kontrolü büyük öneme sahiptir. Kaliforniya'da bulunan bir kamu araştırma üniversitesi olan, yaklaşık 22.000 öğrenciye ve 4,5 milyon inşaat alanına sahip Kaliforniya Üniversitesi, Santa Barbara enerji tüketim noktalarının gerçek zamanlı veri ve basit zaman serisi görselleştirmesi ile enerji tüketimlerinin tek bir merkezden izleme ve kontrolüne başlamıştır. Enerji izleme sayesinde gece kullanılmayan binalardaki havalandırma fanlarının daha düşük seviyelerde çalıştırılması, aydınlatma sisteminin kontrolü, fan kanat konumlarının ideal konuma getirilmesi vb. sistem optimizasyonları ile 2001 yılı Haziran-Eylül dönemi elektrik tüketiminin, 2000 yılı Haziran-Eylül dönemi elektrik tüketimine göre %13,80 oranında; en yüksek güç talebinin (peak demand) %16,00 oranında ve doğalgaz tüketiminin %10,00 oranında düştüğü tespit edilmiştir (Motegi ve ark.,2003)

Bu çalışma kapsamında endüstriyel işletmelerde enerji izleme ve kontrol sistemleri detaylı olarak incelenerek TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi'ne katkıları ele alınmıştır.

2. ENERJİ İZLEME ve KONTROL SİSTEMLERİNİN ÖNEMİ

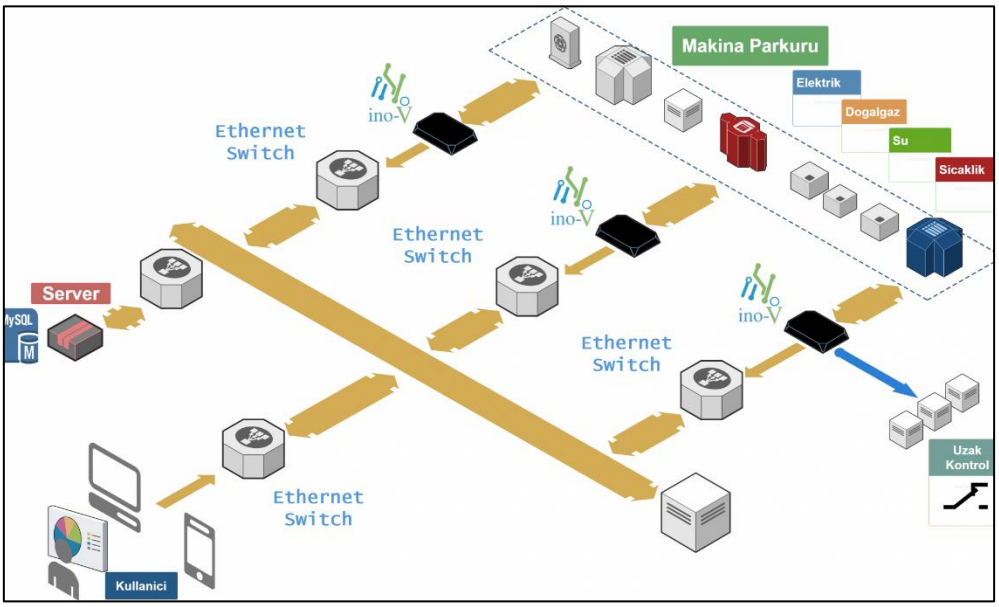
Enerji izleme sistemleri, ticari bina enerji yöneticilerine, tesis yöneticilerine, finans yöneticilerine, endüstriyel işletmelere ve elektrik üretim tesislerine enerji hakkında detaylı bilgi sağlayan, veri toplama donanımı ve iletişim faaliyetlerini ifade etmektedir (Motegi ve ark.,2003). Enerji yönetiminin ve enerji izlemenin giderek önem kazanan bir kavram olması işletmedeki birçok ölçüm noktasından verilerin toplanıp kayıt altına alınması gereken durumlarda, ölçüm cihazlarından verilerin otomatik olarak okunması vazgeçilmez bir hale gelmektedir. Toplanan veriler değerlendirmeler için merkezi bir veri tabanında toplanmaktadır. Bu veriler detaylı maliyet raporları, dokümantasyon ve alarm yönetimi için online izleme sistemleri üzerinden takip edilebilmektedir. Verilerin haberleşmesinde kullanılan Ethernet (TCP/IP) kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ethernet/Modbus giriş özellikli ölçüm cihazları yüksek verimlilikler sağlamaktadır (Silsüpür, 2015).

Endüstriyel işletmelerde tüketilen enerjinin kalitesi işletmede bulunan makine ve sistemler için büyük önem taşımaktadır. Kalitesiz enerji kullanımı işletmede bulunan ekipmanların verimsiz çalışmasına ve makinelerin işletme ömürlerinin kısalmasına sebep olacaktır. Bir işletmede enerji tüketimini ve kalitesini ölçmeden verimliliklerin tespiti ve iyileştirmelerin yapılması zorlaşmaktadır.

Özellikle yoğun enerji tüketen ekipmanların izlenmesi, verilerin kaydedilmesi ve geçmiş zaman verileri ile karşılaştırılması bir işletme için büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple işletmede dijital ölçüm yapabilen analizörler haberleştirilerek ölçülebilen parametrelerin kontrolü bir yazılım ile takip edilmeli ve raporlanmalıdır (Özşahin, 2015).

Enerji izleme sistemlerinin birçok faydası olmasına rağmen temel özellikleri;

- Enerji verilerinin toplanması, izlenmesi ve analiz edilmesi,
- Uzaktan erişimi sağlayan web ara yüzü,
- Zaman serisi verilerinin görselleştirilmesi,
- Enerji tüketim eğrilerinin oluşturulması ve enerji tasarrufu fırsatlarının tespitinde bir araç olarak kullanılmasıdır (Motegi ve ark., 2003)



Şekil 1. Şematik enerji izleme sistemi

Bir enerji izleme sisteminin şematize edilmiş hali Şekil 1'de gösterilmiştir. Bir enerji izleme sistemi işletmede bulunan operatörlere, işletme sahiplerine ve üst yönetime enerji tüketimini yönetmede ve kritik karar alımında yardımcı olmaktadır. Enerji tüketim verilerinin gerçek zamanlı izlenmesine ve enerji performansı takibinin zor olduğu bir işletmede enerji performansının sürekli olarak takip edilmesini sağlamaktadır. Enerji izleme sistemlerinin çoğu gerçek zamanlı ölçümlerin takibini sağladığından, işletmedeki bir operatör bir arıza durumunda veya alışılagelmiş bir tüketimin dışında kısa zamanda müdahale edebilmektedir. Enerji izleme sistemi bulunmayan işletmeler enerji tüketim takibini aylık faturalar ile takibini sağlamaktadırlar. Fakat her zaman standart bir tüketimin söz konusu olmadığı zamanlarda fazla tüketime sebep olan faktörlerin kaynaklarını bulmak her zaman mümkün olmamaktadır (Motegi ve ark.,2003).

2.1. Enerji Maliyetlerinin Azaltılması

Enerji izleme sistemleri faturalandırma ve elektrik sözleşmelerinin optimizasyonu ile enerji tüketiminin ve maliyetlerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. İşletmelerde süzme sayaç kullanımı ve tüketimlerin bir yazılım ile izlenmesiyle bölüm bazlı enerji tüketimleri tespit edilebilmektedir. Bu sayede enerji tüketim maliyetlerini bölüm bazlı değerlendirme ve fazla tüketime sahip bölümlerde iyileştirme çalışmalarına olanak sağlamaktadır. Enerji maliyetlerini azaltmak için yük eğrilerinin optimizasyonu ile tepe değerlerini yöneterek cezaların önüne geçilmesini sağlamaktadır. İşletmeler enerji izleme ve kontrol sistemleri ile otomatik yük paylaşımlarını kullanarak güç aşımlarını önleyebilmektedirler.

2.2. Enerji Kalitesinin Arttırılması

Bir işletme de kullanılan enerjinin kalitesi maliyetleri doğrudan etkileyen bir faktördür. Enerji izleme sistemleri enerji kalitesinin değerlendirilerek oluşan sorunların kaynağına ulaşmayı ve yapılan iyileştirmelerin etkinliğinin kontrol edilmesini sağlar. Harmonik bozulmaların sebebinin tespit edilerek, harmoniklerin hassas yüklerden ayrılmasını sağlamaktadır. Ani gerilim düşüşlerinin ve artışlarının tespit edilerek, üretim kayıplarına sebep olan duruşları ortadan kaldırılmasına yardımcı olur. Ayrıca dağıtım yapılan gücün kalitesinin değerlendirilerek, elektrik dağıtım şirketlerinin EN 50160 Elektrik kaynağı uyumluluğu standardına uyup uymadıklarının tespitinin yapılması kolaylaşır.

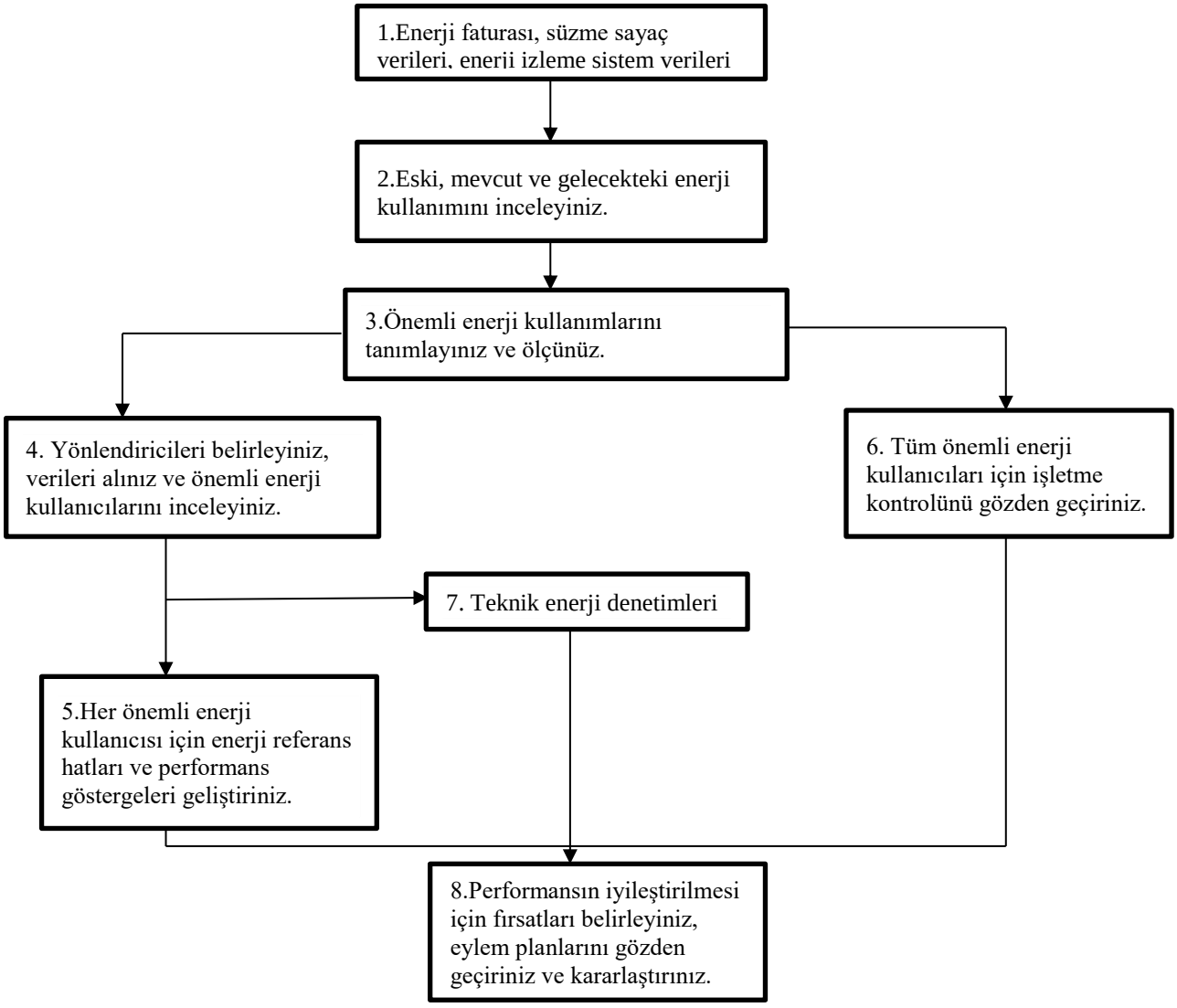
2.3. Servis Sürekliliğinin Geliştirilmesi

Enerji izleme sistemleri ile elektrik tesisatları gerçek zamanlı olarak izlenerek ölçüm verilerinin kontrol altında tutulması sağlanabilmektedir. Uzaktan erişim ile ölçülen verilerin doğru zamanda doğru kişiye iletilmesine yardımcı olmaktadır. Endüstriyel işletme yöneticileri için tüketim analizleri, bakım bölümleri için alarm durumları, muhasebe bölümleri için ise maliyetlerin analiz edilmesini sağlamaktadır (Schneider Electric, 2014)

3. ENERJİ İZLEME VE KONTROL SİSTEMLERİNİN ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNE KATKILARI

1970 yılların başından itibaren endüstriyel işletmelerde enerji verimliliği çalışmaları işletmenin ana unsurlarından bir olarak kabul görmeye başlamıştır. Özellikle yüksek enerji tüketimine sahip işletmeler enerjiyi verimli kullanma yolunda gerçekleştirilecek faaliyetlerin üzerinde önemle durmuşlardır. Endüstriyel işletmelerde, yönetim sistemlerinin düzenli bir şekilde uygulanması ile; teknolojik gelişmelere uyum ve enerji politikaları ile ve yasal şartlara uyum ile mümkün olabilmektedir. Enerji Yönetimi maliyetleri en aza indirerek, rekabeti geliştirmek için enerjinin etkin kullanılmasıdır. Bunun için birim ürün başına tüketilen enerjinin azaltılması gereklidir. Enerjiyi etkin bir şekilde yönetebilmek amacıyla etüt, ölçüm, planlama ve uygulama faaliyetlerinin en etkili şekilde takip edilmesi gereklidir. Bir enerji yönetim sisteminde, enerji performansı iyileştirmesi gösteren kilit özellikleri izlenmeli ve ölçümü sağlanmalıdır. Bu kilit özellikler;

- Eylem planları ve enerji planlamasının çıktıları,
- Önemli enerji kullanıcıları ile ilgili faktörler arasındaki ilişki,
- Enerji performans göstergeleri,
- Eylem planlarının amaç ve hedeflere ulaşmadaki etkinliği,
- İşletme kontrolünün izlenmesidir (UNIDO, 2014).



Şekil 2. Enerji planlama süreci (UNIDO, 2014)

Planlama aşaması bir enerji yönetim sisteminin kilit noktalarından biridir. Şekil 2 de görüldüğü üzere etkin bir enerji yönetimi için enerji planlamada ne kadar enerjinin nerede ve ne amaçla kullanıldığının bilinmesi önem arz etmektedir. Enerji planlamada ilk aşama enerji tüketim verilerinin toplanarak analiz edilmesidir. Bu aşamada enerji izleme sistemleri üzerinden sistematik bir veri toplama metoduyla gerçek zamanlı tüketimlere ulaşılabilmektedir. Enerji yönetiminin etkin bir şekilde yapılabilmesi için ölçmek ve kontrol etmek en temel unsurdur. Çünkü ölçemediğimizi yönetemeyiz.

Hindistan'da bulunan bir tekstil fabrikası olan Raymond Limited, Vapi ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi uygulamasıyla bir yıl boyunca enerji performansında %14.70 iyileşme sağlanmıştır. 52.363,00 GJ enerji tasarrufu ve 4.136,97 ton CO_2 emisyonu azaltımı sağlanmıştır. Fabrikanın mali tasarrufu yaklaşık 671.142,40 USD olmuştur. Ayrıca enerji yönetimi kapsamında yapılan, iyileştirme projelerinden biri olan Hava Yıkama Kulelerinde izleme ve kontrol sistemi kurulumu ile yıllık 59.222,24 USD mali tasarruf sağlamıştır (Clean Energy Ministerial, 2018)

3.1 Enerji Yönetim Sisteminde Enerji Performans Göstergeleri

ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardın'da belirtildiği gibi, enerji verimliliğini arttırmak ve enerji tüketimini azaltmak amacıyla sürekli iyileştirmeler yapılması gereklidir. Enerji yönetimi, gelişimi değerlendirebilmek ve iyileştirme projelerini eyleme dökebilmek için güvenilir rakamlara

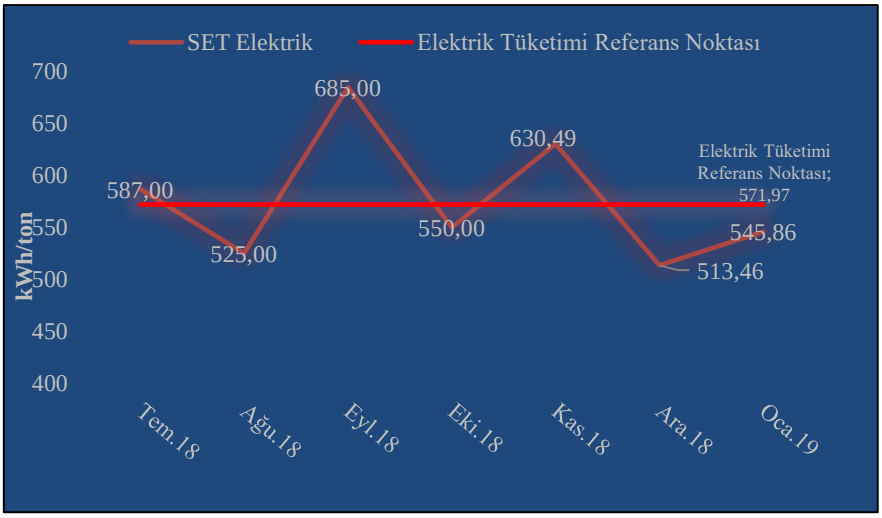
ihtiyaç duyar. Bu rakamlardan biri de enerji performansı göstergesidir (EnPG). Enerji performansının bu ölçüsü işletme tarafından belirlenir. Bir oran veya karmaşık bir model olarak ifade edilebilir.

İşletmeler enerji performanslarını izlemek ve ölçmek için uygun enerji performansı göstergelerini belirlemelidir. Sürekli iyileşmenin sağlanabilmesi için enerji performans göstergelerinin (EnPG) izlenmesi kritik bir etmendir. Çünkü enerji performans göstergeleri, enerji performansında sağlanacak iyileşmenin bir göstergesidir. Örneğin, bir hava kompresörünün enerji performansını belirleyebilmek için birim hava debisi için tükettiği enerji miktarını (kWh/Nm³, kWh/m³) bilmek gerekmektedir. ISO 50001 Enerji Yönetim Standardı'nın bir gerekliliği olan enerji performans göstergelerinin belirlenmesi, aynı zamanda yatırım değerlendirmeleri için de büyük öneme sahiptir. Endüstriyel işletmelerde, ilgili enerji performans göstergelerinin belirlenerek, enerji performansındaki iyileşme miktarının tespit edilebilmesi için öncelikle uygun ölçüm noktalarının belirlenmesi gereklidir.

TS EN ISO 50001:2018 Enerji Yönetim Sistemi Standardı'nın 6.4 Enerji Performans Göstergeleri maddesinde belirtildiği gibi enerji performansını ölçmek ve izlemek için uygun performans göstergelerinin seçilmesi gerekmektedir. Bir enerji izleme sistemi ile tanımlanan enerji performans göstergelerine uygun olarak, yazılıma aktarılan verilerin, enerji performansındaki iyileşmenin takip edilebilmesi ve sürekli kontrolünün sağlanması açısından önemlidir.

3.2 Enerji Referans Çizgisi

İşletme başlangıç enerji gözden geçirmesindeki bilgileri kullanarak enerji tüketimi ve üretimine uygun bir referans noktası/noktaları oluşturmalıdır. Enerji performansında olacak iyileşmeler bu referans noktasına göre değerlendirilmelidir. Enerji izleme sistemleri ile anlık olarak izlenebilen tüketimler ekipman veya proseslerin belirlenen referans değerin üzerinde olduğu zamanlarda alarm durumları oluşacaktır. Enerji izleme sistemleri ani tüketim fazlalıklarına anında müdahale ve alarm durumunun kaynağının bulunmasına imkan sunmaktadır. Şekil 3 bir karton kutu üretim fabrikasında referans elektrik tüketimi değerine karşılık mevcut elektrik tüketimini göstermektedir.



Şekil 3. Bir karton kutu fabrikasında referans noktasına göre elektrik tüketimlerinin takibi

TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı'na göre belirlenen referans noktasından sapan değerlerde bu sapmanın sebebinin araştırılması istenmektedir. Enerji tüketimlerinin anlık olarak izlendiği bir sistem sayesinde bu sapmanın sebebi kolayca bulunabilir.

3.3. Önemli Enerji Kullanıcıları

Bir işletme önemli miktarda enerji tüketen veya enerji performansının iyileştirilmesiyle önemli tasarruf miktarı sağlanabilecek ekipmanların enerji tüketimlerini daha dikkatli incelemelidir. Önemli enerji kullanıcılarının tanımlanabilmesi için her bir süreç yada sistemin enerji tüketimlerinin bilinmesi

gereklidir. Enerji izleme sisteminden alınan veriler sayesinde önemli enerji kullanıcılarının belirlenmesi kolaylıkla yapılabilmektedir. İşletmede büyük ölçekli makinelerin enerji tüketimlerinin takip edilmesi, o makine üzerinde yapılacak bir iyileşme, enerji performansındaki iyileşmenin etkisini arttıracaktır. Ayrıca donanımların enerji sistemlerine göre gruplandırılması (örn: ısıtma, basınçlı hava, buhar sistemleri gibi) enerji tasarrufunun optimal olmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda bir izleme sistemi sayesinde oluşturulan enerji akışlarının gösterildiği proses haritaları sistemler içerisinde donanımların düzenlenebilmesine yardımcı olmaktadır (UNIDO, 2014).

3.4. Enerji Hedef ve Eylem Planları

Eylem planları enerji tasarrufu faaliyetlerinin temelini oluşturan planlama işlemidir. Eylem planında yapılması düşünülen iyileştirme fırsatlarının beklendiği yönüyle ele alınması, tamamlanması ve doğrulanmasının sağlanması Enerji Yönetim Sisteminin önemli bir parçası olmaktadır. Belirlenen hedefler SMART (Spesifik, ölçülebilir, gerçekleştirilebilir, ilgili ve zamanlı) olmalıdır. Bu da bize göstermektedir ki eylem planlarında iyileşmenin doğrulanması en önemli unsurlardandır biridir. Bu sebeple bir endüstriyel işletmede iyileşmenin yapılacağı proses, ekipman veya donanım sürekli olarak izlenerek performansının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada, enerji izleme sistemleri ön plana çıkmaktadır. İzleme ve ölçüm ile beklenen ve gerçekleşen enerji kullanımının düzenli olarak karşılaştırılmasıyla enerji performansı yönetilebilmektedir.

3.5. İnceleme

İnceleme, izleme sonucunda toplanan verilerin önlem alınmasında kullanılabilecek faydaları bilgilere dönüştürür. Enerji izleme sistemi ile toplanan verilen analizi önemlidir. Örneğin; CUSUM grafiği oluşturulan bir eğilim çizgisi ile tasarrufları/kayıpları hesaplayarak performansta gerçekleşen bir durum söz konusu olduğunda değerlendirebilme olanağı sunar. Oluşturulan doğrular beklenen enerji tüketimini öngörmek ve düzenli izleme ve kontrol ile performansı iyileştirecek önlemlerin alınmasına yardımcı olmaktadır (UNIDO,2014)

3.6. İşletimin Kontrolü

Bir işletmede donanımların ve sistemlerin nasıl işletildiği enerji performansında çok büyük bir öneme sahiptir. Kazanların, soğutma sistemlerinin, kompresör ve pompa sistemlerinin tüketmeleri gerekenden fazla enerji tüketimine sahip olacak şekilde işletilmesi rastlanabilir şeylerdendir. Bu sebeple, özellikle önemli enerji kullanıcıları için kritik işletme parametreleri belirlenerek, belirlenen değerlerin dışına çıkıldığında bir enerji izleme yazılımı ile alarm durumlarının oluşturulması işletme için fayda sağlayacaktır. Enerji yönetim sistemi kapsamında bakım faaliyetleri de büyük öneme sahiptir. Etkisiz bakımlar, sistem ve ekipman ömrünün azalmasına sebep olabilmektedir. Olması gereken enerji tüketimlerinden daha fazla tüketime sahip bir ekipmanda gerekli ise bakım faaliyetleri gerçekleştirilmelidir. Enerji izleme sistemleri ile bakım zamanları takip edilerek optimal işletmenin sağlanması mümkündür.

4.SONUÇ

Küreselleşen ekonomi ve artan enerji maliyetleri sebebi ile işletmeler enerji maliyetlerini gözden geçirmek ve kontrolünü sağlamak durumunda kalmışlardır. Yakıt tüketimlerindeki artışlara karşın işletmeler minimum enerji ile daha fazla ürün üretmek için enerji verimliliği çalışmalarına önem göstermelilerdir. Enerjinin verimli kullanılmasının sağlanması ve etkin bir enerji yönetiminin uygulanması ile maliyetler düşürülebilmektedir. Bu konuda sistematik bir yaklaşım olan TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Standardı işletmelerde enerji tüketimlerinin kontrol altında tutularak önemli bir gider kalemi olan enerji maliyetlerinin azaltılmasını sağlamaktadır. TS EN ISO 50001Enerji Yönetim Standardı'nın temeli sürekli iyileştirme, izleme ve kontrole dayanmaktadır. Endüstriyel işletmelerde kullanılan enerji izleme sistemleri, enerji tüketiminin anlık olarak kontrolünü sağlayarak enerji tasarrufu potansiyellerini ortaya çıkarmaktadır. Aynı zamanda enerji izleme sistemleri ile daha kolay tespit edilen enerji tasarruf potansiyelleri ile sera gazı emisyonları azaltılarak

çevresel etkilerin de azaltılması sağlanmaktadır. Yapılan araştırmalarda enerji izleme sistemlerinin enerji yönetiminde etkin bir rolü olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Enerji Yönetim Sistemi Uygulaması için Pratik Rehber, Birleşmiş Milletler Kalkınma Örgütü (UNIDO), Ağustos 2014

Global Energy Management System Implementation:Case Study, 5 Nisan 2019 tarihinde http://www.cleanenergyministerial.org/sites/default/files/2018-05/CEM_EM_CaseStudy_Raymond_India.pdf adresinden alındı.

Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye, *TMMOB 8.Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı,* Cilt 1, syf. 15

MOTEGI, N., PIETTE, M.A., KINNEY, S., DEWEY, J. (2003), Case Studies of Energy Information Systems and Related Technology: Operational Practices, Costs, and Benefits, *International Conference for Enhanced Building Operations*, October 13th – 15th, 2003

ÖZŞAHİN, Y.(2015), *Endüstriyel Uygulamalarda Enerji Verimliliği ve Kompanzasyon Çözümleri,*2 Nisan 2019 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/39b84502c470de1_ek.pdf adresinden alındı.

Schneider Electric, Enerji İzleme ve Yönetim Sistemlerinin Avantajları, *Teknik Makaleler*, Kasım 2014

SİLSÜPÜR, M(2015)., *Enerji Yönetim Sistemleri (ISO 50001 & EN 16001)*, 26 Mart 2019 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/3eabdb6b5bd5d98_ek.pdf adresinden alındı.

TS EN ISO 50001, Şubat 2013

TÜSİAD&Sabancı Üniversitesi, *World Energy Outlook 2013*, 21 Mart 2019 tarihinde https://iicec.sabanciuniv.edu/sites/iicec.sabanciuniv.edu/files/WORLD-ENERGY-OUTLOOK-2013_%C3%B6zetbulgular.pdf adresinden alındı.

UZUN, A., DEĞİRMEN, M (2018)., *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Haziran 2018, Cilt:4, Sayı:2, ss.83-97* / Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi

İNŞAAT VE İKLİMLENDİRME SEKTÖRÜ'NDE YER ALAN BİR FİRMADA STOK YÖNETİMİ

Dr. Öğr. Üyesi. Burcu Özcan
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr

Enes YEĞİN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Yüksek lisans Programı
yeginenes@gmail.com

Özet
Stok, müşteriye arz etmeden ya da kullanmadan önce, üretim veya tedarik yoluyla elde edilebilen, belirli bir süre bekletilebilen malların miktarıdır. Bir firmada sahip olunan mevcut mallar olarak da kısaca stoğun tanımı yapılabilir.Firmalarda bulunan çok sayıda çeşitli ürünlerin, ne kadar ve ne zaman müşterilere sevk edileceği, stok miktarının ne düzeyde olması gerektiği gibi sorulara cevap stok kontrolü ile verilebildiğinden dolayı stok kontrolünün birçok faydası vardır. Bu faydalardan biri; stok yatırım maliyetlerinin ve depolama giderlerinin azalması sağlanır. Dikkatsizlik sebebiyle firmalarda oluşabilecek kayıpları önleyecek kontrole sahip olunur.Firmalarda stok kontrolünde kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlere gözle kontrol yöntemi, sabit sipariş miktarı yöntemi, sabit sipariş periyodu yöntemi, ABC stok analizi yöntemi örnek olarak verilebilir.Çalışmanın amacı, İnşaat ve İklimlendirme Sektörü'nde yer alan bir firmanın sahip olduğu çeşitli fancoil ürünlerinin varlığı nedeniyle sistemli ve rasyonel şekilde stok yönetimini sağlamaktır. Çalışmada, depoda yer alan fancoil ürünlerinin stok yönetimi ve stok kontrolünün önemi incelenmiş olup, ABC Analizi uygulanarak stok kontrolüyle ilgili veriler elde edilip stoklarla alakalı iyileştirme kararları alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stok Kontrolü, ABC Analizi, Stok Yönetimi

STOCK MANAGEMENT IN A CONSTRUCTION AND AIR CONDITIONING SECTOR

Abstract
Stock is the amount of goods that can be recovered for a certain period of time, which can be obtained by production or supply, before supplying or using to the customer. In the case of existing goods owned by a firm, a brief description of the stock can be made.Stock control has many benefits, as many of the various products in the companies can be supplied with inventory control by answering questions such as how much and when they should be shipped to customers and what amount of stock should be. One of these benefits; minimization of stock investments and storage expenses. Due to carelessness, the company will have control to prevent losses. There are many methods used in stock control in firms. Examples of these methods are visual inspection method, fixed order quantity method, fixed order period method, ABC stock analysis method.The aim of the study is to provide stock management systematically and rationally due to the presence of various fancoil products of a company in Construction and Air Conditioning Sector. In this study, the importance of stock management and stock control of fancoil products in the warehouse has been examined and data analysis related to stock control has been obtained by applying ABC Analysis.

Anahtar Kelimeler: Stock Control, ABC Analysis, Stock Management

1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler, teknolojiye ve artan rekabet koşullarına ayak uydurabilmek için bir değişim sürecine girmek zorunda kalmışlardır. Günümüz koşullarında işletmelerin sürdürülebilirliğini devam

ettirmek için iç faaliyetlere ek olarak satın alma süreçlerini de kontrol altında tutmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, rekabetçi pazara ayak uydurabilmek için üretim maliyetlerinin minimize edilmesi en önemli noktalardan biridir.Bununla birlikte işletmeyi daha düşük bir stok ile yönetmek, işletmenin finansman olarak güçlenmesini sağlayacağından elini güçlendirecek ve rakipleri karşısında maliyet üstünlüğü de elde edecektir (KARAHAN, Mehmet, ve Şehmus ASLAN, 2016).İnşaat ve iklimlendirme sektörünün sürdürülebilirliği için stok yönetiminin etkili şekilde yapılması büyük önem arz etmektedir. Günümüzde inşaat şirketlerinin sayısının hızlı artışı, ekonomik dalgalanmalar, malzeme fiyatlarının artması gibi nedenlerden dolayı şirketlerin kaynaklarını çok daha dikkatli kullanması gerekmektedir. Bu değişimlere ayak uydurabilen ve ekonomik olarak iyi yönetilen şirketler sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. İnşaat firmalarının amacı, iyi bir stok yönetimiyle talep dengesini sağlamaktır. Stok yönetiminin şirketler için yakın vadedeki amacı gereksiz stokları ortadan kaldırmak ve hizmet alan kişilere zamanında cevap verebilmektir. Uzun vadedeki amaç ise hizmet alan kişilerin beklentilerini karşılayarak şirketin cirosunu ve buna bağlı olarak karlılığını arttırmaktır. Müşteriye satış yapabilmek, güvenlik stokları tutmak, taşıma maliyetlerini düşürmek, mal fazlasından faydalanmak, yatırımda bulunmak, enflasyon ve fiyat artışlarından etkilenmemek gibi sebeplerden dolayı stok tutulabilir. Ayrıca fazla stok tutmanın veya stoksuz olmanın bazı maliyetleri vardır. Stoksuzluk nedeniyle müşterinin güveninin kaybedilmesi ve bunun beraberinde satışların azalması söz konusudur. Fazla stoklama yapıldığında ise ürünlerin elde kalması (iklim değişiklikleri, mevsimlerin beklenenden sıcak ya da soğuk geçmesi), fiyat düşüşlerinden yüksek oranda etkilenme riski ve stokların yaşlanmasından dolayı ürünlerin yüksek indirimlerle satılma ya da imha edilme riski söz konusudur. Bu durum, stok maliyetini arttırmasından dolayı inşaat sektöründe şirketin sürdürülebilirliğini riske sokabilmektedir (Yüksel, Vehbi, ve Ahmet Duman, 2017). Stokların iyi yönetilmesi demek işletmelere, faaliyetlerinde aksama olmasından kaçınılmasını, stok değer miktarının optimize edilerek finansal varlıkların daha iyi yönetilmesini sağlar. Doğru zamanda ve miktarda verilen siparişler nakliye ve sipariş masraflarını azaltır. Dikkatsizlik yüzünden imha edilen, eskiyen ve değeri düşen malzemelerin kontrol altında tutulmasını sağlar. Bu tür problemlerin saptanmasına ve çözülmesine de yardımcı olur (ATÇA, 2018). Stokları belirleyen ve şekillendiren etken siparişlerdir, diğer bir deyişle satışlardır. Stokları doğru yönetebilmemiz için ilk olarak müşteri talepleriyle bağlantılı olarak sipariş miktarı iyi belirlenmelidir. Sipariş miktarının iyi belirlenebilmesi için de önceki yıl satışları, gelecek dönemdeki tahmini satış miktarı, piyasa koşulları, satış potansiyeli ve bulunabilirlik durumu analiz edilmelidir. Sipariş miktarı, sipariş süresi gibi değişkenler belirlenerek fazla stok veya sıfır stok probleminin önüne geçilebilir. Stok yönetiminde gözden kaçan hatalar büyük maliyetleri beraberinde getirebilir bu yüzden sıfır hata ile sistemli bir şekilde yönetilmelidir. Günümüzde, gelişmiş bilgisayar program yazılımları ile stokların sürekli izlenmesi ve yönetimini kolaylaştırmaktadır. Bu yazılım ve programlar sayesinde stok maliyetleri düşürülereken iyi düzeyde stok seviyesi belirlenebilmektedir. Konu şirkette, stokların yönetimi için en uygun stok kontrol yöntemi kullanılarak, ürünlerin kendi içerisinde kategorize edilip önem gruplarına göre ayrılması, şirketin faaliyetlerini yürütürken stok/ sipariş yönetiminde talep ve işletme sermayesindeki ağırlık kriterleri birlikte dikkate alınarak; stok takibinde önem derecelendirmesi yapılması uygulanabilir ve sürdürülebilir bir yöntem olarak önerilmektedir. Bu çalışmada, stok kontrolünün öncelik sıralaması temel alınarak yapılması ile inşaat ve iklimlendirme alanında faaliyet gösteren şirketin stok maliyetlerinin düşürülmesi, stoklara gereğinden az veya fazla yatırım yapılmasının önüne geçilmesi için basit ve uygulanabilir bir yönetim modeli oluşturulması amaçlanmıştır (Yüksel, Vehbi, ve Ahmet Duman, 2017).

2. STOK KAVRAMI VE YÖNETİMİ

Bir üretim sisteminde bitmiş ürünün üretimine katılan tüm fiziksel varlıklar ve mamuller stok kavramı içinde düşünülür. Diğer bir tanıma göre; depo edilen her varlık stok olarak adlandırılabilir. Stoklar söz konusu varlıkların miktarı veya finansal değeri ile değerlendirilir. Kullanılmak için depolanan veya satışı beklenen ve belirli bir süre depolanan parasal değere sahip kaynaklara (malzeme veya bitmiş ürünlere) stok denir (Ertuğrul, İrfan, ve Y. Tanrıverdi, 2013).Pek çok kaynakta ve uygulamalarda stok ve envanter kavramlarının eş anlamlı kullanıldığı ve birbirine karıştırıldığı görülebilir. Aslında bu iki kavram farklı şekilde tanımlanmaktadır: stok, ürünlerin satışı için bulundurulması gereken malzemeleri, envanter ise stoklara ek olarak demirbaş malzemeleri içermektedir (Aydın, 2009).

2.1. Stok Maliyetleri

Miktarı ve türü ne olursa olsun, her firmada bulundurulan stokların kontrol altında olması gerekir. Yüksek stok miktarları işletmenin sermaye gücünü düşürüp ve diğer ek maliyetleri arttırırken, düşük miktardaki stoklar ise bulunabilirlik problemine sebep olup stoksuz kalma maliyetini yükseltir.Stok yönetiminin amacı optimum stok seviyesinin belirlenmesine ilişkin kararlar alıp stok maliyetlerini en aza indirmektir.

Stokların siparişi, elde bulundurulması, denetlenmesi için, başka bir deyişle işlevlerin yerine getirilebilmesi için, işletmenin dikkate alması gereken stok maliyetleri üç ana grupta toplanabilir.

1. Stok Bulundurma Maliyetleri
2. Sipariş Maliyetleri
3. Stok Bulundurmama Maliyetleri

2.1.1. Stok Bulundurma Maliyetleri

İşletmelerin stoklarında belirli bir süre bulunan ürünlerden dolayı katlanması gereken maliyetlerdir. Periyot olarak genellikle bir yıl düşünülür. Stok miktarındaki artış stok bulundurma maliyetlerini orantılı olarak arttırmaktadır. Stok bulundurma maliyetinin toplam değeri, stoktaki miktarla ve sipariş büyüklüğü ile paralel, sipariş sayısıyla zıt yönde değişmektedir.

2.1.2. Sipariş Maliyetleri

İşletmeler finansal olarak stoklara yatırım yaptıklarında bu fonu değerlendirebilecekleri diğer karlı sermaye yatırımlarından vazgeçmektedirler. Faiz yatırımı buna örnek olarak verilebilir. Buna ek olarak stok bulundurma işletmenin stok maliyetini artırabilen bir etmendir. İşletme, stok giderlerinden kurtulmak için stoklarını öz varlıkları ile finanse edebilir. Ancak öz varlıklarında bir alternatif maliyeti vardır. Çünkü sermayenin stok yatırımlarında hareketsiz bırakılması, sağlanması mümkün olan bir kar kaybına neden olmaktadır.

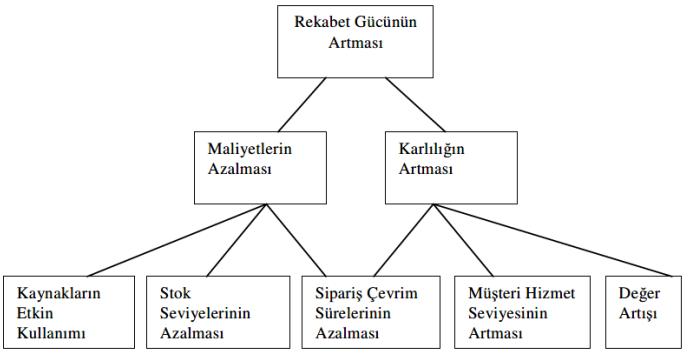
2.1.3. Birim fiyat veya üretim maliyeti

Stok miktarı ne kadar artarsa, gerekli olan depo sayısı, bununla birlikte stok giderleri de benzer şekilde artacaktır. Stokların depolandığı yer için, temizlik, bakım, ısıtma-soğutma, aydınlatma, kira, güvenlik ve ambarda çalışan personelin maaşları ile ilgili giderler stok maliyetlerini oluşturmaktadır.

Bir işletmenin çok büyük depolama alanı varsa, bunun için alternatif kullanım olanağı yoksa veya kiraya verilmeyecekse alanla ilgili depolama maliyeti söz konusu olmayacaktır. (Keskin, 2007)

2.2. Stok Yönetiminin Amaçları

Stok kontrolünün amaçları aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:



Şekil 1. Stok Yönetiminin Amaçları (Dogar, 2006)

2.3.Stok Yönetiminin Yararları ve Sakıncaları

Stok Yönetiminin Yararları;

- Zamanında teslimat ve hatasız üretim etkinliklerinin artması ile değişmelere uyum esnekliği artar.

- Stoksuzluk nedeniyle ortaya çıkabilecek kayıplar engellenir.

- Stoksuzluk maliyetleri minimuma indirilir.

- Stoklarda talep fazlası olan ürünler saptanarak üretimine gerekli olmayan ürünlerin stokta bulundurulmasının önüne geçilir ve stok maliyetleri azaltılır.

- Satışı ön görülmeyen ile aşırı stoklar bulundurulmaz.

- İyi bir stok kontrol ve takip sistemiyle stok kayıplarının önüne geçilebilir..

- Ürünlerin raflanması kullanılma miktarına gore stoklandırılarak eskime ve bozulma gibi kayıpların önüne geçilebilir.

- Stok kontrolleri ile taleplerdeki olası değişikliklere hazır olup iyi bir bulunabilirlik seviyesi ile stoklar yönetilebilir.(Uyaroğlu, 2017)

Stok Yönetiminin Sakıncaları;

İşletmelerin iyi bir stok yönetimi yapamamasının sonucunda stok bulundurmanın sakıncalı noktaları ortaya çıkacak ve işletmeye maliyet olarak geri dönecektir. Stok bulundurmanın sakıncaları da şu şekilde sıralanabilir;

- Ürünlerin ambarlarda fazla yer kaplaması ve ambar kiralarının yüksek olması.

- Gereğinden fazla ambar personeli bulundurma durumu.

- Stokların eskimesi, bozulması ve değer kaybetmesi.

- Yüksek sigorta giderleri (Binici, 2017)

2.4. ABC stok analizi yöntemi

Stok yönteminde kullanılan çok sayıda yöntem mevcuttur. Bunlardan biri ABC stok analizi yöntemidir.
ABC yöntemi İngilizce terim olarak "Always Better Control" açılımında ilk harflerden oluşturulmuş olup literatürde genellikle ABC olarak kullanılmaktadır. Yöntemin temel ilkesi çok çeşitli ve ebatlı stokları değer derecelerine göre gruplandırmak ve kontrol etmektir. Bu yöntemde ürünlerin yıllık olarak stoktaki parasal değeri ve stok hacmi içindeki oranına göre sınıflandırılarak kontrolü sağlanabilmektedir(Yiğit, 2014).

ABC Analizinde kullanılan simgeler önem derecelerine göre aşağıdaki gibidir;

Çok önemli(A), orta önemli(B), az önemli (C), olarak üç grupta toplanmaktadır;

A Grubu: Stok değeri oransal olarak en yüksek olan gruptur. Genellikle toplam stok yatırımının % 75-80 'ne denk gelmektedir. Buna karşı bu gruptaki ürün miktarı toplam miktarın %10-15 civarındadır. Bu grubta bulunan stoklar sık sık kontrol edilmelidir. Ayrıca kontrol edilecek kalem hacmi düşük olduğundan, mali götürüsü de azdır.

B Grubu: Grubu stokları ise A ve C grupları arasında yer alan stok kalemleridir. Bu gruba ait stok kalemlerinin değeri toplam değerin % 20, hacminin ise % 25 'ini oluşturur.

C Grubu: Bu grupta bulunan ürünlerin toplam stok miktarındaki oranı yüksek, stok değeri ise en düşüktür. "C" grubu malların stok miktar oranı, toplam stokların % 65-70 'ini; yatırım oranı ise, toplam stok değerinin % 5 ini oluşturur. Bu grupta yer alan ürünler kalem olarak yüksek miktarda olduğu için sıkı kontrolü gerekmektedir, bundan kaynaklı olarak da hem masraflı hem de stok yönetimi çok iyi yapılamayacağından zaman kaybedilmesine sebep olacaktır(Kefci, 2017).

Tablo 1. A-B-C Sınıf Malzemelerin Karşılaştırılması (Uygun, 2016)

Gruplar	Miktar Yüzdesi	Parasal Değer	Kontrol Derecesi	Kayıt Tipi	Miktar (%)	Parasal Değer	Emniyet Stoku	Sipariş Verme Yöntemleri
A	10%	70%	Sıkı	Doğru ve Tam	Düşük	Büyük	Küçük	Dikkatli, doğru ve sık gözden geçirme
B	20%	20%	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	Normal sipariş, bazen hızlandırma
C	70%	10%	Düşük	Basit	Büyük	Çok küçük	Büyük	Periyodik siparişler 1-2 yıllık satın alma

3. UYGULAMA

Bu çalışmada, İnşaat ve İklimlendirme Sektörü'nde Yer Alan Bir Firmada Stok Yönetimi ABC Analizi ile incelenmiştir. Firmada çok çeşitli ürünler bulunmaktadır. Grubunda Yer Alan Ürünler Firmanın Fancoil Ürünlerini, B Grubunda Yer Alan Ürünler Firmanın Klima Santrali Ürünlerini, C Bölümünde Yer Alan Ürünler ise Firmanın Nem Alma Cihazı Ürünlerini temsil etmektedir. Firmanın Yıllık Bazda Malzeme Satış Miktarları ve Yıllık Satış Değerleri Tablo 1'de belirtildiği gibidir.

Tablo 1.A,B ve C ürün gruplarının sayı ve değer tablosu

ABC	Miktar	Miktar %	Yıllık Satış Değeri (TL)	Yıllık Satış Değeri%
A	3.339	12,65	227.052.000	70,14
B	7.040	26,67	58.220.800	17,98
C	16.020	60,68	38.448.000	11,88
TOPLAM	26.399	100	323.720.800	100

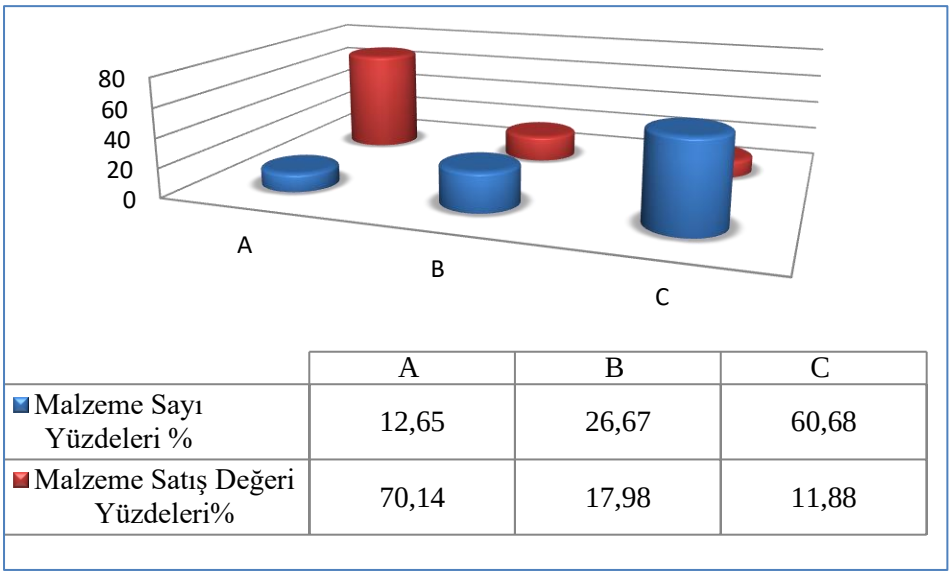
Firmada satılan ürünlerin 2018 yılına ait yıllık satış rakamları ve değer (TL) verileri firmadan alınarak değerlendirilmiştir. ABC analizi, yıllık malzeme satış tutarları (birim fiyat x adet) baz alınarak uygulanmıştır. Her malzeme kalemine ait yıllık satış tutarının, yıllık toplam malzeme satış tutarı içerisindeki yüzde oranları hesaplanmış ve büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Kümülâtif oranlara göre gelirin yaklaşık %70'ini oluşturan malzemeler A grubu, yaklaşık %20' sini oluşturan malzemeler B grubu, yaklaşık %10'unu oluşturan malzemeler ise C grubu olarak sınıflandırılmıştır. Değerlendirilen satışlar, Firmanın Türkiye'deki yıllık tüm malzeme satışlarını kapsamaktadır. Ayrıca, ABC analizi ile A sınıfı olarak belirlenen malzemelerin bazıları için mevsimsel stok ve sabit-değişken talep analizi yapılarak sipariş miktarları irdelenmiştir.

ABC Analizi ile İlgili olarak Firmanın Türkiye'deki 2018 yılına ait malzeme satış verileri kullanılarak yapılan uygulamada, A,B ve C gruplarına ait malzeme sayısı, malzeme sayı yüzdesi, yıllık satış değeri (TL) ve satış yüzdesi verileri Tablo1'de sunulmuştur.

Elde edilen yüzdelik dağılımlara bakıldığında, Satış tutarının %70.14' üne karşılık gelen A grubunu oluşturan malzemelerin, toplam malzemelerin %12,65 ini oluşturduğu Şekil'1de görülmektedir.

Orta derecede önemli olan ve toplam satış tutarının %17,98'sine karşılık gelen B grubu malzemeler ise toplam malzeme sayısının %26,67'sini oluşturmaktadır.

Öte yandan toplam malzemelerin % 60,68' ini oluşturan C grubu malzemelerin toplam satış içerisindeki payı ise %11,88'dir.



	A	B	C
Malzeme Sayı Yüzdeleri %	12,65	26,67	60,68
Malzeme Satış Değeri Yüzdeleri%	70,14	17,98	11,88

Şekil 1. Malzemelerin Satış Değerinin Etkisi

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada firmanın hizmet devamlılığını ve sürdürülebilirliğini sağlamak için stok ve sipariş yöntemleri seçenekleri incelenmiş ABC analizi ile stok/sipariş yönetiminin en uygun yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Stok/sipariş yönetimindeki başarının ön şartı, talebe göre ürün seçiminin yapıldığı kategori yönetiminin doğru ve etkili biçimde uygulanmasıdır. Hangi ürünlerin stok listesine alınacağına, bölge/ şehir/ semt tüketimi ve taleplerine ilişkin satış rakamları ışığında listelenerek belirlenmelidir. Firmanın Yıllık satış verilerini kapsayan 26.399 adet malzeme ile ABC analizi yapılarak bu yöntemin uygunluğu kapsamlı veriler ışığında gösterilmiştir.

Önemli malzemeler grubu (A) sürekli takip edileceği için malzeme yokluğundan kaynaklı güven-kar kaybını ve oluşabilecek stok maliyetlerinin önüne geçilebilir. Bölgeden bölgeye, firmadan firmaya değişmekle beraber 26.399 malzemenin, 3339' unu sıkı kontrol edilerek firma gelirinin %70.14' ünü garanti altına almak, sürdürülebilir karlılık için belirleyicidir. Satış adedi olarak yüksek paya sahip olan ancak satış gelirinde düşük payı olan C grubundaki 16.020 adet malzeme, stok hacmi açısından önemli olduğundan dolayı yüksek mal fazlası ile büyük miktarlarda alınarak karlılık artışı sağlanabilir.

Ayrıca firmanın piyasaya yeni sunacağı ürünlerin yıllık verileri mevcut olmadığından veya birkaç aylık satış verileri kullanıldığında doğru kategoride çıkmayabilir. Bu yüzden, bu tip ürünleri talebe göre ayrı olarak değerlendirmek gerekmektedir.

Ayrıca, B ya da C grubu olan bir malzeme reklam, mal fazlası gibi yöntemlerle satışını arttırabilmektedir. Bu durumlarda ürün grup değiştirebilmektedir.

Mevsimsel talep değişkenliği bulunan ürünlerde, talebin maksimum olduğu mevsimden önce yüksek Mal Fazlası ile 1-2 aylık stok siparişi verilerek karlılık arttırılabilir.

A grubu olan bu ürünlerin belirgin pik yaptığı ayda, Mal Fazlası ve iskontodan yararlanmak için pik ayını kapsayan, emniyet stoklarından ayrı olarak 15 günlük ya da 1 aylık sipariş verilebilir.

Sipariş miktarı da bir haftalık gibi kısa periyotlar halinde belirlendiğinde stok maliyeti önlenerek karlılık arttırılacaktır. Eğer ürünlerin yüksek miktarlarda mal fazlası ile satın alınabilme durumu olur ise finansman maliyeti hesaplanarak karar verilmelidir.

KAYNAKLAR

Karahan, Mehmet, and Şehmus Aslan. "BİR ÇİMENTO FABRİKASINDA HAMMADDE STOK KONTROLÜ UYGULAMASI." Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 21.3 (2016).

Yüksel, Vehbi, and Ahmet Duman. "ECZANELERDE STOK YÖNETİMİ." lectio scientific 1.1 (2017): 26-39.

ATÇA, Ramazan, Perakende Sektöründe Stok Yönetimi ve Alokasyon, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2018.

Ertuğrul, İrfan, and Y. Tanrıverdi. "Stok kontrolde abc yöntemi ve ahp analizlerinin iplik işletmesine uygulanması." Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi 5.1 (2013): 41-52.

Aydın, Cem. Tedarik zincirinde müşteri hizmet düzeyi-stok optimizasyonu. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

Keskin, Zeynur. HASTANE İŞLETMELERİNDE STOK MALİYETİ VE OPTİMUM STOKBULUNDURMA AÇISINDAN İNCELENMESİ, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2007

Doğar, Ayşegül. Tedarik Zinciri Nde Stok Yönetimi. Diss. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

Uyaroğlu, Osman, Enes. STOK YÖNETİMİNİN FİRMA PERFORMANSINA ETKİSİ ÜZERİNE BİR SAHA ARAŞTIRMASI, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul, 2017

Binici, Özel, Ayşe. SAĞLIK KURUMLARINDA STOK YÖNETİMİ DURUM ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ, Yüksek Lisans Tezi, Istanbul, 2017

Yiğit, Vahit. "Hastanelerde Stok Kontrol Analizi: Akdeniz Üniversitesi Hastanesinde Bir Uygulama." Sayıştay Dergisi 93 (2014): 105-128.

Kefci, Emine. SAĞLIK KURUMLARINDA MALZEME VE STOK YÖNETİMİNİN HASTANEYÖNETİMİNE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR, YÜKSEK LİSANS TEZİ, Istanbul, 2017

Uygun, Sabit. HASTANE İŞLETMELERİNDE ETKİN STOK YÖNETİMİ: İLAÇ STOKLARINA YÖNELİK BİR UYGULAMA, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2016

CDSE/CDTE QUANTUM DOT DUYARLI GÜNEŞ PİLLERİNİN FOTOVOLTAİK PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Abdülkadir AYDOĞAN*,
*Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
kadiraydoganduzce@gmail.com

Özet

Kuantum noktalar boyutlarına bağlı olarak farklı elektriksel ve optiksel özellikler gösteren nanokristal malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı uygulama alanları çok geniştir. Bu çalışmada CdSe/CdTe çekirdek/kabuk şeklindeki tip II kuantum noktalar sıcak enjeksiyon metodu ile üretildi. Üretilen nanomalzemelerden aynı CdSe çekirdeğe sahip fakat farklı kalınlıklardaki CdTe kabukları kullanılarak Gratzel tipi kuantum nokta duyarlı güneş hücresi elde edildi. Elde edilen güneş hücrelerin I-V, P-V, dolum faktörü ve verimlikleri incelendi.

Anahtar Kelimeler: kuantum nokta, güneş pili, CdSe/CdTe.

INVESTIGATING OF PHOTOVOLTAIC PERFORMANCE of CdSe/ CdTe QUANTUM DOT sensitized SOLAR CELLS

Abstract

Electrical and optical prorperties of quantum dots are depend on the size of the materials. Hence they have wide application areas. In this study type II CdSe/CdTe core/shell nanosturctures are synthesized using hot injection method. Next, these quantum dots were used to constract Gratzel type quantum dot sentistized solar cells. I-V, P-V, fill factor and efficiency of the cells were measured. Quantum dots allow to absorb different wavelengths due to their electrical characteristics. In this study, 4 different sizes, CdSe / CdTe core / shell quantum dots were synthesized. Hot Injection method was used in this synthesis stage. UV vis. values have been saved. Each quantum dot sample was treated on the TiO 2 active layer to be TiO 2 / CdSe / CdTe. Thus, 4 different Grätzel-type solar cells were created. Then I-V characterization was recorded and optimum QD sizes were observed for energy conversion. In this way, quantum dots were used to transform solar energy into electrical energy more efficiently.

Keywords: quantum dot, solar cells, CdSe/CdTe.

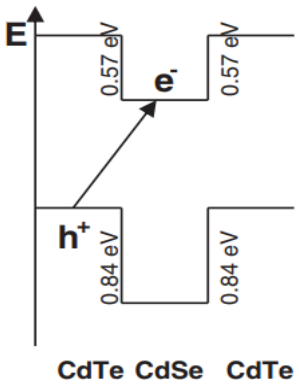
1. GİRİŞ

Günümüzün yaygın fotovoltaik teknolojisi silisyum bazlı güneş hücrelerden oluşmaktadır. Fakat söz konusu teknoloji hem pahalı hem de verimliliği oldukça düşüktür. Bundan dolayı güneş enerjisinin kullanma oranı diğer toplam enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında % 5' den daha düşüktür. Güneş enerjisini maksimum oranda kullanmak için farklı teknolojiler geliştirilmektedir. Bunların içerisinde en önemli olanı kuantum nokta bazlı III. nesil güneş hücreleridir. Bu teknolojide kuantum noktalar foton enerjisini elektrik enerjisine çeviren temel absorber olarak kullanılmaktadır. Kuantum noktaların fiziksel özellikleri boyut değişimi ile değiştiği için birçok alanda kullanma potansiyeline sahip yarı iletken nano-malzemelerdir. Kuantum nokta bazlı güneş hücrelerinin teorik verimi %50 seviyelerine kadar çıkabilmektedir ve üretimi Si bazlı güneş pillerine nazaran oldukça basit ve ucuzdur.

1991 yılında ilk olarak O'Regen ve Grätzel, kuantum nokta güneş hücrelerine örnek olan, boya duyarlı nano yapılı TiO2 ince film güneş hücresini yapmışlardır (Grätzel 1991). QD bazlı güneş hücreleri temelde, Grätzel tipi güneş hücreleridir ve boya yerine QD kullanılarak uygulamaları yapılır. Nano teknolojideki gelişmelerle, TiO_2 ince film tabakasının absorbsiyonunu artırmak için yaygın olarak başvurulan yöntem haline gelmiştir. Günümüzde verimleri yaklaşık olarak %12 civarındadır (Dunlop 2015).

Kuantum dotları özel kılan bazı özellikleri şunlardır; boyutları değiştirilebilir/ayarlanabilir ve boyutu değişen QDlar farklı elektriksel karakterizasyon gösteririr. Örneğin boyutları büyüdükçe (band-gap değeri küçülür) daha büyük dalga boylu ışımaları soğurabilirler. Yani QD duyarlı güneş hücreleri, daha düşük enerjili fotonları soğurma imkanı vermektedir. Bu özelliği QD ları eşsiz bir soğurucu yapmaktadır. Bir başka özellelikleri ise sentezi kolay, maliyeti ucuz, esnek ve giyilebilir malzeme uygulamalarının yapılabilir olmasıdır.

Bu çalışmada, Tip-II yapısına sahip kuantum dot duyarlı güneş hücresi gerçekleştirildi. Tip-II QD güneş hücresini şöyle açıklayabiliriz; Bu tarz tasarlanan güneş hücrelerinde, electron-hole bulunan kısımlar, çekirdek/kabuk şeklinde farklı iki malzemeden oluşur. Tip-I de ise electron-hole çiftleri aynı hacimde bulunur (N. McElroy 2013). CdSe/CdTe için toplu iyonlaşma potansiyelleri ve elektron yakınlıklarından hesaplanmış bant kaymaları, valans bant ve iletim bant yapısı şekil 1'de (N. McElroy 2013) gösterilmiştir. Oluşturulan her bir boyuttaki CdSe/CdTe kuantum nokta duyarlaştırılmış güneş hücrelerinin I-V karakterizasyonları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.



Şekil 1. CdSe/CdTe için iletim-valans bant enerji seviye grafiği (h^+:hole, e^- :electron)

2. DENEYLER VE MATERYALLER

2.1. Materyallar

FTO (100 mm × 100 mm × 2.2 mm Transmittance > 90, resistance ~7 Ω/sq), Triton X-100, Titanium Oxide Nano Powder (TiO2, 80 vol% anatase + 20 vol% rutile), Acetyl acetone, Selenium powder -100 mesh, 99,99% trace metals basis, Cadmium oxide powder, 99% of trace metal based (CdO), Oleicacid, 90% technical grade, (OLE), Tellurium powder 99.8% (Te), dry toluene 99.8%, dry methanol 99.8%, Chloroform (> 99.8%), Hydrochloric acid (%37 HCl), Octadecene 99.9% (ODE), ethanol (99.8%), isopropanol (≥99.7% sigma-Aldrich), trioctylphosphine 97% sigma-Aldirich, acetic acit, Titanyum (IV) izopropoksit (TTİP) sigma-Aldrich, pirinç folyo (kalınlık 0.3um), Sülfür %99,5 sodium sülfite unhydrous ≥98%, Potassium chloride for analysis (<= 0.005% Br) EMSURE®

2.2 TiO_2 hazırlanışı

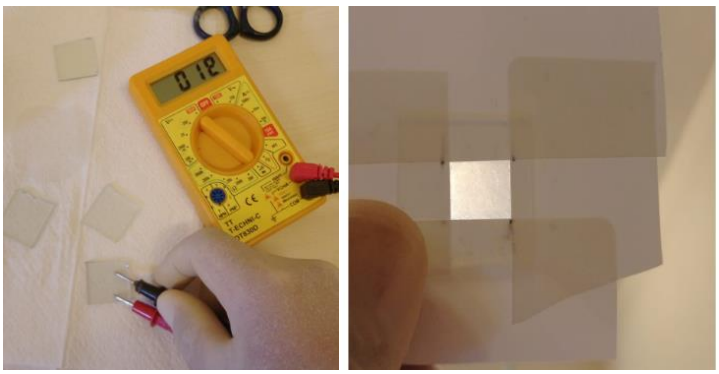
0,333g TiO2 Titanium Oxide Nano Powder (TiO2, 80 vol% anatase + 20 vol% rutile) , 0,5mL asetik asit (Acetic acid glacial, ≥99.85%, 537020 | Sigma-Aldrich) ve 5ml deiyonize su ile yarım saat karıştırılır.

2.3 Aktif katman (TiO_2) için FTO kaplamali cam yüzeyin hazirlanişi

Bu deneyde, aktif katmanın (TiO_2) kaplanacağı yüzey için; Florin doped Kalay Oksit (FTO) Kaplı Cam (Transmittance > 90, resistance ~7 Ω/sq) kullanıldı. Bu cam yüzeyler aynı zaman da hücrenin elektrodu olarak göerev yapacak. Camlar, 15mm x 20mm kesildi. Kesilen camlar başka bir cam kap içerisindeki 0,1 M HCl asit çözeltisine konularak ultrasonik banyo içerisinde 20 dk bekletildi. Ardından 15 dk boyunca deiyonize su ile ultrasonik banyoda bekletildi. Daha sonra etanol ile 20 dk boyunca tekrar ultrasonik banyoda bekletildi. Bu işlemler 2 defa aynı sıra ile tekrarlandı ve sonrasında kuruması için temiz bir yüzeye bırakıldı. Artık FTO camlarımız TiO_2 kalanması için hazır.

2.4. Aktif katman (TiO_2) kaplaması

Kapalama işlemi için öncelikle cam yüzeyin iletken kısmı ölçü aleti yardımıyla tespit edildi şekil 2. a) da gösterilmiştir. Ardından FTO cam yüzeyine 10mm x 10mm aktif katman için yer kalacak şekilde bantlandı şekil 2. b) de gösterilmiştir. Daha sonra önceden hazırlanan jel kıvamındaki TiO_2, Dr blade yönetiyle FTO camının yüzeyindeki $1cm^2$ lik alana kaplandı.



a) b)

Şekil 2. a) İletken yüzeyin belirlenmesi, b) Etkin alanın oluşturulması

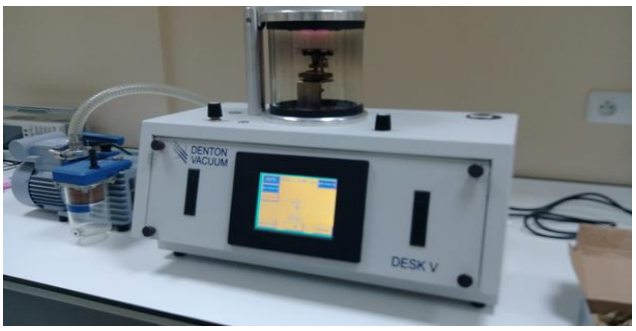
2.5. karşı elektrot hazırlanışı

Karşı elektrot hazırlanırken, pirinç folyo üzerine Cu_2S ince film tabakası oluşturuldu. Cu_2S tabakası oluşturmak için aşağıdaki işlemler yapıldı (Fei Huang 2016):

2cm x 2cm ebatlarında prinç folyolar kesilip hazırlandı. Hazırlanan prinç folyo parçaları %37 lik HCl içine daldırıldı ve 80 santigrat dercede 30 dk bekletildi. Sonrasında pirinç folyolar HCl den çıkartılıp sırasıyla deiyonize su ve etenol ile durulandı. Yeni hazırlanmış poli sülfit çözeltisine daldırılıp 6 dk bekletildi. Bu işlemler iki kez tekrarlandıktan (her tekrar için yeni HCl ve yeni poli sülfit çözeltisi kullanıldı) sonra pirinç folyo üzerinde nanoparçacıklı Cu_2S film tabakası oluşturulmuş oldu.

Poli sülfit çözelti hazırlamak için; 0.8g sülfür, 2.4 g sodium sülfat, önce 4,5ml su ile çözüp üstüne 14ml methanol eklenip karıştırıldı.

Ayrıca numunelerdeki etkisini karşilaştırmak adına karşı elektrot için FTO cam yüzeyi, altın-paladyum ile sputter kaplama cihazıyla kaplatıldı. Şekil 3'de gösterilmiştir.



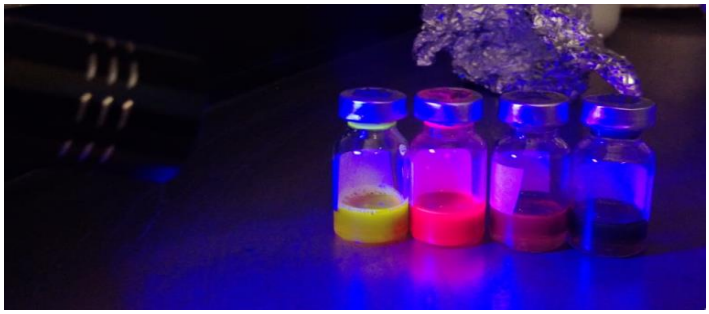
Şekil 3. sputter kaplama cihazı ve karşı katot için altın-paladyum kaplama

2.6. Elektrolit hazırlanışı

Aktif katman ile karşı elektrot arasını dolduran ve indirgenme reaksiyonlarının gerçekleştiği elekrolit; 0.8g sülfür, 2.4 g sodium sülfat ve 0.3g potasyum klorür, önce 4,5ml su ile çözüp üstüne 14ml methanol eklenip karıştırılarak hazırlandı (N. McElroy 2013).

2.7. TiO_2/CdSe/CdTe hazırlanışı

CdSe/CdTe kuantum noktalar, hocam Dr.Ögr.üyesi Musa ÇADIRCI tarafından Düzce Üniversitesi'nde , sıcak enjeksiyon metoduyla üretildi. Şekil 3. de üretilen kuantum noktalar ultraviolet ışığı altında gösterilmiştir.



Şekil 4. Üretilen kuantum nokta(CdSe/CdTe) numunelerinin UV ışık altında görünümü (soldan sağa doğru kuantum noktaların boyutu artmaktadır).

N_2 gazı altında, Sentezlenen kuantum nokta örneklerinin her birinden 0.6 ml alınıp küçük cam tüplere konuldu. Önceden hazırlanmış olan FTO/TiO_2 camı üzerindeki aktif alan, bu küçük cam tüplerin ağız boşluğuna gelecek şekilde kapak gibi örtülüp bantlandı ve kuantum noktaların etkin alana (TiO_2 kaplı yüzeye) difüzyon etmesi için ters çevrilerek 4 saat bekletildi şekil 4. de gösterilmiştir.



Şekil 5. FTO/TiO_2/CdSe/CdTe oluşumu (her bir küçük cam tüpte farklı boyutlu kuantum noktalar mevcuttur).

2.8 Cihaz kurulumu

Buraya kadar, FTO/TiO2/CdSe/CdTe/Qd ve karşı elektrodu oluşturmuş olduk. Bu iki parçanın kurulumu oldukça basittir. FTO üzerindeki etkin alan boş kalacak şekilde çalışan elektrot parafin ile kaplanır, bu işlem anot ile katot arasında kısa devre olma ihtimalini kaldırır. Sonrasında etkin alanın üzerine bir iki damla elektroliz sıvısından damlatılır. Daha sonra Karşı elektrot, etkin alanı ortalayacak şekilde kapatılıp kıskaç yardımıyla tutturulur şekil 6'da örnek gösterilmiştir.

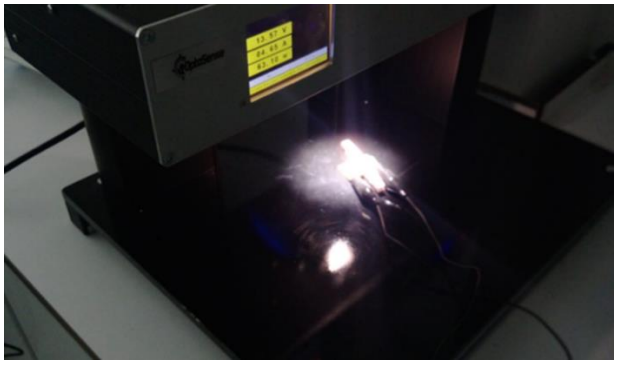


Şekil 6. Güneş hücresinin ölçüme hazır hali

3. SONUÇ

Yapılan hücrelerin I-V karakteristiğine bakmak için FY 700 solar similatör kullanıldı. Makine ayarları : 100mW/cm^2 ve -2Vile 2V arasındaki gerilim uygulandı. şekil 7'de gösterilmiştir.

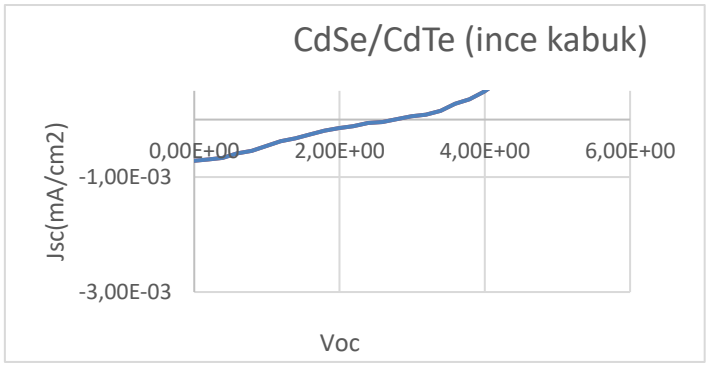
Bu cihazla yapılan ölçümler, QD bazlı güneş pillerinin fotovoltaik performansını göstermiştir. Şekil 8'de, QD bazlı güneş hücresinin karanlık karanlık ortam şartlarında karakteristiği gösterilmiştir. Şekil 9'da boyut çapı 3,3 nm ince kabuklu QD ile duyarlaştırılmış olan güneş hücresinin fotovoltaik performansı karakterize edilmiştir.



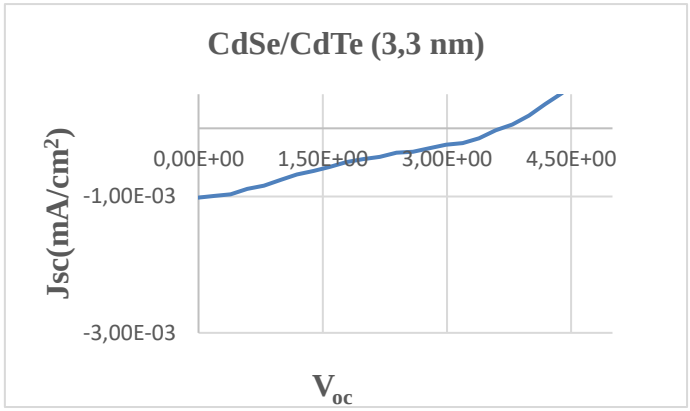
Şekil 7. güneş hücresi ölçümü



Şekil 8. QD bazlı güneş hücresinin karanlık ortam şartlarında karakteristiği



Şekil 9. Çekirdek Çapı 3,3 nm ve ince kabuklu kuantum noktalar ile duyarlaştırılmış güneş hücresinin fotovoltaik performansı



Şekil 10. Çekirdek Çapı 3,3 nm ve kalın kabuklu kuantum noktalar ile duyarlaştırılmış güneş hücresinin fotovoltaik performansı

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı dalga boyuna sahip CdSe/CdTe çekirdek/kabuk şeklindeki tip II kuantum noktaların TiO_2 21 nm iz boyutlu güneş hücreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her farklı dalga boyuna sahip kuantum noktalar için akım-gerilim ve akım yoğunlukları hesaplanmaştır.

Performans verilerine bakarak, kuantum noktaların dalga boyları kızıl ötesine yaklaştıkça verimleri artmaktadır. Aslında bunun temeli, kabuğun büyümesiyle dalga boyunun büyümesi ve buna bağlı olarak bant-gap enerji seviyesinin düşmesidir. Yani bu sayede daha düşük enerjili fotonlar bile malzemeden elektron koparabilmektedir.

Kuantum noktaların boyutlarının ayarlanabilir olması sayesinde, gelişen teknoloji ve bilgi birikimi ile beraber güneş hücrelerinde temel foton emici olarak kullanılmaları oldukça açıktır.

5.TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu makalenin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Musa ÇADIRCI'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim. Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

Dunlop, Martin A. Green Keith Emery Yoshihiro Hishikawa Wilhelm Warta Ewan D. «Wiley Online Library .» 25 11 2015. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pip.2728 (erişildi: 04 23, 2019).

Fei Huang, Lisha Zhang,Qifeng Zhang, Juan Hou, Hongen Wang, Huanli Wang, Shanglong Peng, Jianshe Liu and Guozhong Cao. «High Efficiency CdS/CdSe Quantum Dot Sensitized Solar Cells with.» Research Article, 2016.

Grätzel, Brian O'Regan & Michael. «A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO2 films.» nature international journal of science, 1991.

N. McElroy, R.C. Page,D. Espinbarro-Valazquez a, E. Lewis, S. Haigh, P. O'Brien, D.J. Binks. «Comparison of solar cells sensitised by CdTe/CdSe and CdSe/CdTe.» ELSEVIER, 2013.

Zunger, Su-Huai Wei and Alex. «Calculated natural band offsets of all II–VI and III–V semiconductors: Chemical trends and the role of cation d orbitals.» Applied Physics Letters, 2011(1998): 72.

SANAL SUNUCU VE KONTEYNER TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI VE YAZILIM GELİŞTİRME SÜREÇLERİNE ETKİSİ

Ferhat Sanuç
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Bilişim Sistemleri Mühendisliği
ferhatsanuc@outlook.com

Doç.Dr. HALİL YİĞİT
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Bilişim Sistemleri Mühendisliği
halilyigit@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüzde teknolojinin gelişmesine bağlı olarak uygulamaların kullanım alanları ve uygulamaların sayısı artış göstermektedir. Uygulamalardaki ihtiyacın artması ile birlikte altyapı çalışmalarındaki gelişmeler de devam etmektedir. Bu sebeple kaynakların verimli kullanılmasını sağlayan sanallaştırma çözümlerinin popülerliği artırmıştır. Geleneksel yöntemlerde her uygulama için ayrı fiziksel sunucular kullanılmakta ve bu uygulamalar için yalnız bir fiziksel sunucu üzerine işletim sistemi kurulmaktadır. Ancak hipervizör tabanlı sanallaştırma teknolojisi bir fiziksel sunucu üzerinden birden fazla sanal sunucu çalıştırma imkânı sağlamaktadır. Son dönemde yaygınlaşan konteyner tabanlı sanallaştırma yöntemi hipervizör tabanlı sanallaştırmaya göre daha verimli kaynak kullanımı ve daha hızlı uygulama devreye alımı gibi faydalar sağlamaktadır. Bu çalışmada sanal sunucu ve konteynerlar cpu, memory, disk ve ağ kaynak kullanımları ve performans metrikleri bakımından karşılaştırılacaktır. Karşılaştırma sonuçlarına göre konteyner tabanlı sanallaştırmanın sanal sunuculara göre avantaj ve dezavantajları incelenecektir. Buna ek olarak konteynerlerin yönetimini sağlayan ve platform olarak hizmet (Paas) çözümü sunan Openshift teknolojisinin yazılım geliştirme süreçlerine olan katkısı incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Sanal Sunucu, Sanallaştırma, Konteyner, Docker, Hipervizör, Sistem Yönetimi

PERFORMANCE COMPARISON OF VIRTUAL MACHINE AND CONTAINER TECHNOLOGY AND ITS EFFECT OF SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS

Abstract

Nowadays, depending on the development of technology, it is seen that the scope and the number of applications has increased. The developments in the infrastructure works continue with the increasing need at the applications. For this reason, virtualization solutions that provide efficient use of resources have increased popularity. In conventional methods, separate physical servers are used for each application and the operating system is installed on only one physical server for these applications. However, hypervisor-based virtualization technology allows multiple virtual servers to run on a physical server. Compared to hypervisor-based virtualization, the container-based virtualization method which has recently become widespread provides benefits such as more efficient resource utilization and faster application deployment. In this study, virtual servers and containers will be compared in terms of cpu, memory, disk and network resource usage and performance metrics. According to comparison results the advantages and disadvantages of container-based virtualization compared to virtual servers will be investigated. In addition to this, the contribution of Openshift technology to the software development process, which provides the management of the containers and provides the platform as a service (Paas) solution, will be examined.

Keywords: Virtual Machine, Virtualization, Container, Docker, Hypervisor, System Administration

1. GİRİŞ

Bulut bilişim teknolojileri sahip olduğu temel özellikler sebebiyle son kullanıcılara birçok fayda sağlamaktadır. Bulut bilişimin temel özellikleri olarak esneklik, erişilebilirlik, ölçeklenebilirlik ve servis olarak kaynak sağlamasını belirtebiliriz. Getirdiği bu kazanımlardan dolayı bilişim teknolojileri, sanayi, sağlık, işletme alanları gibi farklı disiplinlere sahip kurumlar tarafından benimsenmekte ve yaygın olarak kullanılmaya başlamaktadır. Bulut bilişim teknolojilerinin temelde bu özellikleri sağlamasının sebepleri arasında altyapısında sanallaştırma çözümleri kullanması ve sahip olduğu büyük kaynak havuzunu paylaştırarak hizmet sunmasıdır [1]. Bulut bilişim teknolojilerinde kullanıcılar hizmet aldığı altyapının gereksinimlerine veya nasıl barındırıldığına odaklanmak yerine hizmeti nasıl alacaklarına veya gereksinimlerine odaklanırlar. Bulut bilişim hizmeti veren firmalar sahip oldukları büyük verimerkezleri üzerinden kullanıcılarına altyapı olarak servis (IaaS), platform olarak servis (Paas) ve yazılım olarak servis (SaaS) hizmetleri vermektedir. Bulut bilişim teknolojisinde sahip olduğu kaynakları kullanıcıları ile paylaşmak için sanallaştırma teknolojileri ve sanal makinalar kullanılmaktadır. Bulut bilişim hizmetlerinin yaygınlaşması ve altyapısında sanallaştırma teknolojileri kullanması sebebiyle sanallaştırma çözümlerinin de performansı, verimliliği ve kolay işletilebilir olması önem kazanmıştır [2].

Hipervizör tabanlı çalışan sanal sunuculara ek olarak konteyner tabanlı sanallaştırma bulut bilişim ortamlarında çalışan sanal sunuculara farklı bir alternatif sunmaktadır. Linux çekirdeğine kullanıcı uzayı oluşturarak izole bir şekilde işlemlerimizi çalıştırma ve bu alanın kaynaklarını sınırlama özellikleri gelmesi ile birlikte konteyner sanallaştırma çözümleri çıkmıştır. Linux çekirdeğine gelen bu özelliklere standart oluşturması ile birlikte standart çalışma zamanı, imaj ve yapı standartı oluşturması imkanı sağlayan Docker ile konteyner tabanlı sanallaştırma çözümleri daha popüler boyuta gelmiştir [3].

Konteyner mimarisine ilginin artması ve hipervizör mimarisine göre artan faydaları sayesinde bulut bilişim sağlayıcıları tarafından platform olarak servis çözümlerinde konteyner tabanlı sanallaştırmanın kullanılması artış göstermektedir. Sanallaştırma çözümlerinin çeşitliliği ve kullanım alanları arttıkça bu alanda yapılan çalışmalarda artış göstermiştir. Konteynerlerin kullanımının artış göstermesiyle birlikte konteyner ve sanal sunucuları işlemci, bellek, ağ ve depolama gibi performans kriterleri açısından karşılaştıran çalışmalar yapılmıştır [3]. Literatürde, Sanal sunucu ve konteynerlerin sadece performans değerlerinin karşılaştırması haricinde veritabanı [4] ve büyük veri [5] ortamlara sağladığı performans açısından da karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu çalışmada hipervizör tabanlı sanallaştırma ve konteyner tabanlı sanallaştırma çözümü olan sanal sunucular işlemci, bellek ve ağ performans değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Performans ölçümlerine ek olarak çalışmada konteyner ortamlarının orkestrasyonu ve platform olarak servis olarak kullanılmasının yazılım geliştirme süreçlerine olan etkisi incelenmiştir.

Amacımız birbirinden izole olarak çalıştırdığımız sanal sunucu, docker ve linux konteyner ortamlarının performans karşılaştırmasını yapmak, aynı yük altında monitor araçları ile izleyerek stres testinde cevap verdiği yükleri karşılaştırmaktır. Performans karşılaştırmasına ek olarak konteynerlerin orkestrasyonu ve platform olarak servis çözümleri ile yazılım geliştirme süreçlerinin hızlanmasına katkı sağladığını göstermek de amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada konteyner ile sanal sunucunun işlemci, bellek ve ağ performanslarını karşılaştırma hedeflenmiştir. Bu sebeple karşılaştırma eşit şartlarda yapılması için 8. nesil Intel Core i5-8300H model işlemci ve 2666 MHz DDR4 belleğe sahip donanımızın üstüne Linux dağıtımı olan Centos 7.6 işletim sistemi kurulmuştur ve testler bu ortamda gerçekleştirilmiştir. Testleri gerçekleştirmek için konteyner olarak linux konteyner ve docker kullanılmıştır. Sanal sunucu olarak ise çekirdek tabanlı sanallaştırma olarak hipervizör olarak da qemu kullanılmıştır. Eşit çevreset şartlarda testleri gerçekleştirmek için hipervizör tabanlı ve konteyner tabanlı sanallaştırma yapımızın testlerini sırasıyla aynı donanım ve işlem sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Testleri gerçekleştirmek ve test verilerini toplamak için sysbench, linpack, stream, nuttcp, netperf, stress araçlarından yararlanılmıştır. Bu

araçlar ile ortamımızdaki sanal sunucu ve konteynerlerde aynı testler yapılarak aynı şartlar altındaki performans değerleri temin edilmiştir. Alınan performans skorlarına göre ortamların karşılaştırma imkanı sağlanmıştır. Ortamları izlemek ve performans verilerini toplamak için ise cadvisor [6], node exporter, prometheus ve grafana [7] araçlarından yararlanılmıştır. Grafana aracıyla Prometheus a toplanan performans verilerinin görsel grafiklerini temin edilmiştir. Konteyner orkestrasyonu ve otomasyonunu sağladığımız openshift ortamını analiz etmek için ise minishift kullanılmıştır. Minishift bize bir sanal sunucu üzerinde tüm Openshift bileşenlerini sağlamaktadır. Özet olarak, çalışmada performans test ve izleme araçları kullanarak aynı çevresel şartlara sahip konteynerler ve sanal sunucular karşılaştırılmıştır.

3. HİPERVİZÖR TABANLI SANALLAŞTIRMA

Hipervizör tabanlı sanallaştırma mimarisinde hipervizör veya sanal sunucu yöneticisi (VMM) olarak adlandırılan yazılım ile ana sunucunun sahip olduğu donanımlar (işlemci, bellek, disk, ağ arayüzü gibi) üst katmanda bulunan sanal sunuculara paylaşılmaktadır. Bu sanallaştırma mimarisinde sanal sunucular kendi işletim sistemi ve kütüphanelerine sahiptir. Hipervizörün alttaki donanımı sanallaştırarak paylaştırması sayesinde ana sunucu ve kendi işletim sistemlerine sahip sanal sunucular birbirlerinden bağımsız olarak çalışmaktadır [8].

Hipervizör tabanlı sanallaştırma teknolojisinde çeşitli firmaların sağladığı teknolojiler bulunmaktadır. Bu hipervizörler altta bulunan donanımı yönetme ve birbirinden izole sanal ortamlara hizmet vermeyi amaçlamaktadır. Bu hipervizörleri tip 1 ve tip 2 olarak iki kategoriye ayırabiliriz. Tip 1 hipervizörler, doğrudan donanım üzerinde çalışmaktadır ve üzerindeki sanal sunucuların işletim sistemlerini izleyebilmektedir. Bu tip1 hipervizörlerin ana sunucu üzerindeki işletim sistemininde yerini almakta ve doğrudan donanıma erişmektedir. Bu hipervizörler çekirdek modunda çalışır ve kendi özel fiziksel işlemcilere sahiptir. Oracle VM Server for SPARC, Citrix XenServer, VMware ESX/ESXi ve Microsoft Hyper-V tip 1 hipervizörlere örnek verilebilir. Tip 2 hipervizörler, ana sunucunun sahip olduğu işletim sistemi üzerinde çalışmaktadır. Bu tip hipervizörlerin işletim sisteminde çalışan yazılımlar olarak düşünebiliriz. Tip 2 hipervizörlere Oracle Virtual Box, Wmware Workstation ve Çekirdek tabanlı sanal sunucular (KVM) örnek verilebilir [1].

Çekirdek tabanlı sanal makina (KVM) teknolojisi Intel VT veya AMD-V sanallaştırma uzantılarını destekleyen x86 işlemci mimarisi için tasarlanmış bir tam sanallaştırma çözümüdür [9]. KVM ana sunucuda bulunan işletim sisteminin hipervizör olarak kullanılmasını sağlar ve tam sanallaştırma çözümü olarak işlemci, bellek ve disk alanlarını üzerindeki sanal sunuculara sanallaştırır [10]. Ana sunucuda bulunan I/O araçlarını ise QEMU ve virtio aracılığı ile sanal sunuculara paylaşmaktadır [3]. KVM, ana sunucu üzerindeki işletim sisteminin üzerinde bir hipervizör olarak çalıştığı için tip 2 hipervizör mimarisine sahiptir.

4. KONTEYNER TABANLI SANALLAŞTIRMA

Konteynerler, mevcut işletim sistemi üzerinde yeni bir işletim sistemine ihtiyaç duymadan mevcut çekirdek üzerinde bağımsız süreçlere ve kullanıcı uzayına sahip yapılardır. Konteyner tabanlı sanallaştırmada hipervizör tabanlı sanal sunuculardan farklı olarak konteynerler kendi işletim sistemine sahip değildir. Ana sunucudaki işletim sistemi üzerinde konteynerler yeni ve izole süreçlere sahiptir [11]. Konteyner mimarisinde, işletim sistemi çekirdeğinin isim uzayı oluşturma özelliğini kullanarak birbirinden izole birden fazla başlangıç süreci oluşturabilir [12]. Kendi başlangıç sürecine sahip her isim uzayını konteyner olarak tanımlayabiliriz. Konteynerler kendi süreçlerine, adres alanına ve dosya sistemine sahiptir [11]. Konteynerler ana işletim sisteminde süreç olarak çalıştığı için ana sunucudaki tüm kaynakları kullanabilmektedir. Bu sebeple cgroup özelliğini kullanarak konteynerlerin kullanabileceği işlemvi ve bellek kaynakları sınırlandırılabilmektedir. Konteynerler kendi adres alanına ve grup haklarına sahip olduğu için aynı çekirdek üzerindeki konteynerler dışarıdan erişime sahip değildir. İsim uzayındaki bu izole yapı sayesinde konteynerlerde güvenlik sağlanmaktadır [10].

Konteynerlerin yönetimi için birçok araç bulunmaktadır. Lxc [13] ve docker [14] yaygın olarak kullanılan yönetim araçlarındandır. LXC, linux çekirdeğinde gelen isim uzaylarının yönetimi için kullanılabilen yönetim aracıdır. LXC güçlü bir uygulama programlama arayüzü (API) ve basit araçlar sayesinde kullanıcıların linux system ve uygulama konteylerini oluşturmasını ve yönetmesini sağlamaktadır [13]. Docker ise LXC nin sağladığı avantajlara ek olarak yazılımları kitaplıklar, çalışma

zamanı, kodları ve yazılımların çalışması için gerekli olan bileşenleri standartlaştırmış ve birimler halinde paket olarak sunmaktadır. Docker konteynerlerin yönetimi için basit komutlar da sunmaktadır [15].

5. KARŞILAŞTIRMA

Bu bölümde aynı işletim sistemi üzerindeki hipervizör tabanlı sanal sunucu ile konteynerin işlemci, bellek ve ağ genişliği performanslarını analiz ederek karşılaştırılmıştır. Ek olarak maksimum yük oluşturarak izleme araçları ile davranışlarını analiz edilmiştir. Konteynerlerin performans karakteristiklerine ek olarak operasyonel davranışlarını analiz etmek için orkestrasyon ve otomasyonlarını sağlayarak platform olarak servis çözümü sunan openshift uygulamasının katkısı incelenmiştir. Kaynak olarak eşit şartlarda analiz etmek için docker ve lxc konteynerlerin kaynaklarını limitlemeyerek alttaki donanımın kaynaklarının hepsini kullanmasını sağlanmıştır. Sanal sunucuya ise atanan kaynak olarak donanımın sahip olduğu kaynaklar verilmiştir.

5.1 İŞLEMCİ PERFORMANSI

İşlemci performansını kıyaslamak için sysbench ve linpack araçlarını kullanarak testler gerçekleştirilmiştir. Sysbench aracı açık kaynak olarak sunuculan kıyaslama aracıdır. Sysbench aracı ile cpu kıyaslama oldukça basit bir yapıya sahiptir. Bu testte 64 bit tam sayılar kullanılarak belirtilen değere kadar asal sayıların hesaplaması ile yük oluşturulmaktadır [16]. Sysbench aracı ile konteyner ve sanal sunucu ortamlarında 1 işlem ve parallel 8 işlem olarak 20000 e kadar asal sayılar hesaplatılmıştır ve hesaplama süreleri elde edilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi değerler arası fark çok fazla olmasa da konteyner ortamlarının performansı sanal sunuculara kıyasla daha başarılı görünmektedir.

İşlemci performansını karşılaştırmak için Intel in sunduğu matematik çekirdek kitaplığı tabanlı linpack aracı kullanılmıştır[17]. Linpack aracı lineer denklen sistemlerini çözerek işlemci yükü oluşturmaktadır. Hesaplamada kayan noktaları sayıları bir vektör ile çarparak yeni bir vektöre eklenmektedir [16]. Tablo 1'de görüldüğü gibi konteyner ortamlarının performans değerleri sanal sunucu ortamına göre yaklaşık %20 daha yüksektir. Sysbench testine göre linpack testi daha yoğun yük oluşturarak kıyaslama sonuçlarını daha belirgin sağlamıştır.

C programlama dili ile geliştirilmiş stress aracı ile ortamlarımızda işlemci iş yükü oluşturulmuştur [12]. Ortamlarımızda beş dakika boyunca 8 çekirdek kullanılacak şekilde yük verilmiştir. Konteyner ve sanal sunucu ortamları benzer şekilde yükü karşılamış ve problem yaşamamıştır. Ancak sanal sunucu ortamları kendi işletim sistemine sahip olduğu için işletim üzerindeki kaynağın bir kısmını işletim sistemi için harcamıştır. Konteyner ortamları ise ana sunucunun işletim sistemi üzerinde çalıştığı için üzerinde eşit kaynaktaki sanal sunuculara oranla üzerindeki uygulamaya daha fazla kaynak sunabilmektedir.

Tablo 1. İşlemci Performansı Kıyaslama Ortalama Sonuçları

	Docker	LXC	KVM
Sysbench (1 thread)(s)	10.0015	10.0018	10.0056
Sysbench (8 thread) (s)	10.0012	10.0012	10.0039
Linpack (gflops)	105.2944	103.2719	83.875

5.2 BELLEK PERFORMANSI

İşlemci testinde olduğu gibi bellek performansı testinde de sysbench aracı kullanılmıştır. Sysbench aracı bellek performansını test etmek için belirlediğimiz değerde alanı bellekte ayırmakta ve bu alana okuma veya yazma işlemi yapmaktadır. Bu işlemi belirlediğimiz değere kadar tekrarlamakta ve saniyede gerçekleştirdiği işlem sayısını çıkartmaktadır. Bu değere göre kıyaslama imkanı sağlanmaktadır [16]. Tablo 2' de 1Mb boyutundaki blok alanı ile test sonuçlar görülmektedir.

Performans sonuçları sanal sunucu ve konteyner ortamları için yakın değerler vermiştir. Konteyner ortamları çok az bir değer ile performans sonuçları açısından olumlu görünmektedir.

Stream testinden yararlanılarak bellek bant genişliği değerleri ölçülmüştür. Stream testinde Tablo 3' de belirtilen temel vektörel işlemlerden yararlanılmaktadır [16]. Bellek bant genişliği değeri aktarılacak verinin büyüklüğü ile doğru orantılıdır [11]. Tablo 2' de belirtilen sonuçlara göre ortamlar için bellek bant genişliği performans testinin sonuçları yakın değerler vermektedir.

Stress aracı ile işlemci yük testinde olduğu gibi bellek yük testi de gerçekleştirilmiştir. Beş dakika boyunda 8 GB bellek yükü oluşturacak yük ortamlara sağlanmıştır ve ortamların problem yaşanmadan yüke cevap verdiği gözlemlenmiştir. Sanal sunucu ortamlarında konteyner ortamlarına ek olarak işletim sistemi kullanımı olduğu için aynı kaynaktaki konteyner ortamına göre uygulama süreçlerine işletim sisteminin kullandığı kadar daha az kaynak ayırdığı gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Bellek Performans Testi Ortalama Sonuçları

		Docker	LXC	KVM
Sysbench (ops/s)		19038.34	18807.63	18390.66
Stream (Mb/s)	Copy	20801.7	19478.9	20661
	Scale	15140.1	14405.1	14522.9
	Sum	16065.6	15632.2	15633.1
	Triad	16813.4	15599.5	15558.2

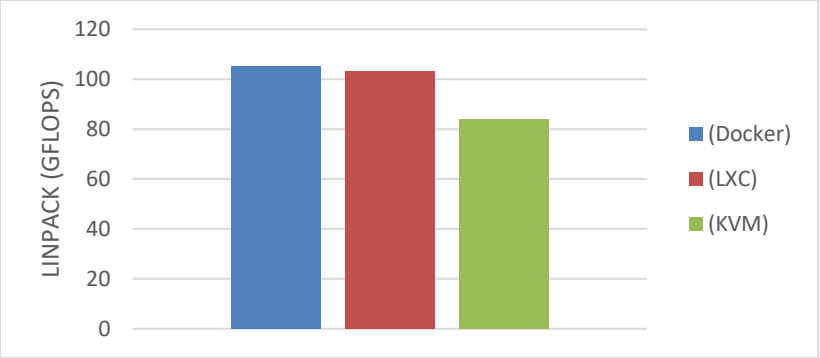
Tablo 3. Stream Testi İşlemleri

İşlem ismi	Çekirdek	Bayt/iterasyon	Flops/iterasyon
Copy	a(i) = b(i)	16	0
Scale	a(i) = q*b(i)	16	1
Sum	a(i) = b(i)+c(i)	24	1
Triad	a(i) = b(i)+q*c(i)	24	2

5.3 AĞ PERFORMANSI

Ağ performans ölçümleri için kullanılan nuttcp aracı kullanarak ana sunucumuzdan üzerindeki sanal sunucu ve konteyner ortamlara udp ve tcp protokelleri ile very aktararak ağ bant genişliği ölçümleri yapılmıştır [18]. Şekil 1'de belirtilen sonuçlara göre sanal sunucu ortamının ağ bant genişliği değeri konteyner ortamlarına göre daha düşük çıkmıştır. Konteyner ortamları ana sunucumuzun işletim sisteminin üzerinde çalışmaktadır. Sanal sunucu katmanında ise ara katman olarak hipervizör bulunmaktadır ve KVM ortamımızda ağ arabirimi için virtio servisi kullanılmaktadır. Bu sebeple beklediğimiz gibi sanal sunucu ortamı ile ana sunucu arasındaki ağ bant genişliği değeri konteynerlere oranla daha düşük değer çıkmıştır.

Ağ gecikmesini ölçmek için netperf [19] aracı kullanılmıştır. Testleri ana sunucu ile sanal sunucu ve konteyner ortamları arasında gerçekleştirdik. Netperf aracını kullanarak istek gönderdiğimiz ana sunucudan 100 bayt boyutunda istek gönderilmekte ve 200 bayt yanıt geri alınmaktadır. İstemci yanıt dönene kadar diğer isteği yollamak için beklemektedir. Bu süreç bir işlem döngüsünü belirtmektedir [3]. Tablo 4'te belirtilen sonuçlara göre ağ bant genişliği testinde olduğu gibi sanal sunucuların performans sonuçları konteyner ortamlara göre düşük çıkmıştır. Ağ gecikmesinin sanal sunucu ortamında konteyner ortamlara göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Ağ Bant Genişliği Testi Ortalama Sonuçları

Tablo 4. Ağ Gecikmesi Testi Ortalama Sonuçları

Netperf	Docker	LXC	KVM
TCP_RR (µs)	59.063	57.125	180.314
UDP_RR (µs)	58.014	52.328	174.328

5.4 KONTEYNERLERİN YÖNETİMİ

Konteyner tabanlı sanallaştırma teknolojisi düşük kaynak ihtiyacı ve performans kazanımlarına ek olarak yönetim kolaylığıda sağlamaktadır. Docker lxc ye göre ek olarak yazılımları kitaplıklar, çalışma zamanı, kodları ve yazılımların çalışması için gerekli olan bileşenleri standartlaştırmış ve birimler halinde paket halinde sunmaktadır [15]. Ek olarak konteyleri yönetmek için docker komutları da sunmaktadır. Konteyner mimarisinde sanal sunuculara oranla daha fazla konteyner yer almaktadır. Bu sebeple yöneteceğimiz ortam sayısı daha fazla olmaktadır. Birden fazla konteynerin yönetilme ihtiyacı ortaya çıktıktan sonra Kubernetes, Docker Swarm gibi konteyner yönetimi sağlayan platformların popülerliği artış göstermiştir. Bu çalışmada konteyner yönetimi ve konteyner tabanlı sanallaştırma mimarisinin yazılım geliştirme süreçlerine katkısını analiz etmek için Red Hat in sunduğu Openshift Platformu incelenmiştir. Openshift konteyner teknolojisi olarak docker, konteyner yönetimi için ise Kubernetes kullanmaktadır. Docker ve Kubernetes in sağladığı avantajların üstüne ek olarak uygulama yaşam döngüsü yönetimi araçları sağlamaktadır. Bu araçlar ile kaynak kodu yönetimini, konteyner ve uygulama yapılandırmayı, devreye alımları, uygulamaları ölçeklendirmeyi ve uygulamalarım sağlığını izleme süreçlerini otomatize eder [20]. Konteyner sanallaştırma teknolojisine ek olarak Openshift' in sunduğu araçlar sayesinde hazır imajlardan tüm çevre parametlerini belirterek, disk, ağ gereksinimlerini kapsayacak şekilde uygulamamızı çok kısa sürede ayağa kaldırabilmekteyiz. Openshift ile bulut ortamında veya kendimize ait oluşturabileceğimiz bulut ortamında Paltform olarak servis hizmeti vermeye olanak sağlanmaktadır. Bu sayede geliştiriciler altyapı gereksinimlerini geleneksel yöntemlere göre çok kısa sürede sağlamakta ve geliştirme ortamlarına kolaylıkla erişmektedir. Konteynerlerin yönetimi için testleri minishift ortamı ile ve Openshift'in bulut ortamında sağladığı eğitim ortamında gerçekleştirdik. Sağlanan imajları kullanarak uygulama ve mongodb veritabanı devreye alma ve izleme süreçlerini test ederek kısa sürede altyapıların geliştirme için hazır duruma geldiğini gözlemledik.

SONUÇ

Çalışmada aynı çevresel şartlar altında docker, lxc linux konteyner ve kvm sanal sunucu ortamları işlemci, bellek, ağ performansları ve operasyonel kolaylık açısından karşılaştırılmıştır. Docker ve lxc karşılaştırıldığında performans değerleri olarak yakın sonuçlar alınmıştır. Docker lxc ye ek olarak manuel olarak yapılan işleri standart hale getirmesi ve konteynerin yönetilmesinde kolaylık sağlayan komut seti sunması sebebiyle docker operasyonel olarak daha avantajlı görünmektedir. Konteynerler

ile sanal sunucu karşılaştırıldığında işlemci ve ağ performansları açısından konteyner ortamlar avantajlı görünmektedir. Bellek testlerinde değerlerin yakın olduğunu belirtebiliriz. Ortamlarda aynı stres testi uygulanarak işlemci ve bellek yükleri verildiğinde problemsiz olarak yük talebini karşıladıkları gözlemlenmiştir. Ancak sanal sunucuların ayrı işletim sistemi olması sebebiyle bu işletim sisteminde getirdiği ek kaynak kullanımı gözlemlenmiştir. Açılış süreleri olarak konteynerlerin sanal sunucuya oran ile daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Sanal sunucu ortamlarında standartlaşma işletim sistemi spesifik, konteyner ortamlarda ise uygulama spesifik olduğu görülmüştür. Konteyner tabanlı sanallaştırma mimarisinde getirdiği avantajlar sayesinde platform olarak servis yapısını sağlayan ürünleri kendi ortamımız için kullanabilmekte ve geliştirme ortamlarını hızlı bir şekilde temin edebilmekteyiz.

Konteyner tabanlı sanallaştırma mimarisinin hipervizör tabanlı sanallaştırma mimarisine oran ile kaynak kullanımı ve performans açısından avantajına ek olarak operasyonel kazanımlarınında belirgin olarak avantaj sağladığı gözlemlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada konteyner ve sanal sunucu ortamları aynı fiziksel donanım üzerine kurulmuştur. Ancak canlı ortamlarda yedeklilik yapısı gereği bu ortamların küme şeklinde kurulması önerilmektedir. Konteyner ve sanal sunucular altta yer alan donanımdan bağımsız olarak çalışabildiği için aynı kümede canlı göç özelliğini desteklemektedir. Kurumsal yapılarda sunucuların donanım performans ve kapasiteleri daha yüksek olduğu için bir sunucu üzerinde yüzlerce konteyner hizmet vermektedir. Çok sayıda konteynerin yönetilmesi ve kesintisiz hizmet sağlanabilmesi için orkestrasyon ve otomasyon ürünlerinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] YADAV, A. (2018), *Docker Containers Versus Virtual Machine-Based Virtualization*, Emerging Technologies in Data Mining and Information Security,141-150

[2] RANJAN, R. (2014), *The Cloud Interoperability Challenge*, IEEE Cloud Computing,1(2),20–24

[3] FELTER, W. (2014), An Updated Performance Comparison of Virtual Machines and Linux Containers, 15.05.2019 tarihinde Carnegie Mellon University sitesi: http://course.ece.cmu.edu/~ece845/docs/containers.pdf adresinden alındı.

[4] SHIRINBAB, S. (2017), *Performance Evaluation of Containers and Virtual Machines when Running Cassandra Workload Concurrently*, 13.04.2019 tarihinde Blekinge Teknoloji Enstitüsü sitesi: https://www.bth.se/wp-content/uploads/2018/06/Container-paper-final-03-30-3.pdf adresinden alındı.

[5] ZHANG, Q. (2018), *A Comparative Study of Containers and Virtual Machines in Big Data Environment*, 2018 IEEE 11th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)

[6] *Monitoring Docker Container Metrics using cadvisor*, 01.04.2019 tarihinde Prometheus sitesi: https://prometheus.io/docs/guides/cadvisor/ adresinden alındı.

[7] *Using Prometheus in Grafana*, 13.04.2019 tarihinde Grafana sitesi: https://grafana.com/docs/features/datasources/prometheus/ adresinden alındı.

[8] SILBERSCHATZ, A., GALVIN, P.,GAGNE, G. (2012), *Operating System Concept*, Danvers: John Wiley&Sons,Inc

[9] *Kernel Virtual Machine*, 20.04.2019 tarihinde KVM sitesi: https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page adresinden alındı.

[10] DESAI, P. (2016), *A Survey of Performance Comparison between Virtual Machines and Containers*, International Journal of Computer Sciences and Engineering, 4(7),55-59

[11] YILMAZ, E. (2016), *Sanal Makineler ve Linux Konteynerlerin Performans Karşılaştırması*, 20.04.2019 tarihinde Akademik Bilişim Konferansları sitesi: https://ab.org.tr/ab16/bildiri/47.pdf adresinden alındı.

[12] *Stress Tool Manual Page*, 13.04.2019 tarihinde Hardvard Mühendislik Okulu sitesi: https://people.seas.harvard.edu/~apw/stress/ sayfasından alındı.
[13] *What's LXC*, 13.04.2019 tarihinde lxc sitesi: https://linuxcontainers.org/lxc/introduction/ adresinden alındı.

[14] *Docker Documentation*, 13.04.2019 tarihinde Docker sitesi: https://docs.docker.com/ adresinden alındı.

[15] *What is Docker*, 13.04.2019 tarihinde Amazon sitesi: https://aws.amazon.com/tr/docker/ adresinden alındı.

[16] *How to Benchmark Your System (CPU, File IO, MySQL) with Sysbench*, 13.04.2019 tarihinde https://www.howtoforge.com/how-to-benchmark-your-system-cpu-file-io-mysql-with-sysbench sitesinden alındı.

[17] *Intel Math Kernel Library Benchmarks*, 13.04.2019 tarihinde Intel sitesi: https://software.intel.com/en-us/articles/intel-mkl-benchmarks-suite adresinden alındı.

[19] *Netperf*, 13.04.2019 tarihinde HP Github sitesi: https://github.com/HewlettPackard/netperf adresinden alındı.

[20] *Red Hat Openshift*, 20.04.2019 tarihinde Red Hat Openshift sitesi: https://www.openshift.com/ adresinden alındı.

[21] *An Overview of OpenShift for System Administrators*, 13.04.2019 tarihinde http://v1.uncontained.io/playbooks/installation/admin_overview.html sitesinden alındı.

[22] ISMAEL, C. (2017), *Comparative Experimental Analysis of the Quality-of-Service and Energy-Efficiency of VMs and Containers' Consolidation for Cloud Applications,* 2017 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)

[23] LUSZCZEK, P. (2005), *Introduction to the HPC Challenge Benchmark Suite*, 15.05.2019 tarihinde Tennesse Üniversitesi sitesi: http://icl.cs.utk.edu/projectsfiles/hpcc/pubs/hpcc-challenge-benchmark05.pdf adresinden alındı.

[24] PIRAGHAJ, S. (2015), *Efficient Virtual Machine Sizing For Hosting Containers as a Service*, IEEE World Congress on Services

[25] The "nuttcp" Network Performance Measurement Tool, 06.04.2019 tarihinde nuttcp sitesi: http://www. nuttcp.net/ adresinden alındı.

ENİNE AKILI MAKİNELERE GENEL BİR BAKIŞ VE YENİ BİR ENİNE AKILI DİSK MAKİNE MODELİ

Burak Can
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
zkuburak@gmail.com

Dr. Emin Yıldırız
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
eminyildiriz@duzce.edu.tr

Özet

Enine akılı makineler (EAM); yapılan yeni topoloji önerileri ile birlikte, elektrikli araçlar ve doğrudan tahrikli rüzgar türbinleri gibi düşük hız-yüksek tork uygulamalarında önemli bir seçenek haline gelmiştir. EAM'ler ile yüksek tork yoğunluğu kolaylıkla elde edilebilirken, en büyük sakıncaları güç faktörlerinin düşük olması ve vuruntu momentinin yüksek olmasıdır. Ancak son yıllarda geliştirilen yeni modeller ile kaçak akılar azaltılmıştır. Mıknatıs kullanım oranı da arttırılarak önemli iyileştirmeler yapılmıştır. EAM'ler, radyal ve eksenel akılı makineler ile rekabet edebilir seviyeye gelmiştir. Bu çalışma ile, ülkemizde daha önce akademik olarak hiç üzerinde durulmamış EAM'ler ile ilgili literatürde incelenen modelleri tanıtmak, üstünlük ve sakıncalarını açıklayarak bir farkındalık oluşturulmak amaçlanmıştır. Bunun için EAM'lerin tarihsel gelişiminden itibaren çalışma prensipleri açıklanarak yapısına (tek taraflı ve çift taraflı) ve mıknatıs konumuna göre (yüzey yerleştirmeli, gömülü) sınıflandırması yapılmıştır. Geleneksel lineer ve dairesel tipteki EAM'lerde, ağırlıklı olarak disk tipi olanlar veya disk tipi modeli geliştirilebilir olanlar dikkate alınmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında, rüzgar türbinlerinde kullanılmak üzere yeni bir üç fazlı enine akılı disk makine önerilmiş ve yapılan sonlu elemanlar analizinde elde edilen açık devre faz gerilim dalga şekli incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enine akılı makine, doğrudan tahrikli, rüzgar türbini, disk tipi senkron generatör

Abstract

Transverse flux machines (TFM); along with the new topology recommendations made, it has become an important option in low speed-high torque applications such as electrical vehicles and direct drive wind turbines. High torque density can be easily obtained with TFMs but the biggest drawbacks are low power factors and high cogging torque. However, the new models developed have reduced the leakage in recent years. Significant improvements have been made by increasing the use of magnets. TFMs can compete with radial and axial flux machines. With this study it is aimed to introduce the models examined in the literature related with TFMs which have not been discussed academically in our country and to create an awareness by explaining their advantages and disadvantages. For this purpose, the working principles of TFMs have been explained from the historical development and according to their structure (single-sided and double-sided) and magnet position (surface placement, embedded) have been categorized. In conventional linear, tubular and circular TFMs, those which are mainly disc type or disc type model can be developed are considered. In addition, a new three-phase transverse flux disc machine was proposed for use in wind turbines and the open circuit phase voltage waveform obtained from the finite element analysis was investigated.

Keywords: transverse flux machine, direct drive, wind turbine, disc type, synchronous generator

GİRİŞ

Enine-eksenel akılı sürekli mıknatıslı makine (EEAM) teknolojisi, ilk kez 90'lara doğru Weh tarafından ana hatlarıyla tanımlanıp isimlendirilmiştir. Weh, enine-eksenel yapıyı doğrudan tahrikli rüzgar türbinlerine uyarlayıp temel tasarım kriterlerini belirlemiştir. 2000'lere doğru ise yine Weh ilk defa çift taraflı akı yoğunluklu makineyi önermiştir. 2009 yılında (Yan ve ark., 2009) yüzey

yerleştirmeli çift taraflı EAM'yi önermiştir. 2010 yılında (Chen ve ark., 2010) radyal akılı makine hakkında performans incelemesinde bulunmuştur. 2011-2019 yılları arasında, Z, E, E arc nüveli eksenel akılı makineler geliştirilmiş ve farklı varyasyonları denenmiştir (Husain ve ark., 2015).

Literatürde daha çok hava aralığı manyetik alanının radyal yönde olduğu enine akılı makineler mevcuttur. Bu çalışmada önerilen makine ise enine akılı disk şeklinde bir generatördür. 3 fazlı olarak ön tasarımları yapılan bu generatör, disk şeklindeki yapısı nedeniyle rüzgar türbin sistemlerine uygun olacaktır. Doğrudan tahrikli uygulamalarda; yüksek kutup sayılı sürekli mıknatıslı elektrik makineleri, oldukça fazla tercih edilmektedir. Bu çalışmanın amacı, sürekli mıknatıs kullanan ve tork yoğunluğu yüksek olan farklı EAM makinelerini gruplandırarak bu makineler hakkında bilgi vermek, bu makinelerin avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymaktır. Basit yapılı enine akılı disk makinelerin en büyük üstünlüğü oldukça saf bir sinüs gerilim üretebilmeleri iken, en büyük sakıncası ise vuruntu momentinin yüksek olmasıdır. Vuruntu momenti sürekli mıknatıslı makine tasarımında önemli bir unsur olduğu için, vuruntu momentinin azaltılmasına yönelik yöntemler de incelenmelidir. Vuruntu momentini azaltmak için; stator oluklarına ya da mıknatıslara eğim verilmesi (kaykı), mıknatıslara özel şekiller verilmesi ve kaydırılması, yardımcı olukların ya da dişlerin kullanılması, kesirli sargıların kullanılması gibi birçok yöntem uygulanabilir (Liu ve ark.,2016). Elektrik makinelerini hareket yönüne göre doğrusal ve dairesel olarak sınıflandırabiliriz. Enine akılı makineleri hareket yönüne ve hava aralığını geçen manyetik akının yönüne göre Tablo 1'deki gibi sınıflandırabiliriz.

Tablo 13. Sabit mıknatıslı makineler

SABİT MIKNATISLI MAKİNELER			
DOĞRUSAL	DAİRESEL		ENİNE
	RADYAL	EKSENEL	

A) DOĞRUSAL MAKİNE

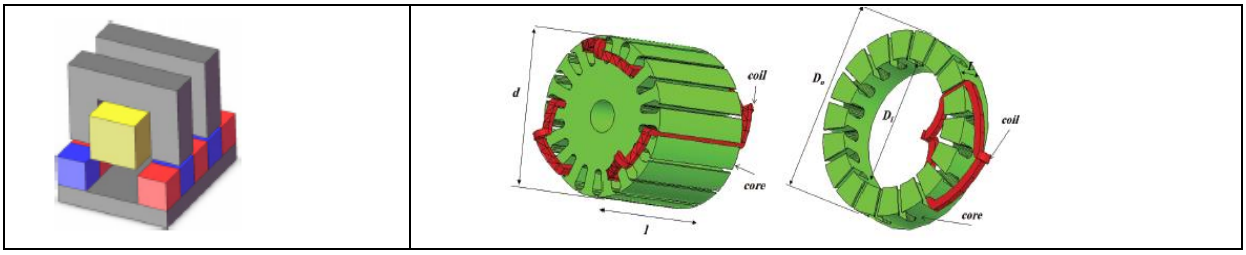
Doğrusal bir düzlemde hareket sağlanan doğrusal enine akılı makinelere bir örnek Şekil 1(a)'da verilmiştir. Doğrusal servo sistemlerden, çok hızlı tepki vermesi, yüksek kuvvet yoğunluğu, esnek çalışma vb. özellikler istenir. Bu gereksinimleri karşılamak amacıyla çalışma şekli olarak doğrusal hareket eden makine tasarlanmıştır ve bu makinenin yüksek güç yoğunluğuna (Ji-bin ve ark., 2008) sahip olduğu söylenmiştir. Literatürde önerilen pek çok enine akılı makine topolojisi, doğrusal yönde hareket sağlayacak şekilde tasarlanabilir.

B) DAİRESEL MAKİNE

Dairesel makineler akı hareket yönüne göre radyal veya eksenel olarak sınıflandırılır.

1) Radyal makine

Radyal makineler enine akılı makine içeresinde en yaygın olarak kullanılan sabit mıknatıslı senkron makinelerdir. Hareketli rotor kısmı içeride olabileceği gibi rotoru dışarıda olan radyal makineler de vardır. En geniş kullanım yeri olarak; rüzgar güç sistemleri, gemi itiş gücü, robotik, çekiş gücü (Chin 2006 ve Magnussen 2004) gösterilebilir. Şekil 1(b)'de tipik bir radyal akılı makine görülmektedir. Endüvi akımı eksenel yönde ilerlerken, manyetik akı yolu ise radyal olarak yol alır. Radyal akılı sabit mıknatıslı makinelerin statoru geleneksel alternatif akımlı makinelere benzerler. Bu da onu daha kolay üretilebilen ve iyi kanıtlanmış bir ürünün parçası haline getirir.



(a) *(b)* *(c)*

Şekil 14. (a) Doğrusal makine, (b) radyal makine, (c) eksenel makine (Gheıdarı ve ark., 2012)

2) Eksenel akılı makine

Şekil 1(c)'de ise eksenel akılı makinenin stator yapısı gösterilmiştir. Akı çizgileri hava boşluğunu eksenel yönde geçerken, sargılar radyal olarak düzenlenir. Şekilde görülebileceği gibi, bu topolojiye sahip makine, radyal akılı makinelere kıyasla daha büyük bir çap-aktif uzunluk oranına sahiptir. Eksen iki diskten oluşur: sabit mıknatıslı rotor diski ve diğeri de üç faz endüvi sargılarını taşıyan stator diskidir. Bu tip makineler, çekiş ve servo uygulamalarında, dağıtılmış üretim ve tahrik sistemlerinde kullanılır (Kamper ve ark., 2008). Doğrudan tahrikli rüzgar türbin jeneratörü için TORUS tipi eksenel akılı makine (Spooner ve ark., 1992) tarafından önerilmiş ve büyük ilgi görmüştür.

C) ENİNE AKILI MAKİNE

Weh'in tasarladığı enine akı makine topolojisinin çalışma prensibi Şekil 2'de verilmiştir. Enine akı makinelerinin kullanımı, yüksek tork yoğunluğunun veya çok kutuplu makinelerin gerekli olduğu farklı alanlarda araştırılmıştır (Garcia ve ark., 2007). Bu alanlar arasında; rüzgar enerjisi (Dubois 2004, Weh ve ark., 1988) hibrit araçlar için serbest pistonlu jeneratörler (Arshad ve ark., 2003, Cosic 2010) ve gemi itme sistemleridir.



(a) (b)

D) PERFORMANS KARŞILAŞTIRMASI

Radyal, eksenel ve enine akılı makinelerin küçük akım yoğunluklu çalışmalarda, küçük elektriksel yüklerde, yüksek sıcaklık ve sabit hız gibi özellikler göz önüne alınarak performans karşılaştırılması yapılmış ve gözlenen bazı sonuçlar aşağıda verilmiştir (Chen ve ark., 2010).

- Radyal akılı ve enine akılı makineler yüksek verimlere sahip olabilirler.
- Radyal akılı ve eksenel akılı makinelerde güç faktörleri yüksektir.
- Eksenel akılı makineler düşük tork yoğunluğuna sahiptirler.
- Yüksek kutuplu sayılı enine akılı makineler, yüksek tork yoğunluğunun avantajını sunar. Uygun eksenel uzunluktaki bir enine akılı makine, radyal akılı makine ile rekabet edebilir ve düşük hızlı uygulamalar için enine akılı makinelerin kullanımı bir avantajdır.
- Radyal akılı makineler yüksek hızlı uygulamalar için en iyi seçenektir.

E) ENİNE AKILI MAKİNELERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Geleneksel Weh'in tasarlamış olduğu makinede rotor nüvesi tek parçadır. Stator ve rotor, çelik alaşımlı laminasyonlar veya yumuşak manyetik maddeler gibi manyetik direnci çok düşük malzemelerden üretilir. Rotorun üzerine belli aralıklarla kalıcı mıknatıslar yerleştirilmiştir. Bitişik mıknatısların mıknatıslanma yönleri birbirlerine göre terstir. Böylece, oluşturdukları manyetik akı, "U" şeklindeki stator dişi ve rotor üzerinden çevrimini tamamlar. Karşılıklı iki mıknatısın oluşturduğu bir kutup adımı boyunca, statordan geçen akının yönü bütün dişler için aynıdır. Farklı yönde polarize olmuş diğer kutup adımı süresinde statorda dolaşan akı yön değiştirir. Bu sayede, rotorun dönme hareketi sonucu, zamana göre değişen akı tarafından halkalanan iletkende gerilim indüklenmiş olur. Rotorun hareket yönü, akı yolu ve iletkenden akan akımın yönü Şekil 2'de gösterilmiştir. Mıknatısların üzerine çizilmiş olan oklar, mıknatıslanma yönünü belirtmektedir (Ege 2009). Enine akılı makinelerde akı yolu tek veya çift taraflı olabilir. Her iki yapıda da; mıknatısların konumuna, nüve montajına ve akı yolu için kullanılan mıknatısın şekline göre sınıflandırma yapılabilir (Tablo 2).

Tablo 2. Akı topolojilerinin sınıflandırılması

	TEK TARAFLI	ÇİFT TARAFLI	
YÜZEY	*U NÜVE *U NÜVE KÖPRÜLÜ *PENÇE	*U NÜVE	
AKI	*U NÜVE *U NÜVE KÖPRÜLÜ	*U NÜVE *C NÜVE *Z NÜVE	*E NÜVE *E NÜVE

F) TEK TARAFLI ENİNE AKILI MAKİNELER

1) Yüzey yerleştirmeli U nüveli

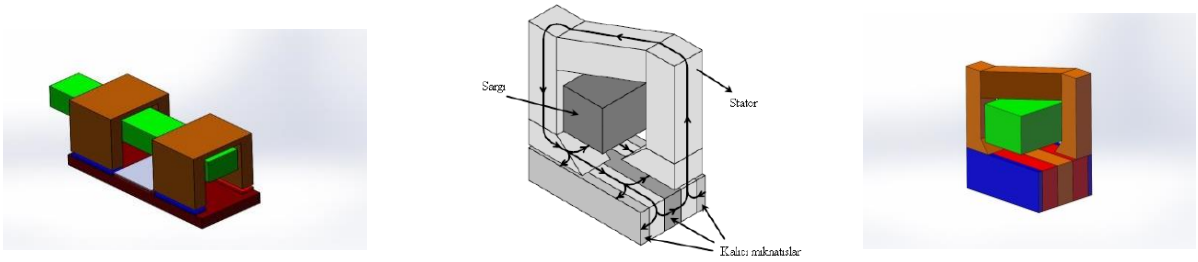
Yüzey yerleştirmeli enine akılı makinede, tek parçadan oluşan rotor nüvesi üzerine ardışık olarak N ve S kutuplu sürekli mıknatıslar belirli bir aralıkta yapıştırılır. Stator üzerinde; mıknatısların akısına yol oluşturmak için U şeklinde ferromanyetik nüveler ve bu nüvelerin içine sarılmış endüvi faz sargıları bulunur (Şekil 2). Bu çalışma mantığı doğrusal, eksenel ve radyal yapılar için de uygulanabilir.

2) Yüzey yerleştirmeli U nüveli ve köprülü

Şekil 3(a)' da görüldüğü gibi, yüzey yerleştirmeli bir enine akılı makinede, stator nüveleri ile tam hizalanmış olan mıknatısların dışında kalan mıknatıslara bir akı yolu sağlamak için manyetik köprüler kullanılır (Svechkarenko 2007). Böylece mıknatıs kullanım oranı artarak enine akılı makinenin güç faktörü iyileştirilir. Eklenen I nüve ile birlikte toplam verim artar ancak makinenin ağırlığını arttırmaları ve iletken için ayrılmış olan hacmi sınırlandırmaları, köprülerin olumsuz tarafıdır.

3) Pençe kutuplu yüzey yerleştirmeli

Rotor gövdesine eksenel doğrultuda daha uzun mıknatıslar yerleştirebilmek ve stator dişlerinin olabildiğince fazla miktarda akıyı çekebilmesi için pençeli statora sahip makineler geliştirilmiştir. Burada pençe sözcüğünün kullanılması, stator dişi bacaklarının daha fazla akı toplayabilmek için rotora doğru yüzey alanının genişletmesinden ileri gelmektedir. Rotor gövdesine daha önceki yapılarda olduğu gibi karşılıklı iki mıknatıs yerine tek bir uzun mıknatıs kullanılmıştır. Böylece uzun mıknatısın ürettiği fazla akıdan en iyi şekilde yararlanabilmek için akı toplayıcı pençelere ihtiyaç duyulmuştur (Şekil 3 (b)). Bu tasarımın olumsuz tarafı, pençelerin sargı hacminin bir kısmını işgal etmeleri sonucu, sargının rotor gövdesinden uzaklaştırılma gereği ve sonuçta makine çapının büyümesidir (Ege 2009).

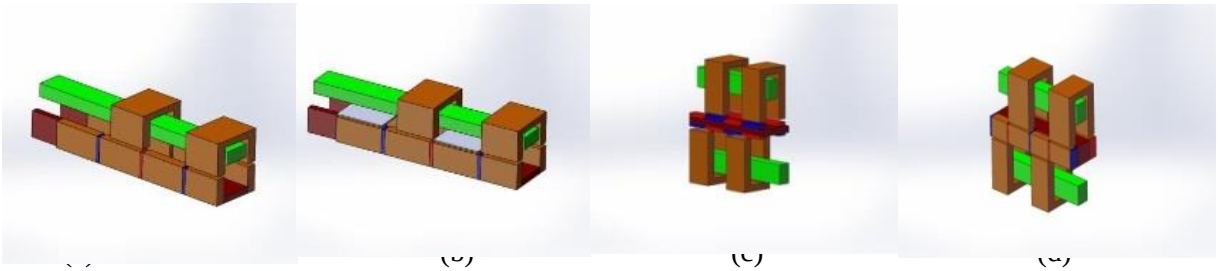


(a) *(b)*

Şekil 3. yüzey yerleştirmeli köprülü EAM (a), Pençe sistemli EAM (b)

4) Akı yoğunluklu U nüveli

Bu konfigürasyon, kutup çifti başına tek U-şekilli stator nüvesinden oluşur ve stator oluklarında sarımlar bulunur. Mıknatıslar rotor göbeğinde gömülüdür. Her bir mıknatıs ana stator akılarına katkıda bulunduğu için bu tür makinelerin çıkış gücü daha da artırılabilir. Oldukça artan karmaşıklık ve nispeten gevşek mekanik bir yapı bu topolojinin ana dezavantajlarıdır (Weh ve ark., 1988). Şekil 4'de akı yoğunluklu EAM'deki mıknatıs yerleşimi ve farklı konfigürasyonlara uygulamaları görülmektedir. Çift taraflı akı yoğunluklu EAM'de stator nüveleri içerisindeki endüvi sargıları aynı faza aittir ve bu sargılarda 180° faz farklı gerilimler indüklenir.

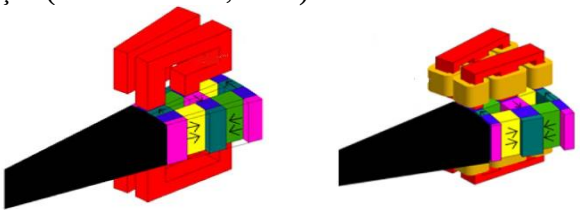


Şekil 4. Akı yoğunluklu U nüve EAM(a), köprülü U nüve EAM (b), yüzey yerleştirmeli çift taraflı U nüve EAM(c), akı yoğunluklu çift taraflı U nüve EAM(d)

G) ÇİFT TARAFLI ENİNE AKILI MAKİNELER

1) Yüzey yerleştirmeli U nüveli EAM

Çift taraflı enine akılı makineleri de mıknatısların rotora yerleştirilmesine göre, sınıflandırabiliriz.Yüzeye yerleştirmeli U nüveli bir çift taraflı EAM modeli şekil 4(c)'de ve akı yoğunlaştırmalı modeli de Şekil 4(d)'de görülmektedir. Bunun yanı sıra (Muljadi ve ark., 1999) eksenel hava boşluklu EAM modeli de önerilmiştir. Şekil 5(a)'da verilen eksenel modelde, çift statorlu akı yoğunluklu enine akılı makinenin statoruna toroidal sargı yerleştirilmiştir (Husain ve ark., 2016 ve Hasan ve ark., 2016). Endüvi sargıları E nüvenin ayaklarına sarılarak Şekil 5 (b)'deki gibi dağıtılmış sargı şeklinde de önerilmiştir (Husain ve ark., 2015).

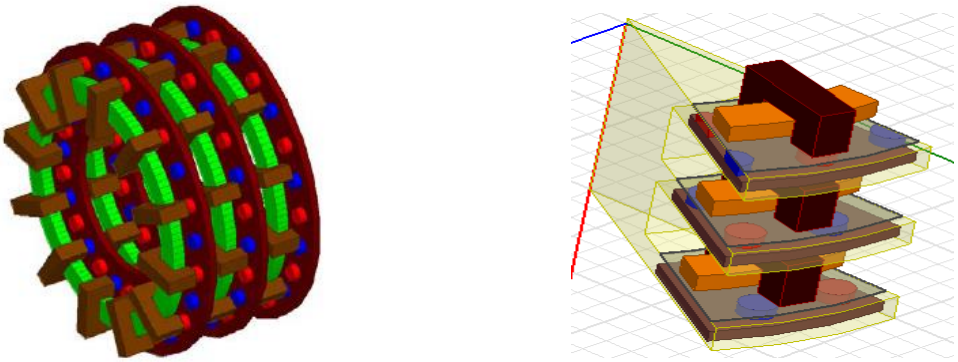


(a) (b)

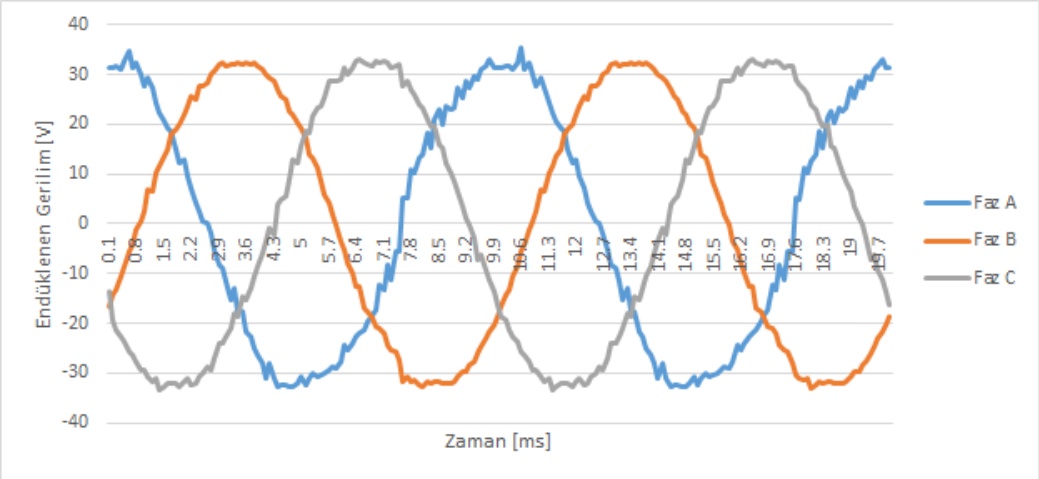
Şekil 5. (a) Z nüveli EAM, (b) E nüveli EAM

H) ÖNERİLEN EAM ÇALIŞMA PRENSİBİ

120° elektriksel faz farklı olarak aynı mil üzerine yerleştirilen 3 adet diskten oluşan enine akılı generatör modeli Şekil 6'da görülmektedir. Statorda C nüveler ve bu nüvelerin iç kısmına yerleştirilmiş toroidal endüvi sargıları bulunmaktadır. Eksenel olarak mıknatıslanmış 48 sürekli mıknatıs, yüzey yerleştirilmeli olarak rotor diskine yapıştırılır. Önerilen modelin açık devre analizi için 500 rpm'de 3 boyutlu modelinin geçici durum analizi, sonlu elemanlar yöntemi kullanan paket program ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen 3 faz zıt-emk değerleri şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Önerilen enine akılı disk generatörün 3 faz modeli



Şekil 7. Önerilen enine akılı modelin açık devre 3 faz endüvi gerilimleri

I) SONUÇ

Bu çalışmada, elektrikli araçlar ve rüzgar türbinleri gibi doğrudan tahrikli ve yüksek tork yoğunluğu gereken uygulamalar için önemli bir topoloji olan enine akılı makinenin çeşitleri incelenmiş ve yeni bir 3 fazlı disk tipi enine akılı makine modeli önerilmiştir. Önerilen modelin açık devre kalıcı durum elektromanyetik analizinde elde edilen faz gerilimleri sunulmuştur.

KAYNAKLAR

Yan , J., Lin, H., Huang, Y., Liu, H., Zhu, Z,Q. (2009), Magnetic field analysis of a novel flux switching transverse flux permanent magnet wind generator with 3D-FEM. In *Proc. Int. Conf. on Power Electronics and Drive Systems*, pages 75–80, Taipei, Taiwan, R.O.C., November 2009.

Chen, A., Nilssen, R., Nysveen, A. (2010), Performance Comparisons Among Radial-Flux, Multistage Axial-Flux, and Three-Phase Transverse-Flux PM Machines for Downhole Applications, *Ieee Transactıons On Industry Applıcatıons, Vol. 46, No. 2.*

Husain,T., Sozer,Y., Husain, I., Muljadi, E.(2015), Design of a modular E-Core flux concentrating axial flux machine, *2015 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Montreal, QC, pp. 5203-5210.

Liu, C., Zhu, J., Wang, Y., G, Lei., Guo, Y. (2016), Cogging Torque Minimization of SMC PM Transverse Flux Machines Using Shifted and Unequal-Width Stator Teeth, *Ieee Transactıons On Applıed Superconductıvıty*, VOL. 26, NO. 4.

Ji-bin, Z., Qian, W. (2008), *Fundamental Study on a Novel Transverse Flux Permanent Magnet Linear Machine* 18 Temmuz 2017 tarihinde https://www.researchgate.net/publication adresinden alındı.

Chin, R.(2006), A Permanent Magnet Traction Motor for Electric Forklifts – Design andIron Loss Analysis with Experimental Verification. Stockholm: PhD thesis, Royal Institute of Technology.

Magnussen., F. (2004), *On Design and Analysis of Synchronous Permanent Magnet Machines for Field-weakening Operation in Hybrid Electric Vehicles*. Stockholm: PhD thesis, Royal Institute of Technology.

Gheıdarı., Z, N., Lesanı, H. (2012), *A Survey on Axial Flux Induction Motors*,18 Temmuz 2017 tarihinde www.pe.org.pl/articles/2012/2/72.pdf adresinden alındı.

Kamper, M.J., Gieras, J.F, Wang, R-J. (2008), Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines. *Springer*, pp 2-12.

Spooner, E., Chalmers, B.J. (1992), 'TORUS': A slotless, toroidal-stator permanent magnet generator. *In IEE Proc. Electric Power Applications*, volume 139, pages 497–506.

Garcia, J.S.D., da Luz, M.V.F., Bastos, J.P.A., Sadowski, N. (2007), Transverse flux machines: What for? *IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine*, 2(1):4–6.

Dubois, M.R. (2004), *Optimized PermanentMagnet Generator Topologies for Direct-Drive Wind Turbines*. Delft: PhD thesis, Delft University of Technology.

Weh,H., Hoffmann, H., Landrath, J. (1988), New permanent magnet excited synchronous machine with high efficiency at low speeds. *In Proc. Int. Conf. Electrical Machines*, volume 3, pages 35–40.

Arshad, W.M. (2003), *A Low-leakage Linear Transverse-flux Machine for a Free-piston Generator*. Stockholm: PhD thesis, Royal Institute of Technology

Cosic, A. (2010), *Analysis of a Novel Transverse Flux Machines with a Tubular Cross Section for Free Piston Energy Converter Application*. Stockholm: PhD thesis, Royal Institute of Technology.

Svechkarenko, D. (2007), *On analytical modeling and Design of a Novel Tranverse Flux Generator for Offshore Wind Turbines*, Stockholm: M. S. thesis, Elec. Eng. Dep.,

Ege. E, Selman. (2009), *Doğrudan Tahrikli Rüzgâr Türbinleri İçin Enine-Eksenel Akılı Kalıcı Mıknatıslı Senkron Generatör Tasarımı,* 18 Temmuz 2017 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi: https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/1260/1/9869.pdf adresinden alındı.

Weh, H., Hoffmann, H., Landrath, J. (1988), New permanent magnet excited synchronous machine with high efficiency at low speeds, *Proc. Of ICEM'88,* Pisa, Italy, pp. 1107-1111, 1988.

Muljadi, E., Butterfield, C.P., Wan, Y.H. (1999), Axial-flux modular permanent-magnet generator with a toroidal winding for wind-turbine applications, *IEEE Trans. Ind. Appl*., vol. 35, no. 4, pp. 831-836, Jul/Aug 1999.

Husain, T., Hasan, I., Sozer, Y., Husain, I., Muljadi, E. (2016), Design considerations of a transverse flux machine for direct-drive wind turbine applications, *IEEE Energy Conv. Cong. and Expo. (ECCE)*, Milwaukee, WI, pp. 1-8.

Hasan, I., Husain, T., Sozer, Y., Husain, I., Muljadi, E. (2016), Analytical Model Based Design Optimization of a Transverse Flux Machine, *IEEE Energy Conv. Cong. and Expo. ECCE, Milwaukee, WI.*

ENDÜSTRİYEL FORMALDEHİT TESİSİNDE ZENGİNLEŞTİRME KOLONU UYGULAMASININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Nurullah BİNAY[1]* ve Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN[2]

[1]Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş., Balıkesir
nbinay@keas.com.tr
[2]Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli,
muharrem.eyidogan@kocaeli.edu.tr

Özet

Tutkal üretim tesisi, formaldehit üretim prosesi ve üre-formaldehit reçinesi üretim prosesi olmak üzere iki ana üretim hattına sahiptir. Formaldehit üretim prosesi çıktısı olan formaldehit çözeltisi, üre-formaldehit reçinesi prosesinin diğer hammaddesi olan üre ile Sürekli Karıştırmalı Tank Tipi Reaktörde (SKTR) reaksiyona sokularak %65 katı maddeli üre-formaldehit aminoplastik reçinesi elde edilir. Bu üre-formaldehit reçinesi daha sonraki aşamada Yonga Levha (YL), Orta Yoğunluklu Lif Levha (MDF), Yüksek Yoğunluklu Lif Levha (HDF) vb. ağaç bazlı panellerin üretiminde bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, formaldehit üretim prosesinde yapılan zenginleştirme kolonu uygulaması ve üretilen formaldehit çözeltisi konsantrasyonunun üre-formaldehit reçinesi üretim prosesindeki enerji tüketimine etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Uygulamanın hedefi üre-formaldehit reçinesi üretim prosesinde hem ısı hem de elektrik enerjisi tasarrufu sağlamaktır. Zenginleştirme kolonu uygulaması ile vakumlu buharlaştırma işleminde ısı enerjisi ve elektrik enerjisi tüketiminde %69,6 tasarruf sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Formaldehit Üretimi, Üre-Formaldehit Reçinesi, Zenginleştirme Kolonu.

Investıgatıon The Effect On Energy Efficiency Of Quenching Section Execution At Industrial Formaldehyde Plant.

Abstract

Glue production plant contains two main production process as a formaldehyde production process and urea-formaldehyde resin production process. Formaldehyde solution as a product of formaldehyde production process is reacted with the other main raw material Urea in order to produce %65 solid content Urea-Formaldehyde aminoplastic resin. At the next step this urea-formaldehyde resin is used as a binder at the production of Wood Based Panels such as Particule Board (PB), Medium Density Fiber Wood (MDF), High Density Fiber Wood (HDF). In this study execution of quenching section at formaldehyde production prosess and affect of product solution concentration on energy consumption at urea-formaldehyde resin production has been investigated comparatively. The purpose of the execution to reduce both heat and electrical energy consumption of urea-formaldehyde production process. With the quenching section implementation %69,6 of saving of electrical and heat energy has been reached at vacuum evoparation step.

Keywords: Formaldehyde production, Urea-Formaldehyde Resin, Quenching Section

1. GİRİŞ

Formaldehit yıllık üretimi 10 milyon metrik tonu bulan önemli bir temel kimyasaldır. (Weirauch,1999). Tarihçesine bakıldığında geçmişte en yaygın kullanıldığı uygulama alanı “Çivit Boyası” üretimi olmuştur. Günümüzde mühendislik plastikleri ile yongalevha ve kontrplak üretimlerinde kullanılan üre, melamin, fenol reçinelerinin hammaddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca kauçuk, kâğıt, gübre ve patlayıcı gibi kimyasalların üretiminde de kullanılmaktadır (Walker, 1964;Cancho et al.,1989).

Formaldehit endüstriyel olarak metanoldan üretilmektedir. Proses yaklaşık olarak atmosferik basınçta gerçekleşmekte ve temel olarak 3 kısma ayrılmaktadır.

1) Sıvı metanolün buharlaştırılarak oksitleyici hava ile karıştırılmasıdır.

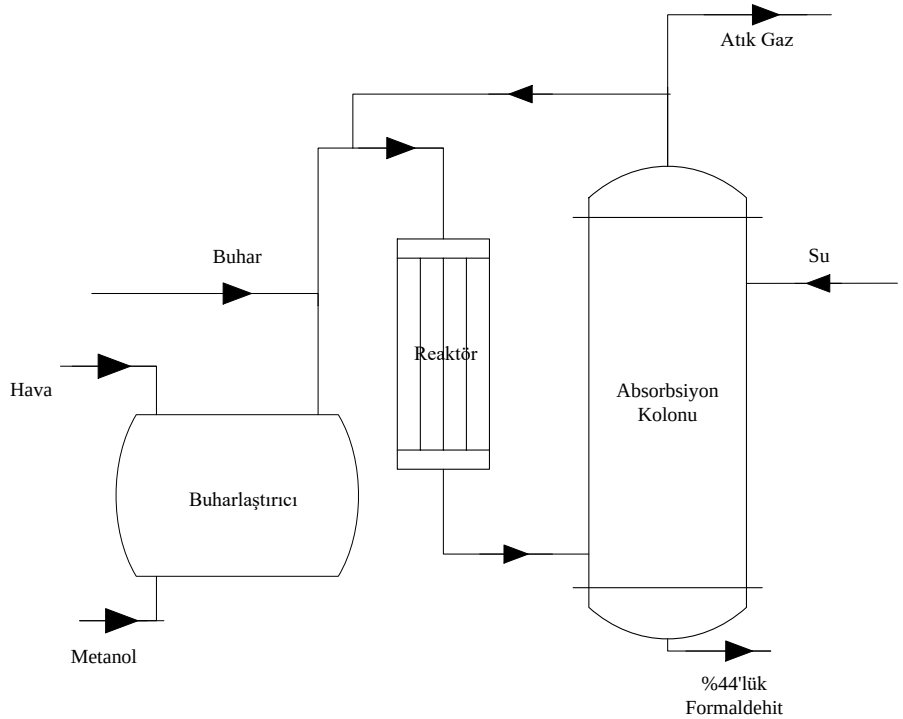
2) Metanol ve hava karışımının kısmi oksidasyon ile formaldehit gazına dönüşmesi için katalizör yüzeyinden geçirilmesidir. Metanolün Formaldehite kısmi oksidayon reaksiyonu ekzotermik bir reaksiyon olduğundan formaldehit gazının reaksiyondan çıkış sıcaklığı 600 °K derecelerini bulabilmektedir. Formaldehit gazının termal bozulmasını önlemek için gaz karışımı reaksiyon çıkışında hızlıca soğutulmalıdır.

3) Formaldehit gaz karışımının sudaki çözünürlüğünden yararlanılarak absorbsiyon kolonunda %44~45'lik formaldehit çözeltisi elde edilmesidir.

Formaldehit absorbsiyon kolonlarının dizaynı, optimizasyonu ve operasyonu çeşitli karmaşık parametrelere bağlı olmakla birlikte en önemli iki tanesi absorbsiyon prosesinin ekzotermik olması ve sıvı fazdaki kimyasal reaksiyonlar olarak sıralanabilir. Formaldehit absorbsiyon kolonları saydam, bulanık olmayan formaldehit çözeltisi üretim etkinliği açısından beklenilenden daha az verimli çalışırlar. Bunun başlıca sebebi sulu çözeltide formaldehit su ile reaksiyona girerek metilen glikol ve poli (oksimetilen) glikollere dönüşmesine neden olan tersinir reaksiyonlar serisidir.

$$CH_2O + H_2O \leftrightarrow CH_2(OH)_2 \quad (1)$$

$$CH_2(OH)_2 + HO(CH_2O)_{n-1}H \leftrightarrow HO(CH_2O)_nH + H_2O \quad (2)$$

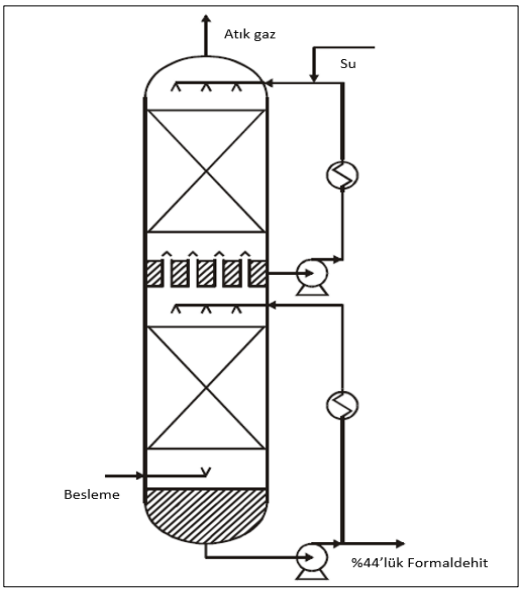


Şekil 1: Basit bir formaldehit üretim şeması

Saydam ve bulanık olmayan formaldehit çözeltisi metilen glikolün sudaki çözünürlüğüne ve çözeltinin polioksimetilen taşıyabilme kapasitesine bağlıdır. Formaldehit gazının da diğer gazlar gibi sudaki çözünürlüğü düşüktür.

Hidrasyon reaksiyonu (1) nispi olarak hızlıdır ve formaldehitin gaz fazından sıvı fazına geçişine ve sıvı fazın formaldehit açısından zenginleşmesini sağlar. Yüksek zincirli poli(oksimetilen) glikollerin oluşumu ise nispi olarak yavaştır ve reaksiyon süresi sıcaklığa bağlı olarak dakikalardan saatlere kadar uzayabilir.

Formaldehitin su tarafından absorblanması, hidrasyonu ve aynı zamanda reaksiyon gaz akımında bulunan su buharının yoğuşması ekzotermik işlemlerdir. Absorbsiyon kolonunda sıvı fazın sıcaklığının kolonun alt kısımlarına doğru inildikçe yükselmesinin temel sebebi de budur.



Şekil 2: Tipik bir absorbsiyon kolonu

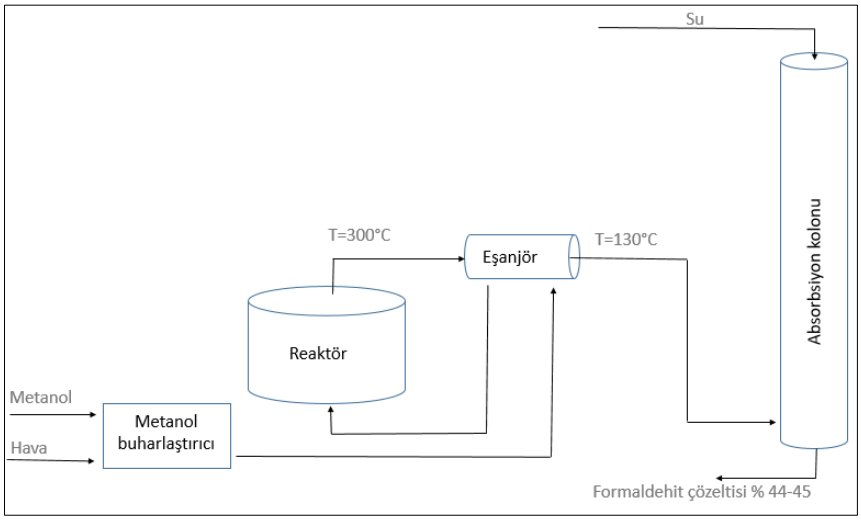
Bu ekzotermik reaksiyonlardan dolayı oluşan ısıyı uzaklaştırmak için absorbsiyon kolonları genellikle Şekil 2'de görüleceği gibi büyük soğutma kapasitesine sahip ısı değiştiricilerle donatılmış kısımlara bölünmüştür.

2. MATERYAL VE METOD

Ağaç bazlı yonga levha ve MDF üretiminde odun yongalarını veya liflerini bir arada tutabilmek için bağlayıcı olarak Üre-Formadehit reçinesi kullanılır. Bu reçinenin iki hammaddesinden bir tanesi olan Formaldehit çözelti halinde kullanılır. Formaldehit çözeltisi konsantrasyonu Üre-Formaldehit reçinesi üretimindeki enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada Formaldehit çözeltisinin elde edildiği Absorbsiyon kolonu tasarım kısıtının aşılması için gerçekleştirilen zenginleştirme kolonu uygulaması ile formaldehit çözeltisi konsantrasyonu yükseltmek ve bu yüksek konsantrasyon formaldehit çözeltisi ile üre-formaldehit reçinesi üretiminde enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır.

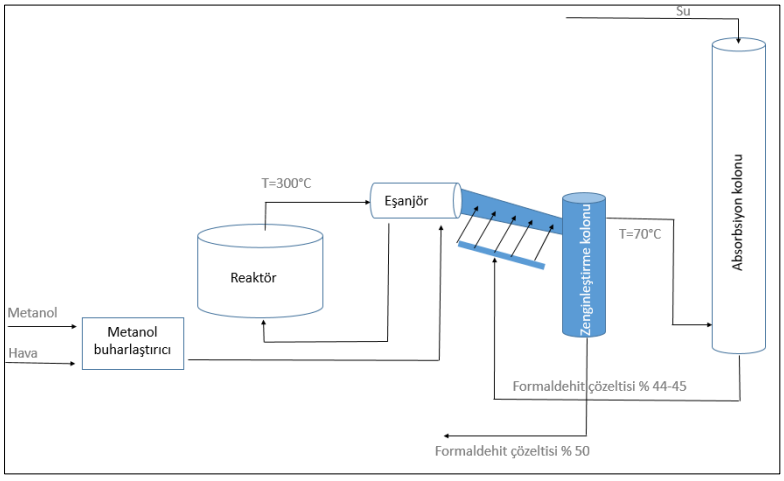
Standart bir formaldehit üretim akışında metil alkol buharlaştırıcıda buharlaştırılıp oksidasyon için gerekli hava ile karışırılarak homojen bir gaz karışımı elde edilir. Bu karışım daha sonra reakörden çıkan sıcak gaz akımı tarafından bir ön ısıtmaya tabi tutularak, katalitik yataklı bir reaktöre beslenmektedir. Oksidasyon işleminde yaygın olarak kullanılan katalizör tipleri gümüş bileşikleri ve metal oksitlerdir. Metil alkol ve hava karışımı katalizör yüzeyinde formaldehite okside olmaktadır. Reaksiyon ekzotermik olduğundan reaktörü terk eden gaz akımının sıcaklığı 300°C'ye kadar yükselmektedir. Sıcak gaz akımı enerjisinin bir kısmını reaksiyona giren gaz karışımını ısıtmak için kullanılır. Bileşiminde kütlece %6 oranında formaldehit içeren gaz karışımı formaldehit gazının sulu çözeltisinin elde edilebilmesi için absorbsiyon kolonuna beslenmektedir. Absorbsiyon kolonları su ve gazın temas yüzeyini arttırmak için raşing halkaları, delikli tepsiler gibi çeşitli dolgular ile donatılmıştır. Absorbsiyon kolonlarının tasarımı kolonda elde edilebilecek çözelti konsantrasyonunu

sınırlandırmaktadır. Daha yüksek konsantrasyonlara daha büyük ve ilk yatırım maliyeti yüksek kolonlar ile ulaşılabilmektedir. Şekil 3'de standart bir formaldehit tesisinin akış şeması verilmiştir.



Şekil 3: Standart bir formaldehit tesisi akış şeması

Zenginleştirme kolonu uygulaması prensip olarak proseste mevcut bulunan bir sıcak gaz akımının enerjisinden faydalanarak absorbsiyon kolonunda üretilmiş %44~45 çözeltinin içerdiği suyun bir kısmının daha buharlaştırılmasına dayanmaktadır. Oksidasyon reaksiyonu ekzotermik reaksiyondur ve reaktörden çıkan gaz akımının sıcaklığı 300°C'ye kadar ulaşmaktadır. Bu sıcak gaz bir ısı değiştiricisine giren gazları ısıtmak üzere enerjisinin bir kısmını kaybetmekte ve 130°C'ye kadar düşmektedir. Bu gaz akımı daha sonra absorbsiyon kolonuna beslenmekte ve kalan enerjisini de absorbsiyon kolonunda kaybetmektedir. Zenginleştirme kolonu uygulamasında üretilen %44~45'lik çözeltinin buharlaştırılması için bu 130°C'e gaz akımının enerjisi kullanılmaktadır. Elde edilen %44-45 konsantrasyondaki çözelti, bu sıcak gaz akımının üzerine püskürtülerek içerdiği suyun bir kısmı daha buharlaştırılmaktadır. Konsantrasyonu arttırılan çözelti zenginleştirme kolonunda toplanmakta ve stok tanklarına sevk edilmektedir. Buharlaştırılan su ise yine reaksiyon gazları ile absorbsiyon kolonuna gönderilmekte ve kolonda yoğunlaştırılmaktadır.



Şekil 4: Zenginleştirme kolonu uygulanmış bir formaldehit tesisi akış şeması

Üretilen formaldehit çözeltisi üre SKTR'de reaksiyona sokularak amino plastik üre-formaldehit reçinesi üretilmektedir. Yonga levha üretiminde özellikle %65 katı madde oranına sahip olması istenilir. Reçinenin istenilen katı maddede üretilebilmesi için için reaktörde buharlaştırma işlemi uygulanmaktadır. Polimerin kimyasal yapısı gereği sıcaklıkla kürleştiği için buharlaştırma işlemi

düşük sıcaklıklarda vakum altında gerçekleşmektedir. Reçine üretiminde tüketilen ısı ve elektrik enerjisi büyük oranda buharlaştırma operasyonunda tüketilmektedir. Buharlaştırılacak suyun miktarı formaldehit çözeltisinin konsantrasyonu ile orantılıdır. Tablo 1'de farklı konsantrasyonda formaldehit çözeltisi kullanılması durumunda 1 ton Üre-formaldehit reçinesi üretebilmek için reaktörden uzaklaştırılması gereken su miktarları verilmiştir.

Balıkesir OSB'de bulunan bir Yonga levha tesisinin içerisindeki formaldehit üretim tesisinde formaldehit çözeltisinin üretildiği absorbsiyon kolonun tasarımı gereği en fazla %45'lik formaldehit çözeltisi üretebilmekteydi. Zenginleştirme kolonu uygulaması ile bu konsantrasyon %50'liğe yükseltilmiştir. Tablo 2 de uygulama öncesi dönemde çalışılan formaldehit konsantrasyonlarının Üre-formaldehit reçinesi üretimindeki buharlaştırma işlemine ait enerji sarfiyatları verilmiştir. Tablo 3'de ise zenginleştirme kolonu uygulaması sonrasında üretilmiş yüksek konsantrasyonda formaldehit çözeltisi ile üretilen üre-formaldehit reçinesine ait enerji sarfiyatları verilmiştir.

Tablo 1: Formaldehit çözeltisi konsantrasyonu ve buharlaştırılacak su miktarları

Formaldehit Konsantrasyonu (%)	**Buharlaştırılacak su miktarı (kg/ton)**
37,00%	279
40,00%	221
45,00%	140
50,00%	76
55,00%	24
57,00%	5
57,60%	0

Tablo 2: Zenginleştirme kolonu öncesi üre-formaldehit reçinesi üretimindeki buharlaştırma işlemine ait enerji sarfiyatları

Formaldehit Konsantrasyonu (%)	Reaktörden buharlaştırılan su miktarı (kg/ton)	Suyun buharlaştırılması için gereken ısı enerjisi (kCal/ton)	Suyun buharlaştırılması için gereken elektrik enerjisi (kWh/ton)
45,00%	140	71.041	1,85

Tablo 3: Zenginleştirme kolonu sonrası üre-formaldehit reçinesi üretimindeki buharlaştırma işlemine ait enerji sarfiyatları

Formaldehit Konsantrasyonu (%)	Reaktörden buharlaştırılan su miktarı (kg/ton)	Suyun buharlaştırılması için gereken ısı enerjisi (kCal/ton)	Suyun buharlaştırılması için gereken elektrik enerjisi (kWh /ton)
50,00%	76	21.597	0,56

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, formaldehit çözeltisi konsantrasyonun yükselmesi ile vakumlu buharlaştırma işleminde %69,6 ısı ve elektrik enerjisi tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Zenginleştirme kolonu uygulaması ile üretilebilecek çözelti konsantrasyon üst sınırı test edilememiştir. Mevcut durumda sınırlandırıcı etken çözelti konsantrasyonunun stok tanklarındaki kararsız yapısıdır. Konsantrasyon arttıkça stok tanklarının sıcaklığını da yükseltmek gerekmektedir. Çözelti konsantrasyonuna göre

depolama sıcaklığı T= C+7 amprik denklemi ile belirlenmiştir. Bu denklemde C= ağırlıkça formaldehit konsantrasyonu belirtmektedir. Formaldehit çözeltisi zenginleştirme kolonunu 62°C'de terk etmektedir. Teorik olarak stok tanklarında iyi bir yalıtım uygulamasıyla çözeltinin %55'lik konsantrasyona kadar yükseltilebileceği görülmektedir. %57,6'lık çözelti konsantrasyonuna ulaşıldığında üre-formaldehit reçinesi üretiminde buharlaştırma operasyonu ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Mevcut çalışmanın daha ileriye taşınması için stoklama kısıtlarının aşılması konusunda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Dankelman, W., Muizenbelt, W.J., & Leentjes, H. (1988). AKZO Engineering, internal report.

Walker, J.F. (1964). *Formaldehyde.* 3rd ed., ACS Monograph Series, Reinhold, New York.

Weirauch, W. (1999). 2000 to be tough for methanol producers. *Hydrocarbon Processing*, 78(11), 21.
Winkelman, J. G. M. (2003). Absorption of formaldehyde in water Groningen: s.n.
Copyright

İZMİT'TE KURULU OLAN POLİKRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN ENERJİ ÜRETİM DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

İliyaz Aydan Yusein[1]
[1] Kocaeli Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı
gocmenoglu_547@hotmail.com

Özet
Elektrik piyasasında elektrik üretim yönetmeliğinin 2013 Ekim ayında yayınlanması ile birlikte tüketicinin kendi ihtiyacı olan elektrik enerjisini yenilenebilir kaynaklardan üretme ve üretim fazlası enerjiyi ulusal elektrik şebekesine aktarma yetkisi verilmiştir. Enerji arzının tamamını veya bir kısmını karşılamak amacı ile fotovoltaik sistem kurmak istediğimizde güneş panellerinin cinsine, üretim kapasitesine ve evirici seçimlerine dikkat edilmelidir. Bu çalışmada Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi binasında kurulan 5,1 kWp kurulu güce sahip polikristal güneş panellerinin enerji üretim değerleri incelenerek İzmit'te kurulacak bir fotovoltaik sistemin kendi kurulum maliyetini ne kadar sürede karşılayabileceği hesaplanmıştır. Ele alınan başlıca aşamalar, yenilenebilir enerji fizibilite analizi, enerji üretim kapasitesi. Veriler 2015-2018 döneminde toplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polikristal Güneş Paneli, Fotovoltaik Sistemler, Fotovoltaik Sistemin Maliyet Analizi, Lisanssız Elektrik üretimi.

INVESTIGATION OF THE ENERGY PRODUCTION VALUES OF POLYCRYSTALLINE SOLAR PANELS INSTALLED IN İZMİT

Abstract
With the publishing of regulations regarding electricity production in electricity market in October 2013, electricity user is authorized to produce his own energy and transfer his surplus production to national network. When we want to build a fotovoltaic system to meet all electricity supply or some of it, type of solar panels, production capacity and inventor's choice should be took into consideration. In this study, the energy production values of polycrystalline solar panels with an installed capacity of 5,1 kWp installed in the faculty of technology of Kocaeli University have been examined and it was calculated how long a photovoltaic system to be installed in İzmit could meet its installation cost. The major stages of the study renewable energy feasibility analysis, energy production capacity. Data were collected in the 2015-2018 period.

Keywords: Polycrystalline solar panel, Photovoltaic Systems, fotovoltaik systems cost analysis, Unlicenced Electricity Production.

1. GİRİŞ

Dünyada sürekli artış gösteren enerji talebinin bir sonucu olarak fosil yakıt rezervleri hızla azalmakta olup petrol ve doğalgaz rezervleri kritik seviyelere doğru yaklaşmaktadır. Artan dünya nüfusu ve gelir artışları enerji talebinin artmasının en önemli nedenleri arasındadır. Yapılan araştırmalar 2040 yılında dünya nüfusunun 9 milyara yükseleceğini göstermekte ve önümüzdeki 25 yıl içerisinde 2 milyar insana daha enerji arzı sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Artan insan nüfusunun enerji arzını karşılamak amacı ile fosil kaynaklara bağlı enerji üretimine paralel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını mümkün olduğunca kullanmaya başlamamız gerekmektedir. Gelecek yıllarda enerji sorunu yaşamak istemeyen gelişmiş ve gelişmekte olan devletler yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim santralleri kurarak milli kaynaklara dayalı enerji üretimi yapmak istemekte ve enerjide dışa bağımlılıklarını azaltmak istemektedirler. Bu gelişmeler karşısında ülkemizde cumhuriyetimizin 100. Kuruluş yılı olan 2023 yılına kadar arz güvenliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik başlıca hedefler belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hedeflere bakacak olursak; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını %30'a çıkarmak, teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek hidroelektrik potansiyelinin tamamının elektrik üretiminde kullanılması, rüzgâr elektrik santrallerinin kurulu gücünün 20.000 MW, güneş enerjisi santralleri (fotovoltaik ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi) için 5000 MW ve jeotermal enerji

santralleri için ise 1000 MW kurulu güç hedeflenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji miktarlarını arttırmak için de Ekim 2013 de "Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretimine ilişkin yönetmelik" adı altında bir yönetmelik çıkarılarak resmi gazetede yayınlamıştır. Bu yönetmelik ile lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın gerçek ve tüzel kişilerin elektrik ihtiyacını tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılaması ve üretmiş olduğu ihtiyaç fazlası enerjiyi ulusal şebekeye verme imkânı sağlanmaktadır. Bu bağlamda lisanssız elektrik üretim yönetmeliği yayımlandığı tarihten bu güne ülkemizdeki güneş enerji santrali (GES) yatırımlarını incelediğimizde 2014 yılında GES'lerin toplam kurulu gücü 40,2 MW seviyesinde iken 2019 Ocak sonu itibari ile sadece lisanssız GES'lerde bu rakam 5098,5 MW seviyesine ulaşmıştır. 2023 Yılı için fotovoltaik'de hedeflenen kurulu güce ise 2019 yılı ilk çeyreğinde ulaşılmıştır. Fotovoltaik sistem kurmak için yapılan başvuruların yoğunluğu ise bu rakamların ileri ki yıllarda daha da artacağını ortaya koymaktadır.

2.LİSANSSIZ ELEKTRİK ÜRETİM YÖNETMELİĞİ

Bu yönetmeliğin amacı elektrik piyasasında 14.03.2013 Tarihli ve 6646 sayılı Elektrik Piyasası Kanunun 14. maddesi kapsamında, tüketicinin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacı ile lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın elektrik enerjisi üretebilecek gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak usul ve esasların belirlenmesidir. 02.10.2013 Tarih ve 28783 sayılı Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretimine ilişkin yönetmeliğe göre yenilenebilir enerji kaynakları;

*Hidrolik *Rüzgâr *Güneş *Jeotermal *Biyokütle *Dalga *Akıntı Enerjisi

Tablo 1. GES (Güneş Enerji Santrali) Teşvik Miktarlarını Gösteren Tablo

Tesis Tipi	**Dolar cent/KWh**	**Yerli üretim desteği (Dolar cent /KWh)**	**Toplam en yüksek değer (Dolar cent/KWh)**
Fotovoltaik Güneş	13,3	6,7	20,00

Bu yönetmelik kapsamına giren tesisler; iletim ya da dağıtım sistemiyle bağlantı tesis etmeden izole çalışan üretim tesisleri, kurulu gücü 1 megawatt (1000 kW) veya Kanunun 14. maddesi çerçevesinde Bakanlar Kurulu kararı ile belirlenmiş kurulu güç sınırına kadar olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri, ürettiği enerjinin tamamını iletim veya dağıtım sistemine vermeden kullanan, üretimi ve tüketimi aynı ölçüm noktasında olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim yapan tesislerdir. Lisanssız elektrik üretim tesisi hidrolik kaynaklara dayalı olarak kurulmak istenmesi halinde üretim tesisinin kurulacağı yerin İl Özel İdaresine veya İl Özel İdarelerinin bulunmadığı yerlerde Yatırım İzleme Ve Koordinasyon Başkanlığına başvurması, diğer kaynaklara dayalı üretim tesisi kurmak istediğimizde bölgedeki dağıtım şirketlerine veya OSB'ye başvuru yapılır. Bir abonelik için yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurulmak istenmesi halinde azami 1 MW Kurulu gücünde bir üretim tesisi kurulabilir yâda toplam kurulu gücü 1MW olacak şekilde birden fazla üretim tesisi kurulabilir. TEDAŞ güneş enerjisi sektörüne özellikle küçük yatırımcının önünü açarak "50 kW'a kadar güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin tip şartnamesi" yayınladı. Şartnameye göre hazırlanacak projelerin tasarım, uygunluk incelemesi ve kabul işlemleri için de ücret alınmayacak. Güneş enerjisi sektöründe tüm projeler için ayrı prosedürlerin uygulanarak küçük büyük demeden her projede aynı başvuru süresinin yürütülmesi, sektörde ciddi sıkıntılara yol açıyordu. Özellikle küçük projelerde "proje onay maliyeti" neredeyse sistem maliyetine eşit olduğu için bu tür tesislerin en çok kurulduğu çatı uygulamalarının da gelişmesine engel oluyordu. Tüm bu

olumsuzlukları ortadan kaldırmak üzere bir süre çalışma yapan ve şartnamenin hayata geçirilmesinde büyük emeği olan TEDAŞ yayınladığı 50KW'A kadar tip şartnamesi, küçük projelerin nasıl projelendirilip kurulacaklarına ilişkin yol haritasını sundu.

3.ŞEBEKE BAĞLANTILI FOTOVOLTAİK SİSTEMLER

Şebeke bağlantılı PV (fotovoltaik) sistemler ile üretilen elektrik enerjisi bataryalar ile depolanmadan direk (on-grid) olarak ulusal şebekeye bağlanmaktadır. Fotovoltaik sistemlere dayalı üretilen enerjinin kWh başına verilen fiyat tarifeleri tablo 1 de verilmektedir. Şekil 2'de görüldüğü üzere bina çatısına belli bir açı ile yerleştirilen fotovoltaik paneller birbirlerine (seri veya paralel) bağlanmaktadır. Fotovoltaik panellerden elde edilen çıkış gücü direk olarak eviricinin DC giriş uçlarına bağlanarak evirici çıkışından istenilen AC gerilimin elde edilmesi sağlanmaktadır. Evirici çıkışından alınan AC gerilim ise çift yönlü sayaç ile kullanıcıya ulaşmaktadır. Çift yönlü sayaçların ulusal şebeke ve panellerden elde edilen enerji olmak üzere iki adet giriş ucu, bir adet çıkış ucu bulunmaktadır. Fotovoltaik panellerde üretilen elektrik enerjisi talebi karşılamadığı durumlarda çift yönlü sayaç ulusal şebekeyi de devreye alarak üretim ve tüketimi kayıt altına almaktadır. Üretim fazlası olan elektrik enerjisini de ulusal şebekeye vermekte bu sayede aboneyi tüketici konumundan üretici konumuna alarak maddi gelir sağlanmasına da katkı vermektedir.

3.1 Bir Fotovoltaik Sistemi Oluşturan Temel Bileşenler

- Fotovoltaik Panel
- Evirici
- Çift Yönlü Sayaç



Şekil 1. Fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlantısını gösteren resim.

4.POLİKRİSTAL FOTOVOLTAİK PANELLERİN TEKNİK BİLGİSİ

5,1 kWp kurulu güce sahip fotovoltaik sistem Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümü binasının çatısında bulunmaktadır. Kullanılan FV (Fotovoltaik) modüllerin bilgileri tablo 2'de verilmektedir. FV güç sistemi 2 diziden oluşmaktadır her dizide 10'ar adet FV modül bulunmaktadır. Modüller birbirlerine seri olarak bağlanmıştır. Sistem için evirici olarak Fronius International firmasının Symo 4,5-3-S modeli kullanılmıştır. Sistem internet bağlantısı ile çevrimiçi olarak da takip edilebilmekte (http://enerji.kocaeli.edu.tr/fotovoltaik.php) anlık ve günlük değerlere ulaşılabilmektedir.

Tablo 2. Fotovoltaik Panellerin Teknik Bilgilerini Gösterir Tablo

Tip	YL255P-29b
Modül Pil Sayısı	60
Pil Tipi Ve Boyutları	Poly - 156x156 mm
Pmax	255 W p
Modül Verimi	15.6 %
Güç Toleransı	2 %
Vmpp	30.6 V
Impp	8.32 A
Voc	38.7 V
Isc	8.88 A
Maksimum Sistem Gerilimi	387 V
Gerilim Katsayısı	-0.33 %/°C
Akım Katsayısı	0.06 %/°C
Güç Katsayısı	-0.45 %/°C



Şekil 2. Fotovoltaik sistemin enerji üretim değerlerinin anlık olarak cep telefonu ile takip edildiğini gösteren ekran görüntüsü**.**

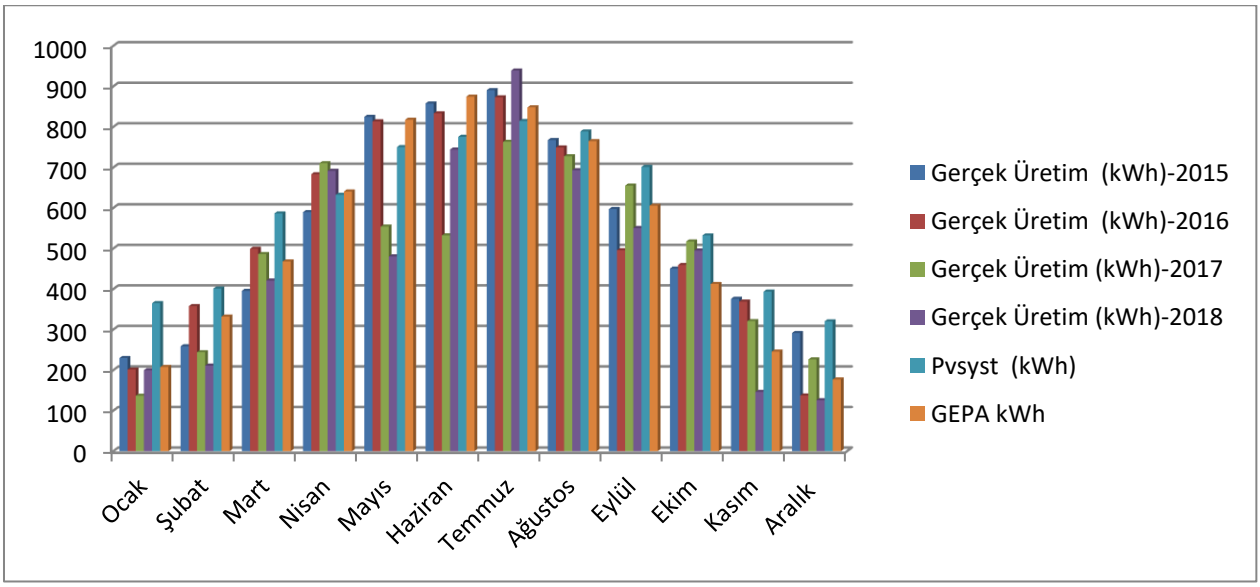
4. GERÇEK VE TAHMİNİ ENERJİ ÜRETİM DEĞERLERİ

Şebeke bağlantılı FV sistemin 2015, 2016, 2017 ve 2018 yılı Ocak-Aralık aralığındaki gerçek üretim değerleri ile GEPA ve Pvsyst'den alınan izleme verileri aşağıdaki tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. 5,1 kWp Güce Sahip Şebeke Bağlantılı FV Sistemin Gerçek Ve Tahmini Enerji Üretim Değerleri

5.1 kW PV sisteminin Gerçek, PVsyst ve Gepa Elektrik Üretim Verileri						
	Gerçek Üretim (kWh)-2015	Gerçek Üretim (kWh)-2016	Gerçek Üretim (kWh)-2017	Gerçek Üretim (kWh)-2018	Pvsyst (kWh)	GEPA kWh
Ocak	229,8	201,3	136,72	199,92	365,1	**207,68**
Şubat	258,77	357,71	244,06	210,98	401,1	**331,99**
Mart	395,45	499,38	486,15	420,84	586,5	**468**
Nisan	589,79	683,2	710,4	691,54	632,5	**640,58**
Mayıs	824,74	813,7	554,07	480,51	750,2	**817,54**
Haziran	857,68	833,42	532,4	744,01	775,5	**874,58**
Temmuz	890,63	872,96	763,19	939,06	814,5	**848,25**
Ağustos	767,53	749,23	727,5	693,2	788,7	**764,89**
Eylül	597,26	495,83	655,16	550,55	701,1	**605,48**
Ekim	450,3	459,3	517,28	495,04	532,2	**412,43**
Kasım	375,77	369,07	320,85	146,26	393,7	**245,7**
Aralık	291,42	137,33	226,35	125,64	320,3	**176,96**
TOPLAM	**6529,14**	**6472,43**	**5874,13**	**5697,55**	**7061,4**	**6394,05**

Sistemin enerji üretim değerlerini Tablo 3'de incelendiğinde 2015 yılı gerçek enerji üretiminin 6529,14 kW h / yıl, 2016 yılı enerji üretiminin 6571,51 kW h/yıl, 2017 yılı enerji üretiminin 5874,13 kWh/yıl, 2018 yılı enerji üretiminin ise 5697,55 kWh/yıl olarak gerçekleştiği görülmektedir. En yüksek enerjinin üretildiği ayların Temmuz ayı, en düşük enerji üretiminin ise Ocak ayları olduğu görülmektedir. PV sistemimiz GEPA (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası) verileri ile PVsyst 6.35 ile simüle edilerek gerçek üretim ile tahmini elektrik üretimi karşılaştırılmıştır. Gerçek üretim ile tahmini üretimin aylık olarak karşılaştırılması şekil 3de verilmektedir.



Şekil 3. Gerçek ve tahmini enerji üretimlerinin karşılaştırılmasını gösteren grafik.

8. MALİYET HESAPLAMASI

Tablo 1'de fotovoltaik sisteme dayalı elektrik üretimi yapıldığında enerjinin kW h başına 0,133 dolar karşılığında dağıtım şirketleri tarafından alındığını görebilmekteyiz. Bu bilgiler doğrultusunda hesaplama yaptığımızda;

$$\text{Sistemin 1 yılda ürettiği enerjinin maliyet karşılığı} = \text{toplam üretilen enerji miktarı (kWh)x 0,133 \$} \quad (1)$$

Tablo 6. Üretilen Enerjinin Yıllara Göre Toplam Maliyet Karşılığı

Yıl	Üretilen Enerjinin Maliyet Karşılığı ($)
2015	868,37
2016	860,83
2017	781,25
2018	757,77

$$\text{Sistemin kurulum maliyetini karşılama yılı} = \frac{\text{Kurulumu için harcanan para}}{\text{1 yılda ürettiği toplam enerji maliyeti}} \quad (2)$$

Tablo 7. Fotovoltaik Sistemin Kurulum Maliyetini Karşılama Yılı

Yıl	Kurulum Maliyeti ($)	1 Yılda Üretilen Enerji Maliyeti ($)	Maliyetini Karşılama Süresi (Yıl)
2016	9100	860,83	10,57

Eğer kurulan fotovoltaik sistem yerli üretim teşvik sisteminden yararlanılarak ulusal şebekeye bağlanmış olsaydı, üretilen enerjinin kWh birim başına alım fiyatı 0,133 $ yerine 0,20 $ olarak hesaplama yapılacaktı. Yerli üretim teşvik sistemi ile kurulumunu karşılama yılı hesaplaması yapıldığında ise;

Tablo 8. Yerli Üretim Teşvik Sistemi İle Kurulum Maliyeti Karşılama Yılının Hesaplanması

Yıl	Üretilen Enerjinin Maliyet Karşılığı($)	kWh Başına Alım Fiyatı ($)	Kurulum Maliyeti ($)	Kurulum Maliyetini Karşılama (Yıl)
2016	1294,48	0,20	9100	7,0

Yapılan hesaplamalar sonucunda 5,1 kWh p'lik bir polikristal fotovoltaik sistemin Kocaeli ili İzmit ilçesi sınırları içerisinde kurulması sonucunda sistemin kurulum maliyetini yaklaşık olarak 10 yılda tamamladığı görülmektedir. Ayrıca fotovoltaik sistemi yerli üretim teşvik mekanizmasını dâhil ederek şebekeye aktardığımızda kurulum maliyetini karşılama yılını 3 yıl daha aşağıya çekerek 7 yıla indirgediği hesaplamalar ile kanıtlanmıştır. Önümüzdeki yıllar içerisinde fotovoltaik sistem kurulum maliyetlerindeki düşüş ile hesaplanan 10,5 yılın daha da aşağılara inmesi mümkün olacaktır.

9. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında. Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği binası çatısında kurulu olan şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sisteminin tahmin edilen güç üretim değerleri ile gerçek üretim değerleri karşılaştırılmıştır. Bu performansları etkileyen en önemli faktörlerin başında ışınım şiddetleri ve ortam sıcaklıkları gelmektedir. Bu oranların düşmesi veya yükselmesi performans oranlarının büyük oranda değişmesine neden olmuştur. Ayrıca 12 aylık dönemlerde üretilen toplam enerjinin dolar cinsinden karşılığı hesaplanmıştır. Bu çalışma ile elde edilen bilgiler ışığında İzmit bölgesinde kurulan veya kurulacak olan bir polikristal fotovoltaik elektrik üretim tesisinin kendi kurulum maliyetini karşılama yılının yaklaşık 10,5 yıl olduğu hesaplanmıştır. Fotovoltaik sistem yerli teşvik mekanizmasından faydalanılarak kurulmuş olduğunu varsaydığımızda

ise geri ödeme süresini 3 yıl daha aşağıya çekmenin mümkün olacağı yapılan hesaplamalar sonucu ile kanıtlanmıştır. Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerin şebekeden bağımsız sistemlere karşı en önemli avantajı üretilen enerjinin tüketilecek olan enerjiye yetmemesi durumunda gerekli gücün şebekeden sağlanması ayrıca üretilen fazla enerjinin şebekeye aktarımı sağlanarak şebekeyi besleyici yönde de davranabilmesidir.

KAYNAKLAR

Enerji Piyasası Denetleme Kurulu Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği. (http://www.epdk.org.tr/TR/DokumanDetay/Elektrik/Mevzuat/Yonetmelikler/LisanssizUretim)

ÖZKÖK, (2015), Türkiye'nin Yedi Coğrafi Bölgesinde Evsel Elektrik İhtiyacının Çatı Üstü Fotovoltaik Sistemler İle Karşılanmasının Ekonomik Analizi, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*.

ÖZTÜRK, M. (2011), Evsel Fotovoltaik Sistemlerin Ömür Boyu Maliyet Analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 18(1), 1-11.

DURAK, F, S. (2016), Fotovoltaik Sistemlerin Ekonomik Analizi: Malatya'da Bir Kamu Binası Örneği, Yüksek lisans tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Enerji Piyasası Denetleme Kurulu Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği.

HAMZEH, A. (2015), First Year Performance of a PV Plant in Jordan Compared to PV Plants in the Region, İnternational lournal of Renewable Enegy Research, pp 987.

ERKURT, S. (2015), Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinin Güç Kalitesine Etkileri Ve Performans Analizi, *Enerji Verimliliği, Kalitesi Sempozyumu & Sergisi 4-6 Haziran*.

DURAK, F, S. (2016), Fotovoltaik Sistemlerin Ekonomik Analizi: Malatya'da Bir Kamu Binası Örneği, Yüksek lisans tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

ÇUBUKÇU, M. (2013), Gökçeada'da Şebekeden Bağımsız Bir Fotovoltaik Güç Sistemi Benzetimi Ve Karşılaştırmalı Performans İncelemesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(5), 201-208.

Enerji Enstitüsü.(www.enerjienstitüsü.com)

T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. (http://www.eie.gov.tr/)

Lisanssız Elektrik Üretim Derneği.(http://www.lisanssizelektrik.org/)

TURHAN, S. (2012), Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi*, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu.

Ekici, B. B. (2015), Elazığ İli Şebeke Bağlantılı Bir Fotovoltaik Sistemin Performans Analizi, *2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu* (ISBS 2015).

FDM YÖNTEMİNDE DOLDURMA ŞEKİLLERİNİN PA12 MALZEMENİN MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM
Düzce Üniversitesi, Dr. Engin PAK Cumayeri MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Makine Programı
mendereskam@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. Ahmet İPEKÇİ
Düzce Üniversitesi, Dr. Engin PAK Cumayeri MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Endüstriyel Kalıpçılık Programı
ahmetipekci@duzce.edu.tr

Özet

FDM (Fused Deposition Modelling - Ergiyik Depolayarak Modelleme) yönteminde ürün kalitesini etkileyen temel faktörler; doldurma şekli, doluluk oranı, yazdırma hızı, malzeme cinsi, katman kalınlığı, tabla sıcaklığı, nozul sıcaklığı, nozul çapı ve soğutma hızı olarak bilinmektedir. Bu faktörlerin ürünlerin mukavemetine etkisini azaltmak ve yüksek mukavemete sahip ürünler imal edilmesi önemlidir. Bu çalışmada, FDM yönteminde farklı doldurma şekillerinin ürünlerin mukavemetine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmada malzeme olarak Naylon (PA12) filament kullanılarak farklı doldurma şekillerinde (Rectilinear, Triangular, Honeycomb, Gyroid, Hilbert curve, Octagram spiral) doluluk oranı (% 30), işleme hızı (4200 mm/dak), nozul çapı (0,40 mm), nozul sıcaklığı (250 ºC), katman kalınlığı (0, 20 mm) olmak üzere ISO 527-2 standartlarında toplam 18 adet ürün imal edilmiştir. Bu ürünlerin mukavemetlerini incelemek için tek eksenli çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucu elde edilen veriler analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, yazdırma şekillerinin ürünlerin mukavemeti üzerinde önemli etkisi olduğu görülmüştür. PA12 malzeme ile Rectilinear doldurma şekli diğer doldurma şekillerine göre aynı doluluk oranlarında yaklaşık olarak % 5 ile % 10 arasında dayanım ve esneklik sağlayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: FDM, Doldurma şekli, Naylon, PA12, Mukavemet.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FILLING STRUCTURES ON STRENGTH OF PA12 MATERIAL BY FDM METHOD

Abstract

In Fused Deposition Modeling (FDM) method, the main factors affecting product quality are filling structure, occupancy rate, printing speed, material type, layer thickness, table temperature, nozzle temperature, nozzle diameter and cooling rate. It is important to reduce impact of these factors on the strength of printed products and printing products with highest strength as possible. Therefore, in this study, it is aimed to investigate the effect of different filling structures on the strength of printed products by FDM method. In this study, Nylon (PA12) filament was used as material in different filling structures (Rectilinear, Triangular, Honeycomb, Gyroid, Hilbert Curve, Octagram Spiral), occupancy rate (30 %), processing speed (4200 mm / min), nozzle diameter (0.40 mm), nozzle temperature (250 °C) and layer thickness (0, 20 mm). A total of 18 tensile test samples were produced in ISO 527 – Type 2 standards. Uniaxial tensile tests were performed to examine the strength of these tensile test samples. Data obtained from the tests were analyzed and compared. From obtained results, it was seen that filling structures had a significant effect on the printed product strength. Rectilinear filling structures with PA12 material can provide approximately strength and flexibility by 5 % to 10 % in the same occupancy rates according to the other filling structures.

Keywords: FDM, Filling Structure, Nylon, PA12, Strength.

1. GİRİŞ

Endüstride, FDM (Fused Deposition Modelling - Ergiyik Depolayarak Modelleme) yöntemi en yaygın kullanılan Üç Boyutlu (3B) yazdırma tekniklerinden biridir. Bu yöntem son yıllarda mühendislik ve medikal uygulamalarda yer bulmuş ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaygınlaşmasının nedeni ise insan müdahalesine gerek kalmadan tek operasyonla karmaşık parçaların üretilebilir olmasıdır. Ayrıca, bu yöntemle birlikte sınırlı sayıda ve kişiye özel üretim imkânları sağlanmıştır. Bu yöntem ile üretimde en yaygın kullanılan filament malzemeleri ise; akrilonitril bütadien stiren (ABS) (Ning ve ark. 2017), polilaktik asit (PLA) (Murphy ve ark. 2016) ve polietilen tereftalat glikol (PET-G) (Kam ve ark. 2018). FDM teknolojisi ile karmaşık geometriye sahip parçalar hızlı bir şekilde üretilebilir ve ek olarak diğer geleneksel imalat yöntemlerine göre daha ekonomik olmasıyla avantajlı durumdadır. Bununla birlikte FDM yöntemi, parçalar ve bileşenler üretmek için kullanılması, kalıplanmış parçalar üretmek için ise diğer geleneksel imalat yöntemlerine göre daha düşük mekanik özelliklere sahip olması nedeniyle sınırlıdır. Bu da yöntemin içsel sınırlamalarından kaynaklanır, katmanlar arasında zayıf bir şekilde yapışmanın ve parçaların heterojen mikro yapısına ek olarak küçük gözenekli kısımların oluşumu ile sonuçlanmaktadır (Dorigato ve ark. 2017). Tüm bu olumsuzluklara rağmen FDM, kalıplama teknikleriyle elde edilen özel olarak imal edilmiş kalıplarla gelen önemli başlangıç maliyetlerinin olmaması nedeniyle çok düşük hacimli ihtiyaçlara sahip ürünler için en çok tercih edilen yöntem olmuştur. Katmanlama tekniğinin geleneksel tekniğe dönüştürülmesi hem pratik hem de pahalı olabileceğinden, kayda değer araştırmalar FDM hammaddeleri için farklı polimer hammaddeler kullanarak malzeme performansının ve işlevselliğinin iyileştirilmesine odaklanmıştır (Wang ve ark., 2017). Mekanik özellikleri iyileştirmek için grafen, kısa lif, montmorillonit, metaller gibi mikron veya nano ölçekli parçacıklarla dolu ABS ve PLA kullanımına odaklanan çalışmalar yapılmaktadır (Dul ve ark., 2016). Bu çalışmaların sonuçları, basılı kompozitlerin tüm mekanik özelliklerinin, yalnız polimer malzemeye kıyasla mekanik özelliklerde bir miktar iyileşme gösterdiğinin altını çizerken, hammadde ve üretim maliyeti gibi negatif özellikleri mevcuttur. Diğer bir çalışmada ise, PA12 (petrol tabanı polyamid) ve PA11 (biyo tabanlı polyamid) tozlarının mekanik performanslarını çeşitli koşullar altında karşılaştırmışlardır. PA11 tozunun düşük sıcaklılarda daha yüksek dayanıklılık ve süneklik gösterdiğini ayrıca daha iyi hidrotermal yaşlanma dayanımına ve araştırılan koşullarda daha iyi yorulma dayanımına sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Salazar ve ark., 2014). Bu çalışmada ise endüstride yaygın kullanılan mühendislik polimerlerinden olan PA12 (Naylon) filament malzeme tercih edilerek farklı doldurma şekilleri kullanılarak diğer özellikleri aynı şartlarda olmak üzere üretilen numunelerin mukavemet özellikleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Üç boyutlu yazıcıda ürün imal edebilmek için numuneler bilgisayar ortamında SolidWorks programı kullanılarak 3B olarak tasarlanmıştır. STL formatında dilimleme ara yüz programı olan Slic3r programına aktarılmış, G kodu oluşturulduktan sonra yazıcıya bir USB bağlantısı yoluyla gönderilmiş ve 3D model platform üzerine basılmıştır. Programda tasarlanan numunelerin doluluk oranı, doldurma şekli, katman yüksekliği gibi yazdırma parametreleri Tablo 1'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 1. Yazdırma Parametreleri

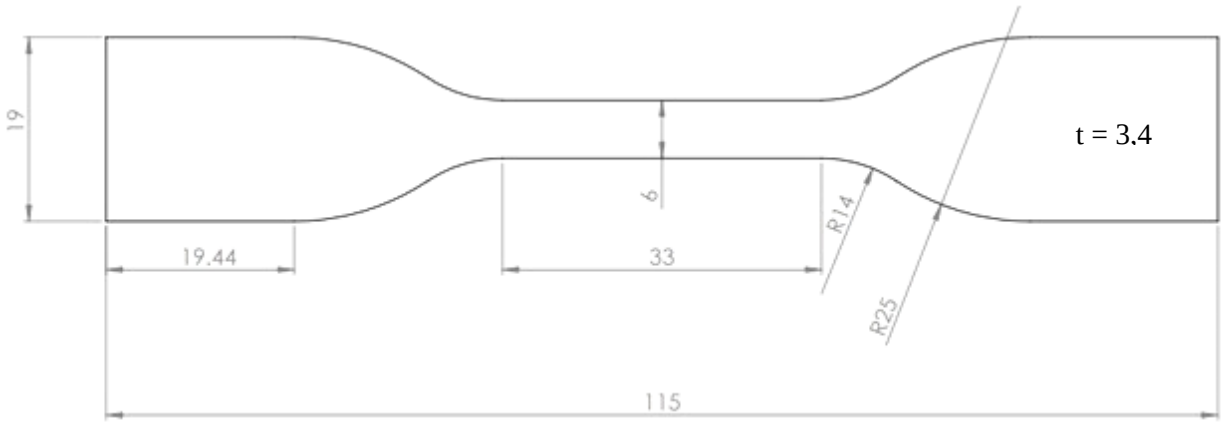
Filament Çapı (mm)	1,75
Nozul Çapı (mm)	0,40
Ekstrüder sıcaklığı (°C)	250
Tabla sıcaklığı (°C)	Isıtmasız
Doluluk oranı (%)	30
Ekstrüzyon genişliği (mm)	0,35
Katman kalınlığı (mm)	0,20
Yazdırma Hızı (mm/dak.)	4200
Boşta çalışma hızı (mm/dak.)	4800
Oda sıcaklığı (°C)	24 ± 1
Doldurma şekli	**1-** Rectilinear **2-** Triangular **3-** Honeycomb **4-** Gyroid **5-** Hilbert Curve **6-** Octagram Spiral

Deneysel çalışmalarda, Tablo 1'de belirtilen farklı doldurma şekilleri, % 30 doluluk oranı ve PA12 filament malzeme kullanılmıştır. PA12 filament malzemeye ait fiziksel ve kimyasal özellikler ise Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca PA12 tabanlı bu beyaz renkli malzeme çok iyi dengelenmiş özellikleriyle çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Yüksek rijitlik, sertlik, kimyasal direnç, uzun dönem kullanımda stabil davranış, yüksek çözünürlük, biyo uyumluluk özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Parçalar üzerinde metal kaplama, titreşimli taşlama, fırça ile boyama, elektrostatik boyama gibi yüzey işlemleri uygulanabilir. Uygulama alanları ise fonksiyonel parçalar, protez gibi medikal uygulamalar, genel enjeksiyon kalıplama ile üretilen parçalar, hareketli parçalar olarak sıralanabilir.

Tablo 2. PA12 Filament Malzeme Özellikleri (EOS Material Data Center, 2019).

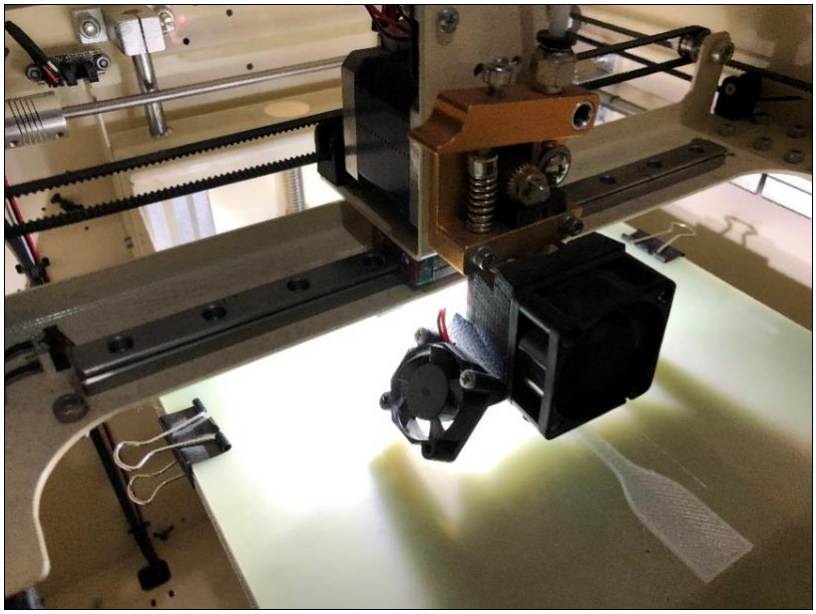
Malzeme	PA 12 (Naylon)
Filament rengi	Beyaz
Filament çapı (mm)	1,75
Yoğunluk (g / cm³)	1,01
Akma dayanımı (MPa)	48
Elastiklik modülü (MPa)	1650
Yüzde uzama (%)	118
Erime noktası (°C)	187
Isıyla eğilme sıcaklığı (°C)	95

Standart çekme testi numunesi (ISO 527 - Tip 2) ölçüleri Şekil 1'de verilmiştir.



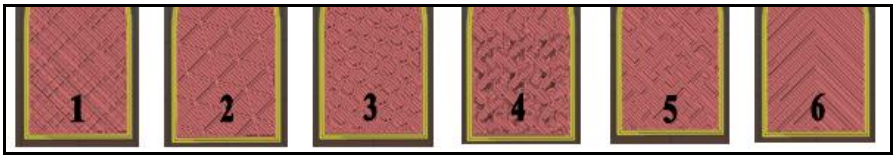
Şekil 1. ISO 527 - 2 çekme testi numunesi ölçüleri (mm)

PA12 filament malzemeden farklı doldurma şekillerinde (Rectilinear, Triangular, Honeycomb, Gyroid, Hilbert curve ve Octagram spiral) her numuneden üçer adet olmak üzere toplam 18 adet test numunesi basımı yapılmıştır. Şekil 2'de ise 3B yazıcıda FDM yöntemi ile numunelerin üretimi gerçekleştirilirken gösterilmiştir.



Şekil 2. FDM yöntemi ile numunelerin üretimi

Şekil 3'te ise farklı doldurma şekillerinin (Rectilinear, Triangular, Honeycomb, Gyroid, Hilbert curve ve Octagram spiral) kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3. Doldurma şekilleri: 1-Rectilinear, 2-Triangular, 3-Honeycomb, 4-Gyroid, 5-Hilbert Curve, 6-Octagram Spiral

Çekme testleri Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği laboratuarında bulunan UTEST marka 10 ton kapasiteli çekme testi cihazında gerçekleştirilmiştir. Çekme testi cihazı ve çekme işlemi esnasında numunelerin durumu Şekil 4'te gösterilmiştir. Çekme testleri 2 mm/dak çekme testi hızında ve her bir test numunesi için eşit şartlarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Çekme testi düzeneği

3. SONUÇ

Çekme testlerinden elde edilen çekme dayanımı verileri Tablo 3'te ve uzama verileri ise Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Çekme Dayanımı Değerleri (MPa)

Doldurma Şekli	Test 1	Test 2	Test 3	Ortalama Değer
Rectilinear	27,18	27,98	27,93	27,70
Triangular	24,13	26,66	26,07	25,62
Honeycomb	28,88	26,17	28,16	27,74
Gyroid	24,57	24,97	24,54	24,69
Hilbert Curve	26,62	25,56	25,62	25,93
Octagram Spiral	24,98	25,12	25,60	25,23

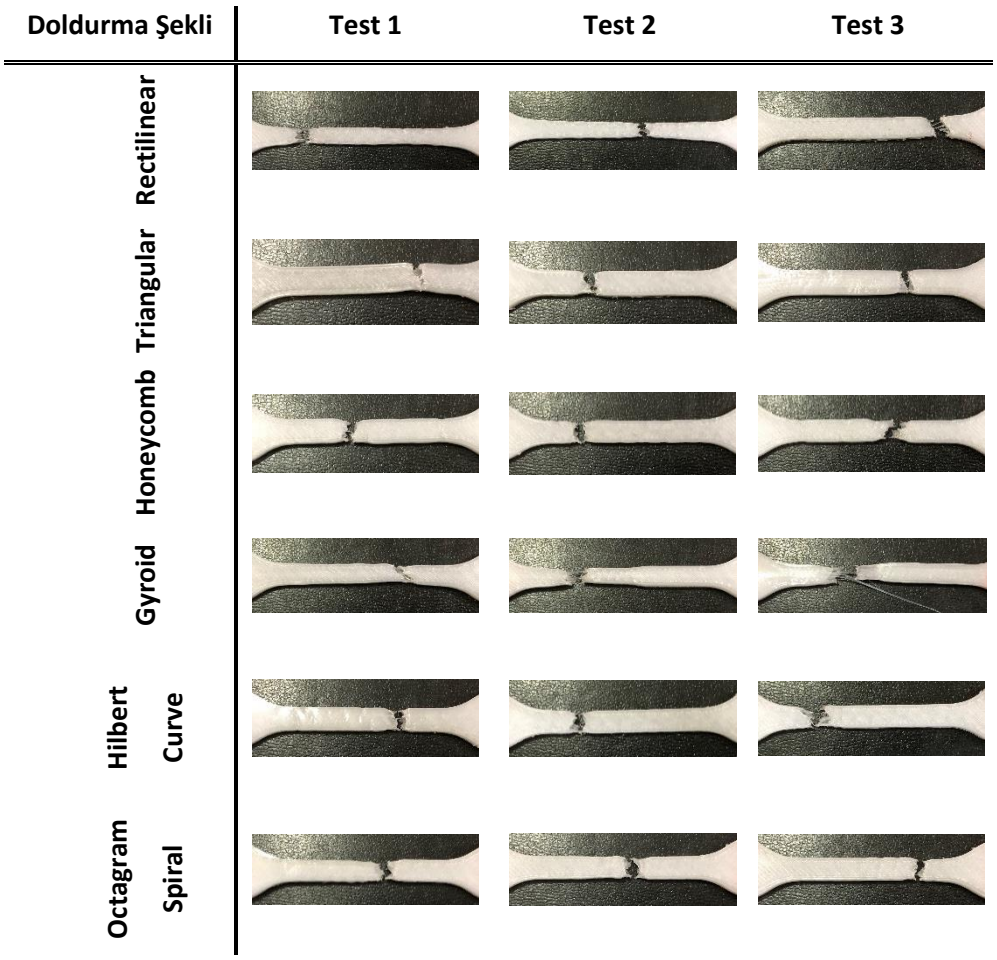
Çekme testi sonuçlarına göre; ortalama çekme dayanımlarında Gyroid, Octagram spiral, Triangular, Hilbert curve, Rectilinear ve Honeycomb sıralamasıyla artan bir çekme dayanımı elde edilmiştir. En düşük çekme dayanımı değeri Triangular doldurma şekline sahip numunelerde 24,13 MPa olarak elde edilirken, en yüksek çekme dayanımı değeri ise Honeycomb doldurma şekline sahip numunelerde 28,88 MPa olarak elde edilmiştir.

Tablo 4. Uzama Değerleri (%)

Doldurma Şekli	Test 1	Test 2	Test 3	Ortalama Değer
Rectilinear	13,86	11,86	12,98	12,90
Triangular	6,25	10,55	8,82	8,54
Honeycomb	10,77	11,61	9,07	10,48
Gyroid	11,50	13,21	12,22	12,31
Hilbert Curve	10,01	11,74	11,21	10,99
Octagram Spiral	11,85	12,29	11,08	11,74

Çekme testi yüzde uzama sonuçlarına göre; en yüksek uzama değeri Rectilinear doldurma şeklinde % 13,86 olarak görülmüştür. En küçük yüzde uzama değeri ise Triangular doldurma şeklinde % 6,25 olarak görülmüştür. Ortalama değerler karşılaştırıldığında ise Rectilinear doldurma şeklinin diğer doldurma şekillerine göre daha fazla uzama gösterdiği anlaşılmaktadır.

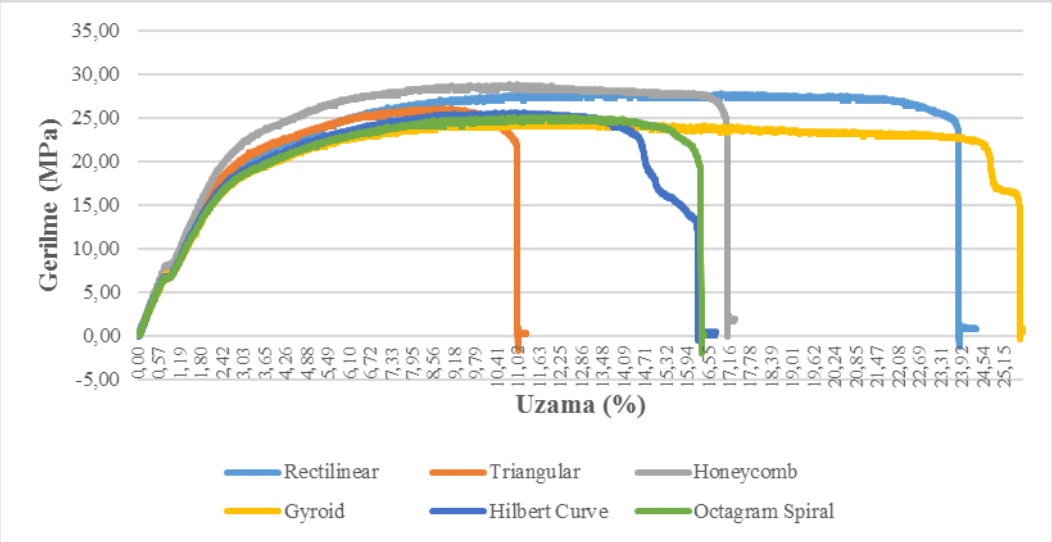
Şekil 5'de ise çekme testi sonrasında hasar görmüş numunelerin resimleri verilmiştir. Hasar görmüş numunelerin resimleri de çekme testi sonucunda elde edilen dayanım ve yüzde uzama verilerini doğrular nitelikte olduğu görülmüştür. Ayrıca, en fazla uzamanın Rectilinear doldurma şeklinde ve en az uzamanın ise Triangular doldurma şeklinde olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5. Çekme testi sonrası hasar görünümleri

4. TARTIŞMA

Şekil 6' da grafikte her bir doldurma şekli için ortalama gerilme - uzama değerleri verilmiştir.



Şekil 6. Doldurma şekillerinin ortalama gerilme - uzama grafiği

Tablo 3 ve Tablo 4'te ortalama değerleri verilen çekme testi sonuçlarından ortalama gerilme - yüzde uzama grafiği elde edilmiştir. Grafikte her bir doldurma şekli için elde edilen değerler farklı renkler ile ifade edilmiştir. Mukavemet ön planda olan uygulamalar için Rectilinear ve Honeycomb doldurma şekli PA12 filament malzemede seçilmesi daha uygundur ve PA12 filament malzemeden üretilecek parçalarda esneklik önemli olan durumlarda ise Rectilinear ve Gyroid doldurma şeklini seçmek daha uygun olacaktır. Dayanım ve esnekliğin birlikte aynı anda istendiği durumlar için ise Rectilinear doldurma şeklinin tercih edilmesi diğer doldurma şekillerine göre aynı doluluk oranlarında yaklaşık olarak % 5 ile % 10 arasında dayanım ve esneklik sağlayabilmektedir.

KAYNAKLAR

DORIGATO A., MORETTI V., DUL S., UNTERBERGER S. H. ve PEGORETTI A. (2017), Electrically conductive nanocomposites for fused deposition modelling. Synthetic Metals, 226, 7-14.

DUL S., FAMBRI L. ve PEGORETTI A., (2016), Fused deposition modelling with ABS-graphene nanocomposites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 85, 181-191.

EOS Material (2015), PA12 (PA 2200 Balance 1.0), 21.04.2019 tarihinde EOS Material Date Center sitesi: http://eos.materialdatacenter.com/eo/standard/main/ds adresinden alındı.

İPEKÇİ, A., KAM, M., ve SARUHAN, H. (2018), Investigation of 3D printing occupancy rates effect on mechanical properties and surface roughness of pet-g material products. Journal of New Results in Science, 7(2), 1-8.

KAM M., İPEKÇİ, A. ve SARUHAN, H. (2017), Investigation of 3D printing filling structures effect on mechanical properties and surface roughness of PET-G material products. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6(Özel Sayı (ISMSIT2017)), 114-121.

KAM, M. ve İPEKÇİ, A. (2018), Experimental and simulation comparison of the effect of filling structures on strenght in FDM products. IV. International Academic Research Congress.

KAM, M., SARUHAN, H. ve İPEKÇİ, A. (2018), Determination of optimum printing parameters of printed products by open and closed type of 3D printer systems with different filament materials. IV. International Academic Research Congress.

KAM, M., SARUHAN, H., ve İPEKÇİ, A. (2018), Investigation of surface treatment effect on mechanical properties of printed products by fused deposition modelling method. IV. International Academic Research Congress.

KAM, M., SARUHAN, H., ve İPEKÇİ, A. (2018), Investigation the effects of 3D printer system vibrations on mechanical properties of the printed products, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences-Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 36(3), 655-666.

KAM, M., SARUHAN, H., ve İPEKÇİ, A. (2018), surface treatments effect on surface roughness of printed products by fused deposition modelling method. IV. International Academic Research Congress.

MURPHY C. A. ve COLLINS M. N., (2018), Microcrystalline cellulose reinforced polylactic acid biocomposite filaments for 3D printing., Polymer Composites, 39(4), 1311-1320.

NING F., CONG W., HU Z. ve HUANG K., (2017), Additive manufacturing of thermoplastic matrix composites using fused deposition modeling: A comparison of two reinforcements. Journal of Composite Materials, 51(27), 3733-3742.

SALAZAR, A., RICO, A., RODRIGUEZ, J., ESCUDERO, J.S., SELTZER, R., MARTIN, F. ve CUTILLAS, E. (2014), Monotonic loading and fatigue response of a bio-based polyamide PA11 and a petrol-based polyamide PA12 manufactured by selective laser sintering, Europen Polymer Journal, 59, 36-45.

WANG X., JIANG M., ZHOU Z., GOU J. ve HUI D., (2017), 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. Composites Part B: Engineering, 110, 442–458.

3B ÜRÜN YAZDIRMA PARAMETRELERİNİN TAGUCHI METODU İLE OPTİMİZASYONU

Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM
Düzce Üniversitesi, Dr. Engin PAK Cumayeri MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Makine Programı
mendereskam@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. Ahmet İPEKÇİ
Düzce Üniversitesi, Dr. Engin PAK Cumayeri MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Endüstriyel Kalıpçılık Programı
ahmetipekci@duzce.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, ekstruder sıcaklığı, baskı hızı ve katman kalınlığı gibi FDM (Fused Deposition Modelling - Ergiyik Depolayarak Modelleme) yönteminde yazdırma parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü gibi en önemli kalite özellikleri üzerindeki etkileri deneysel olarak sunulmuştur. FDM yöntemiyle üretilen numuneler dolgu boşluklarından dolayı yüzey hatası yapma eğilimindedir. Bu nedenle deneysel çalışmada, üç farklı yazdırma parametresi ile 9 adet numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Yazdırma parametleri; ekstruder sıcaklığı (240, 250, 260 ° C), baskı hızı (3000, 3600, 4200 mm / dak) ve katman kalınlığı (100, 200, 300 µm) olarak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü özelliklerini belirlemek için, Naylon (PA12) filament malzeme kullanılmıştır. Deney için Taguchi (L_9) optimizasyon yöntemi ile FDM yazdırma parametrelerinin etkisini belirlemek için regresyon analizi, Varyans Analizi (ANOVA), Sinyal / Gürültü (S/N) oranı gibi analitik yöntemler kullanılmıştır. Sonuçlar, bu parametrelerin yüzey kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. İşlem parametrelerinin önem sıralamasında; sırasıyla katman kalınlığı, ekstruder sıcaklığı ve yazdırma hızı etkili olmuştur.

Anahtar Kelimeler: FDM, Naylon, PA12, Yüzey Pürüzlülüğü, Taguchi, Optimizasyon.

OPTIMISATION OF 3D PRODUCT PRINTING PARAMETERS BY TAGUCHI METHOD

Abstract

This paper presents experimental work that effects of the main process parameters of FDM (Fused Deposition Modelling) such as extruder temperature, printing speed, and layer thickness, on the quality characteristics such as surface roughness. The samples were printed by the FDM method tend to have surface defects due to their fill gaps. Therefore, in this experimental study, 9 samples were produced with three different printing parameters. Printing parameters; extruder temperature (240, 250, 260 ° C), printing speed (3000, 3600, 4200 mm / min) and layer thickness (100, 200, 300 µm). Nylon (PA12) filament material was used to determine surface roughness properties in experimental study due to the their durability with high tensile strength. For the optimisation, analytical methods such as regression analysis, ANOVA, Signal / Noise (S / N) ratio were used to determine the effect of FDM process parameters by Taguchi (L_9) optimization method. The results have showed that these parameters have a significant effect on surface quality. The importance of the process parameterson surface roughness; layer thickness, extruder temperature and printing speed were effective respectively.

Keywords: FDM, Nylon, PA12, Surface Roughness, Taguchi, Optimization.

1. GİRİŞ

Katmanlı imalat veya eklemeli imalat teknolojisi, Üç Boyutlu (3B) nesne oluşturmak için çeşitli malzeme türleri kullanılarak istenen geometriye sahip ürünlerin basımı için geliştirilmiştir. Ayrıca bu yöntem, günümüzde prototipler, aletler ve fonksiyonel son kullanıcı odaklı ürünler elde etmek için üretime zemin oluşturmaktadır (Kruth ve ark. 2007). Bununla birlikte, bu teknolojilerin ticari olarak temin edilebilmesine rağmen cihazların fiyat aralığı çok geniş bir aralığa sahiptir. Son zamanlarda, bu tip cihazların maliyeti teknolojinin gelişmesi ile birlikte düşmekte olup, FDM (Fused Deposition Modelling - Ergiyik Depolayarak Modelleme) tabanlı teknoloji küçük bir kahve makinesi gibi ev aletleri haline gelmektedir. Bu konuda, FDM yöntemiyle üretilen parçaların kalitesi, mekanik özellikleri, yüzey kalitesi ve ölçüsel doğruluğu esas alınarak deneysel çalışmalar yapılmaktadır (Kam ve ark. 2018; İpekçi ve ark. 2018).

Literatürde, Tymrak ve ark. 3B yazıcıyla üretilen PLA ve ABS parçalarının çekme dayanımı ve elastisite modülünü araştırmışlardır (Tymrak ve ark. 2014). Doldurma açısı oryantasyonu ile ilgili olarak, malzemenin termal davranışının da mekanik özellikleri etkilediğini tespit etmişlerdir. (Zaldivar ve ark. 2017). Uygun doldurma açısını seçerek ve katman kalınlığını azaltarak, yazdırılan kısmın yüzey kalitesinin iyileştiğini gözlemlemiştir (Baul, 2014). FDM yöntemiyle benzer bir araştırma da beş farklı doldurma açısının (0, 30, 45, 60 ve 90°) ve üç farklı yönde (yatay, dikey ve dikey) yüzey pürüzlülüğü ve mekanik özellikler üzerindeki etkisini araştırmak için çalışma yapmışlar ve ABS malzemeden basılan numunelerin çekme dayanımı, eğilme dayanımı, üretim süresi, maliyeti, doldurma açısı ve parçanın tabla üzerindeki oryantasyonunun yüzey pürüzlülüğü ve mekanik özelliklere etki ettiğini tespit etmişlerdir (Durgun ve Ertan, 2014). Ayrıca korelasyon analiziyle birlikte, tabaka kalınlığı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin ters orantıda belirtildiği gibi, yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için tabaka kalınlığının etkisi fazladır (Anitha ve ark. 2001). FDM yöntemiyle çalışan bir 3B açık kaynaklı yazıcı için boyutsal performans ile ilgili olarak Ortogonal Dizi L_9 Taguchi yöntemi kullanılarak PLA ve ABS filament malzemeden basılan parçaların ölçüsel doğruluğu ile işlem parametrelerini optimize etmek için kullanılmıştır (Galantucci ve ark., 2015). Ek olarak, Taguchi optimizasyonuyla ilgili olarak doluluk oranı (% 20, % 50 ve % 70), katman kalınlıkları (0,1, 0,2 ve 0,3 mm) ve dış kabuk sayısı (1, 2 ve 3 adet) gibi proses parametreleri kullanılarak dikdörtgen şeklinde bir numune PLA filament malzemeden üretilerek ölçüsel doğruluğunun % 20 doluluk oranında ve 0,2 mm katman kalınlığında ve dış kabuk sayısının 3 adet seçildiğinde daha iyi sonuçlar elde edilebildiğini açıklamışlardır (Moza ve ark., 2015).

Bu çalışmada ise endüstride yaygın olarak kullanılan mühendislik polimerlerinden olan PA12 (Naylon) filament malzeme tercih edilerek yazdırma parametreleri; ekstruder sıcaklığı (240, 250, 260 ° C), baskı hızı (3000, 3600, 4200 mm / dak) ve katman kalınlığı (100, 200, 300 µm) kullanılarak diğer özellikleri aynı şartlarda olmak üzere basılan numunelerin optimum yüzey kalitesi için yazdırma parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Taguchi Metodu ve Deney Parametreleri

FDM yöntemi ile üretilmiş numunelerin yüzey kalitesini değerlendirmek için Taguchi deney yöntemi tasarlanıp uygulanmıştır. Taguchi yönteminde, ortogonal diziler adı verilen özel bir dizi kullanılır. Bu standart diziler, performans parametrelerini etkileyen tüm faktörlerin tam bilgisini verecek minimum deney sayısını belirlememize yardımcı olur. FDM yöntemiyle üretimde yüzey kalitesini etkileyen en önemli yazdırma parametreleri Tablo 1'de verilmiştir ve parametreler sınırlı olduğu için L_9 dizisi seçilmiştir. Tablo 2'de ise L_9 deney düzeni ve sırası verilmiştir. Taguchi yöntemi, en yaygın kullanılan optimizasyon yöntemlerinden biridir. Bu yöntem çok faktörlü tam faktöriyel tasarımlarla ilişkili çok sayıda deney yardımıyla ulaşılabilecek sonuçların üstesinden gelmek için geliştirilmiştir (Zhang ve Peng, 2012).

Tablo 1. Taguchi Deneyinde Yazdırma Parametreleri ve Seviyeleri

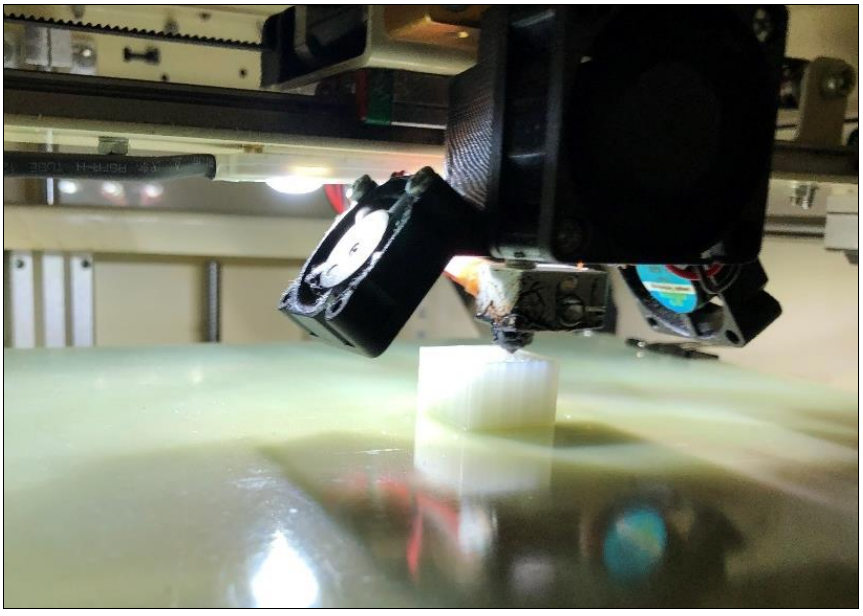
Faktörler	Birim	Seviyeler	Çıktılar
Ekstruder Sıcaklığı (ES)	°C	240, 250, 260	R_a (µm)
Yazdırma Hızı (YH)	mm/dak	3000, 3600, 4200	
Katman Kalınlığı (KK)	µm	100, 200, 300	

Tablo 2. Taguchi L_9 Deney Düzeni ve Sırası

Deney No	Ekstruder Sıcaklığı - ES (°C)	Yazdırma Hızı - YH (mm/dak)	Katman Kalınlığı - KK (µm)
1	240	3000	100
2	240	3600	200
3	240	4200	300
4	250	3000	200
5	250	3600	300
6	250	4200	100
7	260	3000	300
8	260	3600	100
9	260	4200	200

2.2. 3B Numune Yazdırma ve Kullanılan Filament Malzeme

3B yazıcıda numunelerin imal edebilmesi için öncelikle numuneler bilgisayar ortamında SolidWorks programı kullanılarak 3B olarak tasarlanmış ve STL formatında dilimleme ara yüz programı olan Slic3r programına aktarılmıştır. G kodu oluşturulduktan sonra, yazıcıya bir USB bağlantısı yardımıyla gönderilmiş ve 3B model platform üzerine basılmıştır. Şekil 1'de 3B yazıcıda FDM yöntemi ile numunelerin üretimi gerçekleştirilirken gösterilmiştir.



Şekil 1. FDM yöntemi ile numunelerin üretimi

Programda tasarlanan numunelerin doluluk oranı, doldurma şekli, katman kalınlığı gibi yazdırma parametreleri, Tablo 3'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 3. Yazdırma Parametreleri

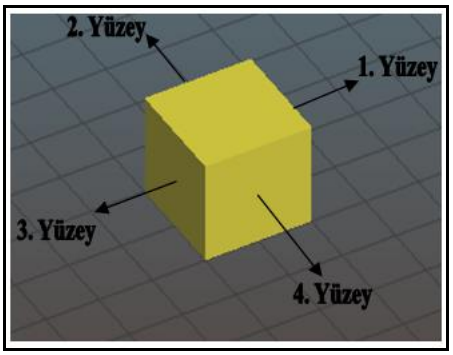
Filament Çapı (mm)	1,75
Nozul Çapı (mm)	0,40
Ekstruder sıcaklığı (°C)	240, 250, 260
Tabla sıcaklığı (°C)	Isıtmasız
Doluluk oranı (%)	30
Ekstrüzyon genişliği (mm)	0,35
Katman kalınlığı (µm)	100 200 300
Yazdırma Hızı (mm/dak)	3000 3600 4200
Boşta çalışma hızı (mm/dak)	4800
Oda sıcaklığı (°C)	24 ± 1
Doldurma şekli	Rectilinear

Deneysel çalışmada, PA12 filament malzeme kullanılmış ve malzemeye ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 4'de verilmiştir. Ayrıca, PA12 beyaz renkli malzeme çok iyi dengelenmiş özellikleriyle fonksiyonel parçalar, medikal uygulamalar (protez), kalıplama ile üretilen parçalar ve hareketli parçalar olmak üzere birçok farklı uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek rijitlik, sertlik, kimyasal direnç, uzun dönem kullanımda stabil davranış, yüksek çözünürlük, biyo-uyumluluk özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Basılan parçaların üzerine üretim sonrası yüzey işlemleri (metal kaplama, titreşimli taşlama, fırça ile boyama, elektrostatik boyama gibi) uygulanabilmektedir.

Tablo 4. Malzeme Özellikleri (EOS Material Data Center, 2019).

Malzeme	PA12 (Naylon)
Filament rengi	Beyaz
Filament çapı (mm)	1,75
Yoğunluk (g / cm³)	1,01
Akma dayanımı (MPa)	48
Elastiklik modülü (MPa)	1650
Yüzde uzama (%)	118
Erime noktası (ºC)	187
Isıyla eğilme sıcaklığı (ºC)	95

3B ürün yazdırma işlemlerinde kalibrasyon numunesi olarak kabul edilen ölçüleri Şekil 2'de verilmiş olan 20x20x20 mm ölçülerindeki küp, PA12 filament malzemeden Tablo 2'de gösterilen Taguchi L_9 deney düzenine göre parametreler ayarlanarak deney no sırasına göre yazdırma işlemleri yapılarak deneyler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Deney numunesi (20x20x20 mm)

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Mahr marka Marsurf PS 10 model yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler LC ISO-16610 - 21 standardında olup ölçüm mesafesi 4,8 mm uygulanmıştır. Şekil 3'te gerçekleştirilen yüzey ölçümlerinin uygulanmasına ait bir resim verilmiştir.



Şekil 3. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü

3. SONUÇ

Deneysel çalışmada Şekil 2'de gösterilen 3B küp numunelerin dört farklı yanal yüzeyinden Şekil 3'de gösterildiği gibi üçer kez farklı ölçüm almak kaydıyla yüzey pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalaması alınmıştır. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ve sinyal gürültü oranları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Taguchi L_9 ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) ve S/N değerleri

No	Ekstruder Sıcaklığı-ES (°C)	Yazdırma Hızı-YH (mm/dak)	Katman Kalınlığı-KK (µm)	Ra (µm)	S/N (dB)
1	240	3000	100	6,766	-16,6066
2	240	3600	200	14,001	-22,9232
3	240	4200	300	19,956	-26,0015
4	250	3000	200	13,736	-22,7572
5	250	3600	300	20,127	-26,0756
6	250	4200	100	6,594	-16,3830
7	260	3000	300	18,911	-25,5343
8	260	3600	100	6,713	-16,5383
9	260	4200	200	12,458	-21,9090

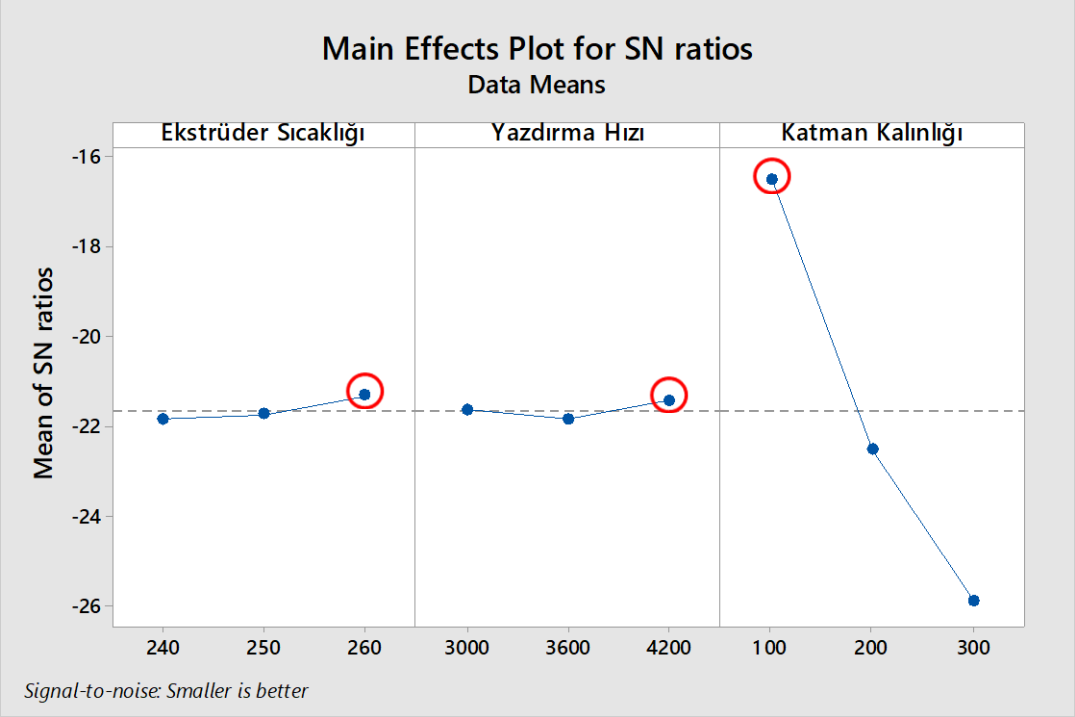
Varyans analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre tüm parametrelerin istatistikî olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Parametrelerin etkileri ve seviyeleri için ana etki çizimi Şekil 4'te gösterilmiştir. 3B üretimde yüzey pürüzlülüğü düşük olması istenir ve tercih edilir ama hiçbir zaman pürüzsüz yüzey elde etmek mümkün olamamaktadır. Bu yüzden, analiz yapılırken ortalama yüzey pürüzlük değeri için en küçük daha iyidir yöntemi seçilmiştir. Yani yüzey pürüzlülük değerinin en düşük olması için S/N oranın hesaplanması için en küçük daha iyidir hesaplaması Minitab18 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Taguchi analizinden elde edilen optimize edilmiş işlem parametreleri ve bunlara karşılık gelen sıralama Tablo 7'de ve Tablo 8'de gösterilmiştir. R^2 regresyon belirtme katsayısı % 99,92 ve standart sapma 0,328561 olarak hesaplanmıştır. % 95 güven aralığında R_a'nın tahmini için Doğrusal Regresyon Denklemi (1)'de verilmiştir.

Yüzey Pürüzlülüğü, Ra'nın tahmininde kullanılan Doğrusal Regresyon Denklemi;

Ra = 13,251+ 0,323 ES_240+ 0,234 ES_250- 0,557 ES_260-0,114 YH_3000+ 0,362 YH_3600 - 0,249 YH_4200 - 6,560 KK_100 + 0,147 KK_200 + 6,413 KK_300 **(1)**

Tablo 6. R_a İçin Parametrelerin Varyans Analizi Tablosu

Faktör	DF	Adj SS	Adj MS	F – Değeri	P - Değeri
Ekstruder Sıcaklığı	2	1,410	0,705	6,53	0,133
Yazdırma Hızı	2	0,618	0,309	2,86	0,259
Katman Kalınlığı	2	252,571	126,286	1169,83	0,001
Hata	2	0,216	0,108		
Toplam	8	254,815			



Şekil 4. Yüzey Pürüzlülüğü için parametrelerin S / N Oranları

Tablo 7. Daha Küçük Daha İyi Kriterine Göre Parametre Etkilerinin Sıralaması ve S/N Oranları

Seviye	Ekstruder Sıcaklığı	Yazdırma Hızı	Katman Kalınlığı
1	-21,84	-21,63	**-16,51**
2	-21,74	-21,85	-22,53
3	**-21,33**	**-21,43**	-25,87
Fark	0,52	0,41	9,36
Sıralama	2	3	1

Tablo 8. En Düşük Yüzey Pürüzlülük Değerleri İçin Optimum Yazdırma Parametreleri

Ekstruder Sıcaklığı (°C)	Yazdırma Hızı (mm/dak)	Katman Kalınlığı (µm)
260	4200	100

Tablo 9. Ölçülen ve Taguchi Yöntemiyle Tahmin Edilen Yüzey Pürüzlülüğü Değerlerinin Karşılaştırılması

Deney No	Ölçülen Ra (µm)	Tahmini Ra (µm)
1	6,766	6,900
2	14,001	14,084
3	19,956	19,739
4	13,736	13,519
5	20,127	20,261
6	6,594	6,677
7	18,911	18,994
8	6,713	6,496
9	12,458	12,592

Bu çalışmada, 3B yazdırma parametreleri olarak seçilen etkili parametrelerden ekstruder sıcaklığı, yazdırma hızı ve katman kalınlığı için belirlenen seviyelerde deneyler yapılarak bu deney sonuçları yardımıyla yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri istatistiksel olarak araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında belirtilen sınırlar içerisinde elde edilen test sonuçlarından aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

- Boyutsal doğruluğu ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için PA12 malzemeyle yapılan yazdırma işlemlerinde optimum parametre seçimi, ekstruder sıcaklığı 260 °C, yazdırma hızı 4200 mm/dak ve katman kalınlığı 100 µm değerlerinde olması uygundur, fakat bu parametre seviyeleri başka ortam, malzeme ve cihazlar için geçerli olmayabilir.
- İşlem parametrelerinin sıralamasında birinci etkili parametre katman kalınlığı, ikinci etkili parametre ekstruder sıcaklığı, üçüncü etkili parametre ise yazdırma hızı olmuştur.
- R_a'nın tahmin modeli ile deneysel arasında ki fark maksimumda % 3,25 değerini geçmemiştir. Geliştirilen regresyon modeli R_a'nın tahmini için yeterli ve güvenli olduğu söylenilebilir.
- Çalışmada hesaplanan ekstruder sıcaklığının (260 °C), PA12 filament üreticilerinin tavsiye ettiği sıcaklık değeri sınırında bulunmuştur.

- Farklı firmalardan temin edilen filamentlerde önerilen sıcaklık değerlerinin ve yüksek yazdırma hızında gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan yazıcı hassasiyetinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

ANITHA, R., ARUNACHALAM, S., ve RADHAKRISHNAN, P. (2001), Critical Parameters Influencing the Quality of Prototypes in Fused Deposition Modeling, Journal of Materials Processing Technology, 118(1-3), 385-388.

BUAL, G. S. (2014), Methods to Improve Surface Finish of Parts Produced by Fused Deposition Modeling, Manufacturing Science and Technology, 2(3), 51-55.

DURGUN, I. and ERTAN, R. (2014), Experimental Investigation of FDM Process for Improvement of Mechanical Properties and Production Cost, Rapid Prototyping Journal, 20(3), 228-235.

EOS Material (2015), PA 12 (PA 2200 Balance 1.0), 21.04.2019 tarihinde EOS Material Date Center sitesi: http://eos.materialdatacenter.com/eo/standard/main/ds adresinden alındı.

GALANTUCCI, L. M., BODI, I., KACANI, J. and LAVECCHIA, F. (2015), Analysis of Dimensional Performance for a 3D Open-Source Printer Based on Fused Deposition Modeling Technique, Procedia CIRP, 28, 82-87.

İPEKÇİ, A., KAM, M. and SARUHAN, H. (2018), Investigation of 3D Printing Occupancy Rates Effect on Mechanical Properties and Surface Roughness of Pet-G Material Products, Journal of New Results in Science, 7(2), 1-8.

KAM M., İPEKÇİ, A. and SARUHAN, H. (2017), Investigation of 3D Printing Filling Structures Effect on Mechanical Properties and Surface Roughness of PET-G Material Products, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6(Özel Sayı (ISMSIT2017)), 114-121.

KAM, M. and İPEKÇİ, A. (2018), Experimental and Simulation Comparison of the Effect of Filling Structures on Strenght in FDM Products, IV. International Academic Research Congress.

KAM, M., SARUHAN, H. and İPEKÇİ, A. (2018), Determination of Optimum Printing Parameters of Printed Products by Open and Closed Type of 3D Printer Systems with Different Filament Materials, IV. International Academic Research Congress.

KAM, M., SARUHAN, H. and İPEKÇİ, A. (2018), Investigation of Surface Treatment Effect on Mechanical Properties of Printed Products by Fused Deposition Modelling Method, IV. International Academic Research Congress.

KAM, M., SARUHAN, H., and İPEKÇİ, A. (2018), Investigation the Effects of 3D Printer System Vibrations on Mechanical Properties of the Printed Products, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences-Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 36(3), 655-666.

KAM, M., SARUHAN, H., and İPEKÇİ, A. (2018), Surface Treatments Effect on Surface Roughness of Printed Products by Fused Deposition Modelling Method, IV. International Academic Research Congress.

KRUTH, J. P., LEVY, G., KLOCKE, F., ve CHILDS, T. H. C. (2007). Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing. CIRP annals, 56(2), 730-759.

MOZA, Z., KITSAKIS, K., KECHAGIAS, J. and MASTORAKIS, N. (2015), Optimizing Dimensional Accuracy of Fused Filament Fabrication Using Taguchi Design, In 14th International Conference on Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems, Salerno, Italy.

TYMRAK, B. M., KREIGER, M. and PEARCE, J. M. (2014), Mechanical Properties of Components Fabricated with Open-Source 3-D Printers Under Realistic Environmental Conditions, Materials & Design, 58, 242-246.

ZALDIVAR, R. J., WITKIN, D. B., MCLOUTH, T., PATEL, D. N., SCHMITT, K. and NOKES, J. P. (2017), Influence of Processing and Orientation Print Effects on the Mechanical and Thermal Behavior of 3D-Printed ULTEM® 9085 Material, Additive Manufacturing, 13, 71-80.

Zhang, J. W. and Peng, A. H. (2012), Process-Parameter Optimization for Fused Deposition Modeling Based on Taguchi Method. In Advanced Materials Research, 538, pp. 444-447.

MEDİKAL SEKTÖRDE KULLANMAK İÇİN POLİ-VİNİL KLORÜR (PVC) ESASLI HORTUM ÜRETİMİ

Ümit Kurtulmuş[1]

[1]Çelik İhracatçıları Birliği Ali Nuri Çolakoğlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Gebze, Turkey
umitkurtulmus@gmail.com

Prof. Dr. Hüseyin Ünal[2]

[2]Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya, 54188, Turkey
unal@sakarya.edu.tr

Özet

İmalat sektörünün gelişmesi ve imalat sektörünün en önemli gereksinimi olan enerjinin maksimum verimle kullanılması, küresel ısınma probleminin önlenmesi için çok önemlidir. Söz konusu alanda plastik ekstrüzyon sektörü de imalat sektöründe büyük bir yer tutmaktadır. Bu durumda, plastik ekstrüzyon prosesinde verimin ve enerji kayıplarının en aza indirilmesi çok önemli bir konudur. Bu çalışmada; serum torbaları, kan torbaları ve katater sistemleri gibi medikal alanda kullanılmak amacıyla poli-vinil-klorür esaslı plastik hortum üretimi araştırılmıştır. Farklı çaplardaki medikal hortum üretimleri tek vidalı bir ekstrüderde üretilmiştir. Hortumların üretimi için kullanılan malzemeler, özellikleri, hortum test standartları araştırılmış olup hortum üretimi için gerekli olan ekstrüder makinası, ısıtıcılar, ekstrüder hortum kafa kalıbı, soğutma ünitesi gibi aksamlar ve ekstrüzyon üretim prosesi detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polivinilklorür, hortum, ekstrüder, medikal, polimer

POLY-VINYL-CHLORIDE (PVC) BASED HOSE PRODUCTION FOR USE IN MEDICAL SECTOR

Abstract

Survival of production industry and maximum beneficialusage of energy in production industry is crucial for development of world countrie sandtoavoid global warming. Plastic extrusion industry takes an important role in productionindustry. Forthatreason, decreasingtheamount of out put lossandexergyloses in plastic extrusion is an important issue. In this study; production of poly-vinyl-chloride based plastic tubing for use in the medical field such as serum bags, blood bags and catheter systems were investigated. The production of medical hoses of different diameters is produced in a single screw extruder. Medical materials used for the production of hoses, it's properties, hose test standards have been investigated and the hose production required for the extruder machine, heaters, extruder hose head mold, parts such as cooling units and the extrusion manufacturing process are explained in detail.

Keywords: Polyvinylchloride, hose, extruder, medical, polymer

1. GİRİŞ

Plastik işleme sektörü her geçen gün hem dünyada hem de ülkemizde sürekli gelişen sektörlerden birisidir. Giyim, gıda, otomotiv, beyaz eşya gibi birçok üretim alanının vazgeçilmez hammaddesi olarak kullanılan plastikler, medikal alanda da kullanılan bir çok araç gereç ve ürünün hammaddesidir. (Savaşçı ve ark., 2017) Medikal hortumlar, Tıbbi Cihaz Yönetmeliği' ne göre aksesuar olarak tanımlanırlar. Aksesuar; kendi başına tıbbi cihaz olmayan, tıbbi cihazın amacına uygun kullanılabilmesi için cihazla birlikte kullanılmak için tasarlanmış ve üretilmiş parçalardır. Serum, kan alma, difüzyon ve kateter hortumları tıbbi cihazlar ile kullanılan aksesuarlardır.

Katma değeri yüksek parçaların tasarım ve üretiminin teknoloji ve sanayi kalkınması açısından hayati öneme sahip olduğu çağımızda, medikal alanlarda kullanılan cihaz ve aksesuarların üretilmesi hem ülkemiz hem de sanayideki gelişimimiz açısından çok etkili olacaktır. Ülkemizde İstanbul, Ankara, İzmir ve Samsun illerimizde bu sektörde faaliyet gösteren firmalar olsa da Espicom 2015 araştırmasına göre dünyada tıbbi cihaz pazarının; ABD %49'una, Japonya %12'sine, Almanya %11'ine ve Türkiye ise %1'ine sahiptir. (Aso, 2014)

Kan nakli, diyaliz makinesi ile kanın süzülmesi, beslenme ve solunum amaçlı tüp formundaki uygulamalar, kataterler, hortumlar PVC, PE veya Silikon ham maddelerinden üretilirler. Tıbbi alanlarda kullanılan hortumlar genellikle PVC ham maddesinden üretilmektedirler. (Blass, 2001) Yapılan bu çalışmada medikal sektörde kullanmak için polivinilklorür (PVC) esaslı hortum üretimi araştırılmış ve farklı çaplardaki medikal hortumların üretimi gerçekleştirilmiştir. Hortumlar ekstrakorporeal tüp set ve roller pompa kullanımlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Üretimde toksit içermeyen ham madde kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Tıbbi Cihazlar Yönetmeliği Ek IX' da belirlenen esaslara göre Tıbbi Cihazlar Sınıf I, IIa, IIb ve III olarak dört sınıfa ayrılır. Bu sınıflandırma kurallarına göre üretimini yaptığımız medikal hortumlar, invazif olmayan, geçici süreli kullanımı amaçlanan cihazlar olarak adlandırılır ve Sınıf I içerisinde yer alırlar. Bu sınıflandırmaya göre de TS EN ISO 10993 standardına göre hangi biyolojik testlerin uygulanacağına karar verilir.

2.1.Materyal

Yapılan araştırma çalışmasında, Ekmen Plastik (İstanbul) firmasından temin edilen EKP-MG80E ürün kodlu medikal PVC granülü, dairesel kesitli açılı beslemeli plastik ekstrüzyon boru kalıbı ve ekstrüder tezgahı kullanılmıştır.

2.2.Medikal PVC

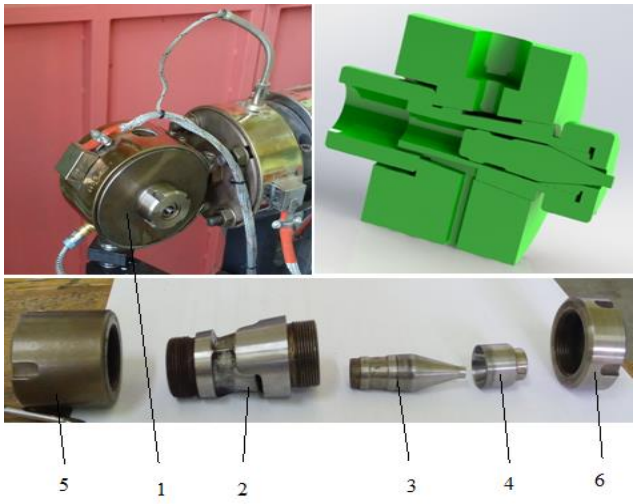
Çalışmada kullanılan medikal PVC granülünün yoğunluğu 1,22 gr/cm³' tür. Sertliği 82 shore-A' dır. Lot numarası 140617-S01' dir. Çekme dayanımı 15 MPa, ve uzaması % 250' dir. (Ezdeşir ve ark., 2006) Ham madde kristal berraklığı renginde olup, kokusuzdur. İçerisinde ftalat, kalay, BPA, ve latex bulunmamaktadır.. ETO ve buhar sterilizasyonlarına uygundur. Mükemmel şeffaflıktadır. Radyo frekans ile kaynatılabilir.



Şekil 1. Medikal PVC granülü

2.3.Ekstrüzyon Boru Kalıbı

Ekstrüderde eritilmiş plastik ham maddenin sürekli daralan konik akış kanalından ilerleyerek, sabit boşluktan sürekli bir şekilde zorlanarak çıkartılmasını sağlayan parçaya ekstrüzyon kalıbı denir. (Akkurt, 2007) Kalıptan çıkan ürünün biçimine göre ekstrüzyon kalıpları; dairesel kesitli çubuk, boru, profil, levha, kablo kaplama, film şişirme kalıpları diye adlandırılırlar. **(**Michaeli, 2003)



Şekil 2.Dairesel kesitli, açılı beslemeli ekstrüzyon boru kalıbı

Medikal hortumların üretiminde kullandığımız şekil 2.2' de gösterilen dairesel kesitli, açılı beslemeli ekstrüzyon boru kalıbının 1 numaralı parçası gövdedir. Gövde tüm kalıp elemanlarını üzerinde taşıyan kalıp elemanıdır. Üzerine açılan M24x3 ölçülerindeki diş ile kalıbın ekstrüzyon tezgahına bağlantısı yapılmıştır. C45 imalat çeliğinden üretilmiştir. Kalıbın 2 numaralı parçasının ismi torpidodur. Torpidonun görevi; vidadan aldığı dairesel hareket ile çıkışa doğru ilerleyen eriyik hammaddenin hareketini doğrusal harekete dönüştürmektir. Eriyik haldeki polimerin kalıpta ilk temas ettiği yüzey torpidodur. Maruz kaldığı ısı ve basınçtan dolayı paslanmazlık ve korozyon direncine sahip olan DIN 1.2316 (X38CrMo17) plastik kalıp çeliğinden üretilmiştir. Kalıbın 3 numaralı parçasının ismi pimdir. Hortumun iç çapının oluşturulduğu kalıp elemanıdır. Pimin konik yüzeyi 10º açılı işlenmiştir. Korozyon dayanımı, parlatılabilirlik ve işlenebilirlik özelliğinden dolayı DIN 1.2083 ESR (X42Cr13) plastik kalıp çeliğinden üretilmiştir. Kalıbın 4 numaralı parçasının ismi kalıptır. Hortumun dış çapının oluşturulduğu kalıp elemanıdır. Pim ile aynı özelliklerinden dolayı DIN 1.2083 ESR (X42Cr13) plastik kalıp çeliğinden üretilmiştir. Kalıp parçasının iç yüzeyi de 10 º konik işlenmiştir.Horumun iç ve dış çaplarını oluşturan pim ve kalıp elemanlarının üretildiği malzemenin parlatılabilirliği iyi olmalıdır. Aksi taktirde hortum iç ve dış yüzeylerinde istenilen yüzey kalitesi elde edilemez. DIN 1.2083 ESR (X42Cr13), şeffaf plastik ürünlerin üretiminde genellikle tercih edilen kalıp çeliği malzemesidir. Kalıbın 5 ve 6 numaralı parçalarının ismi bağlantı somunlarıdır. Bağlantı somunlarının görevi; kalıp elemanlarının gövdeye tespitini sağlamaktır. C45 imalat çeliğinden üretilmiştir. (Megep, 2019)

2.4.Ekstrüder Tezgahı

Medikal hortum üretiminde Novama marka NTB 30/25D model ekstrüder tezgahı kullanılmıştır. PVC, PE, PP, PA gibi hammaddeler kullanılarak profil, hortum, boru, kablo vb. ürünlerin üretimi için kullanılabilecek özelliklerde bir tezgahtır. Tezgahta 30 mm çapında düz hatveli EBM Barrier vida kullanılmıştır. Vida ve kovan nitrasyon çeliğinden üretilmiş ve sertleştirilmiştir. Vidanın efektif plastifikasyon boyu 25D' dir. Vidalar L/D oranına göre imal edilirler. L/D oranı işlenecek plastik ham maddenin cinsine göre belirlenir. L/D oranı 10 ile 30 mm arasındadır. Termoplastikler ve katkı maddeleri ilave edilen plastik hammaddeler için yüksek, elastomerler için düşük L/D oranı alınmalıdır. L/D oranı 23 mm' den büyük olan vidalarda eriyik kalitesi çok yüksek olur. L/D oranı aşağıdaki eşitlik kullanılarak (denklem 1) ifade edilmiştir. (Akkurt, 2007)

$$L/D=\frac{\text{Vidanın Hatve Boyu}}{\text{Vida Diş Üstü Çapı}} \quad (1)$$

Denklemdeki; L= Vidanın hatve boyunu, D= Vidanın diş üstü çapını göstermektedir.



Şekil 3.Ekstrüder tezgahı

Tezgahta enerji tasarrufu sağlayan AC motor kullanılmıştır. Vida hızını sonsuz ayarlayabilen AC vektörel tip hız kontrol ünitesi vardır. Şekil 3'te gösterilen ekstrüder tezgahında 3 adet kovan, 2 adet kalıp ısı bölgesi mevcuttur. Medikal hortum üretimlerinde kullandığımız ekstrüder tezgahının teknik özellikleri tablo 1' de gösterilmiştir.(Novama, 2011)

Tablo 1.NTB30/25 ekstrüder tezgahı teknik özellikleri

Model	Motor Gücü (kw)	Vida Çapı (mm)	L/D	Max. Vida Hızı (rpm)	Kovan Isı Bölgesi	Kalıp Isı Bölgesi	Ort. Kapasite (kg/h)
NTB30/25D	4	30	25	100	3	2	12

2.5.Medikal Hortumların Ekstrüzyon Hattında Üretimi

Medikal hortumlar diğer tüm boru ve hortumlarda olduğu gibi ekstrüzyon hatlarında üretilirler. Üretimde genellikle PVC, PE ve Silikon hammaddeleri kullanılır. (Turaçlı, 2003) Yumuşak hortumların üretiminde kullanılan ekstrüzyon hatlarında diğer boru hatlarından farklı olarak kalibre sistemi bulunmamaktadır. Hortumlar kalıptan çıkar çıkmaz soğutma havuzuna gönderilirler. Soğutma havuzundan sonra ise çektirme sistemine giderler. Hortumların üretildikleri çap ölçüleri, çektirme hızı ve ekstrüder hızı ayarları yapılarak oluşturulur. (Akkurt, 2007) Hortumların üretildiği ekstrüzyon hattı şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.Medikal hortumların üretildiği plastik ekstrüzyon hattı

Hortum üretimine başlamadan önce ekstrüder tezgahının vida ve kovanı hammadde tedarikini sağlayan Ekmen Plastik tarafından verilen ve şekil 5'te gösterilen 70B kodlu temizleme ajanı ile temizlenmiştir.



Şekil 5.Temizlik ajanı

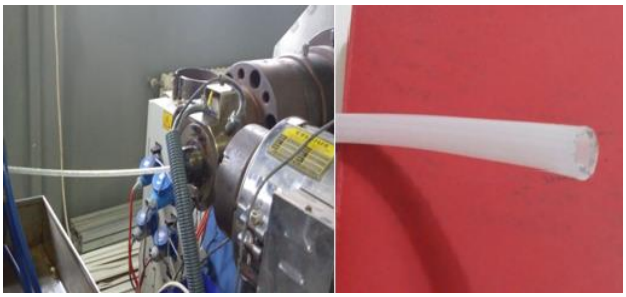
Ekstrüder tezgahından kalıbı söktükten sonra, ham madde tedarikçisinin tavsiyesi üzerine tüm bölgelerdeki kovan ısıları 100 ºC' ye ayarlanmış ancak temizlik ajanı vidada yürümemiştir. Bu problemi gidermek için ısılar yükseltilmiştir ve 130 ºC' de temizleme ajanı ile kovan ve vida temizliği operasyonu şekil 6'daki gibi gerçekleştirilmiştir. Temizlik işlemi 3kg temizlik ajanı ile 90 dakikada tamamlanmıştır.



Şekil 6.Vida ve kovan temizliği

Çalışmada kullanılan medikal PVC granülü Nüve marka FN 400 kurutma fırınında 45 ºC' de 1 saat kadar kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra ham madde tedarikçisi firmanın tavsiyesi üzerine ekstrüder bölge ısıları; 120 ºC - 130 ºC - 140 ºC ve kalıp ısısı ise 150 ºC ayarlandığında, ham maddenin vidada yürümediği gözlemlenmiştir. Hortum üretimlerinde en uygun bölge ve kalıp ısıları, ısı değerleri arttırarak deneme yanılma yöntemi ile bulunmuştur.

Ekstrüder bölge ısıları sırası ile; 145 ºC - 150 ºC - 155 ºC ve kalıp ısısı ise 160 ºC' ye ayarlandığında kristal şekilde numuneler elde edilmiştir. Kristal görünümlü medikal hortum şekil 8' de gösterilmiştir.



Şekil 7.Düşük ısılarda üretilen kristal görünümlü medikal hortum

Tıbbi cihazlar yönetmeliğine göre medikal hortumlar için istenilen düzeyde şeffaflık oluşmadığı için ısılar tekrar arttırılmıştır. Ekstrüder bölgesi ısıları sırası ile; 155 ºC - 165 ºC - 175 ºC ve kalıp ısısı ise 185 ºC' ye ayarlandığında kalıptan çıkan hortum numunesinde istenilen kalitedeki şeffaflığa ulaşılamadığı gibi şekil 8'deki gibi yanık lekeleri gözlemlenmiştir.



Şekil 8.Yüksek ısılarda üretilen hortumdaki yanık izleri

Medikal hortum numunelerinde istenilen düzeyde şeffaflık sağlanması için ekstrüder bölge ısıları; 155 ºC - 170 ºC - 195 ºC ve yanık lekelerinin giderilmesi için kalıp ısısı ise 165 ºC' ye ayarlandığında, kalıptan çıkan hortum numunesinde tıbbi cihazlar yönetmeliğinde belirtilen düzeydeki şeffaflığa ulaşıldığı gibi hortum numunelerinde yanık izlerine de rastlanmamıştır.



Şekil 9.Ekstrüder bölgeleri ve kalıp ısıları

Hortum üretimi için en ideal ısı değerleri deneme yanılma yolu ile bulunmuş ve farklı çaplardaki hortum numuneleri bu sıcaklık değerleri ile üretilmiştir. İdeal şeffaflıkta üretilen hortum numunesinin kalıptan çıkışı şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10.İdeal şeffaflıktaki hortum numunesinin kalıptan çıkışı

Ürettiğimiz medikal hortumlar yumuşak hortum kategorisinde olduğu için kalıptan çıktıklarında kalibre sistemi kullanılmadan direkt soğutma havuzuna gönderilmiştir. Soğutma havuzu ile kalıp arasındaki mesafede fıskiyeler ile soğutmanın başlatılmasının nedeni; hortumların şekil ve boyut kararlılığını sağlamaktır. (Turaçlı, 2003) Hortumların soğutma havuzunda soğutulması şekil 11'de gösterilmiştir.



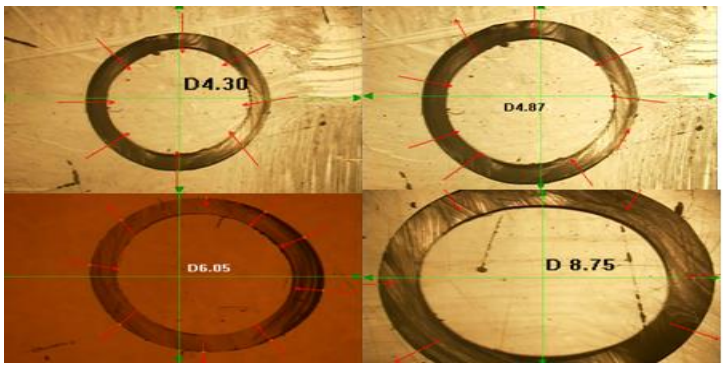
Şekil 11.Hortumların soğutulması

Hortum çapları ekstrüder hızı ile çektirme hızlarına bağlı olarak değişir. Üretilen tüm hortum çaplarında ekstrüder hızı 50 dev/dak olarak ayarlanmıştır. Böylece ekstrüzyon prosesinde hortum çaplarına çektirme hızının etkisi ölçülmüştür. Hortumları şekil 12'de gösterilen çekici sistem yardımı ile istenilen çaplarda üretilebilmek için, ekstrüder hızı sabit tutularak, çekici hızlarındaki arttırma ve azaltmalar ile deneme yanılma yöntemi kullanılarak istenilen hortum çapları ayarlanmıştır ve boyut kontrolleri yapıldıktan sonra uygun çaplardaki hortumların seri üretimleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 12.Hortumların çekici sistemi ile çekilmesi

Üretilen medikal hortumların çap kontrolleri lazer çap ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Hortumlar TS EN 1307 standardındaki esnek hortum çap toleranslarına uygun olarak üretilmiştir. Hortumların çap kontrollerinin yapıldığı lazer ölçüm sonuçları şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13.Medikal hortum çap ölçüm sonuçları

3. SONUÇ

Üretimini gerçekleştirdiğimiz hortumlar, Tıbbi Cihazlar Yönetmeliğine göre; bükülme ve basınca dirençli, korozyona dayanıklı, yüksek su direncine sahip, yumuşak ve şeffaf olarak üretilmiştir. Hortumların biyo uyumlu malzeme olarak kullanılabilmesi için ekstrüzyon prosesinde üretime başlanmadan önce ekstrüder vida ve kovanı uygun bir temizleme ajanı ile temizlenmiştir. Medikal PVC ham maddesinden, farklı çaplardaki medikal hortumların ideal şekil ve boyut kararlılığında üretilmesi için gerekli olan ekstrüzyon üretim parametreleri tablo 2'de toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 2.Medikal hortum üretiminde kullanılan ekstrüzyon parametreleri

Hortum Çapı (mm)	Ekstrüder Isıları 1. Bölge (ºC)	Ekstrüder Isıları 2. Bölge (ºC)	Ekstrüder Isıları 3. Bölge (ºC)	Kalıp Isıları (ºC)	Ekstrüder Hızı (dev/dak)	Çekici Hızı (dev/dak)
4	155	170	195	165	50	105
5	155	170	195	165	50	95
6	155	170	195	165	50	64
8	155	170	195	165	50	40

Ekstrüzyon prosesinde düşük sıcaklıklarda hortumların kristal yapıda üretildiği, sıcaklıklar yükseldikçe şeffaflığın arttığı ancak belli bir sıcaklık değerlerinden sonra ise yanık lekelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. İdeal üretim ısıları üretim şartlarına göre değişkenlik gösterdiği için, en ideal şeffaflık için gerekli olan doğru ısılara, kalıp ve ekstrüder sıcaklık parametreleri denenerek ulaşılmıştır. Kalibre kullanılmadan üretilen yumuşak hortumların çaplarının ekstrüder hızı sabit tutulmak şartı ile çekici hızı ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Kalıptan çıkan hortumların, kalıp ile soğutma havuzu arasındaki 20cm mesafedeki soğutma işlemi fıskiyeler kullanılarak yapılmıştır. Fıskiyeler ile soğutma yapılmadan soğutma havuzuna gönderildiğinde, hortumlarda çarpılmalar tespit edilmiştir. Kalıptan çıkan hortumun soğutma süresi ne kadar kısa olur ise hortumların şekil ve boyut kararlılığının da o kadar iyi olduğu tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA

EKP-MG80E ürün kodlu medikal PVC ham maddesinden üretilen farklı çaplardaki hortumlar serum ve kan torbaları, katater ve difüzyon sistemleri vb. tıbbi alanlarda medikal hortum olarak kullanılabilecektir. Bu çalışmada; uygun ham madde, uygun tasarlanmış kalıp, uygun ekstrüzyon proses şartları sağlandığında, katma değeri yüksek medikal hortumların üretilebileceği kanıtlanmıştır.

KAYNAKLAR

AKKURT, S.(2007), *Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı,* İstanbul: Birsen Yayınevi.

ASO, (2014), *Medikal Sektörü,* 11 Nisan 2019 tarihinde Aso sitesi: http://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/2.pdf adresinden alındı.

BLASS, C.R. (2001), *The Role of Poly(Vinyl Chloride in Healthcare,* Rapra Technology Limited, Shawbury, UK.

EZDEŞİR, A., ERBAY, E. ve TAŞKIRAN, İ.(2006), *Polimerler-I,* İstanbul: Pagev Yayınları.

MEGEP, (2019), *Ekstrüzyon Kalıpçılığı 1*, 08 Nisan 2019 tarihinde Megep sitesi: http://www.megep.meb.gov.tr/?page=moduller.pdf adresinden alındı.

MICHAELI, W. (2003), *Extrusion Dies for Plastics & Rubber, HanserPublishers,* 3rd edition.

NOVAMA, (2011), *NTB Basic Serisi Standart Ekstrüderler*, 16 Nisan 2019 tarihinde Novama sitesi: http://www.novoma.com.tr/urun/ntb-basic-serisi-standart-ekstruderler/ adresinden alındı.

SAVAŞÇI, Ö.T, UYANIK, N., ve AKOVALI, G.(2017), *Ana Hatlarıyla Plastikler ve Plastik Teknolojisi*, İstanbul: Pagev Yayınları.

TURAÇLI, H. (2003), *Ekstrüzyon Teknolojisine Giriş,* İstanbul: Pagev Yayınları.

TEK NOKTA ARTIMLI SAC METAL ŞEKİLLENDİRME PROSESİNDE FARKLI TAKIM TASARIMLARININ SAC KALINLIK DAĞILIMINA ETKİSİNİN SİMÜLASYONU VE İNCELENMESİ

Ömer Çerlek
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
omercrlk@gmail.com

Doç.Dr. Mehmet Çalışkan
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi , Makine Mühendisliği
caliskan@subu.edu.tr

Özet
İmalat süreçlerinde özellikle prototip üretimi için daha ekonomik ve hızlı üretim sağlamak istenir. Tek nokta artımlı şekillendirme işlemi de hızlı prototipleme için uygun yöntemlerden biridir. Bu işlemin ekonomik ve hızlı olmasının sebebi kalıp kullanılmaması veya yalnızca bazı durumlarda destek amaçlı kısmi kalıpların kulanımının gerekmesidir. Geleneksel bazı diğer imal usulleri kullanılması durumunda sürecin uzaması ve maliyetlerin artması söz konusu olabilmektedir. Bu çalışmada; yaygın olarak kullanılan yekpare, yarım küresel uçlu takım ile takım gövdesi içerisine küresel olarak yataklanmış bilyenin saca temas ederek şekillendirme yaptığı, artımlı sac metal şekillendirme takımı modellenip, sonlu elemanlar metodu kullanan bilgisayar yazılımı ile AL1050 alüminyum saca proses uygulanmıştır. İşlem sonucunda takımların sacın kalınlık dağılımına etkileri incelenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır..

Anahtar Kelimeler: Tek Nokta Artımlı Sac Şekillendirme; Yuvarlanan Takım, Yekpare Takım, Kalınlık Dağılımı

SIMULATION AND INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT TOOL DESIGNS ON SHEET THICKNESS DISTRIBUTION IN SINGLE POINT INCREMENTAL SHEET METAL FORMING PROCESS

Abstract
In manufacturing stages, it is desired that providing more economical and faster production, especially for prototyping. Single point incremental forming is one of the most suitable of this fast prototyping processes. The reason of quickness and economy of this process is; its no need to mold usage or only occasionally need to particular mold usage for supporting purpose. Usage of some other conventional manufacturing processes may cause cost increase and extension in process time. In this study, a solid machine tool and a rolling-ended incremental sheet metal forming tool that cause forming by contacting to sheet in a spherical bearing, has been modelled and processed to AL1050 aluminum sheet by computer software that uses finite element analysis. At the end of process thickness distribution of sheet has been reviewed and compared with each tool.

Keywords: Single Point Incremental Forming, Rolling Tool, Solid Tool, Thickness Distribution

1.GİRİŞ

Sac şekillendirme işleminde en çok düşünülmesi gereken hususlar; kalıp gereksinimi ve maliyetleridir. Özellikle otomotiv sektöründe sık kullanılan sac şekillendirme prosesleri çerçevesinde çok yüksek miktarlarda yapılacak olan seri üretimlerde kalıp üretim maliyeti göz ardı edilebilir. Ancak prototipleme gibi işlerde veya az miktarlarda üretimler için kalıp imalatı hem oldukça süre almaktadır hem de maliyeti ciddi noktalara ulaşabilmektedir. Bunun yanı sıra geleneksel tek nokta artımlı sac şekillendirme işlemlerinde kullanılan yekpare şekillendirici; takımın germe açısına da bağlı olarak; sacın yırtılmasına, nispeten pürüzlü yüzey oluşumuna ve yüksek şekillendirme kuvvetine sebep olabilmektedir.

Artımlı sac şekillendirme prosesi temelde tek nokta ve iki nokta artımlı şekillendirme olarak ikiye ayrılmaktadır. Tek nokta şekillendirme prosesi; sacın üst veya ön tarafından şekillendirici uç saca temas ederek alt veya arka tarafta herhangi bir destek veya kalıp olmadan şekil verme esasına dayanan bir yöntemdir. İki nokta şekillendirmede ise bir taraftan şekillendirici takım hareket ederken diğer tarafta ise kalıp veya sabit destek ucu şekillendirmeye katkı sağlamaktadır. Buradan anlaşılacağı üzere aslında bu prosesin de bir türünde kısmi veya tam kalıp söz konusudur. Ancak bu çalışma kapsamında kalıpsız tek nokta artımlı sac metal şekillendirme prosesi üzerine incelemeler yapılmıştır.

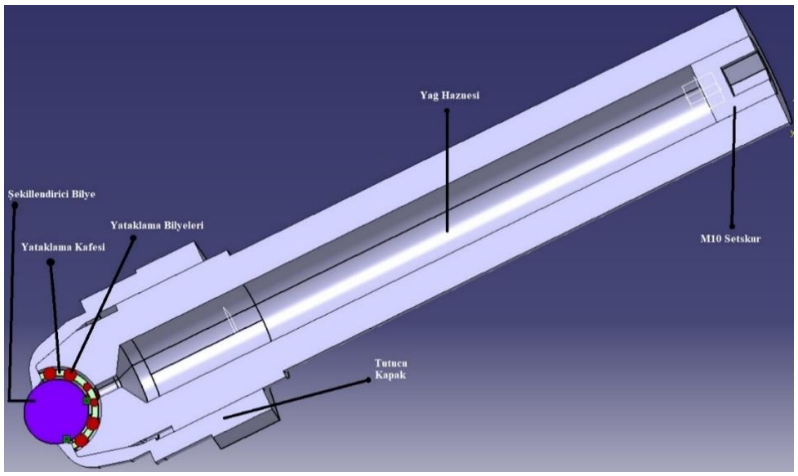
Bu çalışmada geleneksel tek nokta artımlı sac metal şekillendirme metodunda kullanılan takım yerine yeni bir takım tasarımı yapılmıştır. Geleneksel takım; yekpare ve tezgaha bağlı olarak üç eksende hareket etmekte ve hareket ettiği yönde saca baskı yaparak şekil vermektedir. Yeni geliştirilen tasarımda ise takım; ucunda küresel yatağa bilyeli olarak yataklanmış olan şekillendirici bilye ve bunların tezgaha bağlı olarak çalışabilmesini sağlayacak sap ve kapak parçalarından oluşmaktadır. Kapak parçası vida dişi ile sap parçasına monte edilmiştir. Sap parçasının içerisinde şekillendirici bilyenin üzerine doğru akarak işlem sırasında yağlama sağlamak üzere yağ haznesi tasarlanmıştır. Bu tip bir tasarım ile şekillendirici uç, oldukça düşük sürtünme değeri sayesinde kayıplar minimum seviyede olacağı düşünülmüştür.

Otomotiv sektöründe daha yaygın kullanım alanı olmakla birlikte imalat sektöründe bu metodun kullanılmasının yapılan yeni tasarım ve çalışmalar neticesinde daha geniş fayda sağlayabilmesi önem arz etmektedir. Bunlara bağlı olarak bu çalışmada geliştirilen bu takım tasarımı ile birlikte geleneksel yekpare takımın kullanımı ile şekillendirme yaparak bu farklı takımların sacın kalınlık profiline edeceği etkinin bilgisayar destekli analiz programı ile simüle edilip karşılaştırması yapılmıştır.

2.MATERYAL VE METOD

2.1.Tasarım

Tek nokta artımlı sac şekillendirmede genellikle, soğuk haddelenmiş, soğuk şekillendirme işlemlerinde kullanılan sac malzemeler tercih edilmektedir. Bu çalışmada da AL1050 serisi 0,8 milimetre kalınlıktaki alüminyum sac kullanılmıştır. Sacın çekme deneyi; çekme cihazında dakikada bir milimetre hızda çekme yaparak gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda sacın plastik deformasyon özelliklerini analiz yazılımına aktarmada kullanılacak girdiler olan; akma ve gerinim değerleri elde edilmiştir. Prosesin simüle edilmesi için SIMULIA ABAQUS 6.14-1 adlı mühendislik yazılımı kullanılmıştır. Donanım olarak ise ; ASUS GL502-VS model Intel i7-7700HQ 16 GB Ram'e sahip olan dizüstü performans bilgisayarı kullanılmıştır. Simülasyonu sağlayabilmek için öncelikle yazılımın üç boyutlu modelleme arayüzünde iki farklı takım ve sac modellenmiştir.



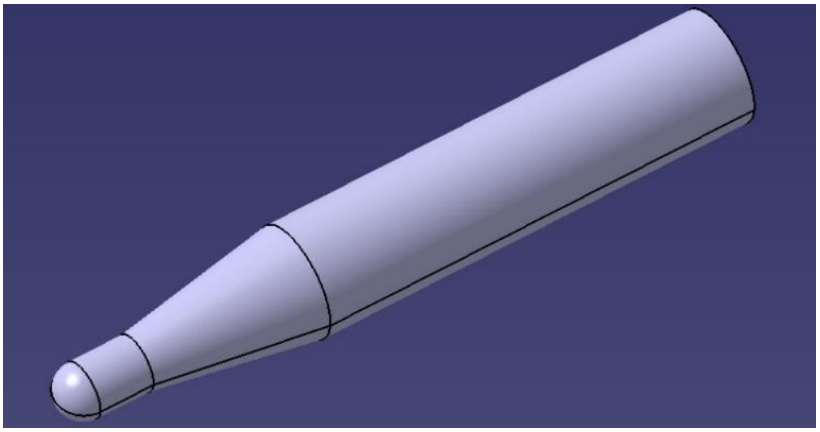
Şekil. 2.1. Yuvarlanan Uçlu Takım Montaj Modelinin Kesit Görünüşü

Geliştirilen yeni tasarımın üç boyutlu modeli bilgisayar ortamında CATIA V5R20 yazılımında oluşturulmuştur. Tasarım; kapak, sap, setskur, küçük bilye, büyük bilye ve kafes adı verilen parçalardan meydana gelmektedir. Şekil 2.1'de tasarlanan bu takımın kesit görüntüsü görülmektedir.

Takım ve bilyeler 1,2379 takım çeliği malzemesinden, kafes parçası ise 3 boyutlu yazıcıda poliamid malzemeden imal edilecektir. İç taraftan sap-gövde parçasına yataklanan bilyenin dış taraftan da yataklanması ve yerinde kalmasını sağlamak üzere tutucu kapak parçası tasarlanmıştır. İç kısmında 17 mm derinlikte M22 ölçüde iç diş açılmıştır. Bu dişler aracılığıyla kapak parçası, sap-gövde parçasına bağlanmaktadır.

Kapak parçasının üst kısmına; 28 mm genişlikte ve 10 mm kalınlıkta anahtar ağzı açılmıştır. Bu sayede parçanın sap-gövde ile sıkı sıkıya bağlanabilmesi sağlanabilmektedir. Sap-gövde parçası; şekillendirici bilyenin iç taraftan yataklanmasına vesile olmakla birlikte, işlem sırasında bilyelerin yağlanarak sürtünmenin artmasını engellemek üzere, iç kısmında 10 mm çap,107 mm derinlikte ve matkap uç açısıyla 2 mm delik üzerinden bilye yatağına ulaşan yağ haznesi barındırmaktadır.

Şekil 2.1'de yeni oluşturulan; yuvarlanan uçlu artımlı sac metal şekillendirme takımının montajlanmış CAD modelinin tam kesiti görülmektedir. Şekillendirici bilyenin kapak parçasından aşağı doğru 3,5 milimetre dairesel kesiti uzanmaktadır. Literatür araştırmalarında görüldüğü üzere tek nokta artımlı sac şekillendirme prosesi kapsamında artım(batma) derinliğinin artmasının yüzey kalitesini azalttığı ve şekillendirme kabiliyetinin azaldığı bilinmektedir.(Jeswiet, 2009). Bu sebeple net 40 derece germe açısına sahip olan yapılan yeni tasarım modelinin şekillendirici ucunun; tek nokta artımlı şekillendirme prosesinde kullanılmak üzere yeterli germe açısı ve dolayısıyla yeterli batma derinliğine sahip olduğu söylenebilir.



Şekil. 2.2. Yekpare Takım Montaj Modelinin Kesit Görünüşü

Şekil 2.2'de görülen yekpare artımlı şekillendirme takımı da diğer takım ile aynı çap ve boyda; genel anlamda benzer geometride tasarlanmıştır. Ucu yarım küre geometrisinde ve 10 milimetre çapındadır

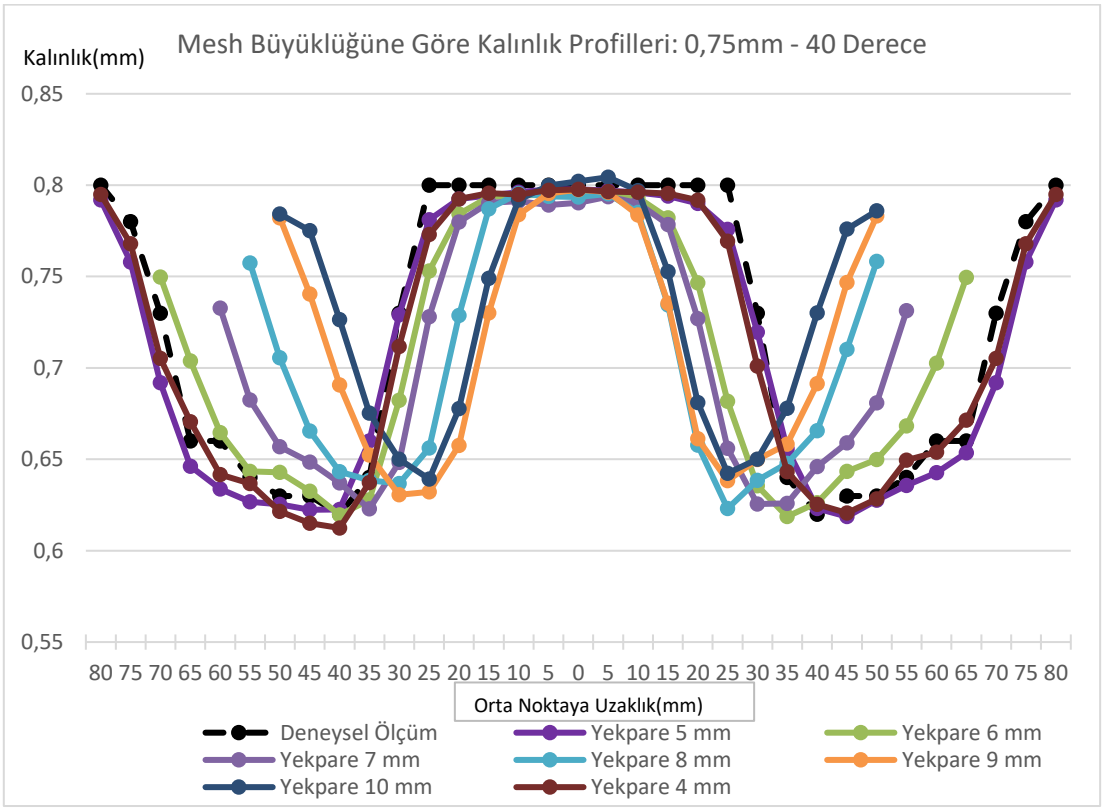
1.2 Bilgisayar Destekli Modelleme ve Analiz

Takım veya zımba olarak adlandırabilieceğimiz şekillendirici uç modellenirken; modeli ve dolayısıyla analizleri basitleştirmek, çözüm süresini azaltmak amacıyla rijit cisim ve temel özellik olarak da kabuk yapıda(shell) tanımlanarak parça oluşturulmuştur. Sac parça modellenirken kabuk model kullanılmıştır. Ancak burada sacın deformasyonu asıl görülmek istenen husus olduğu için sac, biçim

değiştirebilir olarak tanımlanmıştır. Deneysel çalışmadaki sac ve takım ABAQUS bilgisayar destekli mühendislik yazılımında üç boyutlu modellenirken; sac, deneysel çalışmadaki tutucunun iç kısmında kalan 200 mm x 200 mm x 0,8 mm ölçüsünde modellenmiştir. Yekpare takım ise ; uc noktası yarım küre başlı olmak üzere, 10 mm uç çaplı olarak 15 mm toplam boyda modellenmiştir.

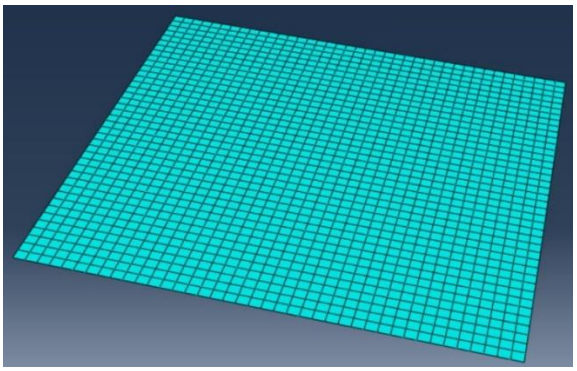
Bilgisayar destekli analizde çözümün kolaylaştırılması için bazı kabul veya ihmaller yapılmaktadır. Bu çalışmada da; yuvarlanan takım, 10 mm çapta küre olarak modellenmiştir ve takım rijit olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla diğer aksamın yazılım ortamına getirilip tek tek modellenmesine gerek kalmamış olup, model daha basit ve çözülebilir bir şekle kavuşmuştur.

Sac modelinin mesh(ağ) yapısı farklı büyüklüklerde denenmiş olup hem deneysel çalışmalara oldukça yakın sonuç verdiği görüldüğünden hem de daha ileri seviye ağ yapılarının çözüm süresini ciddi seviyelere çıkarmasını göz önüne alarak makul bir ağ yapısı birim büyüklüğü belirlemek gerekmektedir. Şekil 2.3'de 4 milimetreden 10 milimetreye kadar birer milimetre farklı ağ yapısı büyüklüklerinde ve deneysel çalışma sonucu ölçülen gerçek değerlere göre sacın kalınlık profilleri görülmektedir. Buna bakıldığında 5 milimetre ağ yapısı birim büyüklüğü gerçeğe maksimum %3 fark ile oldukça yakın analiz sonuçları vermekte olduğu görülmektedir. Bu birim boyutu daha küçültülürse hassasiyet çok az bir miktar daha artabilecek olup çözüm süreleri ciddi oranda katlanarak artmakta olacağından optimum ağ yapısı birim büyüklüğü 5 milimetre kabul edilmiştir. Tüm bilgisayar destekli nümerik analizlerde bu büyüklük saclara tanımlanmış ve analizler yapılmıştır.



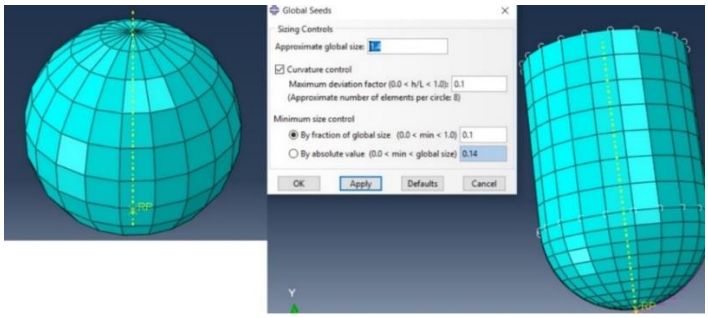
Şekil 2.3. Farklı Büyüklüklerde Ağ Yapılarına Göre Kalınlık Profilleri

Ağ yapısı tipi olarak kabuk(shell) modellerde ve düzgün geometrilerde genellikle kullanılan dörtgen ağ yapısı atanmıştır. Şekil 2.4'te sacın analiz ağı yapısı görülmektedir. Bu yapının her köşe noktasında, düğüm denilen noktalar yazılım tarafından tanımlanarak her bir düğüm noktasında, tanımlanan etkiye göre hesaplar yapılıp diğer düğümlerdeki hesaplarla beraber tüm parçada meydana gelen durumlar birleştirilerek analiz edilir.



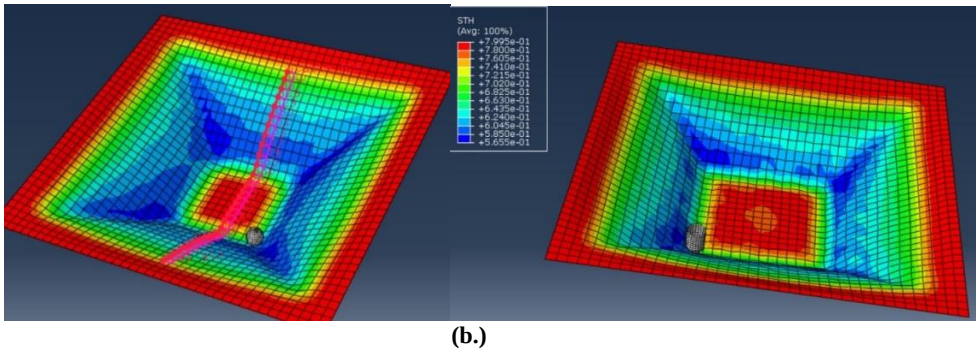
Şekil 2.4. Sacın Ağ Yapılarının Tanımlanması (Mesh)

Takım modelinde ise eğrisel bir geometri olduğu ve deneysel ölçüme uygun sonuç alındığı için programın tanımladığı 1.4 milimetre ortalama büyüklük değiştirilmeden Şekil 2.5'te görüldüğü gibi uygulanmıştır. Her bir analizde; deneysel çalışmada olduğu gibi takıma, dakikada 30 devir açısal hız(3,14 radyan/saniye) tanımlanmıştır.



Şekil 2.5. Takımların Ağ Yapılarının Tanımlanması

Sacların takımlar ile temasları tanımlanırken, alüminyum sacların soğuk şekillendirme proseslerinde genel olarak 0,08 ile 0,12 arasında kabul edilen Coulomb sürtünme katsayısı yekpare takım için 0,1 kabul edilmiştir. (Karalı, 2007) Yuvarlanan uçlu takım için ise iç ve dış yağlama ve küresel yataklamanın etkisiyle oldukça düşük sürtünme olacağı tahminiyle 0,02 sürtünme katsayısı tanımlanmıştır.

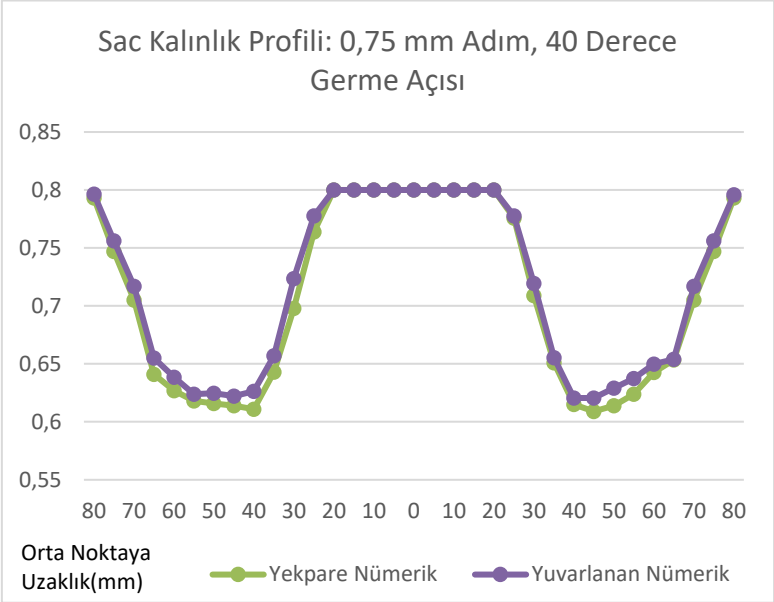


(a.) **(b.)**

Şekil 2.6. Şekillendirme Analizi Sonucu Kalınlık Profili Çıkarılması

Şekil 2.6'da yuvarlanan uçlu takımın analiz modeli ile yapılan; 0,75 mm artım derinliği adımı ve 40 derece germe açısı ile yapılan analiz sonucu sacın kalınlık dağılımı 3 boyutlu olarak görülmektedir. Bu noktada kalınlık profilini çıkarmak üzere orta kesitte bir uçtan diğer uca kalınlığın değişmediği noktaya kadar eleman düğüm noktaları seçilerek kalınlık profili çıkarılmıştır. Aynı işlem yekpare takım ile yapılan şekillendirme analizi sonucunda oluşan sac için de yapılmıştır.

3.SONUÇLAR



Şekil 2.7. Kalınlık Profilleri

Şekil 2.7'deki, artım adımı 0,75 milimetre ve germe açısı 40 derece olmak üzere yapılan bilgisayar simülasyonları sonucu elde edilen kalınlık profillerine bakıldığında; ölçüm noktalarının tamamında; yuvarlanan uçlu takımın şekillendirdiği saclarda, yekpare takıma göre % 0,1-1,5 aralığında daha yüksek kalınlık değerleri oluştuğu görülmektedir. Bu verilere göre yuvarlanan uçlu takımın daha iyi bir boydan boya kalınlık dağılımı oluşturduğu, dolayısıyla daha homojen bir şekillendirme sağladığı söylenebilir.

4. TARTIŞMA

Yapılan bilgisayar destekli analizlerin bulguları karşılaştırıldığında kalınlık profillerinde %1 gibi ortalama bir fark gözükmektedir. Kalınlık profilleri grafiklerine bakıldığında hemen hemen tüm ölçüm noktalarında yuvarlanan uçlu artımlı sac şekillendirme takımının yekpare takıma nazaran daha yüksek kalınlık dağılımı sağladığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak ise yuvarlanma etkisi ile sürtünmenin azalması ve yığılmaların engellenmesi olduğu düşünülebilir. Bu duruma bakarak, yuvarlanan uçlu takımın şekillendirebilirlik açısından daha iyi ve homojen sonuç verdiği çıkarılabilir. Yuvarlanan uçlu takımın en önemli dezavantajı; maksimum 40 derece germe açısında işlem yapabilmesidir. İleriki çalışmalarda yapılacak tasarımsal geliştirmeler ile daha yüksek açılarda çalışabilen ve dolayısıyla şekillendirme kabiliyeti daha yüksek takımlar tasarlanarak bunun deneysel çalışmalar ile de gözlenmesi ve teorik ile pratik çalışmaların karşılaştırılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Jeswiet, J. (2009). Asymmetric Incremental Sheet Forming. *Advanced Materials Research, 6–8*, 35–58. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.6-8.35

Karalı, M., Üniversitesi, M., Fakültesi, T. E., Eğitimi, M., & Özet, Đ. (2007). TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR Makale Derin Sac Çekme İşleminde Kalıp Boşluğunun Cidar Kalınlık Değişimine Etkilerinin Sonlu Elemanlar Analizi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*.

BULUT TEKNOLOJİSİNDE VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI

Burak KASAP
Gazi Üniversitesi / Bilişim Enstitüsü / Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı
burakalikasap@gmail.com

Prof. Dr. Murat YÜCEL
Gazi Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik Elektronik Bölümü
myucel@gazi.edu.tr

Özet

Gelişen teknolojideki bilgi ve iletişim teknolojilerinin getirdiği yenilikler analiz edilmesi gereken veri miktarını sürekli olarak arttırmaktadır. Büyük ölçekli verilerin saklanması, saklanan bu büyük ve karmaşık verilerden veri madenciliği teknikleri ile yararlı bilgilerin çıkartılması ve tahminlenmesi zorunlu bir hale gelmiştir. Ortak çözümler olmaması ve veri setine özgü veri madenciliği uygulamaları yapılması gerekliliği maliyetli ve zorlu işlemler olmaktadır. Bilgi keşfi; bulut bilişimde veri madenciliği uygulamalarını hesaplamada kullanılarak etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, bulut bilişim sistemleri analiz edilerek, bulut bilişimde veri madenciliği ile depolama ve sınıflandırma tanımları incelenmiştir. Bu konuda ortaya konulmuş olan sınıflandırma algoritması, kümeleme algoritması ve birliktelik kuralları analizleri irdelenmiştir. Bulut bilişimde veri madenciliği sürecinin adımları irdelenmiştir. Güvenlik sorunlarının kalite ve maliyete etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak bu algoritmalar kullanılarak veri madenciliğinin kullanımının bulut bilişimde büyük faydalar sağlayacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulut Bilişim, Veri Madenciliği, Sınıflandırma, Kalite, Maliyet, Güvenlik

DATA MINING APPLICATION IN CLOUD TECHNOLOGY

Abstract

Innovations of information and communication technologies in developing continuously increase the amount of data to be analyzed. It has become mandatory to store large-scale data and to extract and estimate useful information from these large and complex data with data mining techniques. The lack of common solutions and the need for data-specific data mining applications are costly and challenging. Information discovery; Data mining applications in cloud computing can be performed effectively by using them. In this study, cloud computing systems are analyzed and data mining and storage and classification definitions in cloud computing are examined. The classification algorithm, clustering algorithm and association rules analysis that have been discussed in this subject are examined. The steps of data mining process in cloud computing are examined. The effects of security problems on quality and cost are investigated. As a result, using these algorithms, it is seen that the use of data mining will provide great benefits in cloud computing.

Keywords: Cloud Computing, Data Mining, Clustering, Security, Quality, Cost

1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji hayatımızın merkezinde yer almakta ve her alanda işlerimi kolaylaştırmaktadır. İletişimin kurulmadığı, bilgiye ulaşılamayan dünya çok gerilerde kaldı. Artık insanlar bulundukları her noktadan bilişim cihazlarıyla internete bağlanabilmektedir. Teknolojinin bu denli hızlı gelişimi ve sağladığı faydalar işletmelerin de dikkatini çekmektedir. Microsoft'un açıklamasına göre; 2014 yılında bulut bilişim sayesinde 11,3 milyon yeni istihdam oluşması beklenmiştir. Bu açıklama da bulut bilişimin ulaştığı boyutu tanımlamak açısından dikkat çekicidir. Bulut bilişimde asıl amaç bilgiyi bilişim cihazlarına yük bindirmeden saklayabilmek ve her alandan kolayca ulaşabilmektedir.

Veri madenciliği, son on yıldır aktif bir araştırma alanı olmuştur, ancak veri madenciliğinin karmaşık yapısı hala tam olarak anlaşılmamıştır (Han ve ark., 2012). Büyük veri tabanlarından tahmine dayalı

bilgilerin çıkarılması olan veri madenciliği, şirketlerin veri ambarlarındaki en önemli bilgilere odaklanmalarına yardımcı olacak büyük potansiyeli olan yeni ve güçlü bir teknolojidir. Bilginin en önemli değer olarak ifade edildiği bilişim çağında; şirketler bu bilgiyi en kullanışlı haliyle ve en az maliyetle ulaşıp saklamayı hedefler. Bunun için veri madenciliğinden yararlanırlar ve büyük ölçekli veriler arasından bilgiye ulaşırlar. Bulut bilişimde kullandığın kadarını öde mantığı olduğundan dolayı bilgiyi en kullanışlı şekilde entegre ederek maliyeti en az seviyede tutmak ve bulut bilişim veri depolama alanlarının bir bilgi çöplüğüne dönüşmesini engellemeyi amaçlamaktadır.

2. TEMEL BİLGİLER

2.1. Bulut Bilişim

Bulut bilişim; kullanıcılara bir ağ-temelli (network-based) kullanım vizyonu yaratır, bu sayede de konumdan bağımsız olarak hesaplamaların ve kaynakların paylaşılması için bir yol oluşturulur. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST), bulut bilişimi "minimum yönetim çabası ve hizmet sağlayıcısı desteği ile yayımlanabilecek ortak havuzlara ve konfigüre edilebilir kaynaklara (örneğin ağlar, sunucular, veri depoları, uygulamalar ve hizmetler) anında erişim sağlayan model" olarak tanımlanmaktadır (Mell ve Grance, 2009). Bulutlar, farklı operasyon şemaları ile dört ana modele ayrılmıştır: genel bulut, özel bulut, Hibrid (karma bulut) ve topluluk bulutu. Genel bulutlarda, bulut bilişim kaynakları, son kullanıcılar için daha düşük güvenlik ve gizlilik pahasına kamuya açıktır. Bu modeller yüksek güvenilirlik ve güvenlik gereksinimleri olan işletmeler tarafından kullanılmamaktadır. Özel bulutlarda, bulut bilişim kaynakları yalnızca, performans, güvenilirlik ve güvenlik konusundaki en üst düzey kontrolün, son kullanıcılara önemli operasyonel maliyetlerle sunulduğu tek bir kuruluş için geçerlidir. Bu modelde, son kullanıcılar bulut bilişimin birçok özelliklerinden faydalanmaktadır. Hibrid bulut modelinde, bir işletmeye adanmış özel BT kaynakları, genel bulutla entegre edilmiştir. Bu mimaride, kamu ve özel altyapı sistemleri bağımsız olarak çalışır ve şifreli bağlantılar üzerinden iletişim kurar. Bu mimari, şirketlerin korunan verileri özel bulutlarda depolamasına ve saklanan verilere dayanan uygulamaları çalıştırmak için genel buluttaki hesaplama kaynaklarını kullanmasına olanak tanır (Vafamehr ve Khodayar, 2018).

Yayımlanan makaleler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda dünya genelinde otomotiv, enerji, üretim, eğitim, eğlence, ulaşım ve sağlık sektörleri ile finans ve sigorta şirketlerinin günlük operasyonları için bulut bilişimini benimsemeye başlamış sektörler ve işletmeler arasında oldukları gösterilmektedir.

2.2. Bulut Teknolojisinde Veri Madenciliği Mantığı

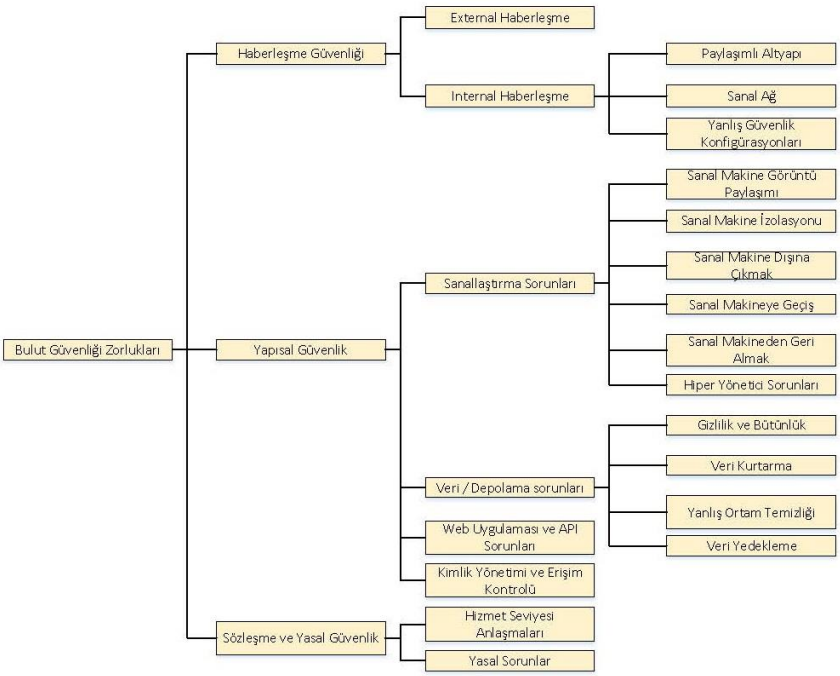
Veri Madenciliği, ham verilerden potansiyel olarak yararlı bilgileri çıkarmak için kullanılır. Veri madenciliği tekniklerinin normal günlük etkinliklere entegrasyonu yaygınlaşmıştır. Her gün insanlar hedefli reklamlarla karşı karşıya kalıyor ve veri madenciliği teknikleri, işletmelerin maliyetlerini düşürerek reklamların ya da uygulamaların daha verimli hale gelmesine yardımcı oluyor. Veri madenciliği teknikleri ve uygulamaları, bulut bilişim altyapısında ve kullanımında ihtiyaç duyulmaktadır. Bulut bilişim yoluyla veri madenciliği tekniklerinin uygulanması, kullanıcıların neredeyse entegre veri ambarı ile altyapı ve depolama maliyetlerini azaltarak anlamlı bilgileri almasını sağlayacaktır (Petre, 2012). Bulut bilişim altyapısında kullanılabilen veri madenciliği araçlarının kullanıcılara sağladığı temel etkiler şu şekilde değerlendirilebilir; "Kullandığın kadarını öde", bu amaç doğrultusunda kullanıcılar yalnızca ihtiyaç duydukları veri madenciliği araçlarını kullanabilmek için ödeme yaparlar. Bu da, karmaşık veri madenciliği araçlarına ihtiyaç olmadığı için kullanım maliyetini azaltır. Diğer ve önemli bir etki ise kullanıcı, bir tarayıcı üzerinden veri madenciliği tekniklerini kullanabildiği için herhangi bir donanım içeren altyapı kurması ve bunu sürdürme (işletme, bakım vb.) zorunluluğu olmamaktadır.

Altyapı maliyeti olarak düşünüldüğünde bulut bilişimin tercih edilmesi ile sadece üretilen maliyet karşılanması yeterli olmaktadır. Bakım, işletme gibi maliyetler kullanıcılardan hizmet sağlayıcılarına doğru geçmiştir.

2.3. Bulut Bilişimde Güvenlik

Bulut bilişim, endüstriye ve topluma çok büyük faydalar sağlama potansiyeli nedeniyle araştırma toplumunun da ilgisini çekmektedir (Sadiku ve ark., 2014). Kullanım kolaylığı, bulut bilişim teknolojisi tarafından sunulan bir başka avantajdır, çünkü müşterilerin, buluta özgü teknolojilere ilişkin olağanüstü uzmanlığa sahip olmalarını gerektirmez. Teknoloji ve hizmetlerin yönetimi, kullanıcılardan servis sağlayıcının sonuna kadar taşındı (Ali ve ark., 2015). İsteğe bağlı kaynak sağlama, en uygun kaynak tahsisini sağlar ve aynı zamanda düşük maliyetlidir. Müşteriler bulut tarafından sağlanan kaynakları kullanır ve kullanıma göre ödeme yapar. Öte yandan, bulut sağlayıcılar, belirli bir kullanıcı tarafından piyasaya sürüldükleri anda kaynakları iyileştirebilir ve kaynak kullanımını iyileştirebilirler (Prasad ve Rao, 2014).

Bulut bilişim, müşterilere Web teknolojileri, sanallaştırma ve çoklu kiracılık gibi çeşitli teknolojileri kullanarak sanallaştırılmış kaynaklar sağlar. Bulut hizmetleri müşteriye İnternet üzerinden ulaştırılmaktadır (Duan ve ark., 2012). Web uygulamaları, Web uygulamalarını bulut bilişimin önemli bir bileşeni haline getiren bulut kaynaklarına erişmek ve bunları yönetmek için kullanılır (Menzel ve ark., 2015). Bulut bilişimindeki güvenlik zorluklarının taksonomisi Şekil 1'de tasvir edilmiştir.



Şekil 1. Bulut Bilişimde Güvenlik Sorunları

2.4. Bulut Bilişimde Kalite

Çeşitli sektörlerdeki bulut bilişime yönelik eğilim göz önüne alındığında; bulut bilişimin güvenilirliği, güvenliği ve ekonomik verimliliği, sektörlerdeki performans ve nesnel önlemler dolayısıyla kullanılan hizmetin kalitesinde önemli bir etkiye sahiptir olacaktır. Bulut bilişimde kalite; sistem performansı, güvenlik, hizmet iletim altyapısında yaşanacak sıkıntılar ya da üçüncü parti destek ekipmanları (güç kaynağı, klima vb.) etkileri de hizmet kalitesini doğal olarak bulut bilişim kalitesini etkileyecektir. Bulut bilişim altyapısının büyük ölçüde sistemlerin güvenirliliği ve güvenliğine bağlı olması nedeniyle; sistem üzerinde yaşanacak kesinti ya da kötü amaçlı yazılım saldırıları, enerji arızası veya beklenmedik durumlarda bir sıkıntı ile tetiklenebilir ve bu istenmeyen bir durumdur. Bunlar, bulut bilişim hizmetinin kalitesini büyük oranda etkilemektedir. Dolayısıyla bulut bilişimde güvenlik, kaliteyi etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Bulut bilişim altyapısında bir başka başarısızlık kaynağı da veri merkezlerine aittir. Klima ve veri merkezi soğutma sistemindeki arızalar, veri depolama cihazlarının aşırı ısınmasına ve hasar görmesine neden olabilir. Bu gibi zararlar milyarlarca

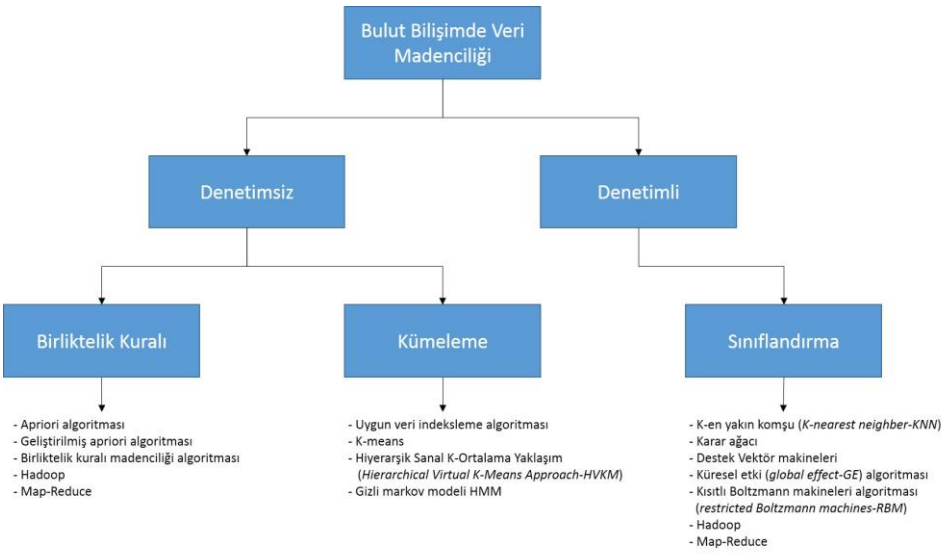
dolar değerinde finansal işlemleri, yoğun bir şehirde trafik yönlendirmesini ve acil servis çağrı merkezlerini etkileyebilir (Mihailescu ve ark., 2016).

2.4. Bulut Bilişimde Maliyet

Bulut hizmet sağlayıcıları sundukları hizmetler için farklı fiyatlandırma planları uygulamaktadırlar. Her bir bulut hizmet sağlayıcısının fiyatlandırma stratejisi, rakiplerin benimsediği stratejilere bağlıdır. Aynı bulut hizmeti için daha yüksek fiyatlar sunmak, her sektörde olduğu gibi bulut bilişim pazarında da müşterileri kaybına neden olacaktır. Bulut hizmet sağlayıcıları için fiyatlandırma politikaları üç kategoriye ayrılır. Bunlar Statik fiyatlandırma, Dinamik fiyatlandırma ve pazara bağlı fiyatlandırmadır (Vafamehr ve Khodayar, 2018). Statik fiyatlandırma düzeninde müşteri, alınan servislerin hacminden bağımsız olarak bulut hizmetleri için sabit bir ücret öder. Dinamik fiyatlandırma şemasında, bulut hizmetlerinin fiyatları, müşteri özellikleri ve tercihlerinin yanı sıra servis özellikleriyle de dinamik olarak değişmektedir. Piyasaya bağlı fiyatlandırma planlarında, hizmetlerin fiyatı, pazarlık, açık arttırma ve talep davranışı dâhil olmak üzere gerçek zamanlı piyasa koşullarına göre belirlenir.

3. BULUT TABANLI VERİ MADENCİLİĞİ ALGORİTMALARI

Veri madenciliği algoritması, veri madenciliği görevini daha iyi gerçekleştirmek için yalnızca en verimli veri madenciliği algoritması kullanılması ile belirlenmiş olur (Ying ve ark., 2016). Kesin bir çözüm bulunamamaktadır; algoritmalar uygulama alanlarına göre farklı sonuçlar gösterebilmektedirler. Bu durum aynı zamanda veri madenciliği algoritmalarına göre veri türleri oluşmasını da sağlamaktadır. Denetimli Veri Madenciliği; Denetlenen modeller bazen öngörü modelleri olarak adlandırılır. Bu modeller bir hedef değeri öngörür. Bulut bilişimde denetlenen model, sınıflandırma olan bir veri madenciliği tekniğini içerir. Denetimsiz Veri Madenciliği; Bu modeller bir hedef değeri öngörmemektedirler ancak verilerin içyapısına, ilişkilerine ve birbirine bağlılığına odaklanmaktadır. Denetimsiz modeller bazen tanımlayıcı modeller olarak da adlandırılmaktadır. Bulut bilişimde denetlenmeyen modeller, kümeleme ve birliktelik (ilişkilendirme) kuralı olan iki veri madenciliği tekniğini içerir (Zauir ve ark., 2013).



Şekil 2. Bulut Bilişimde Veri Madenciliğinin Sınıflandırılması (Taxonomy)

3.1. Sınıflandırma Algoritması

Sınıflandırma algoritmasının temel amacı diğer verileri bulmak için mevcut veri kümelerine, mevcut veri kümelerinin analizine ve yeni verilerin keşfine dayanır. Daha sonra elde edilen sonuçlardan veri

sınıflandırması ilkesini bulunur. Bu ilke ekledikten sonra verileri sınıflandırmak için kullanılabilir. Sınıflandırma algoritmaları, veri tabanında kayıtları oluşturan veri gruplarından yani tanımlama grubundan oluşan ilişkisel veriler için uygundur (Ying ve ark., 2016). En sık kullanılan sınıflandırma algoritması olarak karar ağaçları söylenebilir. Bir bütün olarak karar ağacı, görsel olarak ağaç yapısının kendisinin doğru bölünme veya doğru kararın yerini desteklediği grafiksel bir temsildir (Zauir ve ark., 2013).

3.2. Kümeleme Analizi

Kümelenme analizinin temel amacı, potansiyel verilerinden yeni bir veri dağılımı modeli bulmaktır. Kümeleme, veri keşfetmek için kullanışlıdır. Birçok vaka varsa ve belirgin doğal gruplamalar yoksa doğal gruplamaları bulmak için kümeleme veri madenciliği algoritmaları kullanılabilir (Tan ve ark., 2005). Süreç, mevcut verilerin önceden gruplandırma kurallarının belirlenmemiş olması ve verilerin kendi özelliklerine uygun olarak farklı gruplara ayrılmasıdır.

3.3. Birliktelik Kuralları

Birliktelik kurallarının temel amacı, büyük miktarlardaki verilerdeki öğeler arasındaki ilginç ilişkiyi veya benzerlikleri bulmaktır. Veri türü için birliktelik kuralları nispeten daha fazladır; temel olarak işlem türü, işlem tipi ve ilişki türü verileri için uygundur. Değişken tipini işlemek için en uygun olan ilişki kuralı Mantıksal (boolean) ve sayısal (numerical) tiptir (Zauir ve ark., 2013). Bulut bilişimde birliktelik kuralı genellikle apriori, geliştirilmiş apriori, paralel ilişki kuralı madenciliği, birliktelik kural madenciliği ve Map-Reduce gibi yöntemleri veya algoritmaları kullanmıştır. Bir birliktelik kuralı madenciliği algoritması modelinde, bir dizi öğedeki ilişkileri veya ilişkiyi keşfetmeye çalışan pazar sepeti analizi için sıklıkla kullanılır. Yani pazar sepeti analizi; doğrudan pazarlama, katalog tasarımı ve diğer iş karar verme süreçleri için veri analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu türden tipik bir birliktelik kuralı örneğin, "spagetti, şarap ve sos satın alanların % 70'i de sarımsaklı ekmek satın aldığını" öne sürmektedir şeklinde ifade edilebilir (Tan ve ark., 2005).

4. BULUT BİLİŞİMDE VERİ MADENCİLİĞİ SÜRECİ

Günümüzde sektörlerin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, veri miktarında önemli derecede artış olmuştur. Verilerden bilgi edinme özellikle sağlık, finans, pazarlama vb. alanlar için çok önemli hale gelmiştir. Böylece, sadece veri toplamanın yeterli olmadığı artık bu verilerden anlamlı bilgiler üretilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Bu zorunluluğun üstesinden gelmek için ise veri tabanlarında bilgi keşfi süreci başlatılmıştır. Veri keşfi, büyük verilerden bilgi toplamak için birkaç adımdan oluşmaktadır. Problemin tanımlanması, algoritmanın seçilmesi, veri önişleme, veri madenciliğinin uygulanması, sunum ve değerlendirme gibi adımlar olarak değerlendirebiliriz. Literatür incelendiğinde hedef kimlik, veri entegrasyonu vb. farklı tanımlamalar olsa da yapılan işlemler aslında aynıdır.

Bulut Bilişimde veri madenciliği tekniklerinin uygulanması, kullanıcıların altyapı ve depolama maliyetlerini de azaltmaktadır. Bulut bilişimde veri madenciliği süreci, normal veri madenciliği sürecinden farklı değildir. Uygulama adımları birebir aynı olmak ile beraber diğerlerinden ayrılması verinin tamamen bulut üzerinde olması ya da bulut aracılığı ile erişilmesidir. Bir A bankası için düşündüğümüzde, sınıflandırma algoritması ile veri tabanından anlamlı bilgi elde etme adına yaptığı “Riski az olan tüm kredi kartı başvurularını bul” sorgusu bir sınıflandırma algoritması kullanılarak sonuçlandırılmaktadır. Benzer bir şekilde “Müşterilerimizden harcama ve borç ödeme alışkanlıkları benzer olan kredi kartı sahiplerini bul” sorgusu kümeleme algoritması ile sonuçlandırılmakta ve anlamlı bilgi kullanıcıya sunulmaktadır. Veri madenciliği süreçleri değerlendirilirken unutulmaması gerekenler arasında tüm algoritmalar için net bir kullanıcı arabirimi bulunmamaktadır. Bunun nedeni ise veri madenciliği genelde çalışma alanına ya da çalışılan veri setine özgü çözümler içerdiği için yaygın bir arabirim oluşturulamamıştır.

4.1. Problemin Tanımlanması

Bulut bilişim içerisinde ve genel olarak veri madenciliği çalışmalarında ilk ve en önemli adım, problemin net ve anlaşılır bir şekilde tanımlanmasıdır. Kişi, kurum ve kuruluşlar elde edeceği başarının faydalarını ve yanlış tahminlerin getireceği sonuçların planlamasını bu aşamada yapmaları gerekmektedir. Hedef ya da problemin tanımlanmasında genel olarak aşağıda verilmiş olan soruların cevaplarının aranması doğru bir yönlendirme olabilir.

- Üzerinde çalışma yapılacak veriler hangi sektör içindir? Çalışma için hangi kaynaklar tüketilecektir?
- Projenin kısıtları nelerdir? Eğitim ve test verileri var mıdır?
- Uygulamanın veya çalışmanın yararları nelerdir?
- Uygulamanın maliyeti nedir? Fiyat / Performans ilişkisi kurulduğunda maliyet, uygulamanın yararları için gerekli midir?
- Yapılacak çalışmanın hangi gereksinimlere cevap vermesi gerekiyor? Ulaşılan sonuçlarda doğruluk hassasiyeti nedir?

Yukarıda verilmiş genel tanımlayıcı sorular yapılacak çalışmalara özgü olarak geliştirilip çoğaltılabilir. Burada dikkat edilmesi ve temel olması gereken sorular ise eğitim ve test verileri, proje kısıtlamaları, maliyet ve doğruluk hassasiyetidir. Doğruluk hassasiyeti dışındaki tüm nitelikler farklı alanlarda da ortak tercih edilebilir iken bu nitelik yüzde yüz özel olmalıdır. Örneğin %70lik doğruluk hassasiyeti kabul edilerek başlanılan bir çalışma bir market sepeti analizi için kabul edilebilir seviye iken sağlık uygulamaları için çok düşük ve tehlikeli bir seviye olarak yorumlanabilir.

4.2. Verileri Tanıma Aşaması

Bu aşamada analiz edilecek ve kullanılacak veriler toplanmaya başlanır. Toplanan verilerin nitelikleri iyi bir şekilde öğrenilerek bazı sınıflandırmalar oluşturulabilir. Bu adımda şirketler kendi kaynaklarından farklı olarak dış kaynaklardan da yararlanabilmektedirler. Örneğin kamera yazılım firmasına oluşturulacak bir veri seti için verileri tanıma aşamasında öncelikle ihtiyaç duyulan nitelikler belirlenmelidir. Kameraların kullandıkları kodek standartları, çözünürlükleri, FPS değerleri, seçili teknik detaylara göre kayıt edilecek videoların tahmini boyutları, sunucuların CPU güçleri, depolama hafızaları vb. nitelikler sistem mimarisi için önemli sayılanlar arasında bulunmaktadır. Bu nedenle bunlar ve diğer ihtiyaç olan niteliklere uygun veriler araştırılmaya başlanmıştır. Benzer şekilde herhangi bir banka için oluşturulacak veri seti içerisinde kişinin maaş bilgisi, ödeme alışkanlıkları, kredi puanı, T.C. kimlik numarası vb. tanımlayıcı nitelikler elde edilmelidir.

4.3. Veri Hazırlama Aşaması

Veri hazırlama aşamasında, veri kaynağından alınmış olan ham veriler kullanım ihtiyacına göre düzenlenmeye başlanır. Düzenleme içerisinde veri entegrasyonu, veri azaltma, veri önişleme gibi bir takım işlemlerden sonra veri hazırlama aşaması tamamlanmış olur. Tablolama, sınıflandırma, veri çözümleme ve birleştirme gibi işlemler bu aşamada gerçekleştirilir. Veri entegrasyonu adımında farklı kaynaklarda yer alan ve toplanmaya başlayan verileri anlamlı ve değerli bilgiler haline getirmek, kullanıcılara ilgili veri setlerinin birleştirilmiş halini sunma aşamasıdır.

Veri tanıma aşamasında toplanmış ve veri entegrasyonu adımı ile birleştirilmiş veri setleri gigabayt veya terabayt seviyesinde veri içerebilir. Bu noktada çalışmaya direk başlanması ile oluşacak problem bir zaman karmaşıklığı yaratabilecek olmasıdır. Aynı zamanda bu veri setleri ihtiyaç dışındaki niteliklerde verilerde bulunabilir. Bunlarda veri madenciliğinde gürültü denilen özelliktir. Algoritmanın çalıştırılması sonucunda ilgisiz verilerde işleme katılacaktır ve zaman karmaşıklığı bir kat daha artacaktır. Zaman karmaşıklığını azaltabilmek için öncelikle ilgisiz veriler, veri seti içerisinden temizlenmelidir.

Yapılan bu işlem adımı veri azaltma adımı olarak adlandırılır. Tam tanım olarak veri azaltma; veri seti üzerinde kullanılacak algoritma ile alakasız olan verilerin temizlenmesi işlemidir. Veri azaltma işlem adımı veri önişleme adımı ile beraber de yapılabilmektedir. Veri önişleme adımında esas olan veri seti içerisinde eksik, gürültülü ya da tutarsız kayıtların ve sonuç ile ilgisiz verilerin silinmesidir. Veri önişleme de veri madenciliğinde kullanılan bazı teknikler ile bu sorunlara çözümler üretilebilmektedir. Genel olarak bunlar; eksik değerlerin doldurulması, aykırı değerleri belirleme ve kaldırma, en çok tekrarlanan değeri kullanma vb. Sonuç olarak verilerin hazırlanması aşamasında problem tanımı adımında belirlenmiş hedef için elde edilen verilere erişim, örnekleme, tüm kaynaklardaki verileri tek bir kaynakta toplama ve entegre veriler üzerinde önişlemler yapılarak hazırlık aşaması sonlandırılmaktadır.

4.4. Modelleme Aşaması

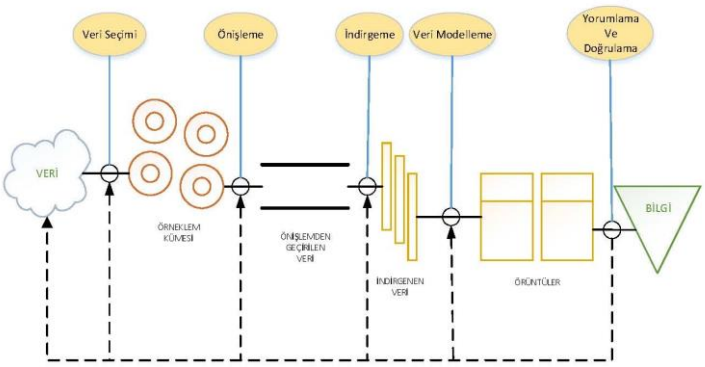
Hazırlanan verileri kullanmak için veri madenciliği algoritmalarından yararlanılarak bir model oluşturulması gerekmektedir. Probleme en uygun modelin seçilmesi için farklı modeller denenir ve tahminler yürütülür. Kullanılacak tekniğin denetimli ya da denetimsiz olmasının kararı verilmesi ile beraber sınıflandırma, kümeleme, ilişkilendirme vb. teknikler teker teker basitleştirilmiş eğitim veri seti üzerinde denenir. Sonuçlarda çıkan anlamlı bilgiler ve doğruluk sonuçları karşılaştırılarak yorumlar yapılır. Bu aşama testler, tahminler ve doğru modelin çıkartılması işlemlerini kapsamaktadır.

4.5. Değerlendirme Aşaması

Bu aşamada problemin analizi için kullanılan algoritma ve verinin verdiği sonuçların anlamlı olup olmadığı değerlendirilir. Çalışma sonunda anlamlı bir sonuca ulaşılmamış ise süreç gözden geçirilir ve bundan sonra neler yapılabileceği konusunda kararlar alınır. Veri değiştirme ya da yeni bir algoritma kullanılması gibi. Eğer yöntem için uygun veri tipleri yoksa bir önceki aşamayı geri dönüş yapılır ve veri değiştirme işlemi gerçekleştirilir. Aslında modelleme aşaması da aynı zamanda bir veri ön işleme adımıdır. Algoritma ve veri türü uygunluğu testi bu adımda gerçekleştirilir.

4.6. Uygulama Aşaması

Son aşamada veri madenciliği sürecinde üretilen bilgi, işletme problemlerinde kullanılır. Bilginin kullanımı için planlama, bakım ve gözden geçirme faaliyetleri bu aşamada yürütülür. Bu aşamayla birlikte raporlama hazırlanır ve proje sonuçları gözden geçirilir. Veri tabanı veya veri ambarı, sunucu, bilgi tabanı, veri madenciliği motoru, değerlendirme ve ara yüz veri madenciliği sistemlerinin temel bileşenleridir. Bu bileşenler bir araya gelerek yukarıdaki aşamalar izlendikten sonra karmaşık ya da çözümlenmemiş verilerden, anlamlı sonuçlara ulaşılır. Böylelikle veriden anlamlı bilgi elde edilmiş olur. Diğer bir ifade ile veri seti içindeki desenler, ilişkiler, değişimler ve düzensizlikler ortaya koyulur ve bilgi etkin bir biçimde kullanılır.



Şekil 3. Verinin Bilgiye Dönüşüm Aşamaları

5. SONUÇ

İş dünyasında ve özellikle sağlık, bankacılık ve pazarlama gibi birçok sektörde veri madenciliği tekniklerine sıklıkla başvurulmaktadır. Veri madenciliğinin temel yöntemleri olan sınıflandırma, kümeleme ve birliktelik kuralları analizi kendi içerisinde farklı algoritmalar (bkz. Şekil 2) sunmaktadır. Bulut bilişim altyapısı ise bu temel ve alt yöntemler ile birlikte çalışarak son kullanıcıya daha az maliyetli ve yüksek doğruluk değerleri içeren sonuçlar üretmeye başlamıştır. Sağlık sektöründe Microsoft Azure sistemi üzerinde çalıştırılan Apriori (Liang ve ark., 2016), görüntü analizi için Spark üzerinde çalıştırılan Paralel K-Means++ (Haut ve ark., 2016) ve en yaygın kullanım olan Pazarlama (sepet analizi) Hadoop üzerinde Birliktelik kuralları analizi (Nappina ve Revathi, 2013) bulut üzerinde çalışan veri madenciliği örnekleri olarak verilebilir.

6. TARTIŞMA

Örnek olarak verilen ve benzer çalışmalarda da göründüğü gibi birçok farklı alanda ve bulut hizmetler üzerinde veri madenciliği yoğun olarak kullanılmaya başlamıştır. Aslında, Bulut Bilişim yapısı teknik açıdan ele alındığında bu gelişmekte olan teknoloji son kullanıcıya büyük veri setlerini depolama, aynı anda işlem yapma ve lokasyon bağımsızlığı ile her noktadan erişebilme gibi birçok yeni, kullanışlı özelliği çeşitli maliyet politikaları ışığında hizmete sunmaktadır. Genel olarak bulut bilişimde kullanılmakta olan sınıflandırma, kümeleme ve birliktelik algoritmalarının kullanıldığı çalışmalar incelenerek, bu veri madenciliği yöntemlerinin bulut bilişim sistemleri üzerinde en etkili çalışan teknikler olduğu görülmüştür. Genel olarak bulut bilişimde kullanılmakta olan hizmetin sunduğu kalitenin başta güvenlik konuları olmak üzere son kullanıcıya maliyeti ile de doğru orantılı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

ALI, M., DHAMOTHARAN, R., KHAN, E., KHAN, S.U., VASILAKOS, A.V., LI, K., ZOMAYA, A.Y., (2015) SeDaSC: secure data sharing in clouds, IEEE Systems Journal, http://dx.doi.org/10.1109/JSYST.2014.2379646.

DUAN, Q., YAN, Y., VASİLAKOS, A.V. (2012), A survey on service-oriented network virtualization toward convergence of networking and cloud computing, IEEE Transactions on Network and Service Management, (4), syf. 373–392.

HAN, J., KAMPER, M., PEI, J. (2012), Data Mining: Concepts and Techniques, 3rd edition Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier. 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA.

HAUT, JM., PAOLETTI, M., PLAZA, J., PLAZA, A. (2016), Cloud implementation of the k-means algorithm for hyperspectral image analysis, The Journal of Supercomputing, 73(1), syf. 514-529.

LIANG, Z., PLODERER, B., MARTELL, M.A.C., NISHIMURA, T. (2016), A Cloud-Based Intelligent Computing System for Contextual Exploration on Personal Sleep-Tracking Data Using Association Rule Mining. Editors: A. Martin-Gonzalez, V. Uc-Cetina, Intelligent Computing Systems, syf. 83-96, Mérida, México, Springer.

MELL, P., GRANCE, T. (2009), The NIST definition of cloud computing, National Institute of Standards and Technology, Version 15.

MENZEL, M., RANJAN, R., WANG, L., KHAN, S.U., J. CHEN, J. (2014), Cloud Genius: a hybrid decision support method for automating the migration of web application clusters to public clouds, IEEE Transactions on Computational, http://dx.doi.org/10.1109/TC.2014.2317188.

MIHAILESCU, M., TEO, Y.M. (2010), On economic and computational-efficient resource pricing in large distributed systems, Proc. 10th Int'l Conf. Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGrid) 838–843.

NAPPINA, V., REVATHI, N. (2013), Data mining over large datasets using Hadoop in cloud environment, International Journal of Computer Science & Communication Networks, 3(2), syf. 73-78.

PETRE, R.S. (2012), Data mining in Cloud Computing, Database Systems Journal, vol. III, no. 3/2012.

PRASAD, A., RAO, S. (2014), A mechanism design approach to resource procurement in cloud computing, IEEE Transactions on Computational, 63 (1), syf. 17–30.

SADIKU, M., MUSA S., MOMOH, O. (2014), Cloud computing: opportunities and challenges, IEEE Potentials, 33 (1), syf. 34–36.

TAN, P., STEINBACH, M., KUMAR, V. (2005), Introduction to Data Mining, Addison-Wesley, ISBN: 0321321367.

VAFAMEHR, A., KHODAYAR, M.E. (2018), Energy-aware cloud computing, The Electricity Journal 31, Southern Methodist University, Department of Electrical Engineering, Dallas, TX, 75205, USA, syf. 40–49 Conferences 61, 07015.

YING, R., HONG, L., HUA-WEI, L., LI-JUN, Z., LI-NA, W. (2016), Data Mining Based on Cloud-Computing Technology MATEC Web of Conferences 61, 07015.

ZAUIR, M., Al RAHHAL, M.M., AL-FAIFI, A., HAFEZ, A.M., ABDALLA H. (2013), Survey of Data Mining Usage in Cloud Computing" January 2013.

HEART ATTACK PREDICTION BY USING SUPPORT VECTOR MACHINE

Research Assistant. Suleyman Cetinkaya
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
suleyman.cetinkaya@kocaeli.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Ali Demir
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
ademir@kocaeli.edu.tr

Asst. Prof. Dr. Hulya Kodal Sevindir
Kocaeli University / The Faculty of Arts and Sciences / Mathematics
hkodal@kocaeli.edu.tr

Abstract

The predicting a heart attack, one of the main causes of instant death, is very crucial. In order to handle this, determination systems with machine learning methods are employed, even though interested doctors use common medical techniques such as blood tests and electrocardiography to predict a heart attack. In this study, we used the support vector machine algorithm, a machine learning method. 50% of the data from UCI machine learning repository site was used during the training phase and the remaining is utilized during the testing phase. we used radial bases kernel function in SVM to determine heart attack. According to the test results, the rate of correct detection of heart attack is 84.82%.

Keywords: Machine learning, support vector machine, heart attack

1. INTRODUCTION

Destruction of the heart muscle which is the result of lower blood flow to a part of the heart causes to heart attack (Srinivas et al., 2010). An initial investigation, in which clinical techniques practiced, is an important step in decreasing unexpected heart attacked deaths (Tripoliti et al., 2017). The method of recording the electrical activity of the heart is called EKG. By looking at ECG signals, irregularities of the heart could be determined. Also, the ratio of some enzymes (CK-MB) in the heart is seen as a sign of potential heart attack. Recently, troponin values are also used to determine heart attack (Son et al., 2012). In order to improve the results in medical services, the use of computer-based decision systems has increased, and they are used extensively in addition to clinical methods (Elmaghraby et al., 2006). Hence, medical data was carefully recorded (Lord and Wiggins, 2006). Then, machine learning algorithms were used to develop decision support systems using this data. These algorithms are used in quite a few studies such as Tu et al. offered J48 decision tree and bagging algorithms (Tu et al., 2009), Srinivas et al. used naive Bayes, artificial neural network and decision tree algorithms to determine heart attack. Moreover, they used naive creedal classifier 2 (NCC2), and the one dependency increased naive Bayes classifier (ODANB) algorithms for data preprocessing (Srinivas et al., 2010). Deepika et al. used the connection rule mining to classify types of heart attacks (Deepika and Chandra, 2011). Jabbar et al. used clustering and association rule mining in order to determine the heart attack (Jabbar et al., 2011). The neural net, naive Bayes and decision trees algorithms in determining the heart attack was offered by Sudha et al. (Sudha et al., 2012). Shouman et al. K-means clustering algorithm with the decision tree proposed to classify the heart attack (Shouman et al., 2012). Chaurasia and Pal, applied some algorithms to determine the heart attack such as decision table (DT). They stated that the CART algorithm yields better results than other algorithms (Chaurasia and Pal, 2013). Hari Ganesh and Gajenthiran practiced classification algorithms such as J48 and naive Bayes. They stated that the naive Bayes algorithm is superior to other algorithms in the determination of heart diseases (Hari Ganesh and Gajenthiran, 2014). Kora and Kalva used classification algorithms such as Support vector machine (SVM) to predict heart attack from ECG signals. The best result of the studies was shown the LM NN algorithm (Kora and Kalva, 2015). Recently, Krishnaiah et al. used some

classification algorithms to determine the heart attack. They increased the accuracy of the model by means of fuzzy-based techniques (Krishnaiah et al., 2016).

In this study, we used the support vector machine algorithm, one of the methods of machine learning. 50% of the data from UCI machine learning repository site was used during the training phase and the remaining was taken into account during the testing phase. By radial bases kernel function in SVM, heart attack was determined. According to the test results, the rate of correct detection of heart attack is 84.82%.

2. MATERIALS

2.1 Support vector machines

We first take a supervised binary classification problem, including a training set of n vectors $x_i \in \mathbb{R}^n$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ in d-dimensional feature space X such that a target $y_i \in \{-1, +1\}$ associated to the corresponding vector x_i . By the linear SVM classification approach , every class in X are seperated from the others by optimal hyperplanes , maximizing the the separating margin (Vapnik, 1998). In the nonlinear case, a kernel method is taking into account classes are transformed into a feature space of higher dimension by $\varphi(\mathrm{X}) \in \mathbb{R}^{n'}$ $(\mathrm{n}' > \mathrm{n})$. Via the function $sign[g(x)]$ with the discriminant function $g(x)$ is defined as

$$g(x) = z^{*}\varphi(\mathrm{x}) + \mathrm{a}^{*} \tag{1}$$

The determined membership decision rule. A cost function (Vapnik, 1998)

$$\mu(z, \epsilon) = \frac{1}{2}\|z\|^2 + D\sum_{i=1}^{n}\epsilon_i \tag{2}$$

including a combination of error minimization and margin maximization is minimized by the optimal hyperplane constructed by the weight vector $z^{*} \in \mathbb{R}^n$ and the bias $a^{*} \in \mathbb{R}$. The minimization of cost function is considered under the following constraints:

$$y_i(z\varphi(\mathrm{x_i}) + \mathrm{a}) \geq 1 - \epsilon_i \qquad i = 1, 2, \ldots, n \tag{3}$$

and

$$\epsilon_i \geq 0 \qquad i = 1, 2, \ldots, n \tag{4}$$

where the ϵ_i are slack parameters for nonseparable data. The parameter D regularizes the shape of the discriminant function. By a Lagrange functional , the aforementioned optimization problem can be rewritten as follows (Vapnik, 1998),

$$\max_{\beta} \sum_{i=1}^{n}\beta_i - \frac{1}{2}\sum_{i,j=1}^{n}\beta_i\,\beta_j y_i y_j K(x_i, x_j) \tag{5}$$

with the constraints

$$\beta_i \geq 0, \qquad i = 1, 2, \ldots, n \tag{6}$$

and

$$\sum_{i=1}^{n}\beta_i\, y_i = 0 \tag{7}$$

where $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N]$ and $K(\cdot,\cdot)$ represents vector of Lagrange multipliers and kernel function respectively. The final result expressed in terms of a discriminant function of the data in the feature space X having lower dimension

$$g(x) = \sum_{i \in Q} \beta_i^* \, y_i K(x_i, x) + a^* \quad (8)$$

The set Q is a subset of the indexes $\{1, 2, \dots, n\}$. The kernel $K(\cdot,\cdot)$ such as

$$K(x_i, x) = \exp(-\delta \|x_i - x\|^2) \quad (9)$$

where δ is a parameter, corresponds to an inner product in the feature space φ(X) having higher dimension (Vapnik, 1998).

2.2 Database

The data in the link http://archive.ics.uci.edu/ml/machine-learning-databases/statlog/heart/ were taken to evaluate the performance of the SVM algorithm in determining heart attack. There are 270 records in this database. Each of these recordings consists of 13 features created by reducing 76 features. Table 1 shows a detailed description of the data. Fifty percent of the data was used for the test phase, and the remaining 50 percent was used during the testing phase. 10-fold cross-validation was applied to the algorithm.

Table 4. The description of the UCI Statlog (Heart) dataset.

Features	Feature description
F1	serum cholesterol in mg/dL
F2	resting blood pressure
F3	chest pain type (4 values)
F4	sex
F5	age
F6	old peak = ST depression induced by exercise relative to rest
F7	exercise induced angina
F8	maximum heart rate achieved
F9	resting electrocardiographic results (values 0, 1, 2)
F10	fasting blood sugar > 120 mg/dL
F11	thal
F12	number of major vessels (0-3) coloured by uoroscopy
F13	the slope of the peak exercise ST segment

3. METHODS AND RESULTS

Clinical techniques are used continuously to predict a heart attack. In addition to these clinical techniques, computer-based classification algorithms help the doctor to determine the heart attack. In particular, machine learning methods help in revealing striking patterns from medical data.

In this study, we used the support vector machine algorithm, one of the methods of machine learning. 50% of the data from UCI machine learning repository site was used during the training phase and the remaining 50% was used during the testing phase. We used radial bases kernel function in SVM to determine heart attack. According to the test results, the rate of correct detection of heart attack is 84.82%. The accuracy shown in Equation 1 gives the correct number of samples from all samples.

$$Accuracy = \frac{Number\ of\ true\ Instances}{Number\ of\ all\ Instances} \quad (1)$$

According to the results in the test phase, the accuracy of the our algorithm is 84,82%. Our results are compared with the previous studies in Table 2.

Table 2. Comparison of our study with other studies in the same database.

Studies	Accuracy % (Used technic)
In this study	84.82% (SVM-Gaussian)
Tu et al., 2009	81.41% (Bagging)
	78.90% (J48 decision tree)
Srinivas et al., 2010	80.46% (One dependency increased naive Bayes classifier)
	84.14% (Naive Bayes)
Shouman et al., 2012	84.10% (Decision tree)
Chaurasia and Pal, 2013	83.49% (Classification and regression tree)
	72.93% (ID3)
	82.50% (Decision table)
Hari Ganesh and Gajenthiran, 2014	77.50% (J48), 83,40% (Naive Bayes), 76.20% (Decision table)
Soni et al., 2011	81.51% (WAC)

Among the studies in Table 2, the accuracy of the our algorithm is at the highest level. This algorithm can be used as an aid to a doctor in clinical situations.

REFERENCES

CHAURASIA, V., PAL, S. (2013), Early prediction of heart diseases using data mining techniques, Caribbean Journal of Science and Technology, 1, 208-217.

DEEPIKA, N., CHANDRA, S. K. (2011), Association rule for classification of heart attack patients, International Journal of Advanced Engineering Science and Technologies, 11, 253-257.

ELMAGHRABY, A. S., KANTARDZIC, M. M., and WACHOWIAK, M. P. (2006) Data mining from multimedia patient records. In: Triantaphyllou E, Felici G, editors, Data Mining and Knowledge Discovery Approaches based on Rule Induction Techniques. Massive Computing Series, (p. 551-595), Heidelberg, Germany: Springer.

HARI GANESH, S., and GAJENTHIRAN, M. (2014), Comparative study of data mining approaches for prediction heart diseases, IOSR Journal of Engineering 4, 36-39.

JABBAR, M. A., CHANDRA, P., and DEEKSHATULU, B. L. (2011), Cluster based association rule mining for heart attack prediction, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 32, 197-201.

KORA, P., and KALVA, S. R. (2015), Improved bat algorithm for the detection of myocardial infarction, SpringerPlus, 4, 466.

KRISHNAIAH, V., NARSIMHA, G., and CHANDRA SUBHASH, N. (2016), Heart disease prediction system using data mining techniques and intelligent fuzzy approach: a review, International Journal of Computer Applications, 136, 43-51.

LORD, W., and WIGGINS D. (2006), Medical decision support systems. In: Spekowius G,Wendler T, editors. Advances in Healthcare Technology: Shaping the Future of Medical Care, (p. 403-419), Dordrecht, Netherlands: Springer.

SHOUMAN, M., TURNER, T., and STOCKER, R. (2012), Integrating decision tree and k-means clustering with different initial centroid selection methods in the diagnosis of heart disease patients, Proceedings of the International Conference on Data Mining.

SON, C. S., KIM, Y. N., KIM, H. S., PARK, H. S., and KIM, M. S. (2012), Decision-making model for early diagnosis of congestive heart failure using rough set and decision tree approaches, Journal of Biomed Inform, 45, 999-1008.

SONI, J., ANSARI, U., SHARMA, D., and SONI, S. (2011), Intelligent and effective heart disease prediction system using weighted associative classifiers, International Journal on Computer Science and Engineering, 3, 2385-2392.

SRINIVAS K., RANI, B. K., AND GOVRDHAN, A. (2010), Applications of data mining techniques in healthcare and prediction of heart attacks, International Journal on Computer Science and Engineering, 2, 250-255.

SUDHA, A., GAYATHIRI, P., and JAISANKAR, N. (2012), Effective analysis and predictive model of stroke disease using classification methods, International Journal of Computer Applications, 43, 26-31.

TRIPOLITI, E. E., PAPADOPOULOSA, T. G., KARANASIOUA, G. S., NAKAC, K. K., and FOTIADISA, D. I. (2017), Heart failure: diagnosis, severity estimation and prediction of adverse events through machine learning techniques, Computational and Structural Biotechnology Journal, 15, 26-47.

TU, M. C., and SHIN, D. (2009), Effective diagnosis of heart disease through bagging approach. In: IEEE 2009 2nd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics; 17{19 October 2009; Tianjin, China. New York, NY, USA: IEEE. pp. 1-4.

VAPNIK, V. (1998), Statistical Learning Theory, New York: Wiley.

FARKLI CİDAR KALINLIKLARINA SAHİP FİTTİNGS PARÇALARIN SERTLİK VE MİKRO YAPI DEĞİŞİMLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK
Bilecik Şeyh Edebali Üniversite / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
burak.ozturk@bilecik.edu.tr

Doç. Dr Hasan ÖKTEM
Kocaeli Üniversitesi /Hereke Meslek Yüksek Okulu , Makine ve Metal
hoktem@kocaeli.edu.tr

Öğr. Gör. Ece SİMOOĞLU
Kocaeli Üniversitesi /Hereke Meslek Yüksek Okulu , Makine ve Metal
ece.simooglu@hotmail.com

Emre GÜRÇAY
Bilecik Şeyh Edebali Üniversite / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
emregurcay9@gmail.com

Özet

Sıhhi tesisat sistemlerini montajında sonrasında küresel dökme demirden üretilen fittings parçaların soğuma hızları çok yüksek olduğundan yüksek sertlik değerlerine sahiptir. Tesisat sistemlerinde akışkanların transferi sırasında oluşan yüksek basınç etkisiyle kırılmakta ve su basması gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemi önlemek fittings parçalarında, östemperleme ısıl işlemi uygulanarak, dökülen malzemenin sertliği azaltılmakta, bu sayede diş çekme işlemi de kolaylıkla uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, bu ısıl işlem üretim maliyetlerini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu çalışmada araştırmacılar, küresel grafitli dökme demir malzemesinden üretilen üç farklı cidar kalınlığına sahip fittings parça üzerinden numuneler elde etmişlerdir. Bu numuneler farklı soğuma hızlarına sahiptir. Farklı soğuma hızlarına sahip numunelerin sertlik ve mikro yapı değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dökme Demir, Soğuma Hızı, Mikro yapı

Hardness and Microstructural Changes of Fittings with Different Wall Thicknesses

Abstract

During the installation of the piping installation, pipe fittings made of spheroidal graphite cast iron materials are hard, they are broken by the effect of the forces formed and problems such as flooding occur. In order to eliminate this problem, the austempering heat treatment is applied and the hardness of the spilled material is reduced. However, this process significantly increases production costs. In this study, the hardness and microstructure changes of samples produced from spheroidal graphite cast iron material were investigated. In this study, the hardness and microstructure changes of samples produced from spheroidal graphite cast iron material were investigated. Depending on the cooling rate, thin-walled products had a harder and pearlitic microstructure. The products have been subjected to austenitizing heat treatment to reduce the fragility and to reduce the workability and to reduce the hardness value of this microstructure. This austenitizing heat treatment has been determined to increase workability.

Keyword: Cast Iron, Cooling Speed, Microstructure, Austenitization

1. GİRİŞ

Fittings ürünler doğalgaz ve sıhhi tesisat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Küresel grafitli dökme demirden üretilen bu malzemelin mekanik özelliklerini artırırken kırılganlığını azaltmak için, östemperleme işlemi yapılması gerekmektedir. Endüstride maliyetler nedeniyle östemperleme işlemi yapılmadan üretimi gerçekleştirilen bu ürünler, son derece kırılgan bir yapıya sahip olup, deprem veya montaj işlemleri gibi fiziksel bir kuvvet etkisiyle kırılmaktadır. (Gupta ve ark ,2015]. Basınç etkisi sonucunda "T" ve dirsek boru bağlantı elemanlarının üç boyutlu düzleminde maksimum gerilme diyagramı oluşturulmuştur (Dudko ve ark, 1976) "T" ürününde 1-8 MPa basınç aralığındaki basınç dayanım analizleri sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmış olup yer değiştirme miktarı ve şekilleri gözlemlenmiştir (Maoa ve ark,2015). Metal şekillendirme yöntemiyle boru dirsek üretimi sonlu elemanlar yöntemi ile şekillendirilmesi tez çalışması olarak incelenmiştir (Karabulu,2007). Kaynak birleştirmeli fittings ürünlerin mekanik özellikleri araştırılmıştır (Kotousov ve ark, 1990). Diş çekme işlemi esnasında farklı sertlikteki malzemelerin kalıba bağlanması sonucunda kılavuzlarda körelme ve kırılma oluşmaktadır(Ozturk,2013). Boru bağlantı elemanlarının diş çekme işlemleri bazı çalışmalarda incelenmiştir (Khoshdarregi ve ark, 2007 , Bairamov ve ark, 1965).

Endüstride farklı et kalınlıklarında olmasına rağmen aynı fırından çıkan malzemelerde sertlik değişimleri ve kılavuz kullanım ömründe değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu hata maliyetleri artırmaktadır. Fittings elemanlarında yapılan bu incelemelerde farklı et kalınlıklarına bağlı olarak mekanik özelliklerin incelenmediği anlaşılmıştır. Farklı et kalınlıklarına bağlı soğuma hızları ve farklı östemperleme sıcaklıkları ile ilgili dökme demirlerde çalışmalar bulunmaktadır. Küresel grafitli dökme demirlerde 350, 370, 390, 410 °C sıcaklıklarda; farklı miktarlardaki tuzlu çözelti içerisinde yapılan östemperleme işleminin mikro yapıya etkileri araştırılmıştır. Buna ilave olarak, darbe dayanımları incelenmiştir (Shin ve ark 2007).

1420 °C'de dökülen gri dökme demir malzemeden üretilen 83,5*55, 52,5*24,2, 51,5*15,8, 51,5*10, 48,5*5 mm ölçülerinde tasarımlar için; 1,9, 3,14, 8,87, 13,53 ve 17,67 °C/sn soğuma hızları (1100-1000 °C) tespit edilmiştir. Soğuma hızı artıkça, DAS (dendrite characteristics) özelliği artmıştır. Hızlı ve yavaş soğuma esnasında ince dentiritler meydana gelmiştir (Behnam ve ark, 2010). DAS üzerine soğuma hızının etkisi östemperlenmiş dökme demirler içinde araştırılmıştır (Hemenanth, 2000). Yapılan çalışma sonucunda, 25, 75, 125, 175 ve 225 mm' lik ölçülerde çil oluşumu ve çekme dayanımı incelenmiştir. 1-20 mm et kalınlığında 12 farklı çekme model numunesi üretilmiştir ve döküm sonrası 2, 6 ve 10 mm'lik modellerin mikro yapısı incelenmiştir (Alabbasian ve ark, 2010). 0-10 mm aralığındaki malzemelerin sünekliliği araştırılmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, farklı kesit kalınlığına bağlı olarak üretilmiş fittings döküm ürünlerinde, oluşan sertlik değişimlerinin incelenmediği gözlenmiştir. Ayrıca uygulanan östenitleme ısıl işleminin etkisi de araştırılmamıştır. Fittings elemanlarında yapılan diş çekme işleminde kılavuz ömrü sertlik miktarı ile ters orantılıdır. Farklı et kalınlıklarındaki fittings malzemelerin; döküm ve östenitleme ısıl işlemi sonrası sertlik değişimi ve sertlik değişimine etki eden ferritik, perlitik ve sementit ağına sahip mikro yapıların incelenmesinin gerekliliği anlaşılmıştır

2. MATERYAL VE METOD

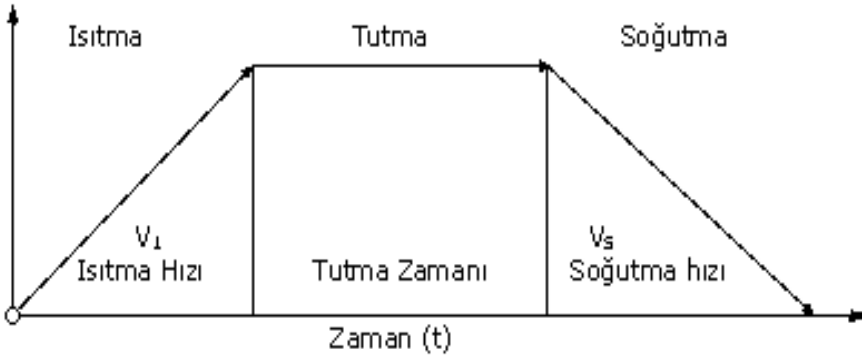
Endüstride 150' den fazla tipte fittings üretimi mevcuttur. Bu araştırmada incelenen numuneler; 2 inç nipel, 11/2 inç nipel ve 1 inç manşon redüksiyondan elde edilmiştir (Şekil 1). Üç farklı ölçüye sahip üründen numuneler soğutma ile hassas kesme yapılarak bakalite alınmıştır. Döküm sırasında aynı ocak ve potadan ürünlerin dökümü gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de bu numunelerin spektral analiz sonuçları yer almaktadır. Üç farklı ürün 4 saat sürede 930° C sıcaklığa çıkartılarak 8 saat bu bölgede bekletilmiştir (Şekil 2). Uygulanan bu östenitleme ısıl işlemi sonrası havada ürünlerin soğuması sağlanmıştır. Bu östenitleme ısıl işlemi yapılan ürünlerinde numune hazırlama işlemleri yapılmıştır.



Şekil 1. Deney numuneleri 2 inç nipel, 11/2 inç nipel ve 1 inç manşon redüksiyon (Soldan-sağa).

Tablo 1. Numunelerin kimyasal analizi.

Element	Fe	C	Si	Mn	P	S
Yüzde olarak (%)	93.3	3.42	2.71	0.16	0.03	0.012



Şekil 2. Östenitleme ısıl işlemi diyagramı.

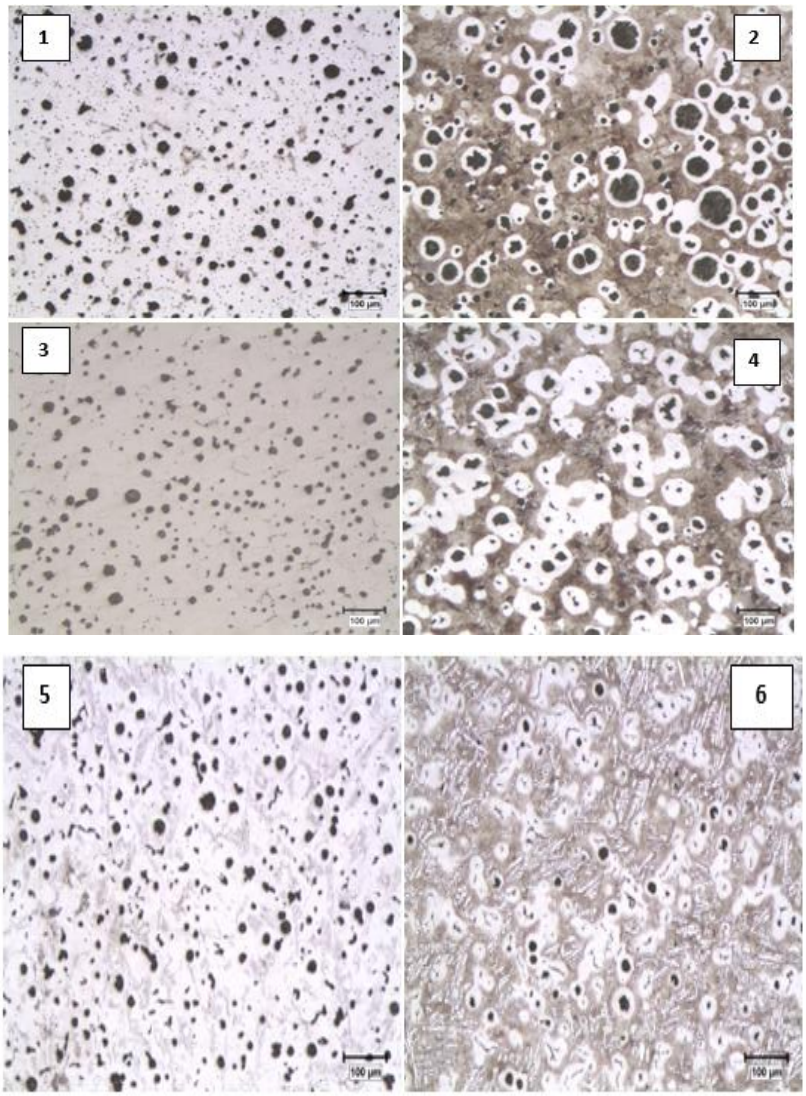
3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Üç farklı soğuma hızına ve iki farklı üretim yöntemiyle numune haline getirilmiş (döküm ve ısıl işlem) bu malzemelerin sertlik değişimleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde döküm sonrası ince cidarlı olup en yüksek soğuma hızına sahip olduğu düşünülen 1 inç manşon redüksiyonun sertlik değeri 270 Brinell (HB)'dir. Bununla birlikte kalınlık değeri en fazla olan 11/2 inç Nipel malzemesinin sertlik miktarı ise 156 HB olarak elde edilmiştir. Bu numunelerin sertlik değerleri ile elde edilen mikro yapı değişimleri arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3). Buna göre soğuma hızı en yüksek olan 6 numaralı döküm numunede beynitik, yani soğuma hızından dolayı sementit lamelleri daha sıkı olan yapılar gözlemlenmiştir. Ayrıca bu yapı yüksek oranda perlitik bir yapıya sahiptir. Uygulanan östenitleme ısıl işlemi ile bu perlitik yapıların yüksek oranda ferrite dönüştüğü fakat yine de beynitik yapıların mikroyapıda gözlemlendiği söylenebilir. Bu yüzden sertlik miktarı 218 HB olarak ölçülmüştür. Diğer iki farklı tip malzemenin kalınlık ölçüleri birbirine yakındır. Bu nedenden dolayı 2. ve 3. Numunede perlitik oranı yüksek ferrit-perlit bir mikro yapı elde edilmiştir. 183 -156 HB sertlik bu ürünlerde oluşmuştur. Ayrıca, uygulanan ısıl işlem sonrası 144 HB sertlik değerine sahip ferritik yapılar elde edilmiştir. Bununla birlikte, literatürde dana gözü olarak adlandırılan karbürlerin uygulanan östenitleme ısıl işlemi sonrası matriste bozulduğu ve çizgisel bir hal aldığı belirlenmiştir.

Tablo 2. Farklı Numunelerin Sertlik Değişimleri

Deney No	**Ürün**	**Sertlik (HB)**
01	2 inç Nipel Döküm Isıl İşlem	165
02	2 inç Nipel Döküm	183
03	11/2 inç Nipel Isıl İşlem	144
04	11/2 inç Nipel Döküm	156
05	1 inç Manşon Red. Isıl İşlem	218
06	1 inç Manşon Red. Döküm	270

Bu çalışma ile farklı soğuma hızlarına sahip fittings malzemelerin döküm ve ısıl işlem sonrası mikro yapı ve sertlik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler sonrası östenitleme ısıl işlemi yapılırken bazı hatalar gözlemlenmiştir. Çünkü östenitleme ısıl işlemi sonrası elde edilen sertlik miktarı arası değişkenliğin çok fazla olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar her bir farklı kesite sahip bu ürünler için ayrı ısıl işlem reçetesinin yapılmasının gerektiğine karar vermişlerdir.



Şekil 3. 1-6 numaralı deney numunelerinin mikro yapı değişimleri

KAYNAKLAR

Alabbasian F., Kheirandish S., Boutorabi SMA.,(2010) Effect Of İnoculation And Casting Modulus On The Micro Structure And Mechanical Properties Of Ductile Ni-Resist Cast İron, *Materials Science & Engineering* , 651,467-473

Bairamov G., Abdulaliev Z.,(1965) Optimization of Cutting Conditions and Tool Geometry in Multiple Threading of Tool Joint Threads, *Candidate Eng. Sci. S*, 35-37.

Behnam MMJ., Varahram N., Davami P.,(2010), Effect of cooling rate on microstructure and mechanical properties of gray cast iron, *Materials Science and Engineering* , 528, 583-588.

Dudko BN., Neiman E.,(1976), Investigation of the Stressed State and Strength of Forced High-Forced High-Pressure Pipe Fittings, *Design and Construction of Machinery and Equipment*, 865-867.

Gupta A., Ju BS., (2015), Seismic fragility of threaded Tee- joint connections in piping systems, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 132, 106-118.

Hemenanth J., (2000), Effect Of Cooling Rate On Dendrite Arm Spacing (DAS),*Eutectic Cell Count (ECC) And Ultimate Tensile Strength (UTS) Of Austempered Chilled Ductile İron, Materials And Design* , 21, 1-8.

Kasten A, Nestler A, Lee SW.,(2013), Analytic Mechanistic Cutting Force Model For Thread Milling Operations, 14th CIRP Conference On Modeling Of Machining Operations, 546– 551.

Karabulu, H.,(2007), Boru Dirsek Parçalarının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Şekillendirilmesi, *Institute of Science*, 3(1),32-43.

Khoshdarregi M., Altintas Y.,(2015), Generalized Modeling Of Chip Geometry And Cutting Forces İn Multi-Point Thread Turning, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 21-32.

Kotousov A. Makhutov N.,Serikov, V.,(1990), Increasing The Design Strength Of Piping Fittings, *State Scientific-Research Institute for Mechanical Engineering*,77-80.

Maoa J.,Bao S.(2015), Comparative Studies On Buckling Behaviors Of T Joint And Pipe By Varying Geometric Parameters And Analysis Methods", *International Journal of Mechanical Sciences*, 90, 113-121.

Öztürk B.,(2013) Fittings Boru Bağlantı Elemanlarında Cidar Kalınlığına Bağlı Olarak Sertlik ve Mikroyapı Değişimleri, *Bartın University Institute of Science*.

Shin H., Park H., Lim JD., Kim YJ., (2007), Investigation İnto Mechanical Properties Of Austempered Ductile İron (ADI) İn Accordance With Austempering Temperature, *Materials Research Team, Corporate R & D Division of Hyundai - Kia Motors Materials Letter*, 62,357-360.

.

İKİ FARKLI ÜRETİM YÖNTEMİNİN BİR POMPA FİLTRE KAPAĞI PARÇASININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr Öğr. Üyesi Burak ÖZTÜRK
Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, Bilecik, Türkiye
burak.ozturk@bilecik.edu.tr

Prof. Dr. Özkan KÜÇÜK
Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, MetalurjiMalzeme Mühendisliği, Bilecik, Türkiye
ozkan.kucuk@bilecik.edu.tr

Büşra GEDİK
Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, Bilecik, Türkiye
busragdikk@gmail.com

Emre GÜRÇAY
Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji Malzeme Mühendisliği, Bilecik, Türkiye
emregurcay9@gmail.com

Özet
Endüstride mazot, benzin ve yağ gibi akışkanların transferi için genel olarak dişli pompalar kullanılmaktadır. Pompaya montajı gerçekleştirilmiş hava ayırıcı ünitesi, yakıttaki havayı ayırmak için kullanılmaktadır. Bu ayırıcı içerisinde akaryakıt içindeki havayı ayırmak için bir filtre bulunmaktadır. Filtre ise yakıttaki yabancı maddeleri ayırmaktadır. Bu çalışmada, filtrenin zamana bağlı kullanım ömrünün bitmesi sonucunda değiştirilmesine olanak sağlayan kapağın; mekanik ve mikroyapı özellikleri değişimleri incelenmiştir. Bu parça pompada yakıt transferi sırasında yüksek basınçlara maruz kalmaktadır. Zamana, tasarımsal özelliklere, metalürjiksel zayıflıklara bağlı olarak plastik deformasyona uğramakta ve kırılmaktadır. Bunun sonucunda yüksek miktarlardaki akaryakıt sızarak etrafı kirlettiği gibi büyük oranda çevre ve ekonomiksel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu kapak döküm ve enjeksiyon olmak üzere iki farklı yöntemle Etial 171 malzemesinden üretilmiştir. Enjeksiyon üretim yapılmadan önce tasarım ile minimum hacim sağlanmıştır. Döküm ve enjeksiyon yöntemi ile üretilmiş bu iki farklı tip malzemenin soğuma ve basınç farklılıklarından doğan kesitlerindeki metalürjilik ve mekanik özelliklerdeki farklılıklar mikro sertlik ölçümü ve mikroyapı ölçümü ile incelenmiştir. Sonuç olarak Üniversite & Sanayi iş kapsamında bir pompa yedek parçasının malzeme ve mekanik özellikleri bu çalışma sonucunda iyileştirilmiştir.

Anahtar Kelime: Alüminyum Enjeksiyon, Alüminyum Alaşımları, Mikroyapı, Sertlik,

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TWO DIFFERENT PRODUCTION METHODS ON MECHANICAL PROPERTIES OF A PUMP FILTER COVER PART

Abstract

Gear pumps are generally used in industry for the transfer of fluids such as diesel, petrol and oil. The pump-mounted air separator unit is used to separate the air from the fuel. In this separator there is a filter to separate the air in the fuel. The filter separates the impurities in the fuel. In this study, the cover which allows the filter to be changed as a result of the time-dependent life of the filter; mechanical and microstructural changes were investigated. This part is exposed to high pressures during the transfer of fuel to the pump. Depending on time, design features, metallurgical weaknesses, plastic deformation and breaks. As a result, high levels of fuel leaked and polluted the environment, resulting in significant environmental and economic problems. It is produced from Etial 171 material

by two different methods such as cap casting and injection. The minimum volume is provided by design prior to injection. The differences in metallurgical and mechanical properties of the two different types of materials produced by casting and injection methods resulting from the cooling and pressure differences were examined by microhardness and microstructure measurement. As a result, material and mechanical properties of a pump spare part within the scope of University & Industry business have been improved by this study.

Keywords: Aluminum Injection; Aluminum Alloys; Microstructure; Hardness;

1.GİRİŞ

Pompalar, farklı kaynaklardan aldığı mekanik enerjiyi, pompa içerisinden geçen akışkana hidrolik enerji tayin eden makinelerdir. Yani akışkanların bir enerjiye sahip olmasını sağlarlar. Pompalar akışkanlara kazandırmış oldukları basınç ve enerji ile birlikte akışkanların bir yerden başka bir yere transfer edilmesini sağlar.(Öztürk, 2013) Sosyal tesislerin su temini, sanayi ve arıtma tesisleri, otomobilde benzin transferi, yangın söndürme faaliyetleri, kimya endüstrisinde, gıda endüstrisinde ve boya endüstrisi gibi çok geniş bir kullanıma sahiptir. Kullanılacak yere göre farklı çeşitlerde pompalar mevcuttur. (Li H. ve ark., 2011, Song, 2011)

Genel olarak iki şekilde sınıflandırılırlar; Hacimsel ve Santrifüj pompalar olmak üzere. Bizim bu konumuzda ele aldığımız pompa tipi dişli pompalar olmakla birlikte, viskoziteli akışkanların kullanımı gibi avantaj sağlamaktadır. Diğer pompalara nazaran daha basit oluşları, uzun süreli performans göstermeleri, bakımlarının düşük olması, yüksek basınç, ve maliyetlerinin minimum olmaları gibi avantajlar sayesinde hidrolik devrelerde kullanılırlar. (URL – 1)

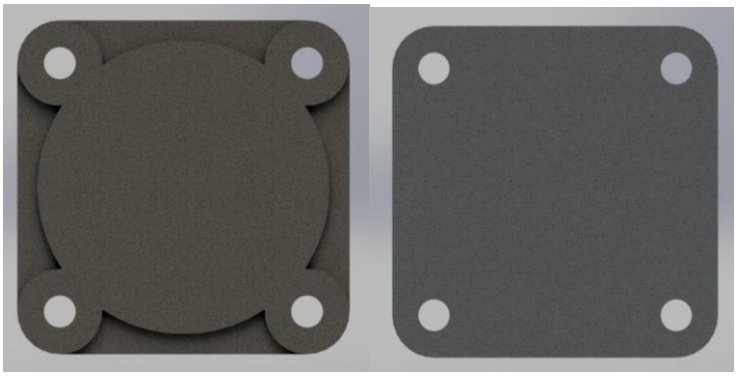
Türkiye'deki Pazar payının büyük bir kısmını oluşturan araçların karmaşık yapıya sahip olması nedeniyle kullanılan yakıtın sistem içindeki kullanışı dikkate alınarak temizlik sağlanmalıdır. Yakıt temizliği ise filtreler sayesinde gerçekleştirilir. Filtreler, akışkanlara karışmak isteyen tozların ve katı partikülleri toplamakla görevlidir. (Koç M. 2006) Filtreler araç ve makineler koruyan bölümdür. Küçük toz parçacıklarını toplayarak pompanın performansı ve pompanın temizliğini sağlar. Bu filtrelerin sızdırmazlığını sağlayan kapak kısmı bulunur. Bu kapağa özellikle yüksek devir sayılarında, pompanın çıkış vanasının kapatılması sonucunda ortaya çıkan yüksek basınçlarda bu kapağın dışarıya mazot sızdırma problemi ortaya çıkmaktadır.(Ulusoy, 2018)

Döküm ile üretilen bu kapağın, dökümden sonra talaşlı işleme operasyonu ile birlikte son şeklini alması zaman alıcı ve maliyetlidir. Bu parametreleri daha iyi seviyeye getirmek için basınçlı enjeksiyon yöntemi ile üreterek maliyeti ve ağırlığı azaltılmıştır. Daha kısa sürede ve malzemeden tasarruf ederek seri üretimi yapılmıştır. Döküm kapağının tasarımına bağlı olarak, soğuma hızları dökümde farklılık gösterir bunun neticesinde mikro yapı ve sertlik değişimleri ortaya çıkar. Kapağın en çok basınca maruz kalan bölgelerinin direncini arttırmak ve soğuma hızına bağlı olarak tasarımda değişiklikler yaparak daha dayanıklı bir kapak elde etmek amacıyla enjeksiyon yöntemi ile üretilmesine karar verildi. Ayrıca mikroyapı ve sertlik değişimlerinin bu iki farklı yöntem ve tasarım geometrisi için incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

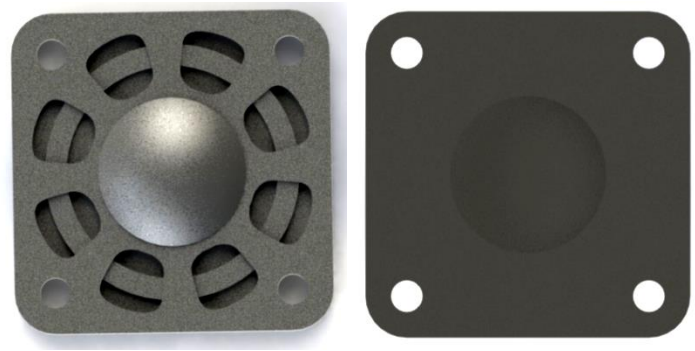
Çalışmalarımızda, döküm ve enjeksiyon ile üretilen Etial 171 kalite iki filtre kapağı kullanılmıştır.

2.1. Tasarım



(a) (b)

Şekil 1. Döküm ile üretilmiş filtre kapağı (a) döküm kapağının önü, (b) döküm kapağının arkası



(a) (b)

Şekil.2. Enjeksiyon ile üretilmiş filtre kapağı (a) enjeksiyon kapağın ön yüzü, (b) enjeksiyon kapağın arka yüzü

Döküm ile üretilen filtre kapağında; oluşan basınçlara karşı yeterli dirence sahip olmaması sebebiyle sızdırmazlık problemleri ortaya çıkmaktadır. Kapağa etki eden basıncın kenarlardan ortalara doğru gidildikçe arttığını gözlemlenmiştir. Bu problemi tasarım değişimi ile ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Bu yeni tasarım Üniversite & Sanayi kapsamında IPT akaryakıta ait olan 3 farklı tip pompanın hava ayırıcı ünitesinin tasarım modeli dikkate alınarak modellenmiştir. Döküm (2 adet) ve enjeksiyon (4 adet) kapakların farklı bölgelerinden numuneler alınmıştır.

Tablo.1 Numunelerin kesitleri

Numune Numarası	Üretim Yöntemi	Kalınlık ve Uzunluk (mm)
1	Enjeksiyon	8.2x4.2
2	Enjeksiyon	7.35x5.76
3	Enjeksiyon	7.46x4.02
4	Enjeksiyon	7.20x5.23
5	Döküm	9.25x5.40
6	Döküm	5.85x3.29

Numuneler sırasıyla 200,400,600,800,1000,1200 mesh zımparalarla yüzeylerinde çizikler giderilene kadar zımparalanmıştır. Zımparalama işleminden sonra numuneler sırasıyla 9 µm, 6 µm'lik elmas pastalarla sonrasında 1 µm'lik alümina ile parlatılmıştır. Parlatılmış olan numunelerin üzerinden mikroskop görüntüsü alabilmek için dağlama işlemi yapıldı. 70 ml su içine 30 ml (NaOH) eklenerek hazırlanan çözelti içerisinde, döküm numuneleri 15 saniye, enjeksiyon numuneleri ise 90 saniye bekletilerek dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Numuneler saf su ile iyice temizlendikten sonra mikroyapı için hazır hale gelmiştir. Nikon L135 marka optik mikroskopta incelemeye tabi tutulmuştur. Her iki üretim yöntemi için farklı bölgelerinden alınan numunelerin çeşitli büyütmelerde mikroyapı görüntüsü alınmıştır.

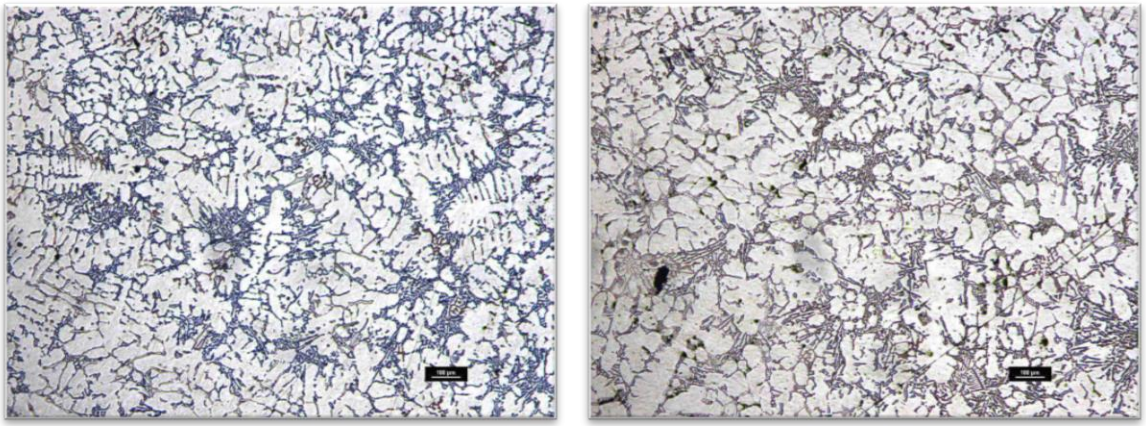
Sertlik ölçümü için kullanılan Shimadzu HMV-2 modelinin uyguladığı yük aralığı 98Mn-120N ‘ dur. Numunelerin her birine Hv0.5 (500gram) yük 10 saniye uygulanarak işlem gerçekleştirilmiş olup her numune için 5 ‘er kez tekrarlanıp ortalaması alınmıştır. Etial 171 kalite alüminyum alaşımın kimyasal kompozisyonu tablo 2’ de yer almaktadır.

Tablo 2. Etial 171 Alüminyum Alaşımı kimyasal bileşimi.(Bayar ve ark., 2006)

	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni
ETİAL 171	0,50	9,00-10,00	0,10	0,40-0,60	0,30-0,45	0,10	0,10

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Etial 171 kalitede üretilmiş döküm kapağın kenarından ve orta kısmından alınan numunelerin mikro yapıları incelenmiştir. Bu numunelerin mikroyapıları (şekil 3.) gösterilmiştir. Mikroyapıları incelendiğinde iki bölgenin birbirinden farklı boyutlarda tanelerin olduğu ölçülmüştür. Bunun sebebi ise farklı kesitlerin farklı soğuma hızlarına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Soğuma hızının artmasıyla birlikte ortalama tane boyutlarında azalma olduğu gözlenmiştir.

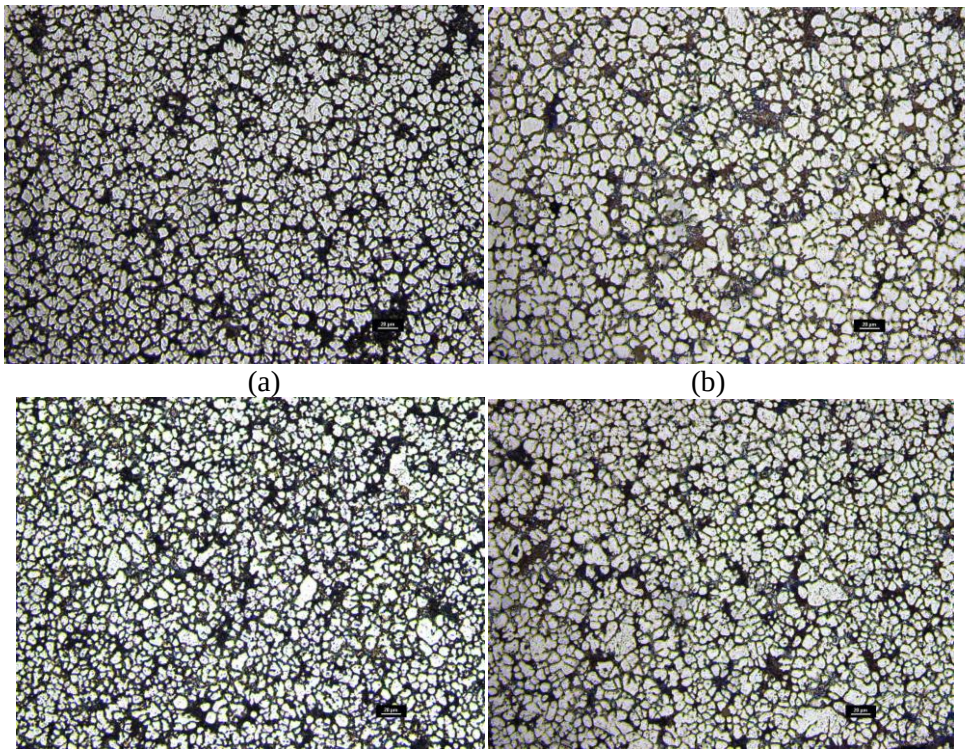


Şekil 3. Döküm numunelerin (a) Kenar bölgesinden , (b) Merkez bölgesinden alınan mikro yapı görüntüleri

Tablo 4. Döküm numunelerin kenar bölgesi ve merkez bölgesindeki ortalama tane boyutu.

	Kenar Bölgesinden	Merkez Bölgesinden
Ortalama Tane Boyutu	108µm	138µm

Enjeksiyon yöntemiyle üretilen kapağın farklı kesit alanına sahip bölgeleri olduğu için 4 farklı bölgeden numune alınmış ve mikroyapıları incelenmiştir. Mikroyapı görüntüleri (Şekil 4.) incelendiğinde ortalama tane boyutunun döküm yöntemine göre yaklaşık 8 kat küçüldüğü gözlemlenmiştir. Bunun nedeni enjeksiyon yönteminde uygulanan basınç sebebiyet vermektedir.



(a) (b)

(c) (d)

Şekil 4. Enjeksiyon numunelerin, (a) 1.bölgeden, (b) 2.bölgeden, (c)3.bölgeden (d) 4.bölgesinden alınan mikro yapı görüntüleri.

Tablo 4. Enjeksiyon numunelerin 1,2,3,4 bölgesinin ortalama tane boyutu.

	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge
Ortalama Tane Boyutu	10µm	20µm	16 µm	17µm

Enjeksiyon numunelerin dört farklı bölgesininde ortalama tane boyutu farklı çıkmıştır.

Elde edilen veriler incelendiğinde tane boyutu ve sertlik arasında bir doğru orantı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni üretim yönteminden kaynaklanan yüksek basınçlardır. Yüksek basınç ile birlikte tane boyutları azalmıştır ve böylece sertlikte artış olmuştur. (Ekinci, 2011)

İki yöntemin sertlik değerleri karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %20 oranında enjeksiyon yönteminde artış gözlenmiştir.

Tablo 4. Döküm ve enjeksiyon numunelerin, mikro vickers sertlik deneyi sonucunda elde edilen değerler HV0.5

Numune Numarası	**Üretim Yöntemi**	**Mikro sertlik Ölçüm Sonuçları HV 0.5 (500gr)**
1	Enjeksiyon	102 HV
2	Enjeksiyon	94 HV
3	Enjeksiyon	98 HV
4	Enjeksiyon	99 HV
5	Döküm	81 HV
6	Döküm	78 HV

Soğuma hızına bağlı olarak sertlik değerinin arttığı, boşluk oluşumunun arttığı ve buna bağlı olarak dislokasyonların güçlenmesi ile sertlikte artış görüldüğü düşünülmüştür.

Etial 171 alüminyum alaşımlı kapağın döküm ve enjeksiyon yöntemleri ile üretilen numulerden elde edilenler;

1. Döküm yönteminden sonra kapağın son şeklini alması için uygulanan talaşlı işlemin gerçekleşmesi zaman alıcı olmasından dolayı farklı üretim metoduna yönlendirmiştir. Enjeksiyon yöntemi ile daha kısa sürelerde ve seri üretime uygun olması sebebiyle tercih edilmiştir.
2. İki yöntem karşılaştırıldığında üretim yöntemlerine bağlı olarak enjeksiyon üretiminde sertliğin daha yüksek ve daha dayanıklı bir kapak haline gelmiştir. Enjeksiyon yöntemde uygulanan basınç etkisi ile tanelerin boyutunun küçülmesi sertlik artışına sebep olmuştur.
3. Ortalama tane boyutunun döküm yöntemine göre 8 kat küçüldüğü, sertliğinin ise yaklaşık olarak %20 arttığı tespit edilmiştir.
4. Tasarımda değişikliğe gidilmesinin sebebi ise; filtre kapağına uygulanan basıncın dıştan içe doğru arttığı saptanmıştır. Merkez kısmın basınca daha dayanıklı olması için farklı tasarım geliştirilmiştir.

TEŞEKKÜR
Üniversite & Sanayi kapsamında IPT akaryakıta katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Bayar H., Subaşı M, Karataş Ç, (2006) *SiC Takviyeli Alüminyum Alaşım Matrisli Kompozit Malzemenin Yüksek Basınçlı Kalıp Dökümü ve Mekanik Özellikleri*

Ekinci C. (2011) *Düşük Karbonlu Mikroyapı Alaşımlı Çeliklerin Sertlik ve Mikro Yapıları Üzerine Soğuma Hızının Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi

Koç M. (2006) *Bir Taşıt Yakıt Filtresi Bağlantısının Dinamik Etkiler Altında Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi,

Li H., Yang C., Zhou P.,(2011) *The finite element analysis and optimizations of shells of internal gear pumps based on ANSYS,* Fluid Power and Mechatronics (FPM) International Conference, Beijing, China,

Öztürk, B. (2013) *Fittings Üretiminde Kullanılan Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Soğuma Hızının Etkisiyle Kesit Kalınlığına Bağlı Mikroyapı ve Sertlik Değişimlerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tez,

Song W., Zhou H., (2011) *Experimental research on performance of water hydraulic internal gear pump*, Fluid Power and Mechatronics (FPM) International Conference, Beijing, China,

Ulusoy M. E. (2018) *Dizel Motorlarda Yakıt Filtreleri ve Soğukta Çalışma Performanslarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi,

(URL-1) *Pompalar,* Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri

https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/59506/mod_resource/content/1/4.%20HAFTA.pdf (Erişim Tarihi:3.05.2019)

SABİT MIKNATISLI BİR DA MOTORUN SİMBİYOTİK ORGANİZMALAR ARAMA ALGORİTMASI TABANLI DURUM GERİ BESLEME İLE HIZ DENETİMİ

Arş. Gör. Dinçer Maden
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği
dincermaden@duzce.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Emre Çelik
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği
emrecelik@duzce.edu.tr

Özet

Doğru akım (DA) makineleri düşük maliyetleri, doğrusal davranışları, kolay denetlenebilir olmaları ve iyi bir moment-hız karakteristiği göstermelerinden dolayı endüstriyel uygulamalarda önemli bir yere sahiptir. Bu makinaları kontrol sistemlerinde etkin şekilde kullanabilmek için güçlü ve etkin bir denetleyici tasarımına gerek vardır. Bu çalışmada hız denetimi için endüstriyel bir DA motorun gerçek fiziksel parametreleri kullanılarak durum uzay modeli çıkartılmıştır. Daha sonra durum değişkenlerinin geri besleme katsayıları, doğrusal karesel düzenleyici yöntemi (LQR) ile MATLAB© fonksiyonlar kütüphanesinde hesaplanmıştır. Ayrıca denetleyici performansını oldukça etkileyen geri besleme katsayıları yeni, güçlü ve popülasyon tabanlı bir meta-sezgisel yöntem olan simbiyotik organizmalar arama (SOA) tekniğiyle de elde edilmiştir. Referans takibinin doğru yapılabilmesi için her iki denetleyiciye ait giriş ölçekleme katsayıları hesaplanmıştır. Benzetim sonuçlarına göre SOA yöntemiyle tasarlanan denetleyicinin daha az aşım yaptığı, tepe zamanı ve yükselme zamanının daha az olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: DA Motor, LQR, Simbiyotik organizmalar arama algoritması, optimizasyon

SPEED CONTROL OF A PERMENANT MAGENET DC MOTOR WITH SYMBIOTIC ORGANISMS SEARCH ALGORITHM BASED STATE FEEDBACK CONTROLLER

Abstract

Direct current (DC) machines have an important place in industrial applications due to their low costs, linear behaviours, easy controllability, and good moment-speed characteristics. To use such machines in control systems effectively, a powerful and effective controller design is required. In this study, a state space model of an industrial DC motor is acquired using its real physical parameters for accomplishing speed control. Then, the feedback coefficients of the state variables are calculated by using the linear quadratic regulator method (LQR) in the MATLAB© functions library. In addition, the feedback coefficients, affecting the performance of this controller to a great extent, are attained by a new, powerful and population-based meta-heuristic method, called the symbiotic organisms search (SOS) technique. The input scaling coefficients of both controllers are calculated to make the reference tracking correctly. According to the simulation results, it is observed that the controller designed by the proposed SOS approach leads to a response with less overshoot, shorter rise time and smaller settling time.

Keywords: DC Motor, LQR, Simbiotic organism search algorithm, optimizasyon

1. GİRİŞ

DA motorlar, düşük üretim maliyetleri, iyi oranda moment-hız karakteristiği göstermeleri, lineer davranış göstermelerinden ötürü kolay denetlenebilir olmaları gibi avantajlara sahip oldukları için robotik uygulamalardan endüstriyel alanlara kadar birçok yerde yüzyıldan fazla bir süredir

kullanılmaktadırlar (Léchappé,2016 ve Bingöl,2010). Sabit mıknatıslı DA motorlar fırça ve komütatör bulundurmamalarıyla beraber DA motorlarla benzer performans sergiledikleri için popüler olmuşlardır. Fakat DA motorların yerini bütünüyle alamamışlardır (Çelik,2017). Bunun en önemli nedenleri, fırçasız servo motorların üretim ve işletme maliyetlerinin görece daha fazla olmasıdır. Armatür sargılarına göre demir çekirdekli kalıcı mıknatıslı DA motorları, yüzey sargılı DA motorları, hareketli sargılı DA motorları, fırçasız DA motorları gibi sınıflandırılabilirler (Kuo C.B,2007). DA motor hız ve pozisyon denetimi için literatürde pek çok çalışma yer almaktadır. Örneğin benzetim tabanlı yapılan bir çalışmada genetik algoritmalar kullanılarak PID parametreleri bulunmuş ve bir DA şönt motorunun hız denetimi yapılmıştır (Tutkun ve Maden,2010). Fakat DA motorun yük altındaki davranışına yer verilmemiştir. Başka bir çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak oran ve integral katsayılarının tayini yapılmış ve adaptif bir şekilde değiştirilebilme özelliği elde edilmiştir (Naung Y. et. al., 2019). Ancak çalışma işlem yükü ve karmaşıklığı açısından tercih edilebilir görülmemektedir. Başka bir çalışmada geleneksel PID kontrole ek olarak bir robotik uygulama için düşük hızlarda deadbeat servo kontrol yapılmış ve mekanizmanın salınımı nispeten azaltılmıştır (Dursun M. ve Engin S, 2018).

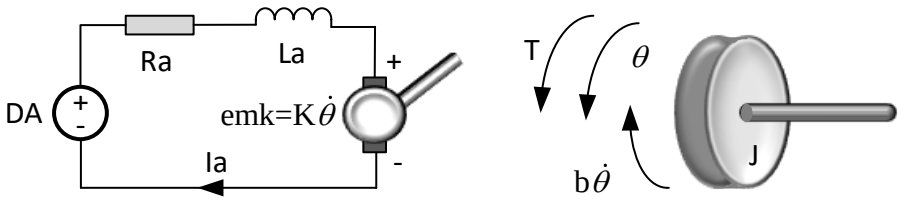
Bilindiği üzere kararsız bir sisteme transfer fonksiyonu şeklinde bir kompensatör eklendiğinde sistem ancak başlangıç koşulları sıfır olmak koşuluyla kararlı hale getirilebilir. Başlangıç koşulları ve sisteme ait tüm fiziksel dinamikleri analiz edebilme olanağı tanıdığı için modern kontrol sistemlerinde tasarım durum-uzay formatı şeklinde yapılmaktadır. Sistem dinamikleri birinci mertebeden türevsel eşitlikler ve bu eşitlikler arasında lineer bağımlılık ilişkisi göz önünde bulundurularak durum uzay matrisleri elde edilir. Her bir durumdan sistem girişine bir katsayıyla çarpılarak negatif geri besleme yapıldığında sistem hem kararlı hale getirilebilir hem de istenen kök değerlerine taşınabilir. Bu katsayıların hesabı için Bass-Gura ve Ackerman yöntemleri bilinmektedir. Ancak ulaşılmak istenen kök değerleri bilinmez ise detayı sonraki bölümlerde verilecek olan doğrusal karesel düzenleyici (LQR) metoduyla optimal olarak hesaplanabilir (Özdemir A. ve Maden D. 2013). Fakat hata değerinin minimizasyonu denetleyici çıkışı düşünüldüğünde diğer performans koşullarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Henriona,2019). Denetleyicinin kararlı bir şekilde çalışması ve sistem dinamiklerinin istenen değerlere başarılı bir şekilde yakınsamasını sağlamak için optimal geri besleme kazanç katsayılarının bulunması amacıyla simbiyotik organizmalar arama (SOA) algoritması kullanılmıştır. Basit olmasının yanı sıra güçlü arama yeteneği ile de göze çarpan SOA algoritması ilk kez 2014 yılında ortaya konmuştur (Cheng ve Prayogo, 2014). Algoritmada belli bir ekosistemde birlikte yaşayan organizmaların simbiyotik etkileşim stratejileri benimsenmiştir (Panda,2016). Çoğu metasezgisel yönteme göre SOA'da ayar parametresine ihtiyaç yoktur. Bu durum algoritmanın kararlılığına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Çelik,2017).

Bu çalışmada ise endüstriyel bir DA motora ait parametreler kullanılarak hız kontrolü için durum uzay formatında modelleme yapılmıştır. Önemi belirtilen geri besleme katsayılarının hesabı, sistemin oturma zamanı, yükselme zamanı, tepe zamanı ve bozucu etkiyi elimine etme kabiliyeti gibi performans kriterleri göz önüne alınarak yeni, güçlü ve algoritmik parametrelere ihtiyaç duymayan bir meta-sezgisel yöntem olan SOA tekniğiyle bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar benzetim çalışması yapılarak performans açısından LQR tekniğiyle kıyaslanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 DA Motor ve Modeli

DA motorlar, uygulanan gerilim sonucu uyartım kutupları ve kolektör dilimleri vasıtasıyla sabit bir elektromanyetik alan oluşturarak doğrusal hareket imkânı sağlarlar. DA motora ait elektriksel eşdeğer devre ve serbest cisim diyagramı Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. DA motorun elektriksel eşdeğer devresi ve serbest cisim şeması

T ile ifaden edilen motor momenti, endüvi akımı I_a ile tork sabiti K_t 'nin çarpımına eşittir. Endüklenen gerilim zıt elektromanyetik kuvvet (emk), dönme hızıyla zıt emk sabiti K_e (=K_t) sabitiyle orantılı olup Denklem 1. ve Denklem 2.' De gösterilmiştir.

$$T = K_t I_a \tag{1}$$

$$emk = K\dot{\theta} \tag{2}$$

Bu çalışmada kullanacağımız DA motora ait elektriksel ve mekanik parametreler motor üzerinde yapılan testler sonucunda elde edilmiş olup Tablo 1. de verilmiştir.

Tablo 1. DA motora ait parametreler

Parametreler	Değerleri
J- Atalet momenti	0,00058 Kg.m^2/sn^2
b-Viskoz sürtünme katsayısı	0,00055 N.m.sn
K- Moment sabiti	0,271 N.m/Amp
K_t- Zıt emk sabiti	0,271 N.m/Amp
R- Endüvi direnci	1,75 Ω
L- Endüvi endüktansı	0,00165 H

Daha sonra Kirchoff akımlar kanununa göre Denklem 3. ve Newton eylemsizlik kanununa göre Denklem 4. elde edilir.

$$L\frac{di}{dt} + RI_a = V - K\dot{\theta} \tag{3}$$

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = K_t I_a \tag{4}$$

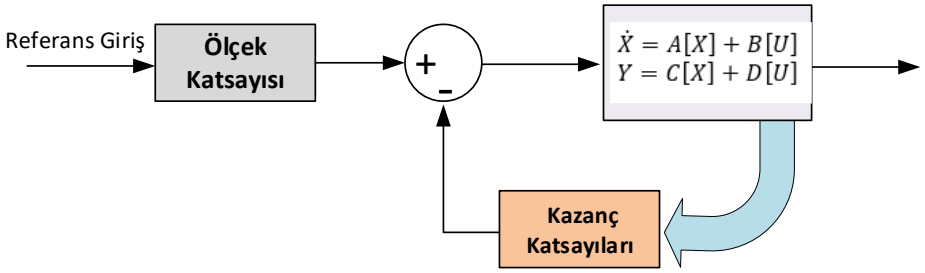
DA motor modeline ait dinamik durum değişkenleri Denklem 3. ve Denklem 4 göz önünde bulundurularak durum uzay matrisleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{b}{J} & \frac{K}{J} \\ -\frac{K}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 0], \quad D = [0], \tag{5}$$

2.2 Tam Durum Geri Besleme ve LQR ile Optimal Kontrol

Sisteme ait tüm durumların ölçülebildiği kabulüyle Denklem 5 'te verilen matrisler vasıtasıyla sistemin durum denklemleri belirlenmektedir. Burada durum geçiş matrisi olan A matrisi ve giriş matrisi olan B matrisi kullanılarak sistemin durum denetlenebilir olup olmadığı test edilmelidir. Literatürdeki genel şeması Şekil 2' de verilen denetleyicide her bir durum bir kazanç katsayısıyla

çarpılarak negatif geri beslemeyle girişe uygulanmaktadır. Böylece sistemin dinamik davranışına müdahale edilebildiği gibi öz değerleri sağ yarı S düzleminde olan kararsız sistemler de kararlı hale getirilebilir (Ogata,2002). Kontrol sistemlerindeki son değer teoremi düşünüldüğünde denetleyicinin referans giriş işaretini tam olarak takip edebilmesi her zaman mümkün değildir. Bu sebeple girişe bir ölçeklendirme katsayısı hesaplanarak eklenmelidir.



Şekil 2. Tam durum geri besleme denetleyicinin genel şeması

Kazanç katsayılarının bulunmasında kök yer eğrisi üzerinde eğer elde edilmek istenen kökler belirlenmiş ise Bass-Gura ve Ackerman yöntemleri kullanılabilir. Ancak sonuç aşım, yükselme zamanı ve salınım yapma gibi performans ölçütlerine bağlı olarak başarılı olmayabilir. Bu yüzden sistem giriş ve çıkışına bağlı J performans ölçütü minimize edilecek şekilde Q ve R matrisleri belirlenir. Bilinen karesel performans fonksiyonunun biçimi aşağıdaki gibidir.

$$J(u) = \frac{1}{2}\int_0^T [x^T(t).Q.x(t) + u^T(t).R.u(t)]dt \quad (6)$$

Denklem 6' da performans indeksini minimize edecek yöntem literatürde değinilen Hamilton optimizasyon yöntemidir. Bu çalışmada MATLAB© fonksiyon kütüphanesinde mevcut olan doğrusal karesel düzenleyici ile analitik olarak optimizasyon yapılmış ve geri besleme kazanç katsayıları bulunmuştur.

2.3 SOA Algoritması ve Uygulaması

Durum geri besleme katsayılarının SOA algoritması ile otomatik belirlenmesi için öncelikle sistemin modeline ihtiyaç duyulur. Bunun için MATLAB/Simulink ortamında tasarlanan ve Şekil 2'de verilen model kullanılmıştır. SOA optimizasyon algoritması ise MATLAB/m-file ortamında yazılarak geri besleme parametreleri optimizasyon probleminin çözümü için MATLAB/Simulink modeline bağlanmıştır. Optimizasyon algoritmasındaki organizmaların ya da aday denetleyicilerin uygunluk testi için Denklem 7'de verilen amaç fonksiyonu kullanılmıştır.

$$J = \alpha_1 \int_0^{tsim} |e|.t.dt + \alpha_2 \left|M_p\right| \quad (7)$$

Denklem 7'de J amaç fonksiyonunu, e hata değeri ve M_p ise cevabın tepe değerini göstermektedir. t_{sim} simülasyon süresi, α_1, α_2, ağırlık katsayılarıdır. Bu katsayılar çalışmada sırasıyla 0,99999 ve 0,00001 olarak ayarlanmıştır. SOA algoritmasının başlangıcında, geri besleme katsayılarından oluşan bir dizi organizma 0 ile 15 arasında rastgele üretilmiştir. Her bir organizma ya da denetleyici Şekil 2'de görünen geri besleme ile denetim sistemine uygulandıktan sonra sistemin bu parametrelerle belli bir süre benzetimi gerçekleştirilmiş ve farklı cevaplar elde edilmiştir. Organizmanın performansı Denklem 7 kullanılarak hesaplandıktan sonra SOA fazları ile güncellenmek üzere optimizasyon modülüne geri gönderilirler. Bu süreç maksimum iterasyon sayısına kadar tekrar etmektedir. Optimizasyon sonunda elde edilen nihai katsayılar önerilen denetleyici parametreleri olarak dikkate alınmış ve Bölüm 2.4'de

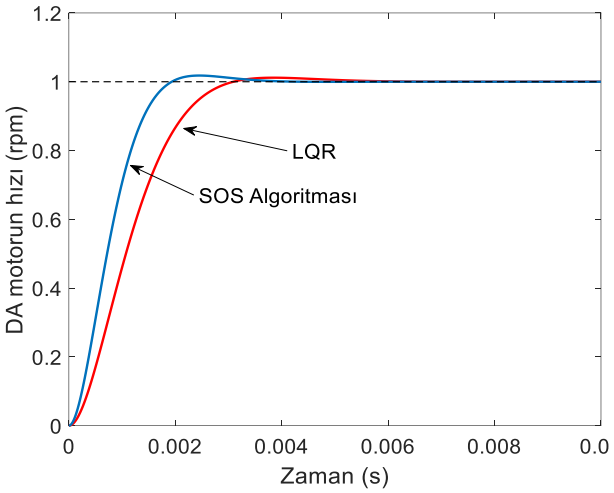
kullanılmışlardır. Deneme yanılma metodu ile SOA algoritmasının parametrelerinin en iyi değerleri *organizma sayısı* = 25 ve *iterasyon sayısı* = 30 olacak şekilde ayarlanmıştır.

2.4 Benzetim Çalışması ve Bulgular

DA motora ait parametreler kullanılarak Denklem 5 yardımıyla MATLAB/Simulink platformunda modelleme yapılmış ve geri besleme katsayıları LQR metoduyla hesaplanarak benzetim çalışmasına yerleştirilmiştir. Denklem 5. modelde kullanıldığı için birinci durum hız bilgisini, ikinci durum ise DA motorun çektiği akımı temsil etmektedir. Bu çalışmada hız kontrolü amaçlandığı için performans kıyaslamasında birinci durum bilgisi çıkış olarak alınmıştır. LQR tekniği için seçilen Q ve R ağırlık katsayı matrisleri aşağıdaki gibi olup ölçek katsayısı ise 7,0764 olarak hesaplanmıştır. Birinci durum ve ikinci durum geri besleme katsayıları ise sırasıyla 6,7977 ve 2,0636 olarak MATLAB© fonksiyonlar kütüphanesi yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q = \begin{bmatrix} 50 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ ve } R = [0 \quad 1], \tag{7}$$

Daha sonra SOA algoritmasıyla belirlenen geri besleme katsayıları buluna geri besleme katsayıları MATLAB/Simulink ortamında kullanılarak benzetim yapılmıştır. Bu katsayılar birinci ve ikinci durum olmak üzere sırasıyla 14,9985 ve 3,6559 olarak elde edilmiştir. Ölçek katsayısı ise 15,2805 olup sisteme birim basamak girişi verilerek her iki denetleyicinin çıkışı Şekil 3'te gösterilmiştir.



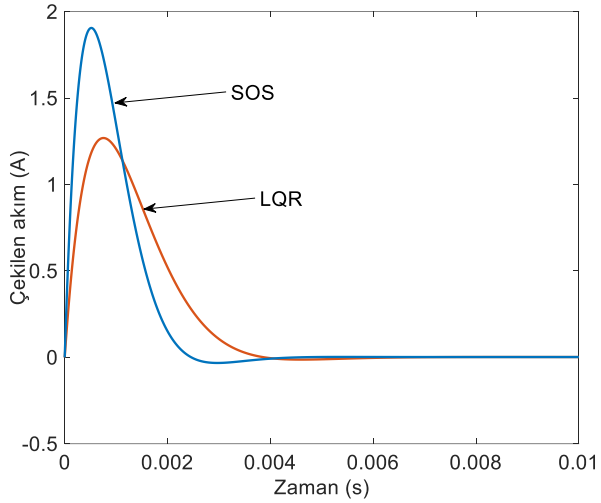
Şekil 3. Denetleyicilere ait birim basamak cevapları

Tablo 2. de ise her iki denetleyiciye ait performans bilgileri verilmektedir. Maksimum aşım (M_p) miktarından ödün vermeksizin yükselme zamanı (t_r), tepe zamanı (t_p), oturma zamanı (t_s) değerlerinin oldukça iyileştirildiği görülmektedir.

Tablo 2. Denetleyicilere ait geçici durum performans değerleri

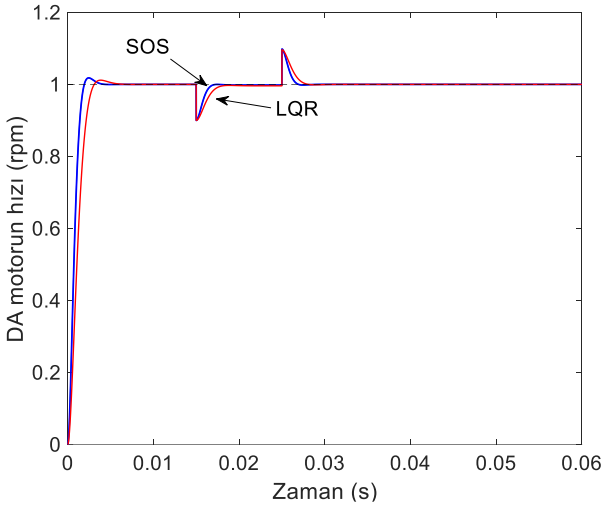
	Yükselme zamanı	Tepe zamanı	Oturma zamanı	Maksimum aşım %
LQR ile bulunan değerler	24 ms	38,3 ms	44,5 ms	%1,8
SOA algoritması ile bulunan değerler	15,9 ms	24,4 ms	36,2 ms	%2,4

DA motora ait en önemli büyüklüklerden birisi de çekilen akımdır. Denetleyici ile benzetim yapılırken çekilen akım miktarı ikinci durum değişkeni olarak Şekil 4'te gözlenebilir. Performanslı bir denetleyici ile çekilen akım eğrisinin dinamik performansının daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 4. DA motorun çektiği akım miktarı

Denetleyicinin bozucu etkilere karşı koyma performansını gözlemleyebilmek için t = 0.015 s'de DA motor miline yük bindirilmiş ve bu yük t = 0.025 s'de kaldırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir. SOA algoritmasıyla yapılan denetleyicinin bozucu etkiyi daha iyi ve kısa sürede elimine ettiği görülmektedir.



Şekil 5. Denetleyicilerin bozucu etkiye karşı koyma performansları

3. SONUÇ

DA makineler düşük üretim maliyetleri, pratik bir şekilde denetlenebilir olmaları, doğrusal davranış sergilemeleri ve başarılı bir moment hız dinamiği gösterdikleri için endüstride önemli bir yere sahiptirler. Ancak iyi bir denetleyici ile doğru bir hız ve pozisyon kontrolü yapılabilir. Bu çalışmada gerçek bir DA motora ait büyüklükler kullanılarak durum uzayı formatında modelleme yapılmış ve tam durum geri beslemeli denetleyici tasarlanmıştır. Bu geri besleme katsayılarının bulunması için MATLAB© fonksiyonlar kütüphanesinde LQR metodu kullanılmış daha sonra yeni ve güçlü bir metasezgisel yöntem olan SOA algoritmasıyla bu katsayılar optimize edilerek denetleyici performansları kıyaslanmıştır. SOA ile tasarlanan denetleyici maksimum aşım miktarından ödün

vermeksizin yükselme zamanı, tepe zamanı ve oturma zamanı gibi büyüklüklerde başarı göstermiştir. Ayrıca bozucu etkiden daha az etkilendiği görülmüştür.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma ile DA makinelerin doğrusal denetimleri için metasezgisel bir yöntem önerilmiş ve doğrudan sistem dinamikleri iyileştirilmiştir. Böylece denetim sistemi tasarımı için popülasyon tabanlı yaklaşımların ilerletilebilmesi açısından öncülük edilmiştir. Gerçek zamanlı uygulamalar için iyi bir adım atılmıştır.

KAYNAKLAR

Bingöl O., Pacaci S. (2010), A virtual laboratory for fuzzy logic controlled DC motors, International Journal of the Physical Sciences, 5(16), 2493 – 2502.

Cheng, MY., Prayogo, D. (2014), Symbiotic organisms search: A new metaheuristic optimization algorithm, Comput Struct, 139, 98-112.

Çelik, E., Öztürk, N. (2017), Doğru akım motor sürücüleri için pı parametrelerinin simbiyotik organizmalar arama algoritması ile optimal ayarı, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(3), 311-318.

Özdemir A.,Maden D.(2013), Aktif Süspansiyon Sistemli Çeyrek Araç Modelinin Optimal Gözlemleyiciyle Kontrolü, Vol 17, No 2, p. 181-187, 2013

Kuo B.C. (2007), Automatic Control Systems, Prentice Hall, Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632

Léchappé V., Rouquet S., González A., Plestan F., León JD., Moulay E., Glumineau A. (2016), Delay estimation and predictive control of uncertain systems with input delay: application to a DC motor, IEEE Trans Ind Electron, 63(9), 5849 – 5857, 2016.

Mahir D., Engin S.(2018), Deadbeat control of a DC servo motor at low speed, 4th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR), Auckland, New Zealand

Naung Ye, Anatolii Schagin, Lin Ye Htet (2019), Speed Control of DC Motor by Using Neural Network Parameter Tuner for PI-controller, IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Russia

Panda A.Pani S.(2016), A Symbiotic organisms search algorithm with adaptive penalty function to solve multi-objective constrained optimization problems, Applied Soft Computing,vol 46, 344-360

Ogata, K.(2002), Modern Control Engineering, Fourth Edition, Prentice Hall, Pp: 964, New Jersey, Usa,

Tutkun N., Maden D.(2010), DA Şönt Motoru için PID Denetleyici Parametrelerinin Genetik Algoritmalar Yöntemi ile Belirlenmesi, INSPEC Accession Number: 11763923, ELECO, Bursa, Turkey

Henriona D., Kružíkcd M,Weissera T.(2019), Optimal control problems with oscillations, concentrations and discontinuities,Automatica,vol 103, 159-165

GELİŞİGÜZEL YERLEŞTİRİLMİŞ KAYNAK VE ALICI SENSÖR KAPLAMASININ YAKINSANMASI

Doç.Dr. Mümtaz KARATAŞ
Milli Savunma Üniversitesi, Deniz Harp Okulu, Endüstri Mühendisliği Bölümü
mkaratas@dho.edu.tr

Tuğçen HATİPOĞLU
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
tugcen.hatipoglu@kocaeli.edu.tr

Özet

Sualtı veya suüstünde kullanılan tespit sistemleri, örneğin sonar ya da radar, temel olarak alıcı ve vericilerden oluşmaktadır. Birbirlerinden bağımsız olarak farklı mevkilere yerleştirilen bir alıcı ve verici çiftine bistatik sensör adı verilmektedir. Bu çalışmada, bir kaynak ve alıcıdan oluşan bistatik sensör çiftinin arama yapılacak sahaya gelişigüzel yerleştirilmesi sonucu elde edilen kaplamanın yakınsanması problemi incelenmiştir. Sualtı akustiği modelleri ve temel olasılık kuramı kullanılarak, bistatik sensör tespit bölgeleri önce Cassini ovalleri ile modellenmiş, daha sonra problem iki boyutlu bir geometrik probleme haritalanarak kapalı formda bir analitik model elde edilmiştir. Elde edilen modelin bistatik sensörler kullanılarak icra edilen saha araması esnasında planlayıcılara karar desteği sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bistatik, Lokasyon analizi, Cassini Ovalleri

APPROXIMATING THE COVERAGE OF RANDOMLY DEPLOYED SOURCE AND RECEIVER

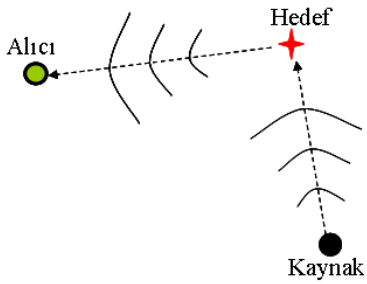
Abstract

Underwater or above water detection systems such as sonars and radars, are mainly composed of transmitters and receivers. A receiver and transmitter pair that is placed independently at different locations is called a bistatic sensor. In this study, we tackle the problem of approximating the coverage achieved by a randomly deployed source and receiver bistatic couple. Using underwater acoustics models and the basic probability theory, we first model the bistatic sensor detection zones as Cassini ovals, then map the problem to a two-dimensional geometric problem and finally develop an analytical model in closed form. We believe that, the model developed in this study can assist planners during an area search operation using bistatic sensors.

Keywords: Bistatic, Location analysis, Cassini Ovals

1. GİRİŞ

Sualtının gözetlenmesi, aranması ve çeşitli bilimsel araştırmaların yapılması maksatlarıyla kullanılan akustik sensör ağları temel olarak kaynak ve alıcıların bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Birbirlerinden bağımsız tek kaynak ve tek alıcıdan oluşan akustik sensör ağları bistatik sensörler olarak adlandırılmaktadır (Kim ve ark., 2008). Bistatik sensörler saha araması, deniz dibinde gömülü bulunan cisimlerin tespiti, sualtında bilimsel araştırmaların yapılması gibi maksatlarla sıklıkla kullanılmaktadır. Şekil 1'de bistatik bir sensörün çalışma prensibi görülmektedir. Kaynaktan suya gönderilen ses enerjisi hedeften yansımasını müteakip alıcıya ulaşmakta ve tespit sağlanmaktadır. Hedefin tespit olasılığı sensör-hedef geometrisine ve mesafeler bağlıdır (Tucholski, 2007).



Şekil 1. Bistatik sensör çalışma prensibi

Sensör ağlarının değerlendirilmesinde kullanılan en önemli ölçütlerden birisi sensörler tarafından kaplanan saha büyüklüğüdür. Kaplanan sahanın şekli ve büyüklüğü sensör geometrisi ile, yani sensörlerin sahada birbirlerine göre konumlarına bağlı olduğu gibi tespit menzili ve saha boyutları gibi parametrelere de bağlıdır. Literatürde bistatik sensörler ile maksimum kaplamayı sağlamak üzere uygulanması gereken konfigürasyonlar üzerine yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalardaki en önemli varsayım planlayıcının sensör mevkilerini belirleme veya değiştirme imkanına sahip olmasıdır. Sensör mevkilerini belirleme/değiştirme imkânının bulunmadığı veya mevki bilgisinin olmadığı durumlarda ise saha kaplamasının deterministik yöntemlerle hesaplanması mümkün olmamaktadır. Ayrıca akıntı, rüzgar, gel-git gibi dış etkenlerden dolayı sensörlerin mevkileri zaman içerisinde değişmekte, bu da beklenen saha kaplamasının zaman içerisinde değişmesine yol açmaktadır. Bu tür durumlarda sensörlerin etkinliğini ölçebilmek için saha kaplamasının beklenen değerinin saha boyutları ve tespit menzili gibi parametreleri dikkate alarak analitik yöntemlerle hesaplanması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada dikdörtgen şeklindeki bir sahada gelişigüzel olarak mevkilendirilmiş bir kaynak ve alıcıdan oluşan bistatik sistem ile sağlanan saha kaplamasının beklenen değerinin analitik yöntemlerle hesaplanması amaçlanmıştır. Problem önce akustik boyutta ele alınmış ve bistatik tespit kriterine göre tespit bölgesi şekli belirlenmiş, daha sonra problem düzlem geometrisi ve geometri olasılığı teorilerinden istifade edilerek "dikdörtgen bir saha içinde gelişigüzel belirlenen iki nokta arasındaki mesafenin beklenen değerinin tespiti" problemine haritalanmış ve saha kaplamasının beklenen değeri tespit edilmiştir.

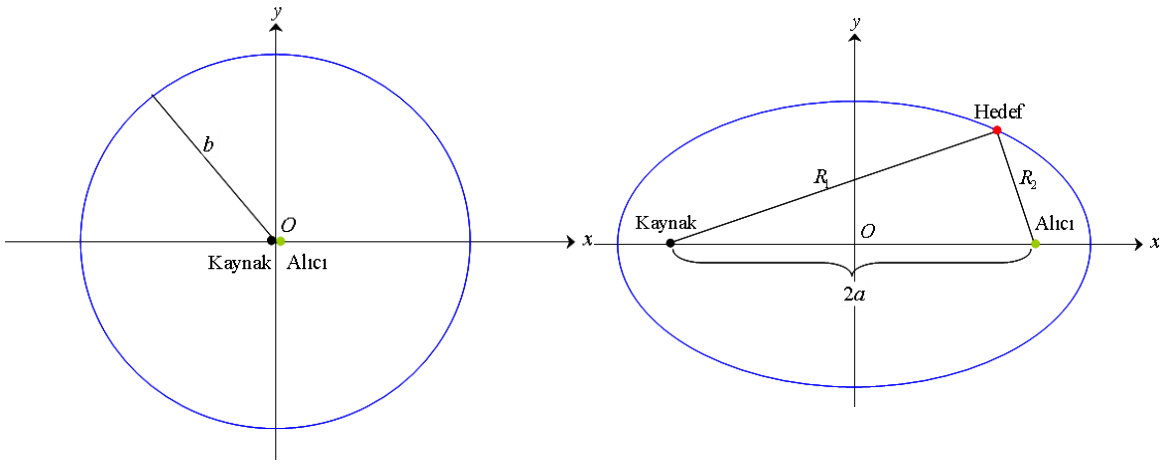
Çalışmanın ikinci bölümünde bistatik tespit kriteri ve tespit bölgelerinin geometrik özellikleri açıklanmıştır. Gelişigüzel yerleştirilmiş bistatik sensörler ile elde edilen saha kaplamasının beklenen değerinin analitik yöntemlerle hesabı üçüncü bölümde açıklanmıştır. Son bölümde ise sonuçlar özetlenmiştir.

2. BİSTATİK TESPİT

Sualtında bistatik bir sistem ile tespitin sağlanabilmesi için kaynaktan yayımlanan enerjinin hedeften yansımasını müteakip alıcıda belirli bir akustik enerji seviyesini geçecek seviyede etki oluşturması gereklidir. R mesafesindeki transmisyon kaybının $R^{-\alpha}$ ile orantılı olduğu ve ortamda doğrusal akustik propogasyon şartlarının geçerli olduğu varsayıldığında $\alpha = 2$ değeri ile silindirik yayılım modellenebilmektedir. R_1 ve R_2 sırasıyla kaynaktan hedefe ve hedeften alıcıya olan mesafeler ise toplam transmisyon kaybı $TL = (R_1^{-\alpha})(R_2^{-\alpha}) = (R_1 R_2)^{-\alpha}$ olarak hesaplanır. Dolayısı ile tespit işlemi, $R_1 R_2$ çarpımının belirli bir eşik seviyesinden küçük veya büyük olmasına bağlıdır (Washburn ve Karataş, 2015). Eşik seviyesi kaynağın gücü, alıcı hassasiyeti, ortam şartları, vb. parametrelere bağlı olup tüm parametreleri uzunluk ölçüsü olan tek bir b sabiti ile değiştirecek olursak tespit kriteri $R_1 R_2 \le b^2$ olarak yazılabilir. Yukarıdaki denklemde b parametresi, "Eşdeğer Monostatik Tespit Mesafesi" ya da kaynak ve alıcının aynı konumda bulunduğu durumdaki "Tespit Mesafesi Geometrik Ortalaması" olarak

tanımlanabilir (Cox, 1989). Bu eşitsizlik bistatik bir sensörün tespit sahasını, bir başka deyişle sensörün hedefi algılayabileceği bölgeyi oluşturan Cassini ovalinin denklemidir.

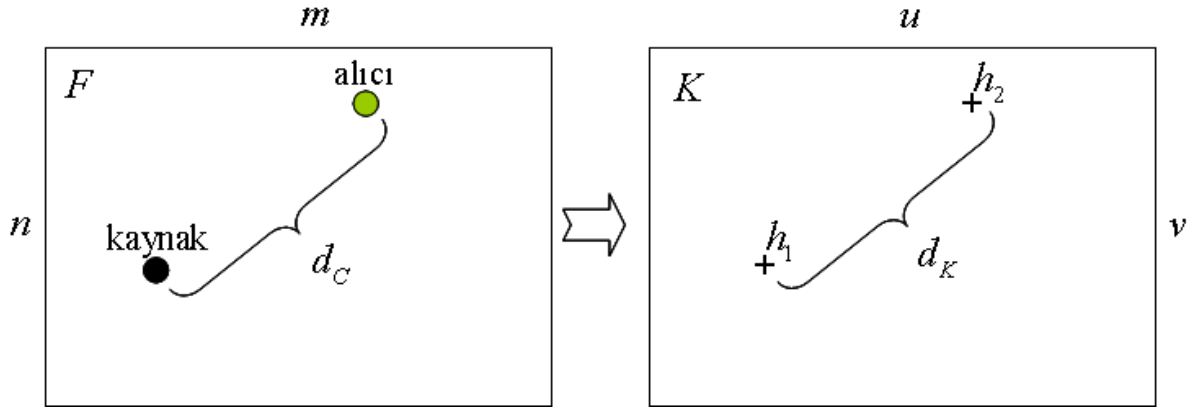
James (1992), Cassini ovalini, kendisine komşu olan iki kenarının uzunluklarının çarpımı ve karşı kenarın uzunluğu sabit olan üçgen tepe noktalarının birleştirilmesiyle oluşan şekil olarak tanımlamıştır. Şekil 2'de kaynak ve alıcının aynı noktada olması sonucu *b* yarıçaplı dairesel tespit bölgesi görülmektedir. Sensörlerin birbirlerinden ayrılması neticesinde bistatik tespit bölgesi dairesel şeklini kaybetmekte ve oval halini almaktadır. Bu durumda oluşan kaynak-hedef-alıcı geometrisine bistatik üçgen adı verilmektedir (Willis, 2008).



Şekil 2. Kaynak ve alıcının aynı ve farklı mevkilerde olması durumları için elde edilen tespit bölgeleri.

3. GELİŞİGÜZEL YERLEŞTİRİLMİŞ BİSTATİK SENSÖRLER

Bu bölümde *m* ve *n* boyutlarına sahip dikdörtgen şeklindeki bir *F* sahasına bir kaynak ve alıcının düzgün dağılımla gelişigüzel yerleştirildiği ve bistatik çalışarak olarak saha araması yaptığı varsayılmıştır. Sensörlerin sahadaki mevkileri ve dolayısı ile aralarındaki mesafe, d_C, bilinmediğinden saha kaplamasının beklenen değeri, $E[A_C]$, sensörler arası mesafenin beklenen değeri, $E[d_C]$'ye, $E[d_C]$ ise sahanın boyutları, *m* ve *n*'ye bağlıdır. Bu nedenle $E[A_C]$'nin hesaplanabilmesi için öncelikle $E[d_C]$'nin *m* ve *n* parametrelerine bağlı olarak ifade edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Bistatik sensörler arasındaki mesafenin beklenen değerini bulma probleminin iki nokta arasındaki mesafenin beklenen değerini bulma problemine haritalanması

Gelişigüzel yerleştirilmiş bistatik sensörler arasındaki mesafenin beklenen değerini bulma problemi, dikdörtgen şeklindeki bir sahada gelişigüzel seçilecek iki nokta arasındaki mesafenin beklenen değerini bulma problemine haritalanmıştır (Bkz. Şekil 3). Bu kapsamda; *m, n* boyutlarındaki *F* sahası *u, v* boyutlarındaki *K* sahasına, kaynak ve alıcı mevkileri sırasıyla *K* sahası içerisinde düzgün dağılımla gelişigüzel belirlenmiş h_1 ve h_2 noktalarına, sensörler arası mesafe d_C, noktalar arası mesafe d_H 'ye ve sensörler arası mesafenin beklenen değeri , noktalar arası mesafenin beklenen değeri $E[d_H]$'ye haritalanmıştır. *u, v* boyutlarındaki *K* sahasından gelişigüzel seçilen h_1 ve h_2 noktaları arasındaki mesafe d_H ve $s = d_H^2$ ise, *s*'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$g(s) = \begin{cases} -2\dfrac{\sqrt{s}}{u^2 v} - 2\dfrac{\sqrt{s}}{uv^2} + \dfrac{\pi}{uv} + \dfrac{s}{u^2 v^2} & ,0 < s \le u^2 \\ -2\dfrac{\sqrt{s}}{u^2 v} - \dfrac{1}{v^2} + \dfrac{2}{uv}\arcsin\left(\dfrac{u}{\sqrt{s}}\right) + \dfrac{2}{u^2 v}\sqrt{s-u^2} & ,u^2 < s \le v^2 \\ \dfrac{1}{v^2} + \dfrac{2}{uv}\arcsin\left(\dfrac{u}{\sqrt{s}}\right) + \dfrac{2}{u^2 v}\sqrt{s-u^2} & \\ -\dfrac{1}{u^2} + \dfrac{2}{uv}\arcsin\left(\dfrac{v}{\sqrt{s}}\right) + \dfrac{2}{uv^2}\sqrt{s-v^2} & \\ -\dfrac{\pi}{uv} - \dfrac{s}{u^2 v^2} & ,v^2 < s \le u^2 + v^2 \end{cases} \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir (Philip, 2007). $s = d_H^2$ olduğundan $g(d_H)$ aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$g(d_H) = g(d_H^2)\frac{\partial s}{\partial d_H} = 2d_H.g(d_H^2) = 2d_H.g(s) \quad (2)$$

Mesafenin beklenen değeri ise;

$$E[d_H] = \int_0^{u^2+v^2} \sqrt{s}.g(s).\partial s = \int_0^{\sqrt{u^2+v^2}} d_H.g(d_H).\partial d_H \quad (3)$$

olarak hesaplanabilir. Bu çözümü bistatik sisteme haritalayacak olursak; *m, n* boyutlarındaki *F* sahasına gelişigüzel yerleştirilen kaynak ve alıcı arasındaki mesafe d_C ve $s = d_C^2$ ise, *s*'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (1) kullanılarak;

$$g(s)=\begin{cases} -2\dfrac{\sqrt{s}}{m^2n}-2\dfrac{\sqrt{s}}{mn^2}+\dfrac{\pi}{mn}+\dfrac{s}{m^2n^2} & ,0<s\le m^2 \\ -2\dfrac{\sqrt{s}}{m^2n}-\dfrac{1}{n^2}+\dfrac{2}{mn}\arcsin\left(\dfrac{m}{\sqrt{s}}\right)+\dfrac{2}{m^2n}\sqrt{s-m^2} & ,m^2<s\le n^2 \\ \dfrac{1}{n^2}+\dfrac{2}{mn}\arcsin\left(\dfrac{m}{\sqrt{s}}\right)+\dfrac{2}{m^2n}\sqrt{s-m^2} & \\ -\dfrac{1}{m^2}+\dfrac{2}{mn}\arcsin\left(\dfrac{n}{\sqrt{s}}\right)+\dfrac{2}{mn^2}\sqrt{s-n^2} & \\ -\dfrac{\pi}{mn}-\dfrac{s}{m^2n^2} & ,n^2<s\le m^2+n^2 \end{cases} \tag{4}$$

olarak ifade edilir. Benzer şekilde;

$$g(d_C)=g(d_C^2)\frac{\partial s}{\partial d_C}=2d_C.g(d_C^2)=2d_C.g(s) \tag{5}$$

$$E[d_C]=\int_0^{m^2+n^2}\sqrt{s}.g(s).\partial s=\int_0^{\sqrt{m^2+n^2}}d_C.g(d_C).\partial d_C \tag{6}$$

$E[d_C]$'nin hesaplanmasını müteakip $E[A_C]$ ise (6)'ya benzer şekilde sayısal integral yolu ile hesaplanabilir.

$$E[A_C]=\int_{-\infty}^{\infty}A_C.g(A_C)\partial A_C=4\int_0^{\sqrt{m^2+n^2}}\int_0^{\sqrt{\frac{s}{4}+b^2}}\sqrt{-s-x^2+\sqrt{4x^2s+b^4}}.g(s).\partial x\partial s \tag{7}$$

4. SONUÇ

Bu çalışmada tek kaynak ve alıcıdan oluşan bistatik sualtı sensör sistemlerinin saha araması maksadıyla herhangi bir bölgeye gelişigüzel şekilde yerleştirilmesi sonucu elde edilecek kaplamanın beklenen değerinin hesaplanabilmesi için analitik yöntemler geliştirilmiştir. Problem öncelikle sualtı akustiği teorisi kapsamında incelenmiş, bistatik sistemlerin kaplama bölgesi Cassini ovalleri ile modellenmiş, daha sonra sensörlerin gelişigüzel yerleştirilmesi problemi dikdörtgen bir sahada gelişigüzel olarak seçilecek iki nokta arasındaki mesafenin beklenen değerini bulma problemine haritalanmış, buradan elde edilen formüller kullanılarak bistatik sistem ile elde edilecek saha kaplaması tahmin edilmiştir.

Yapılan bu çalışmadan elde edilen neticeler bistatik sensörler ile yapılan saha aramasının etkinliğini tahmin etme, ölçme ve sensörlerin yerleştirildiği sahanın büyüklüğü ile eşlenik monostatik tespit menzili arasındaki ilişkinin yorumlanması konularında kullanıcılara karar desteği sağlayabilecektir. Ayrıca daha yüksek kaplama sağlanabilmesi için sensörlerin yerleştirilmesi gerektiği saha boyutlarının belirlenmesi konusunda yapılacak çalışmalara temel oluşturma niteliğindedir.

KAYNAKLAR

Cox, H. (1989). Fundamentals of bistatic active sonar. In Underwater acoustic data processing (pp. 3-24). Springer, Dordrecht.

James, R. C. (1992). Mathematics dictionary. Springer Science & Business Media.

Kim, S., Ku, B., Hong, W., & Ko, H. (2008). Performance comparison of target localization for active sonar systems. IEEE transactions on aerospace and electronic systems, 44(4), 1371-1380.

Philip, J. (2007). The probability distribution of the distance between two random points in a box. KTH mathematics, Royal Institute of Technology.

Tucholski, E. J. (2007). Angular dependence of target strength for simple geometric shapes. In Proceedings of Meetings on Acoustics 153ASA (Vol. 1, No. 1, p. 045001).

Washburn, A., & Karataş, M. (2015). Multistatic search theory. Military Operations Research, 20(1), 21-38.

Willis, N.J. (2008) “Bistatic Radar”, Radar Handbook, M.I. Skolnik (Editor in Chief), McGraw-Hill Professional, pp.23.4.

DI BİR DİZEL MOTORUNA EGR UYGULAMASININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hürol Bilgin YAYLAMIŞ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mak.Müh.Böl.
hurolby@gmail.com

Doç. Dr. Vezir AYHAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mak.Müh.Böl.
vayhan@sakarya.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi İdris CESUR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mak.Müh.Böl.
icesur@sakarya.edu.tr

Özet

Dizel motorlarının özgül yakıt sarfiyatlarının düşük ve yüksek torka sahip olmaları sebebiyle kara ve deniz araçlarında yoğun biçimde kullanılmaktadır. Fakat, bu motorlardan çevreye salınan emisyonların insan sağlığı ve çevre üzerinde birçok olumsuz etkileri görülmektedir. Dizel motorlarının, yanma odası içindeki sıcaklığın 1800 °K'i geçmesi ve fakir karışımlarda çalıştıkları için hava içindeki azot ve oksijen tepkimeye girerek azotoksit (NO) emisyonlarını oluşturmaktadır. Dizel motorlarının bu dezavantajını ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri egzoz gazı resirkülasyon (EGR) sistemidir. Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu, tek silindirli bir dizel motoruna farklı oranlarda EGR uygulamasının motor performans parametreleri ve egzoz emisyonları üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Motorun döndürme momenti, efektif gücü, özgül yakıt sarfiyatı, efektif verim ve emisyon değerlerinde meydana gelen değişimler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. EGR uygulaması sonucunda motor performans parametrelerinde kötüleşmeler olurken NO emisyonlarında kayda değer oranlarda azalmalar tespit edilmiştir.
Anahtar Kelimeler: EGR, emisyon, performans

THE EFFECT OF EGR APPLICATION ON THE PERFORMANCE AND EMISSION OF DI DIESEL ENGINE

Abstract

Due to the low and high torque of the specific fuel consumption of diesel engines, they are used extensively in land and sea vehicles. However, the emissions of these engines to the environment have many negative effects on human health and the environment. Diesel engines, the temperature inside the combustion chamber exceeds 1800 ° K and working in lean mixtures nitrogen and oxygen in the air react to react nitrogenoxide (NO) emissions are formed. Various methods are used to eliminate this disadvantage of diesel engines. One of these methods is the exhaust gas recirculation (EGR) system. In this study, the effects of EGR application on a single-cylinder diesel engine with direct injection, engine performance parameters and exhaust emissions were investigated experimentally. Motor torque, effective power, specific fuel consumption, effective efficiency and emission changes are presented comparatively. As a result of the EGR application, motor performance parameters deteriorated and NO emissions decreased significantly.
Keywords: EGR, emission, performance

1. GİRİŞ

Enerjiye olay ihtiyaç artan endüstrileşme ve nüfus sebebiyle her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaç bir taraftan yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına diğer taraftan mevcut kaynakların daha verimli

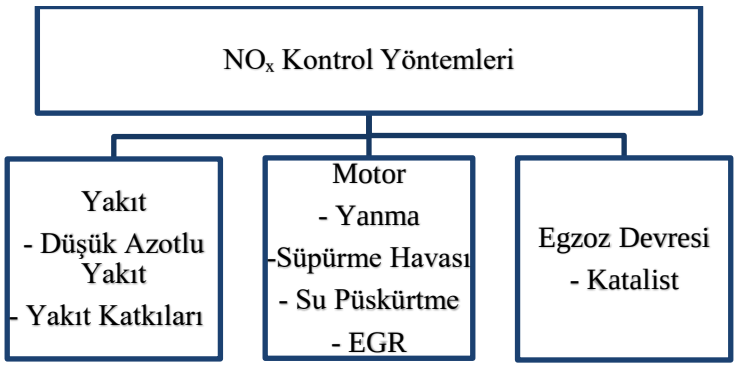
kullanılması konusunda önem arz etmektedir. Bununla beraber ülkelerin ekonomik dengeleri için mümkün olduğunca yerli enerji kaynaklarını kullanması gerekmektedir. Bunun yanında ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla çevresel etkilerin azaltılması, verimliliğin arttırılması, kaynak çeşitliliğinin arttırılması ve sürekliliğinin sağlanması önem kazanmıştır. Enerji politikalarında temel unsur teknolojik ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde enerji ihtiyacını karşılayan, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji türlerine yönelmektir. (İÇİNGÜR & YAMIK, H., 2003)

Dizel motorlar verimlerinin yüksek olması ve düşük yakıt tüketim gibi önemli üstünlükleri nedeni ile kendilerine çok fazla kullanım alanı bulmaktadır. Dizel motorlarının çalışma prensibi gereği hava fazlalık katsayıları buji ateşlemeli motorlara göre oldukça yüksektir. Bu durum performans açısından etkili olduğu gibi kısmi eksik yanma ürünleri olan CO ve HC emisyon miktarlılarını da azaltmaktadır. Ancak sıkıştırma oranlarının yüksek olması ve fazla hava ile çalışmaları buji ateşlemeli motorlara göre çok daha yüksek NO_x emisyonu salmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan heterojen yakıt karışım teşkili is emisyon değerlerini de arttırmaktadır. (AYHAN, 2009)

Fosil kökenli yakıtların yanmasından teorik olarak CO_2, H_2O ve N_2 emisyonları oluşur. Ancak gerçekte ideal şartlar sağlanamadığından tam yanma gerçekleşmemektedir. İçten yanmalı motorlarda zengin ve fakir karışım bölgeleri oluştuğu için O_2, CO, NO_x, partikül madde gibi emisyonlar da oluşmaktadır. Dizel motorlar fakir karışım ile çalıştığından benzinli motorlara göre CO ve HC emisyonları düşüktür. Buna karşın dizel motorlarda NO_x ve partikül madde emisyonları yüksektir. Dizel motorlarda oluşan emisyonların oluşum mekanizmaları aşağıda açıklanmıştır. (HAŞİMOĞLU ve Ark., 2002)

Dizel motorlar fakir karışım ile çalışmalarından dolayı karbon monoksit ve hidrokarbon emisyonları açısından daha avantajlıdır. Ancak fakir karışımla çalışmaları ve yanma sıcaklıklarının yüksek olması azot oksit ve is emisyonları açısından dezavantajlı hale getirmektedir.

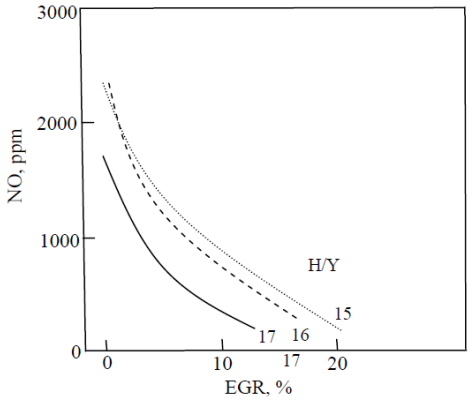
Dünyada egzoz emisyonlarına getirilen kısıtlamalar dizel motor emisyonlarını azaltmak için yapılan çalışmaları hızlandırmıştır. Bu önlemleri genelde aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.



Şekil 15 NO_x kontrol yöntemleri (ANDREWS, 1995)

Günümüzde en sık karşılaşılan NO_x kontrol yöntemlerden biri EGR'dir. EGR sisteminin uygulanması basit olduğu için bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemle egzoz gazlarının bir kısmı emme manifolduna verilerek tekrar yanma odasına girişi sağlanır. Böylece yanma odasına giren oksijen miktarı azalmakta ve azot ve oksijen moleküllerinin tepkimeye girme ihtimali azalmaktadır. Buna ek olarak oksijen konsantrasyonunun azalması reaksiyon hızını ve yanma sıcaklığı düşürerek NO oluşumunun azalması sağlanır.

EGR NO_x emisyonlarının kontrolünde çok etkin bir yöntem olmasına rağmen dezavantajları da vardır. EGR sonucunda azalan oksijen konsantrasyonu azaldıkça tam yanma sağlanamadığından CO emisyonları artmaktadır. Azalan alev sıcaklığı ile oksidasyon hızı azalmakta ve dizel motorlarda çok önemli olan is emisyonları artmaktadır. Aşırı oranda EGR uygulanması yakıt hava karışımının oranını bozacağından dolayı partikül madde emisyonu da artar. Bu sebeple EGR oranı optimum değerde tutulmalıdır.

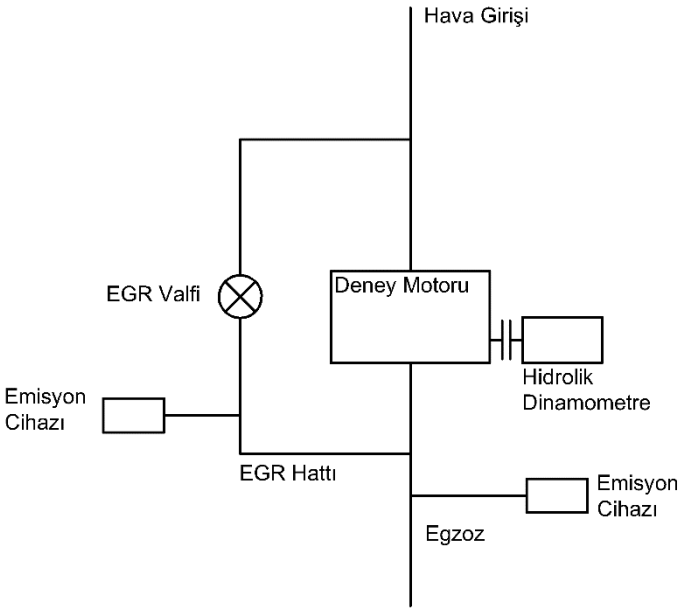


Şekil 2 EGR oranına bağlı olarak NO oluşumu (HEYWOOD, 1988)

2. MATERYAL VE METOD

Deneyle Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı atölyesinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4' de deney düzeneği şematik olarak verilmiştir. Deney motoru özellikleri tablo 1' de verilen tek silindirli, direkt enjeksiyonlu, dört zamanlı, doğal emişli bir dizel motordur.

Deney motoru hidrolik bir dinamometre vasıtasıyla yüklenmiştir. Deneyler esnasında dinamometre su basıncı sabit tutulmuştur. Motor gücünün ölçümü S tipi bir loadcell yardımı ile yapılmıştır. Kullanılan loadcellin hassasiyeti 0,1 kg'dır.



Şekil 3 Deney Düzeneği

Yakıt sarfiyatı ölçümü, 50 cm³'lük hacimsel ölçü kabında gerçekleştirilmiştir. Ölçekli kap yardımı ile motorun 50 cm³ yakıtı tükettiği süre tespit edilmiştir. Gerekli hesaplamalar yapılarak yakıt tüketimi tespit edilmiştir.

Tablo 14 Deney motorunun özellikleri

Motor Tipi	Super Star
Piston Çapı(mm)	108
Strok(mm)	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi(dm³)	0,92
Maksimum Güç (kW)	12 (2200 d/d)
Enjektör Basıncı (Bar)	225
Püskürtme Avansı (KMA)	29
Maksimum Devir(d/d)	2500

Çalışmada emisyon ölçümü Bosch BEA 550 marka egzoz gazı analiz cihazı ile yapılmıştır. İs emisyonları Bilsa Mode 5000 marka opacimeter kullanılarak ölçülmüştür. Deneyden önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır.

Motor hızını tespit etmek için 5 mm' den daha yakını ölçen bir sensor kullanılmıştır. Motor çıkış mili üzerine bir cıvata eklenerek her turda bu cıvatayı görmesi ile motor devri 1 d/d hassasiyetinde tespit edilerek sensör göstergesinden değerler okunmuştur.

Deneylerden önce motor supap ayarları kontrol edilmiştir. Enjektör basıncı 225 Bar olacak şekilde ayarlanmıştır. Soğutma kulesi tamamen suyla doldurularak motor çalıştırılmıştır. Deney ölçümlerine geçilmeden önce motor 10 dk. rölantide 30 dk. 2/3 yükte çalıştırılarak kararlı hale gelmesi sağlanmıştır. Soğutma suyu çıkış sıcaklığı 85°C de sabit tutulmuştur. Ölçümlere motor kararlı hale geldikten sonra başlanmıştır.

Deneyler tam yük şartlarında ve gaz kolu tam açık konumda ve 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400 d/d devir sayılarında gerçekleştirilmiştir.

Deneyler aşamalı şekilde yapılmıştır. Karşılaştırma yapılabilmesi için öncelikle STD motorun performans parametreleri ve emisyon değerleri ayrı ayrı her test devrinde ölçülmüştür. Daha sonra farklı oranlarda EGR uygulanmıştır. EGR oranları %10, %15 ve %20 olarak belirlenmiştir. Bu oranlar CO_2 oranına göre hesaplanmıştır. Denklem 4.5 de EGR oranı formülü verilmiştir.

$$EGR(\%) = \frac{[(CO_2)_{emme\ manifoldu} - (CO_2)_{çevre}]}{[(CO_2)_{egzoz\ manifoldu}]} x100 \qquad (1)$$

$(CO_2)_{emme\ manifoldu}$: Emme manifoldundaki CO_2 konsantrasyonu

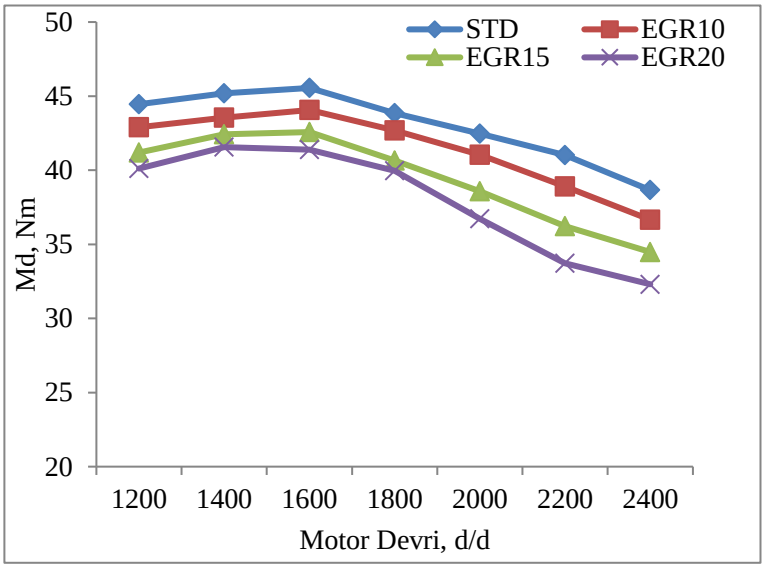
$(CO_2)_{çevre}$: Çevre havasındaki CO_2 konsantrasyonu

$(CO_2)_{egzoz\ manifoldu}$: Egzoz manifoldundaki CO_2 konsantrasyonu

Çalışmanın bu aşamasında %10, %15, %20 oranlarında EGR uygulanarak motor performans parametreleri ve emisyonlardaki değişimler STD duruma göre karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

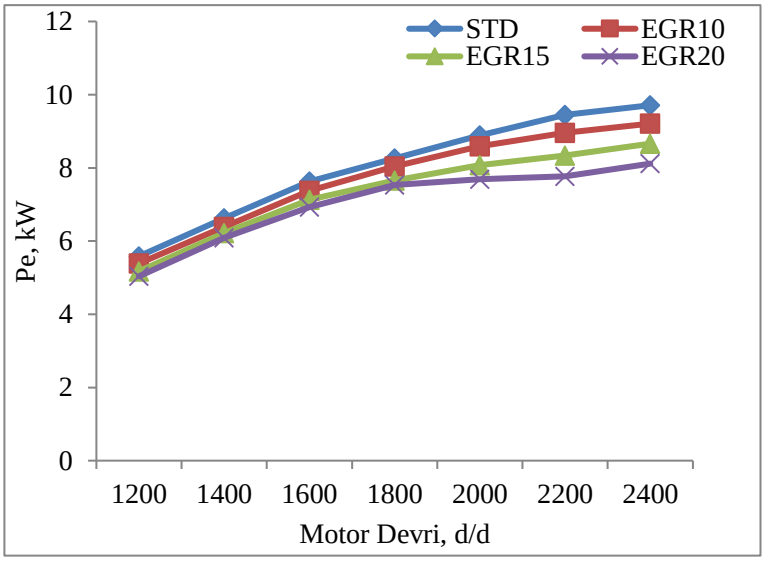
3. SONUÇ

EGR uygulaması beklendiği gibi motor performans parametrelerinde kötüleşmeye sebep olmuştur. Şekil 5' de döndürme momentinin EGR oranlarına göre değişimi görülmektedir. EGR oranı arttıkça aynı devirdeki döndürme momenti azalmıştır. Döndürme momenti ortalama %8 azalmıştır. En büyük düşüş %20 EGR için 2200d/d' da %17,8 olarak ölçülmüştür.



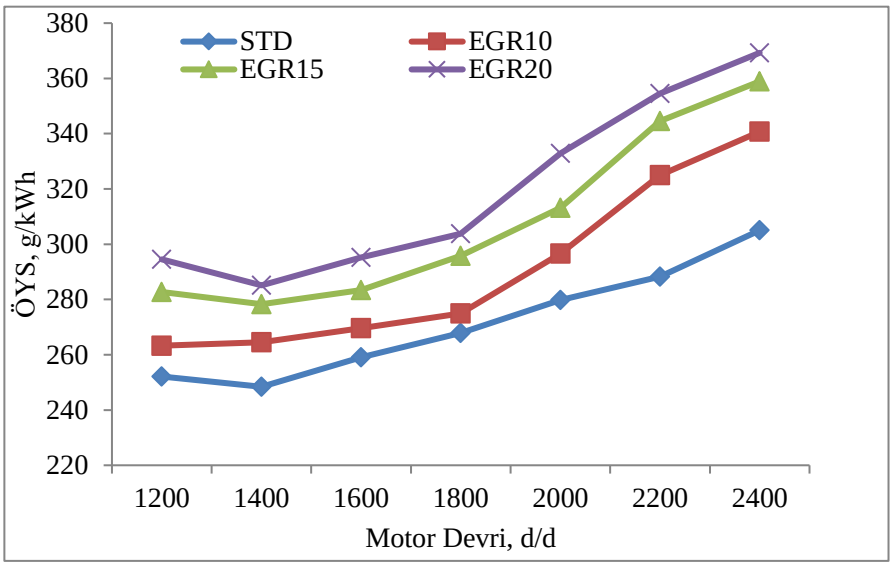
Şekil 5 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu döndürme momenti değişimi

Şekil 6' da efektif gücün değişi STD durumla karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Diğer performans parametrelerindeki gibi EGR oranı arttıkça efektif güç azalmaktadır. Devir arttıkça aradaki farkında açıldığı görülmektedir. Güçteki azalmanın yanma odasına daha az oksijen girmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



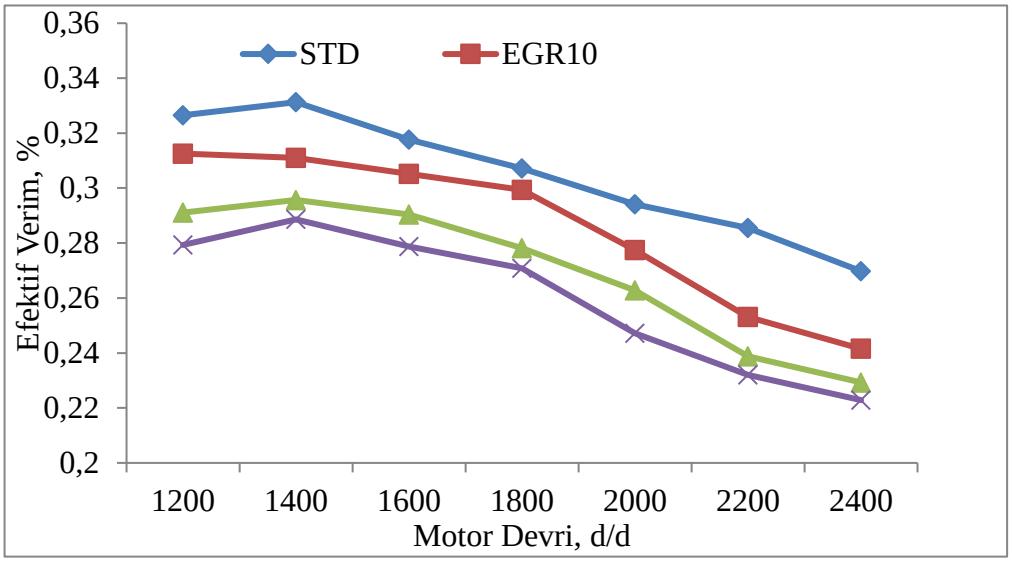
Şekil 6 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu efektif güç değişimi

Şekil 7' de EGR uygulamasının ÖYS'de sebep olduğu değişim STD durumla karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. EGR oranı arttıkça ÖYS' de artmaktadır. ÖYS'de ki ortalama artış %12,5 gibi ciddi bir orandadır. En büyük artış EGR20 için 2200 d/d' da %23 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu ÖYS değişimi

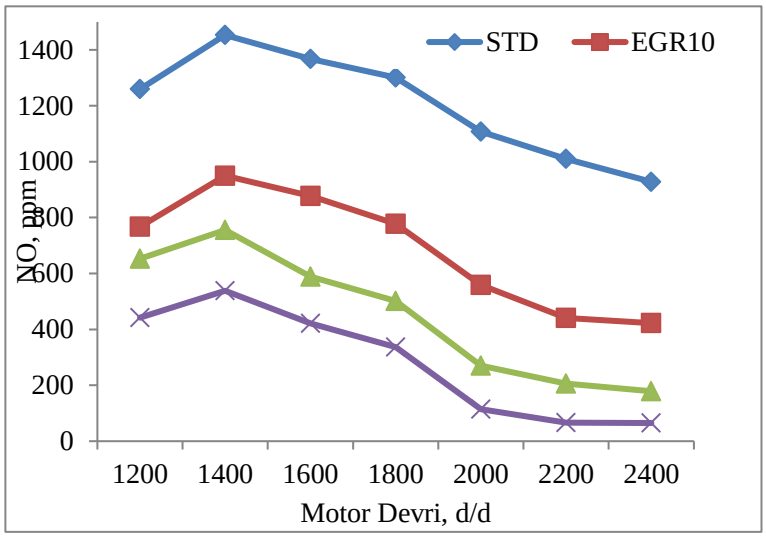
Şekil 8' da EGR uygulaması sonucunda efektif verimdeki değişim gösterilmektedir. Efektif verim ortalama olarak %11 artmıştır. En büyük artış M20 için 2200 d/d' da %18,7 olarak ölçülmüştür.



Şekil 8 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu efektif verimdeki değişim

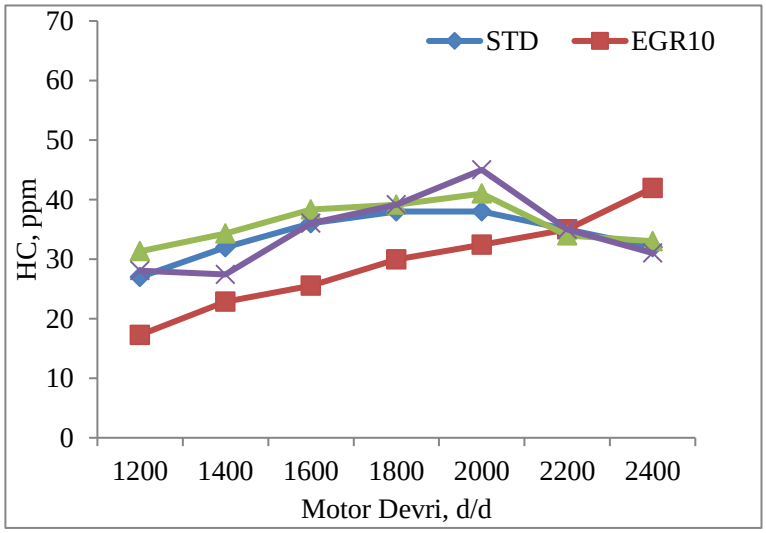
Şekil 9' da NO emisyonlarının farklı oranlarda EGR uygulamasıyla değişimi STD duruma göre karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Görülmektedir ki EGR uygulaması NO emisyonlarını ciddi şekilde

azaltmaktadır. EGR oranı arttıkça NO emisyonu azalmaktadır. NO emisyonundaki en büyük azalma EGR20 için 2200 d/d' da %93,4 olarak elde edilmiştir.



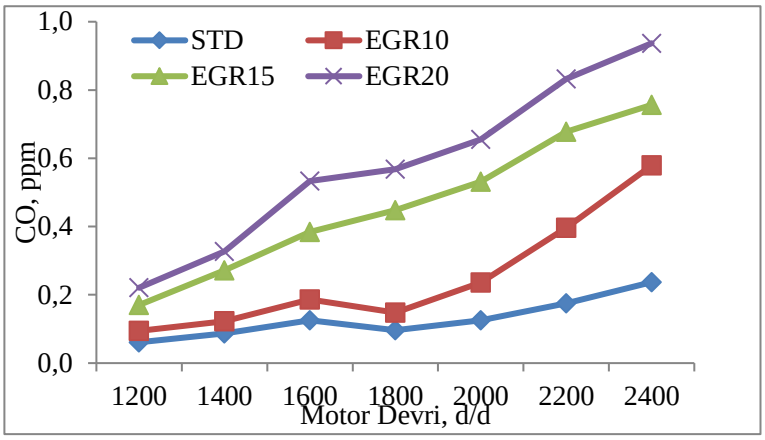
Şekil 16 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu NO emisyonundaki değişim

Şekil 10' da EGR uygulaması sonucunda HC emisyonlarındaki değişim gösterilmektedir. EGR10 sonucunda düşük devirlerde HC emisyonları azalırken 2200 d/d' dan sonra STD duruma göre arttığı gözlenmiştir. EGR15 ve EGR20 için ise farklı devirlerde farklı sonuçlar gözlenmektedir.



Şekil 17 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu HC emisyonundaki değişim

Şekil 11'de EGR uygulamasının CO emisyonlarında sebep olduğu değişim görülmektedir. EGR uygulaması CO emisyonunun artmasına sebep olmuştur. CO emisyon artışı EGR20 için 1800 d/d' da neredeyse beş kat artmıştır. CO emisyonundaki bu artışın sebebinin yanma odasına giren oksijen miktarındaki azalma olduğu düşünülmektedir.



Şekil 18 Farklı oranlarda EGR uygulaması sonucu CO emisyonundaki değişim

4. TARTIŞMA

EGR uygulaması NO_x emisyonlarının düşürülmesi noktasında çok etkili bir yöntem olmasına rağmen diğer emisyonlarda ve performans parametrelerinde kötüleşmeye sebep olmaktadır. Özellikle EGR oranının %15'i geçtiği durumlarda motor gücü azalmakta ve ÖYS çok artmaktadır. Fakat NO emisyonları bu oranda azalmamaktadır. Deney verilerine bakıldığında optimum EGR oranı %15 olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

ANDREWS, G. (1995). NOx Formation and Control. England: University of Leeds.

AYHAN, V. (2009). *Bir Dizel Motoruna Buhar Enjeksiyonunun NOx Emisyonlarına ve İs Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması.* Sakarya: Doktora Tezi.

CİNİVİZ ve Ark. (2002). Dizel Motorlardaki Emme Manifoldundaki CO2 Konsantrasyonunun Egzoz Emisyonlarına Etkisi. *7. Uluslararası Yanma Senpozyumu*, (s. 217-224). Ankara.

HAŞİMOĞLU ve Ark. (2002). Dizel Motorlarda Egzoz Gazları Resirkülasyonunun Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi. 127-135.

HEYWOOD, J. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals.* New York: McGraw-Hill.

İÇİNGÜR, Y., & YAMIK, H. (2003). Metil ve Etil Esterlerin Dizel Yakıtı olarak Kullanılma İmkanlarının Deneysel Olarak Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 459-464.

DÖKÜMHANELERDE KULLANILACAK KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN BELİRLENMESİ VE KULLANIMI

Okan DUMAN
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
okndmn@gmail.com

Dr. Öğretim Üyesi. Fatma Oğuz ERDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli MYO/ Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü
foerdogan@gmail.com

Özet

Toplu korunma önlemleri (mühendislik yöntemleri vb.), iş organizasyonu veya çalışma yöntemleri ile risklerin bertaraf edilmesinin veya kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda yapılan işin özellikleri dikkate alınarak uygun kişisel koruyucu donanımların (KKD) belirlenmesi ve kullanılması önem kazanmaktadır.

Dökümhaneler gibi erimiş metal ve tehlikeli kimyasallarla çalışılan kendine özgü tehlikelere sahip çalışma alanlarında belirlenen kişisel koruyucu donanımların beklenen performansı göstermemesi durumunda söz konusu tehlikeler iş kazası ve meslek hatalıkları ihtimalini arttıracak hatta hayati risklere yol açacaktır. Örneğin; erimiş metal sıçraması ciddi yanıklara sebep olabileceği gibi ocak/pota yakınındaki çalışmalarda ağır metal dumanları, kalıp hazırlama/bozma işlerinde silis tozu, sarsak yakınında anlık darbeli gürültüler ile erimiş metalden kaynaklı ultraviyole ve kızılötesi ışınlar uygun koruyucu kullanılmaması durumunda solunum hastalıkları, işitme ve görme yetisinde azalma ve hatta tamamen kaybedilmesi riskini ortaya çıkaracaktır.

Kişisel koruyucunun yanlış seçilmesi, uygun koruma sınıfına sahip olmaması veya çalışan tarafından yanlış kullanılması durumunda koruma önlemi ortadan kalkacaktır. Bu sebeple kişisel koruyucuların seçiminin ulusal ve uluslararası standartlar göz önüne alınarak titizlikle yapılması ve doğru kullanımının sağlanması önem arz etmektedir.

Kişisel koruyucu donanımların risk değerlendirmesi sonucuna göre ilgili standartların gerekliliklerini karşılayan, yapılan işin özelliklerine, çalışma ortamına ve mevzuata uygun olarak seçilmesi ve kullanım kılavuzuna uygun olarak bakımının yapılması da elzemdir.

Bu çalışmada dökümhanelerde kullanılabilecek kişisel koruyucu donanımların özellikleri ve kullanımına ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kişisel Koruyucu Donanım, KKD, Dökümhane, Erimiş Metal

CHOOSING AND USING THE PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENTS TO BE USED IN FOUNDRY

Abstract

In cases where it is not possible to eliminate risks or reduce them to an acceptable level by collective protective measures (engineering methods, etc.), work organization or working methods, it is important to determine and use appropriate personal protective equipment (PPE) by taking into consideration the characteristics of the work.

If the personal protective equipment specified in the workplaces with specific hazards, such as foundries, with molten metal and hazardous chemicals, does not show the expected performance, these hazards will increase the likelihood of occupational accidents and occupational hazards and even lead to life risks. For example; Melted metal splashes can cause severe burns, heavy metal fumes in the work near the furnace / pot, silica powder in mold preparation / imperfections, instantaneous pulses in

the vicinity of the hammer and ultraviolet and infrared rays from the molten metal and even reveal the risk of complete loss.

If the personal guard is chosen incorrectly, does not have the appropriate protection class, or is misused by the employee, the safeguard shall be eliminated. For this reason, the selection of personal protectors must be meticulously made in accordance with national and international standards and the correct use should be ensured.

As a result of the risk assessment of personal protective equipment; it is essential to select the work done in accordance with the requirements of the relevant standards, the characteristics of the work, the working environment and the legislation and to maintain it in accordance with the manual of the use.

In this study, information about the properties and use of personal protective equipment that can be used in foundries is given.

Keywords: Personal Protective Equipment, PPE, Foundry, Molten Metal

1. GİRİŞ

Ağır endüstriyel işlerin yapıldığı dökümhaneler, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen birçok hayati riski içinde barındırır. Bu riskleri ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek için en güncel standartlara göre test edilip sertifikalandırılmış, güvenilirliği ispat edilmiş en son teknolojiye sahip kişisel koruyucu donanımlar kullanımının tercih edilmesi önemlidir.

Kişisel Koruyucu Donanımlar, 89/686/EEC Avrupa Birliği Konsey direktifine[1] tabidir ve söz konusu direktife uygunluğunu belirten CE işareti taşımaksızın piyasaya arz edilemezler.

Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik Madde 8/1' de belirtildiği üzere işveren çalışanların bu kişisel koruyucu donanımları uygun şekilde kullanmaları için her türlü önlemi almakla yükümlü kılınmıştır bu bağlamda çalışanlara salt kişisel koruyucu donanımların verilmesi ile işverenin yükümlülüğünü tam olarak yerine getirdiğinden bahsedilemez. Çalışanlar ise kendilerine sağlanan kişisel koruyucu donanımları doğru kullanmak ve korumakla yükümlüdür ancak bu kapsamda herhangi bir eğitim veya talimat almamış ve işveren tarafından etkin bir kontrol mekanizmasının kurulmadığı işyerlerinde çalışanın bu yükümlülüğünü kendi dikkat ve inisiyatifi ile yerine getirebileceği de düşünülemez.[2]

Kişisel koruyucu donanımların seçilmesi, temini, kullanımı, bakımı, muhafazası ve test edilmesi konularında rehberlik etmek ve kullanımı konusunda uygulamalı eğitim vermek görevleri mevzuatımızda işyerinde görevli iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimlerine verilmiştir.

Dökümhane gibi hayati risklerin var olduğu çalışma ortamlarında baş, kulak, göz/yüz, solunum, el/kol, ayak/bacak ve vücut koruyucularının belirlenmesi ve kullanılması süreci mevzuatımız ile ulusal ve uluslararası standartlar dikkate alınarak yerine getirilmelidir.

2. KİŞİŞEL KORUYUCU DONANIMLARIN BELİRLENMESİ ve KULLANIMI

Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelikte kişisel koruyucu donanımlar belirlenmesi aşamaları aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir:

1. Risk değerlendirmesi yapılarak söz konusu risklere karşı etkili olabilecek kişisel koruyucu donanımın özellikleri tanımlanır.

[1]Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği yerine geçecek olan 2016/425 Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği Avrupa Birliği tarafından yayınlanmıştır. Geçiş süreci başlamış olup son uyum sağlama tarihi Nisan 2019 olarak belirlenmiştir. Eski sistem olan 89/686/EEC Sayılı KKD Direktifi, 21 Nisan 2019 itibariyle yürürlükten kaldırılacaktır.

[2] Yargıtay 10. Hukuk Dairesinin 17.04.1984, E 2029/K 2140 sayılı kararı da aynı yöndedir.

2. Seçilecek kişisel koruyucu donanımın özellikleri ile risk değerlendirmesine göre belirlenen özellikler karşılaştırılır.
3. Belirlenen özellikleri karşıladığı doğrulandıktan sonra aşağıdaki şartlara uygun olup olmadığı değerlendirilir:

a) Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği hükümlerine uygun olarak tasarlanıp üretilmesi,

b) Ek risk oluşturmadan doğrudan riski önlemesi

c) İşyeri koşullarına uygun olması

d) Ergonomik ve sağlık durumuna uygun olması

e) Çalışana tam uyması

f) CE işareti ve Türkçe kullanım kılavuzuna sahip olması

g) Birden fazla riske karşı aynı anda birden fazla kişisel koruyucu donanımı kullanmasını gerektiren durumlarda, bir arada kullanılmaya uygun ve bir arada kullanıldığında koruyuculuğunun etkilenmemesi

Ayrıca işveren, aynı yönetmeliğin 10. maddesi gereğince yukarıdaki süreç öncesinde destek elemanları ile çalışan temsilcilerinin, kullanılması gereken kişisel koruyucu donanımların belirlenmesi konularında görüşlerinin alınmasını sağlanmalıdır ve yine aynı yönetmeliğin 7/2.b amir hükmü gereği kişisel koruyucu donanımın herhangi bir parçasında değişiklik yapıldığı takdirde yukarıdaki değerlendirme tekrar yapılmalıdır. Ayrıca belirlenen kişisel koruyucu donanımların imalatçı tarafından sağlanacak kullanım kılavuzuna uygun olarak bakım, onarım ve periyodik kontrolleri yapılması, ihtiyaç duyulan parçaları değiştirilmesi ve hijyenik şartlarda muhafaza edilmesi yönetmeliğin amir hükümleri olarak düzenlemiştir.

Dökümhanelerde ortaya çıkabilecek temel tehlikeler, ergimiş metal patlamaları, termal stres, ergimiş metallerden kaynaklı radyasyon, kurşun, fenoller, silis gibi tehlikeli kimyasallar, proseslerde ortaya çıkan CO2 ve SO2 gibi gazlar, gürültü kirliliği olarak belirtilebilir (Turan ve ark., 2014).

Bu tehlikeler sonucu oluşabilecek riskleri minimize etmek için dökümhaneler kullanılabilecek kişisel koruyucu donanımlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

A. Baş Koruyucuları (Koruyucu Baretler)

Baretler düşen objelerden, çarpma ve darbelerden, elektrik çarpmalarından, ergimiş metal sıçramalarından ve yanma gibi durumlardan baş bölgesini korumak amacıyla kullanılmaktadır. Baş koruyucu çeşitleri Tablo 1'de görülmektedir:

Tablo 1. Baş Koruyucu Çeşitleri

Sanayide Darbeye Karşı Kullanılan Başlıklar (Kep)	**Endüstriyel Baretler**	
	Normal	***Yüksek Performanslı***
TS EN 812: Sanayide darbeye karşı kullanılan başlıklar	TSE EN 397+A1: Endüstriyel emniyet baretleri	TSE EN 14052+A1: Yüksek performanslı sanayi tipi kasklar

Baretlerin sahip olduğu özellikler TS EN 397+A1 standardına göre mecburi ve opsiyonel olarak ikiye ayrılmıştır. Mecburi özellikler ve testler; çene bandı bağlantılarının direnci, darbeye, delinmeye ve aleve karşı dayanım olarak belirlenmiştir. Döküm sektöründe ihtiyaç duyulacak opsiyonel test ve işaretlemeler ise ergimiş metal sıçramasıdır. Ergimiş metallerin sıçramasıyla delinmemek/tutuşmamak, belli seviyede sıcak metal sıçramalarına dayanıklılık gibi ek standartların da bulunması aranmalı ve bu opsiyonel testlerin yapıldığına dair baret üzerinde işaretlemeler bulunduğundan emin olunmalıdır. Döküm, demir çelik gibi yüksek sıcaklıkların olduğu çalışma ortamlarına özel olarak üretilen ve üstünde +150 ^{0}C ibaresi olan baretler kullanılmalıdır. Döküm sektörü gibi ergimiş metallerle

çalışmaların yapıldığı işkollarında, üzerinde "MM" (Molten Metal) ibaresi olan metal sıçramalarına dayanıklı baretler kullanılmalıdır.

Yüksek performanslı baretler üstten ve yandan gelen darbelere, delinmeye ve çarpmalara karşı endüstriyel baretlere oranla daha yüksek bir koruma seviyesi sağlar.

Dökümhanelerde ocak ve ergimiş metalden uzakta yüksekte yapılacak çalışmalarda çene kayışlı endüstriyel baret, malzeme düşmesine karşın endüstriyel baret kullanımı sağlanmalıdır. Risk değerlendirmesine göre yüksekten düşme ve malzeme düşmesi gibi tehlikelerinin bulunmadığı belirlenen işlerde ise çarpma benzeri şok etkilerine karşı da şapka baret (kep) kullanımına karar verilebilir.

B. Kulak Koruyucuları

Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğe göre, işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesine göre belirlenen alanlarda ve işlerde gürültü ölçümleri yaptırılarak maruziyet belirlenmelidir. İşveren, risklerin kaynağında kontrol edilebilirliğini ve teknik gelişmeleri dikkate alarak, gürültüye maruziyetten kaynaklanan risklerin kaynağında yok edilmesini veya en aza indirilmesini sağlamakla yükümlüdür. Gürültüye maruziyetten kaynaklanabilecek riskleri önleyemediği durumda;

- Çalışanların gürültü maruziyeti en düşük maruziyet eylem değerlerini [80 dB(A)] aştığında, işveren kulak koruyucu donanımları çalışanların kullanımına hazır halde bulundurur.
- Çalışanların gürültü maruziyeti en yüksek maruziyet eylem değerlerine [85 dB(A)] ulaştığında ya da bu değerleri aştığında ise, kulak koruyucuları çalışanlar tarafından kullanılmasını sağlar ve denetler.
- Çalışanın maruziyetinin, hiçbir durumda maruziyet sınır değerini [87 dB(A)] aşmamasını sağlar.

Tablo 2'de kulak koruyucu çeşitleri belirtilmiştir:

Tablo 2. Kulak Koruyucu Çeşitleri

Kulaklıklar	**Kulak Tıkaçları**	**Barete Takılabilir Kulaklıklar**
TS EN 352-1: Kulak kapatıcılar	TSE EN 352-2: Kulak tıkaçları	TSE EN 352-3: Endüstriyel güvenlik kaskına takılmış koruyucu kulaklıklar
	*Tek Kullanımlık* *Tekrar Kullanılabilir*  	

İşitme koruyucuların seçimi yapılırken ortamdaki gürültü seviyesine göre SNR değeri uygun olanları tercih edilmelidir. TS EN ISO 4869 standardında belirtilen SNR değeri dB (A) olarak farklı ürünlerin potansiyel gürültü azaltma yeteneklerini kıyaslamada kullanılır.

İşitme koruyucu kullanan bir çalışanın maruz kaldığı gürültü seviyesi, koruyucunun tipine ve gürültü düşürme seviyesine (SNR), ne kadar düzgün takıldığına ve kulağa uygunluğuna göre değişiklik gösterir (İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 2016).

Dökümhanelerdeki gürültü kaynakları Tablo 3'de ve *kulak koruyucu sınıfları Tablo 4' de* verilmiştir. Belirtilen gürültü değerleri, dökümhanelerin çalışma alanlarının çoğunda gürültüyü önlemeye yönelik çalışmaların yapılması gerektiğini ve kişisel kulak koruyucu ekipmanların kullanılmasının zorunlu olduğunu göstermektedir (Odabaşı ve ark., 2014) (Ministry of Business,Inovation and Employment ,2013).

Tablo 3. Döküm İşlemleri ve Gürültü Seviyeleri

Gürültü Kaynağı	***dB(A)***
Kalıp bozma	105-115
Yüksek basınçlı hava	95-117
Kumlama	100-110
Taşlama	92-115
Besleme hazne titreşimleri	95-115
Kalıplama makinaları	90-115
Fanlar	90-95
El veya hava ile çekiçleme	92-97

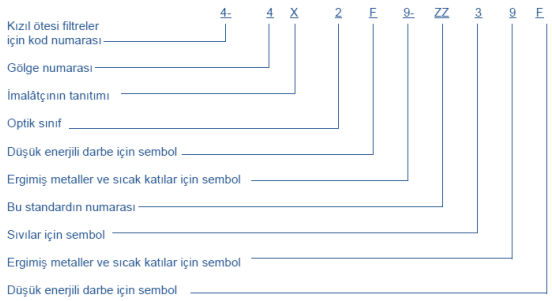
Tablo 4. Kulak Koruyucu Sınıfları

Sınıf	Kullanılması Gereken db(A)
1	<90
2	90-95
3	95-100
4	100-105
5	105-110

C. Göz ve Yüz Koruyucuları

Ergimiş maddeler, radyan ısı ve maruz kalınan ışınlara (ultraviyole-UV, kızılötesi-IR vb.) karşın göz ve yüz siperliklerin kullanılması hayati öneme sahiptir. Ayrıca dökümhane ortamında mevcut toz (silis, kömür vb. tozlar), gazlar ve şiddetli darbelere karşı da söz konusu koruyucular kullanılmalıdır. özellikle ocak yanlarında yapılan çalışmalarda gözlerle birlikte yüzün de korunması gerektiğinden yüz vizörü (siperlik) kullanımı tercih edilmelidir.

Göz koruyucular (lâzer göz koruyucuları, genel kullanıma yönelik güneş gözlükleri hariç) TS 5560 EN 166 standardında belirtilen temel performans gerekliliklerini karşılamalıdır. Bunun haricinde ihtiyaç duyulan performansa göre diğer standartlara ilişkin işaretlemeler Şekil 1' de gösterilmiştir. (İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 2016)



Şekil 1.Döküm sektöründe kullanılabilecek göz koruyucunun işaretlenmesi (çerçeve+oküler)

Ergimiş metalden daha uzakta yapılan kalıp hazırlama/bozma, yüzey işleme ve temizleme çalışmalarında da yüz vizörü yerine toz, metal çapaklarına ve radyasyona karşı tam koruma sağlayan gogıl tipi gözlükler de tercih edilebilir.

D. Solunum Sistemi Koruyucuları

Dökümhaneler işin doğası gereği gazlar ve partiküller (toz, sis ve duman) bakımından çoğu zaman alınan toplu koruma önlemleri ile riskin tamamen bertaraf edilemediği çalışma ortamlarına sahiptir. Kullanılan iş ekipmanlarından (kalıplama makinaları), ham maddelerden(silis kumu, grafit) ve proses gereği ortaya çıkan ergimiş metal dumanlarından kaynaklı kirli ortamlara karşın yapılan işe özgü olarak toz maskeleri, yarım yüz ve tam yüz maskeleri veya hava destekli maskeler tercih edilmelidir.

Solunum koruyucu maskelerin seçiminde öncelikle, ortamdaki oksijen miktarı ölçülmelidir. Oksijen miktarı %19,5'in altında olduğu ortamlarda, filtre edilen sistemler değil, temiz hava beslemeli sistemler kullanılmalıdır Gazlar ve buharlara karşı gaz filtresi, partikül ve aerosellere karşı partikül filtre kullanılır. Ortamda hem gaz hem partikül olduğunda, partikül filtreli bir gaz filtre kombinasyonu gerekir. Dökümhanelerde demir, çelik, lehim, döküm vb. işlemlerden kaynaklı gaz, dumanlara karşı aktif karbonlu maskeler kullanmak gerekmektedir. Toz ve partiküllere karşı koruma maske ve filtreler

Tablo 5' de ve gazlara karşı koruma sağlayan gaz filtreleri ise Tablo 6' de açıklanmıştır (Health and Safety Executive, 2005).

Tablo 5. Toz/Partiküllere Karşı Koruma

(EN 149:2001+A1:2009)				**(EN 143:2000)+A1:2006**						
(Tek Kullanımlık)				**Tekrar Kullanılabilir**						
Toz Maskeleri				**Yarım Yüz Maskeleri (EN 140)**			**Tam Yüz Maskeleri (EN 136)**			
Sınıf	**NKF**[3] *(x OEL)*[4]	**AKF**	**Max. Koruma**	**Filtre Sınıfı**	**NKF**	**AKF**	**Filtre Sınıfı**	**NKF**	**AKF**	**Max. Koruma**
FFP1	4	4	%78	P1	4	4	P1	5	4	%80
FFP2	12	10	%92	P2	12	10	P2	16	10	%94
FFP3	50	20	%98	P3	48	40	P3	1000	40	%99,95

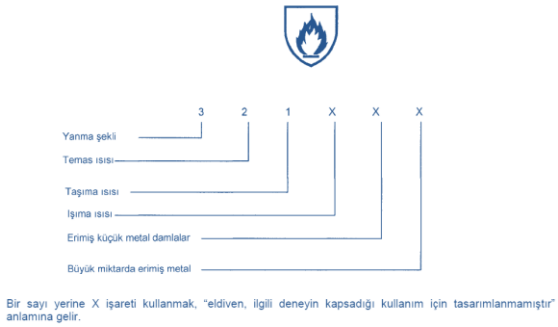
Tablo 6.Gaz ve Buhar Koruması

EN 14387:2004+A1:2008			
Renk Kodu		**Filtre Tipi**	**Kullanılacak Kimyasal**
	Kahverengi	AX	Organik bileşenlere ait gaz ve buharları kaynama derecesi <65 °C
	Kahverengi	A	Organik bileşenlere ait gaz ve buharları kaynama derecesi >65 °C
	Gri	B	İnorganik gazlar ve buharları. Örn; Klor, Hidrojen sülfür, Hidrojen siyanür
	Sarı	E	Asit gazları için. Örn; Kükürt dioksit, Asetikasit, Formik asit, Hidroflorik asit
	Yeşil	K	Amonyak
	Kırmızı	Hg	Civa buharı
	Siyah	CO	Karbonmonoksit
	Mavi	NO	Nitrojenmonoksit dahil nitroz gazları
	Mor	SX	Üretici tarafından tanımlanan özel kimyasallar
	Beyaz	P	Toza ve partiküllere karşı koruma

E. El ve Kol Koruyucuları

Dökümhanelerde ergimiş metal sıçramasına, ısıya, ışımaya ve yanmaya dayanıklı eldiven tercihi öne teşkil etmektedir. Söz konusu koruyucular TS EN 420+A1 Standardına ek olarak TS EN 407 standardı gerekliliklerini karşılamalı ve Şekil 2' de belirtilen piktograma sahip olmalıdır.

[3] NKF=Nominal Koruma Faktörü: Solunum Koruyucu Maskelerin laboratuvar koşullarındaki testler esnasında ortaya çıkan performansı ile belirlenmiş olan teorik koruma seviyesidir.
[4] OEL (Occupational Exposure Limit)= Mesleki Maruziyet Limit Değeri



Şekil 2.TSE EN 407-Isıl Risklere Karşı Koruyucu Eldivenler İçin Performans Değerleri

F. Ayak Koruyucular

Döküm sektöründe özelikle ayaklara malzeme düşmesi, ayakların sıkışması, ayağa cisim batması ve kayma gibi riskler çalışanların yaralanmasına neden olmaktadır. Ocak operatörleri için ergimiş metal sıçraması tehlikesine karşın ayak koruyucuların kolayca çıkarılacak veya bağcıksız şekilde olması ile tozluk kullanımı da önem arz etmektedir. Kişisel koruyucu donanım kapsamına giren ayak koruyucular ve ilgili standartları; Emniyet Ayakkabıları (TS EN ISO 20345), Koruyucu Ayakkabılar(TS EN ISO 20346), İş Ayakkabıları (TS EN ISO 20347) ve Diz Koruyucuları (TS EN 14404) olarak sıralanmaktadır. Ayak koruyucuların sahip olduğu zorunlu özelliklerin (burun koruyucusu, sızdırmazlık, kayma direnci, yırtılma dayanımı vs.) yanı sıra ilave özelliklerin (sıcak temas direnci vs.) ve özelliği yansıtan işaretlemenin (HRO vs.) mevcut olması önem teşkil etmektedir.

G. Vücut Koruyucular

Dökümhanelerde ısıl etkilere karşı koruyucu giyecekler, ısıya, aleve, erimiş metallerin sıçramalarına, radyant ısıya koruma sağlayan elbiseler kullanılmalıdır.



Şekil 3. Isıl etkilere karşı kullanılan koruyucu giyecekler için piktogram

Tablo 7. Isıl etkilere karşı kullanılan koruyucu giyecekler için ısıl performans seviyeleri

		Performans Seviyeleri			
	Testler	*1*	*2*	*3*	*4*
A	*Limitli alev sıçramaları*	*A1 veya A2*			
B	*Konvektif ısıya karşı koruma*	*>4 ve <10*	*>10 ve <20*	*>20*	*---*
C	*Radyant ısıya karşı koruma*	*>7 ve <20*	*>20 ve <50*	*>50 ve <95*	*>95*
D	*Ergimiş alüminyum sıçramalarına karşı koruma*	*>100 ve <200*	*>200 ve <350*	*>350*	*---*
E	*Ergimiş demir sıçramalarına karşı koruma*	*>60 ve <120*	*>120 ve <200*	*>200*	*---*
F	*Temas ısısına karşı koruma*	*>5 ve <10*	*>10 ve <15*	*>15*	*---*

Dökümhanelerde yukarıdaki tabloya göre erimiş alüminyum, demir, çelik, bakır, kriyolit ve benzeri metallere karşı en yüksek korumayı D3 ve E3 seviyesinin tercih edilmesi önemlidir.

Dökümhanelerde erimiş metal sıçramaları dışında çalışanın konforunu bozan radyan ısının sebep olduğu ve "heat stress" (ısıl stres) adı verilen, hastalıklara, bayılmalara, hatta ölüme yol açabilen çok fazla ısıya maruz kalma durumu da büyük risk taşıdığından ısıl stresten korunmak için yansıtıcı özelliği bulunan alüminize kaplı özel radyan ısı yansıtıcı kumaşlardan koruyucu elbiseler tercih

edilmelidir. Ayrıca soğutma sistemi entegre edilmiş vb. elbiseler ile , sıcak metaller ile uğraşan kişilerin günlük çalışmalarında konfordan ödün vermeden rahat bir şekilde çalışmalarına olanak sağlamalıdır (Türkuçar, 2018).

3. SONUÇ

Dökümhanelerde doğru performansı gösterecek kişisel koruyucu donanımın belirlenmesi ve en güncel EN normları ile CE işaretine sahip olması hususları hayati öneme sahiptir. Bu sebeple kişisel koruyucu donanımların seçim ve alım aşamalarından satın alma departmanları yanında mutlaka iş sağlığı ve güvenliği profesyonelleri (iş güvenliği uzmanları işyeri hekimleri vs.)sürece dahil olmalıdır.

Dökümhanelerde işin doğasından kaynaklı tehlike ve risklerin net olarak ortaya konulup buna uygun koruyucunun belirlenmesi sonrası kullanımının, bakımın ve saklanmasının yasal mevzuata ve ilgili standartlara riayet edilerek yapılması risklere karşı istenen ve beklenen koruma seviyesine ulaşabilmeyi sağlayacaktır.

Bu çalışmada dökümhanelerde sıklıkla ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı kişisel koruyucu donanımların belirlenmesine yönelik bir perpektif sunulmuş olup her işyeri özelinde sektördeki tehlikelere ilişkin somut ve rasyonel değerlendirmeleri yapabilecek kalifiyede iş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimleri ve döküm sahasının tehlike ve risklerine hakim usta/ustabaşları, mühendisler ile diğer ilgili kişilerin katılımı ve desteğiyle işverenin öncülüğünde oluşturulacak risk değerlendirmesi ekibinin, işyerine özgü tehlikelere karşı en doğru kişisel koruyucu donanımı belirlemesi gerekmektedir.

Kaynakça

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (2005), *Respiratory Protective Equipment At Wor*k, UK.

İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLIĞI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (2016), *Kişisel Koruyucu Donanımlar*

MINISTRY OF BUSINESS (2013), *Inovation and Employment Classified Hearing Protectors*,New Zealand

ODABAŞI, A., TURAN, A., ÜNLÜ, N., ERUSLU M. (2014), *Dökümhanelerde Gürültü Kontrolü*

TÜRKUÇAR, D. (2018),Erimiş Metal Sıçramalarına Karşı Koruyucu Elbiseler, *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, 197.

MİKRO EMÜLSİYON TEKNİĞİ İLE NANO HİDROKSİAPATİT ÜRETİMİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Burak TELLİ
Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
mustafa.telli@kocaeli.edu.tr

Arzu ALTINPINAR
Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
arzualtinpinar5@gmail.com

Özet
Bu çalışma kapsamında, biyo aktif bir malzeme olan hidroksiapatit tozunun mikroemülsiyon tekniği ve asit- baz çökelme reaksiyonu kullanılarak nano boyutta üretilmesi amaçlanmıştır. Çözünmüş $Ca(OH)_2$ içeren bazik su mikro emülsiyonu, Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) yüzey aktif madde (sürfaktan) kullanımıyla organik benzen solventi içinde hızlı karıştırmayla oluşturulmuştur. Oluşan bazik CaOH mikroemüsyonuna karıştırma devam ederken ortofosforik asit içeren seyreltilmiş asit kontrollü bir şekilde ilave edilerek nanoboyutta hidroksiapatit (HAp) tozu oda sıcaklığında çökelmesi sağlanmıştır. Kullanılan sürfaktan miktarının sentezlenen toz boyutunu etkilediği gözlemlenmiştir. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) incelemeleri sürfaktan miktarının kontrol edilmesiyle HAp toz boyutunun nano boyutlara (20-200 nm aralığına) inebildiğini göstermiştir. X-Ray difraksiyonu incelemelerinde ise çökelen Hap tozlarının kristalin olduğu ve artan sıcaklıklardaki ısıl işlem (500 ve 700 °C) ile kristalinite ve faz içeriklerinin iyileştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nanomalzeme, Hidroksiapatit, Mikro emülsiyon, Çökelme Reaksiyonları

PRODUCTION OF HYDROXYAPATITIS WITH MICROEMULSION TECHNIQUE

Abstract
In this study, it is aimed to produce hydroxyapatite powder, which is a bioactive material, in nanoscale by using microemulsion technique and acid - base precipitation reaction. The basic water microemulsion containing dissolved CaOH was generated by rapid mixing in the organic benzene solvent using Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) surfactant. While the stirring was continued, the diluted acid containing orthophosphoric acid is added to the basic CaOH microemulsion which in a controlled manner to ensure the precipitation of hydroxyapatite (HAp) powder in the nano size at room temperature. It was observed that the amount of surfactant used influenced the powder size of the synthesized. Scanning Electron Microscopy (SEM) studies showed that the HAp powder size could be reduced to nanoscale (betwen 20 to 200 nm) by controlling the amount of surfactant. In X-Ray diffraction analysis, it was observed that the precipitated HAp powders were crystalline, the crystallinity and phase contents improved with calcination at increasing temperatures (500 and 700 ° C).

Keywords: Nanomaterials, Hydroxyapatite, Micro Emulsion, Precipitation Reactions

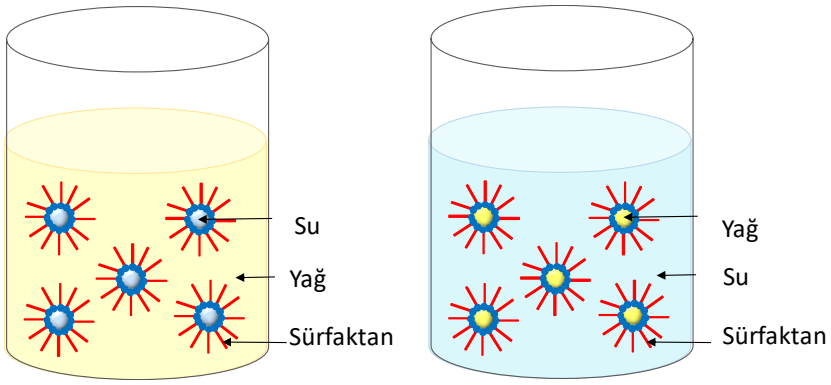
1. GİRİŞ

Hidroksiapatit (HAp) [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$], biyomedikal, diş hekimliği ve ortopedide geniş uygulama alanına sahip biyo-seramik bir malzemedir [1]. Hegzagonal yapıda bir malzeme olup Ca/P oranı 1.67 civarındadır ve bu oran canlı kemiğinde bulunan Ca/P oranına benzerdir [2, 3]. Kalsiyum fosfat tuzları grubuna aittir, kemiğin ve dişin inorganik kısmında bulunan temel bileşeni olması nedeniyle vücut tarafından kabul edilebilirliği yüksektir. Bu yüksek biyouyumluluğundan dolayı biyomedikal malzeme olarak geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Özellikle, yapay kemik ve kemik dolgu maddesi olarak çeşitli protezler'in yapımında, çatlak ve kırık kemiklerin onarımında, metalik biyo malzemelerin kaplanmasında, ortopedik uygulamalarda, diş implantları ve kontrollü ilaç salınım sistemleri gibi çok sayıda alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [4].

Hidroksiapatit dokularla bağ yaparak, hasarlı bölgelerde kemik iyileşmesini ve büyümesini hızlandırmakta ayrıca implant yüzeyinde oluşabilecek bir takım ters etkileri önlemektedir. Doku,

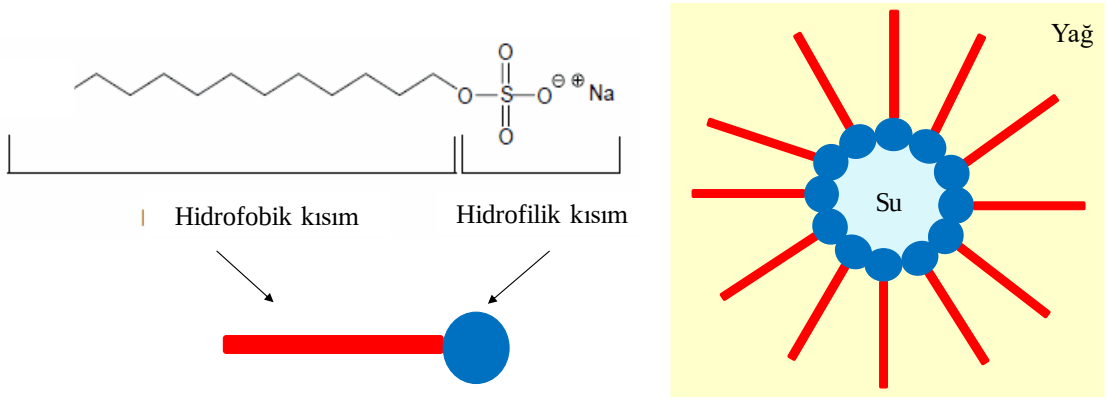
biyoaktif özelliğe sahip HAp ile bağ yaparak yapışır ve implantın yer değiştirmesini önler [2]. Aynı zamanda vücut bu implantı yabancı madde olarak algılamaz. Ayrıca yük taşıyan protez uygulamalarında bir kompozit parçası olarak ya da metal implantların üzerine kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadırlar [2].

Günümüzde nano teknolojik çalışmaların gelişmesiyle ve nano hidroksiapatit'in tane boyutlarının kemikte bulunan apatit minerallerine olan yakınlığından dolayı, bu alanda yapılan araştırmalar giderek büyük önem kazanmaktadır [5]. HAp üretiminde, kimyasal çökeltme, sol-jel, hidrotermal sentez ve mikro emülsiyon işlemi gibi birçok yöntem kullanılmasına karşın, bunlar içinde, mikro emülsiyon tekniği, boyut, geometri, morfoloji, homojenlik ve yüzey alanı gibi nanoparçacık özelliklerinin daha iyi kontrol edilmesini içeren çeşitli avantajlara sahiptir [6]. Mikro emülsiyonlar, sistemde bir mikro reaktör gibi davranır ve bu mikro ortam içerisinde çok daha küçük boyutta toz sentezlenmesine olanak sağlayan reaksiyon ortamı olarak kullanılırlar [7]. Mikro emülsiyon yöntemi tozların askıda kalarak kolloidal bir süspansiyon oluşturması için tercih edilen bir yöntemdir. Emülsiyondaki HAp sentezi, topaklanmaların oluşumunu engeller ve elde edilen tozların boyut ve morfolojisinin kontrolüne izin verir. Mikro emülsiyonlar genellikle, yüzey aktif maddelerin tipine ve bileşimine bağlı olarak, küresel sıvı damlacıklar halinde, su içinde yağ emülsiyonu ya da yağ içinde su emülsiyonu şekline oluşturulurlar [7]. Emülsiyonlar, birbiriyle karışmayan iki sıvının birbiri içinde dağılmasından oluşmuş sistemlerdir. Bir emülsiyonun oluşturulması için; yağ fazı/ organik faz, su fazı ve yüzey aktif maddeden oluşan en az üç bileşene gereksinim vardır. Şekil 1' de yüzey aktif madde (sürfaktan) içeren su içinde yağ, yağ içinde su emülsiyonunun oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 19. Fazlara göre emülsiyonların gösterimi.

Bir emülsiyon genellikle karıştırma yoluyla ve mekanik bir enerjinin uygulanmasıyla elde edilir [8]. Emülsiyonlar oluşurken, iki faz arasındaki ara yüz deforme olur ve büyük damlacıklar oluşur. Bu damlacıklar daha sonra devam eden karıştırma ile daha küçük damlacıklar halinde ayrılır. Bir emülsiyonun oluşumunda önemli faktörler: mekanik enerji, karıştırma süresi, sıcaklık, iki faz arasındaki hacimsel oran, iç fazın dağılma derecesi, yüzey aktif maddenin varlığıdır. İki karışmayan sıvı mekanik olarak karıştırıldığı zaman her iki fazda da damlalar oluşur. Karıştırma durunca damlalar çabucak bir araya gelip yığılırlar ve iki sıvı ayrışır. Bu nedenle sıvıların birbiri içinde homojen dağılmalarını sağlamak üzere sisteme yüzey aktif madde ilave edilir [9]. Şekil 2' de gösterildiği gibi SDS yüzey aktif maddesi, bir ara yüzeyde adsorbe olan ve yüzey gerginliği azaltan organik bir moleküldür. İyi tanımlanmış iki parçadan oluşur, biri suda çözünür hidrofilik kısım, diğeri ise yağda çözünebilir hidrofobik kısımdır [10].



Şekil 20.Yüzey aktif madde (SDS) yapısı ve emülsiyon içinde davranışı

Hidrofilik kısım, kafa grubu olarak adlandırılır ve genellikle iyonik ya da iyonik olmayan bir polar gruptur. Hidrofobik kısım ise, kuyruk olarak adlandırılır ve genellikle tek veya çift, düz veya dallı, alifatik bir hidro veya halo karbon zinciridir [10]. Bir emülsiyon oluşumunda karışıma yüzey aktif madde ilave edildiğinde yüzey aktif madde yağ-su arayüzeyinde, hidrofilik baş gruplar suda, hidrofobik kuyruklar yağda kalacak şekilde yerleşir. Ara yüzey gerilimi düşürülerek yağ ve suyu ayıran kuvvetler zayıflatılır, böylece iki fazın bir birinden kolayca ayrılması önlenir [11]. Bu çalışmada yüzey aktif madde olarak Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, HAp üretimi için tercih edilen mikro emülsiyon yönteminde, fosforik asit ve kalsiyum hidroksit kullanılarak asit- baz çökelme reaksiyonları ile reaksiyon parametrelerine bağlı olarak nano boyutta HAp tozu üretmek amaçlanmıştır. Hidroksiapatit tozları Ca/P mol oranı 1,67 olacak şekilde oda sıcaklığında üretilmiştir. Çözünmüş $Ca(OH)_2$ (Kireç suyu) içeren bazik su mikro emülsiyonu, yüzey aktif madde (sürfaktan) kullanımıyla organik benzen solventi içinde hızlı karıştırmayla oluşturulmuştur. Yüzey aktif mazeme olarak Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) seçilmiş; SDS değişimi sonucu süspansiyonda tozların askıda kalma süreleri ile toz boyutuna etkisi incelenmiştir. Sentezlenen tozların XRD ve SEM analizleri yapılarak 500 ve 700 °C' de yapılan ısıl işlemden önce ve sonra faz yapısı, parçacık boyutu ve morfolojileri incelenmiştir. Nano HAp tozlarının sentezlenmesi için (1) ile belirtilen reaksiyonda gösterildiği gibi kalsiyum ve fosfor kaynağına ihtiyaç vardır [3]:

$$10Ca(OH)_2 + 6H_3PO_4 \rightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2\ (HAp) + 18H_2O \quad (1)$$

Nano hidroksiapatit tozu sentezlemek için yukarıda belirtilen (1) numaralı reaksiyona dayanarak; mikro emülsiyon tekniği ile $Ca(OH)_2$ ve H_3PO_4 asit içeren bir çökeltme reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kalsiyum kaynağı olarak kalsiyum hidroksit, fosfor kaynağı olarak ise orto fosforik asit seçilmiştir. Emülsiyon oluşturmak için organik faz ortamı benzen, su ortamı Ca ve OH iyonları içeren kireç suyu seçilmiştir. Kireç suyu için; kalsiyum karbonat tozu kalsine edilmiş ve kalsiyum oksit elde edilmiştir. Elde edilen kalsiyum oksit tozu, 250 ml su ile karıştırılmış ve kalsiyum hidroksit çökeltisi $Ca(OH)_2$ ve suda çözünmüş $Ca(OH)_2$ çözeltisi, (kireç suyu) elde edilmiştir. 50 ml kireç suyu ve 0,5 g SDS, Heildoph Rotary Evaporator marka dönerli buharlaştırıcıda karıştırılarak çözdürülmüştür. Karıştırma işlemi devam ederken; 25 ml benzen ve seyreltilmiş ortofosforik asit (H_3PO_4) karışıma eklenmiş ve karıştırma işlemi devam etmiştir. Karıştırma tamamlandıktan sonra benzen vakum altında buharlaştırılıp yoğunlaştırılarak ayrıştırılmış ve su içinde askıda kalan HAp tozları elde edilmiştir. Sentezlenen HAp tozları kurutulmuş ve ardından 500 ve 700 °C sıcaklıklarda ısıl işlem görmüştür. Sentezlenen tozların ısıl işlem öncesi ve sonrası kristal faz analizleri XRD ile incelenmiş, HAp haricinde oluşum olup olmadığı belirlenmiştir. HAp tozları, morfolojik özelliklerinin ve parçacık boyutlarının belirlenmesi amacıyla SEM ile 20 kV hızlandırma voltajı ve ikincil elektron

görüntüleme modunda alınmış, kimyasal içerik incelemesi Enerji Disperif Spektrometresi (EDS) analiziyle yapılmıştır.

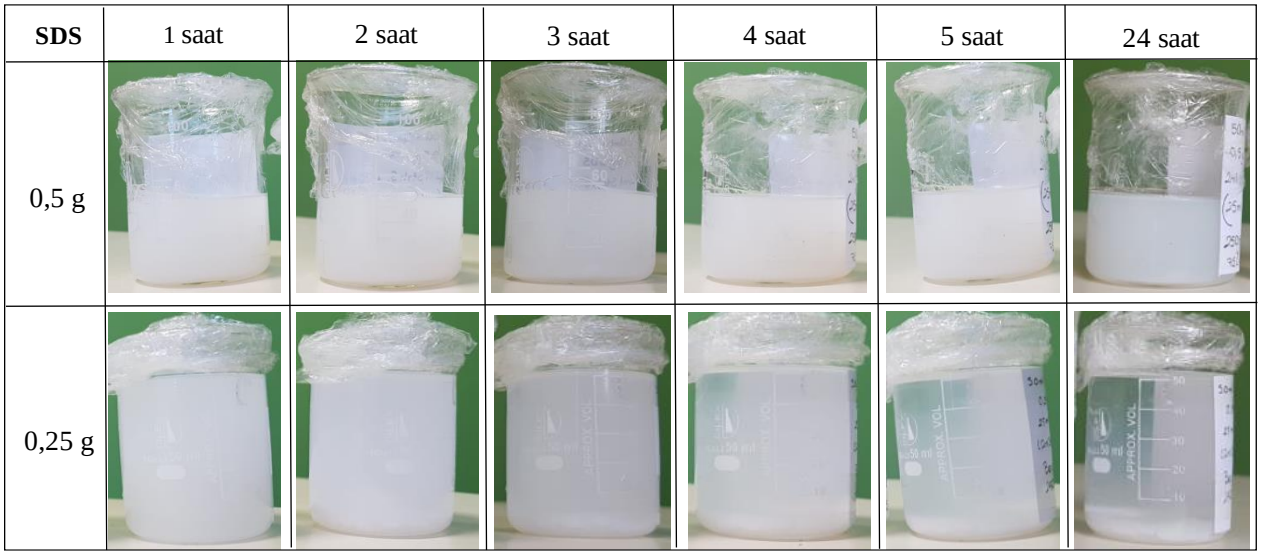
3. SONUÇ

Bu çalışmada; mekanik olarak karıştırma işlemi ile benzen organiği içinde su mikro emülsiyonları oluşturarak nano boyutta hidroksiapatit tozlarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Karıştırma işlemi sonucu oluşturulan hidroksiapatit mikro emülsiyonları Şekil 3' de gösterilmiştir.



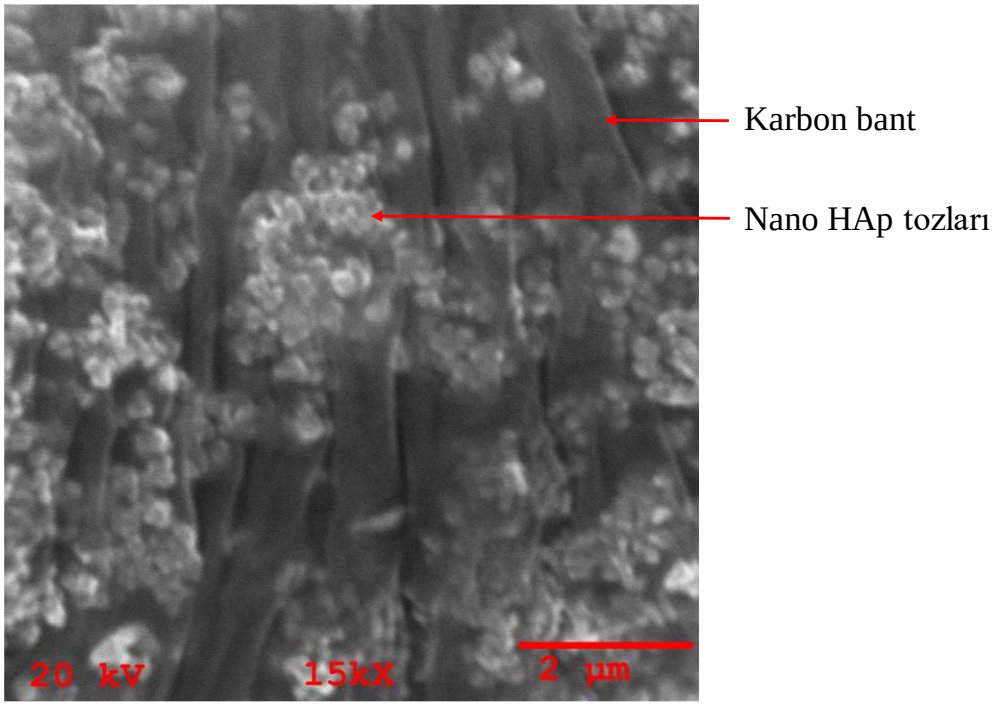
Şekil 3. Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra oluşan benzen-su (Hidroksiapatit) mikro emülsiyonları.

SDS sürfaktan'ı kullanımıyla emülsiyon oluşturmada etkili olan sürfaktan miktarının toz boyutuna etkisi incelenmiş ve uygun sürfaktan miktarı tozların süspansiyonda askıda kalma süresine göre belirlenmiştir. Şekil 4' de, süspansiyonda kullanılan 0,5 g ve 0,25 g SDS' nin zamanla emülsiyonlar üzerindeki değişimi gösterilmiştir. 24 saatin sonunda 0,25 g SDS içeren süspansiyondaki tozlar çökmüş, 0,5 g SDS içeren süspansiyondaki toz boyutunun daha küçük olması nedeniyle tozlar askıda kalmaya devam etmiştir.



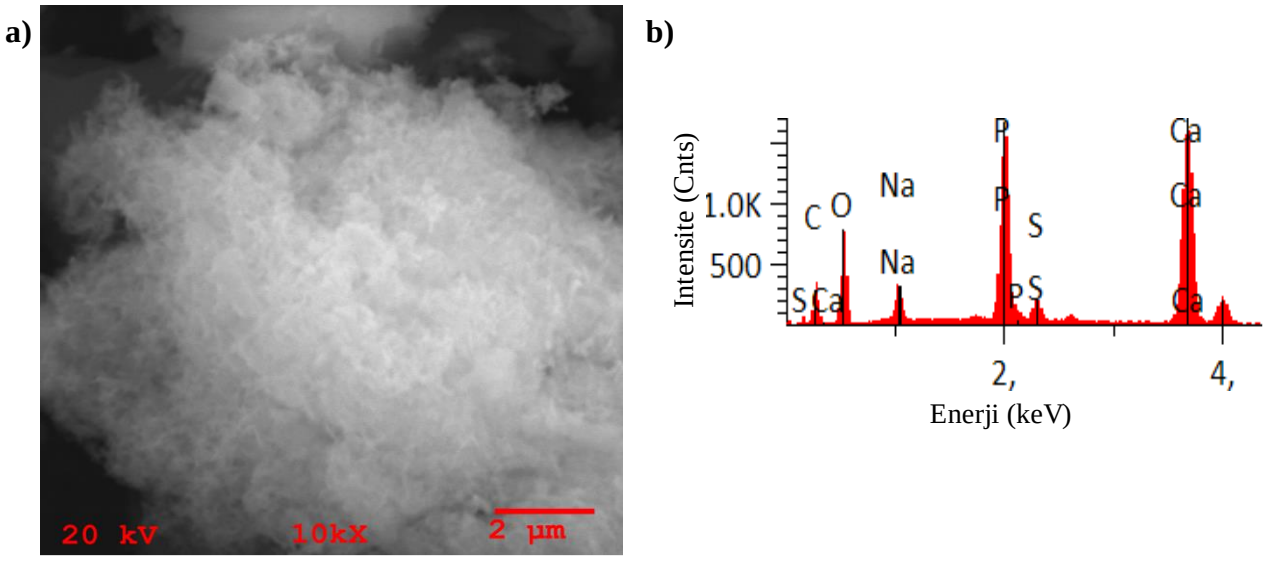
Şekil 4. Farklı miktarda yüzey aktif madde (SDS) kullanımının zamanla emülsiyonlar üzerindeki etkisi.

Sentezlenen HAp tozlarının mikroyapısal karakteristikleri SEM ile incelenmiş; boyutları, şekilleri ve EDS analizi ile bileşenlerin elementel dağılımı belirlenmiştir. Şekil 5' de görüldüğü gibi toz morfolojisi küresel formda, boyutu ise 20 nm ile 200 nm arasında ve ağırlıklı olarak 100 nm altındadır.



Şekil 5. Mikro emülsiyon ile üretilmiş HAp numunelerine 15000x büyütmede ve 20 kV'de alınmış ikincil elektron SEM görüntüsü.

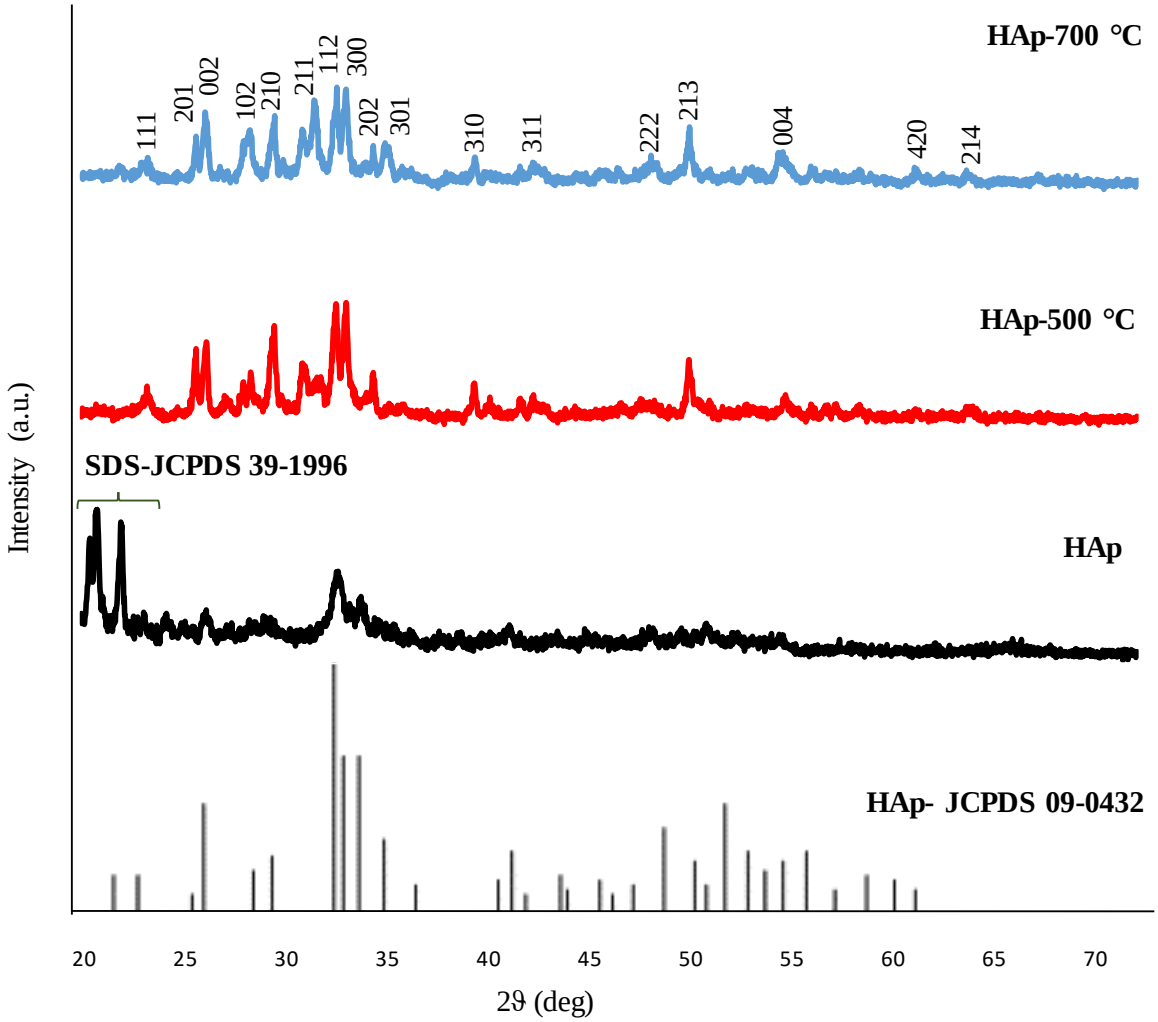
Şekil 6'de elde edilen kurutulmuş HAp tozunun SEM görüntüsü ve EDS analizi verilmiştir. Kurutulan tozun EDS analizinde beklenen Ca, P, O elementlerin varlığı görülmüştür. Gözlemlenen C, S ve Na EDS piklerinin ise kullanılan sürfaktan SDS ($NaC_{12}H_{25}SO_4$)' den kaynaklı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. Mikro emülsiyon ile üretilmiş HAp numunelerine ait a) ikincil elektron SEM görüntüsü ve b) EDS analizi.

Sentezlenen ve ısıl işlem gören tozlar XRD analizine tabii tutularak oluşan fazlar belirlenip, HAp oluşumu belirlenmiştir. Sentezlenen nano hidroksiapatitin XRD paterni Şekil 7' da gösterilmektedir. HAp elde etme aşamasında sıcaklığın kristalizasyonda etkili olduğu; sıcaklık arttıkça kristalizasyonun

arttığı Şekil 7'de görülmektedir. Pik pozisyonları standartlarda yer alan XRD paterni (JCPDS 09-0432) ile iyi bir uyum içindedir [12]. Sentezlenen tozdaki XRD incelenmesinde; sentezlenen HAp piklerine ek olarak 20-23 derece civarında SDS' ninde neden olduğu karakteristik kırınım piklerinin (JCPDS 39-1996) varlığı görülmekte, SDS' nin yapılan ısıl işlem sonrasında ortamdan uzaklaştığı ve geride kristalin HAp tozlarının kaldığı gözlemlenmektedir [13].



Şekil 7.Sentezlenmiş HAp tozlarının ve 500 °C ve 700 °C' de ısıl işlem görmüş HAp tozlarının XRD grafiği

4. TARTIŞMA

Nano boyutta hidroksiapatit, SDS, bezen ve kireç sulu mikro emülsiyon tekniği kullanılarak başarıyla sentezlenmiştir. Elde edilen nano tozlarının faz içeriği kristalinitesi ısıl işlem sıcaklığı artışıyla yükselmiştir. Hidroksiapatit nano toz oluşumu, X-ışını kırınımı (XRD) ve Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile doğrulanmıştr. Isıl işlem sonrası XRD grafiklerindeki nano HAp pikleri standartlarda (JCPDS 09-0432) yer alan HAp pikleri ile uyum göstermektedir. Ayrıca, sentezlenen nano HAp tozlarına ek SDS yüzey aktif maddesinin standartlarına göre (JCPDS 39-1996) karakteristik kırınım piklerinin varlığı görülmüş ve yapılan ısıl işlemler sonucu ortamdan uzaklaştığı belirlenmiştir.

Temel bileşimleri, EDS analizi kullanılarak incelenmiş, küresel şekilli parçacıklar SEM analizi ile doğrulanmıştır. SDS miktarının az kalması toz boyutunu büyütürken 0,5 g kullanımıyla 200 nm boya inilmiş ve 0,5 g kullanılan SDS miktarının emülsiyon boyutunu etkilediği görülmüştür. Dolayısıyla oluşturulan mikro emülsiyonların nano boyutta HAp tozu sentezi için oldukça etkili bir reaksiyon ortamı oldukları ortaya konmuştur. Hazırlanan hidroksiapatit nano tozlarının büyüklüğünün 20 ile 200

nm arasında ağırlıklı 100 nm altında altında olduğu ve küresel morfolojiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada kulanılan mikroemülsiyon tekniği ve sentezleme parametrelerinin bileşimi ile nano boyutta HAp tozunun üretimi gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] KİMURA, I. (2007), Synthesis of Hydroxyapatite by Interfacial Reaction in a Multiple Emulsion, *Research Letters in Materials Science*,2007, 1-4.

[2] BULUT, B. (2014), Ticari İnert Cam Katkılı Hidroksiapatit- Alümina Ve Hidroksiapatit-Zirkonya Kompozitlerin Üretimi Ve Karakterizasyonu, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, Yüksek Lisans Tezi, 423763.

[3] KUMTA, P. (2005), Nanostructured calcium phosphates for biomedical applications: novel synthesis and characterization, *Acta Biomaterialia*, 1 (2005) 65–83.

[4] YETİZ, E. (2009), Gözenekli Hidroksiapatitten İlaç Salımının İncelenmesi, *Yıldız Teknik Üniverisitesi*, Yüksek Lisans Tezi, 414179.

[5] EVİS, Z. (2011), Çeşitli İyonlar Eklenmiş NanoHidroksiapatitler: Üretim Yöntemleri, İç Yapı, Mekanik ve Biyouyumluluk Özellikleri Yönlerinden İncelenmesi, *International Journal of Research and Development*, 3, 55-61.

[6] OLTEANU, N. (2015), Combined soft nanotechnology methods- as versatile tools for designing templated nanostructures to obtain optically active materials, , 2, 135-169.

[7] GHOSH, P. (2016), Microemulsion Mediated Organic Synthesis and the Possible Reaction Site, *J. Surface Sci. Technol*, 32, 1-2.

[8] KHAN, B. (2011), Basics of pharmaceutical emulsions: A review, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(25), 2715-2725.

[9] KHAN, M. (2014), Current Trends in Water-in-Diesel Emulsion as a Fuel, *TheScientificWorldJournal*, 2014, 1-15.

[10] SCHRAMM, L. (2003), Surfactants and their applications, *Annual Reports Section Chemical, 99,3-48.*

[11] MENAA, F. (2014), Emulsions Systems for Skin Care: From Macro to Nano-Formulations, *Pharmaceutical Care & Health Systems*, 1, 1-2.

[12] BOUJAADY, H. (2016), Adsorption of a textile dye on synthesized calcium deficient hydroxyapatite (CDHAp): Kinetic and thermodynamic studies, *J. Mater. Environ. Science*, 7 (11), 4049-4063.

[13] WANG, W. (2013), Sodium dodecyl sulfate/epoxy composite: water induced shape memory effect and its mechanism, *Journal of Materials Chemistry*, 2, 5441–5449.

SOSYAL MEDYANIN ELEŞTİREL DÜŞÜNMEYE ETKİSİ

Öğretim Görevlisi. Çilem Koçak
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Yalvaç Teknik Bilimler Myo, Bilgisayar Programcılığı
cilemkocak@isparta.edu.tr

Öğretim Görevlisi Mehmet Bilen
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Çavdır Myo, Bilgisayar Programcılığı
mbilen@mehmetakif.edu.tr

Özet

Yenilenen teknolojileri ile birlikte insanların fikir ve eylemlerini etkileyebilen internet dünyanın en büyük bilgi bankası olarak görülmekte, bireylerin ihtiyaçlarını çok kısa sürede gidermekte ve kullanıcıların istediği zaman istediği ortamı kullanma özgürlüğü sunmaktadır. Bunların yanında internet kültürel bir ortam yaratarak yenilikçi düşünme olanakları vermektedir. Günümüzde internet yaşanan gerçekleri bireylerin tercihleri dışında şekillendirmekte, eski zamanlardaki diktatörler gibi sosyal medya ortamları kişilerin düşüncelerini şekillendirmekle birlikte ne düşünmeleri için farklı fikirler sunmaktadır. Dolayısıyla sosyal medya da bulunan her paylaşım bizi eleştirel bir bakış açısına sahip olmamız gerektiğini göstermektedir. Sosyal medya kullanıcılarının düşünce yapılarının değişmesi ve sosyal medya için eleştirel bir düşünme yetisine sahip olması gelişen teknoloji ile kaçınılmaz bir durumdur. Bu çalışmada bireylerin sosyal medya organlarının yani sosyal paylaşım siteleri ile eleştirel düşünme arasındaki bağı oluşturmak amaçlanmıştır. Her sosyal medya kullanıcısı eleştirel düşünme becerisine sahip olarak paylaşımları ile farklı bakış açılarını gösterebilmelidir.
Anahtar Kelimeler: Sosyal Medya, Eleştirel Düşünme, İnternet,

THE EFFECT OF SOCIAL MEDIA ON CRITICAL THINKING

Abstract

The internet, which can affect the ideas and actions of people together with the renewed technologies, is seen as the world's largest data bank, eliminates the needs of individuals in a very short time and offers users the freedom to use the environment they want at any time. In addition to these, internet provides innovative thinking opportunities by creating a cultural environment. Today, the Internet shapes the facts out of the preferences of individuals, social media environments such as dictators in the past, while shaping the thoughts of people, what they think different ideas. Therefore, every sharing in social media shows us that we need to have a critical perspective. It is inevitable for social media users to change their thinking structures and to have a critical thinking ability for social media. In this study, it is aimed to create a link between social media organs of the individuals, ie social networking sites and critical thinking. Every social media user should be able to show different perspectives with their critical thinking skills.

Keywords: Social Media, Critical Thinking, Internet,

1. GİRİŞ

Günümüzde hayatın her anında yer alan internet teknolojileri bilgiye hızlı erişim ve daha kolay haberleşme imkânları vermektedir. Ayrıca internet teknolojilerini boş zamanı değerlendirme aktiviteleri olarak da kullanmak oldukça yaygınlaşmaktadır. Dolayısıyla gelişen ve yaygınlaşan internet teknolojilerinin hayatımızın her noktasında yer alması kaçınılmaz durum olarak görülmektedir. Gelişen internet teknolojileri ile birlikte sosyal medya ortamlarının önemi ve günlük hayatta kullanım sıklığı artmıştır. Sosyal medya organları kullanıcılara kişisel profil oluşturma imkanı vermiş buda kullanıcı sayısının artışına imkan vermiştir. Kullanıcılar kendi kişisel profilleri diğer

kullanıcılarla etkileşim kurarak herkese açık paylaşımlarda bulunmalarına imkân vermektedirler (Boyd ve Ellison, 2007). Yapılan çalışmalarda sosyal medya yada sosyal ağlar kavramı için farklı tanımlar bulunmaktadır genel olarak sosyal medya kavramı; İnternet kullanıcılarının belirli bir alanda diğer bireylere karşı yarı açık yada açık profil oluşturarak bağlantı kurmalarına, diğer kullanıcıların sistemde bulunan bağlantılarını görmelerini sağlayan, diğer kullanıcılar ve bağlantılar arasında dolaşımda bulunma imkanı veren internet tabanlı hizmetler olarak tanımlanmaktadır (Büyükşener, 2010 Akt; Tonbuloğlu, İ., & İşman, A. 2014). Sosyal medya kavramına bir diğer tanım ise; Kullanıcıların kamuya açık profil oluşturmaları, bağlantı kurdukları kişilerin profillerini ziyaret edebildikleri web tabanlı hizmetlerdir.(Dube, 2012, Laudon 2012 Akt: Ada, S., Çiçek, B., & Kaynakyeşil, G. 2013). Yapılan tanımlarda görüldüğü gibi sosyal medya insanların internet üzerinde iletişim kurmak için yenilenen, gelişen ve gün sayıca geçtikçe artan yeni nesil sosyal ortamlar olarak da tanımlayabilmekteyiz.

Yenilenen teknolojileri ile birlikte insanların fikir ve eylemlerini etkileyebilen internet dünyanın en büyük bilgi bankası olarak görülmekte, bireylerin ihtiyaçlarını çok kısa sürede gidermekte ve kullanıcıların istediği zaman istediği ortamı kullanma özgürlüğü sunmaktadır. Bunların yanında internet kültürel bir ortam yaratarak yenilikçi düşünme olanakları vermektedir. Günümüzde internet yaşanan gerçekleri bireylerin tercihleri dışında şekillendirmekte, eski zamanlardaki diktatörler gibi sosyal medya ortamları kişilerin düşüncelerini şekillendirmekle birlikte ne düşünmeleri için farklı fikirler sunmaktadır (Mora, 2005, Demirel, 2011, Friedman, 2013, Güzel, 2006, Eco, 2012 Akt; Fidan, M. 2014). Dolayısıyla sosyal medya da bulunan her paylaşım bizi eleştirel bir bakış açısına sahip olmamız gerektiğini göstermektedir. Sosyal medya kullanıcılarının düşünce yapılarının değişmesi ve sosyal medya için eleştirel bir düşünme yetisine sahip olması gelişen teknoloji ile kaçınılmaz bir durumdur.

2. SOSYAL MEDYA

Pembek vd. (2009) göre "Kullanıcılara, kullanıcı adı ve fotoğraf gibi profil bilgileri göndermelerine, genel veya özel çevrimiçi mesaj göndermelerine, ses, fotoğraf, video gibi materyalleri kullanarak diğerleriyle iletişim kurmasına izin veren üye tabanlı topluluklar", sosyal medya olarak tanımlanmaktadır. Kullanıcıların arkadaşlıklar kurma, eğlenme, fikir, haber, video ve animasyon izlemek, fotoğraf vb. paylaşım imkânı sunması sosyal medyanın en önemli özellikleri arasındadır (Barış, M. F., & Tosun, N. 2013). Sosyal medya sayesinde kullanıcılar bağlantılı oldukları diğer bireylerle ortak ilgi alanlarına göre iletişim kurabilmekte, deneyimlerini paylaşabilmektedirler. Geçmişte sınırlı sayıdaki bilgi kaynaklara zorlukla ulaşılabilen bireyler günümüzde internet teknolojilerini iyi kullanarak birincil kaynaklara erişebilmekte bu kaynakları kullanabilmekte ve kendini geliştirmiş bireyler olarak karşımıza çıkmaktadır (Greenhow ve Robelia, 2009, akt; Öztürk, M., & Akgün, Ö. E. 2012). "İnternet kullanımının sosyal ilişkiler ve sosyal bağlar üzerindeki etkisi, bireylerin interneti ne amaçla ve nasıl kullandığına bağlı olarak değişebilmektedir" (Çetin, 2008:3). Dolayısıyla bireylerin sosyal medya platformlarını kullanım amaçları ve beklentileri, yaşadıkları deneyimler sosyal medyaya karşı bir düşünme yapısı oluşturulmasını sağlamıştır. Sosyal medya kullanıcılar da araştırma, işbirlikli öğrenme, tartışma becerisi, eleştirel düşünme ve sorgulama, problem çözme becerilerini geliştirdiği gözlenmektedir (Tiryakioğlu ve Erzurum, 2011).

Bireyler sosyal ağlarla birlikte kendilerine özgü etkileşim ve iletişim koşullarını üretme, kişisel düşüncelerine göre çeşitli topluluklara sosyal medya vasıtası ile dâhil olmaktadırlar. Bu oluşan yeni düşünce toplulukları sanal cemaat olarak tanımlanmıştır. Sanal cemaat, birbirleriyle internet yoluyla etkileşime gecen, gönüllü aktivite ve oyun gibi ortak ilgi alanları bulunan insanlar tarafından oluşan topluluklar olarak tanımlanmaktadır. Bu toplulukların en büyük özelliği fiziksel olarak bir araya gelmeseler de düşünce yapıları olarak aynı ilgi alanları ile bir araya gelmeleridir (Goker ve Doğan, 2011). Dolayısıyla Sosyal medya platformları günümüzde milyonlarca kullanıcısı olan geniş birer iletişim ortamıdır ve internetin etkisini günümüzde bu denli arttırmasında etkin rolu sosyal medya ortamlarının artışıdır. Sosyal medyanın başlıca özelliklerini aşağıdaki sıralanmaktadır;

- ✓ Kullanıcılar, mekan ve zaman sınırı olmadan paylaşımda bulunabilmekte ve karşılıklı görüş alış verişi için imkan sunmaktadır.

- ✓ İletişim için belirli kurallar yoktur, kişiler iletişime geçecekleri kişileri kendileri belirlemektedirler.
- ✓ Kullanıcılar gelişen teknoloji ile üretmiş oldukları içerikleri mobil ortamlarda da paylaşabilmektedir.
- ✓ Kullanıcılar kendi arkadaşlarını ve sosyal çevresini sosyal medya aracılığı ile takip edebilmektedir.
- ✓ Sosyal medya bilgi kirliliğine neden olmaktadır.
- ✓ Kullanıcılar sosyal medyada hem takip edilen hemde takip eden konumunda oldukları için mahremiyetleri zedelemektedir. (Mavnacıoğlu, 2009, Akt; Kırık, A. M., & Fakültesi, İ.).

Sosyal medya kullanıcılar yada gruplar arasında gerçekleşen günlük diyaloglar gibi görünse de paylaşılan bilgi, içerik günden sosyal medya ortamlarının çeşitlenmesi ile günden güne artmaktadır. Bu durumda sosyal medyanın bir özelliği de bilgi üretim sürecine olan katkısıdır. (Kaplan ve Haenlein, 2010; Akt, Fatma, Ö. K. 2014). İlk etapta e-posta toplulukları ile sosyal paylaşım günümüzde daha karmaşık ortamlara taşınmıştır. Kullanıcı amaçlı sosyal paylaşım sitelerinin gün geçtikçe kullanıcı sayısı artmaktadır.(Budak, L. Karaslan, İ. 2010).

2.1 Sosyal Paylaşım Sitelerinin Genel Özellikleri

Sosyal paylaşım sitelerinin genel özellikleri;

- ✓ Sosyal paylaşım sitelerindeki kullanıcılar kişisel profil sayfası ile diğer kullanıcılarla etkileşimde bulunmaktadırlar.
- ✓ Sosyal paylaşım sitelerinin birçoğu kullanıcıya fotoğraf paylaşımı, mesajlaşma, video, dosya paylaşımı, blogging, hizmetleri sağlayarak kullanıcıların iletişimini kolaylaştırmaktadır.
- ✓ Sosyal paylaşım siteleri kullanıcı için bir veritabanı tutar. Böylece kullanıcılar gruplar oluşturabilir, arkadaşlarını bulabilir, kendileri ile ortak ilgi alanı olan kişilere kolaylıkla ulaşabilmektedir.
- ✓ Sosyal paylaşım siteleri büyük çoğunluğu ücretsizdir.
- ✓ Sosyal paylaşım siteleri birçoğu kullanıcı odaklı çalışmaktadırlar. Kullanıcıdan gelen dönüte göre yeni özellikler eklemektedirler.
- ✓ Sosyal paylaşım sitelerin de en önemli özellikse kullanıcı erişim sınırlamasını ve gizlilik kurallarını kendisinin düzenleyebilmesidir. Kullanıcılar ne paylaşmak istediklerine, ne kadar paylaşmak istediklerine ve ayrıca bu paylaşımları hangi kullanıcıların görebileceğine karar verebilirler (Özkan ve McKenzie, 2008, Akt; Bulut, M. 2013).

2.2 Türkiye'de Sosyal Medya Kullanıcıları

Türkiye de bireylerin internet kullanım amaçları dikkate alındığında, 2018 yılının ilk altı ayında internet kullanıcıları Türki ye nüfusuna oranı %67 olarak 54.33 milyon olarak görülmektedir, internet kullanıcılarının 51 milyonu aktif sosyal medya kullanıcı olarak görülmekte bunların 44 milyonu mobil telefonlarından sosyal medya kullanımı sağlamaktadır (TUIK 2018).

Genel olarak bakarsak; En çok kullanılan sosyal medya platformları na bakarsak youtube %55 ile en çok kullanılan sosyal medya platformu olarak görülmektedir. Facebook %53 ile ikinci sırada instagram %46 ile üçüncü sırada, Twitter %36 ile dördüncü sırada yer almaktadır.

3. ELEŞTiREL DÜŞÜNME

Düşünme eyleminin sorularla başladığı gerçeği bulunmaktadır. Düşünme eyleminin gerçekleştiğini ortaya koyan sorulara verilen cevaplar yaşam biçimimizi etkilemektedir. Paul ve Elder'ın (2006) da ifade ettiği gibi, "yaşam kalitemiz düşünme kalitemize bağlıdır". Bu nedenle, eleştirel düşünme, insanların yaşam kalitesini artırma yönelik karmaşık ve sürekli değişen bir çevreye daha iyi uyum sağlayabilmeleri gibi yaşamın her anı için önemli bir özelliktir.

Enis (1985)'e göre eleştirel düşünme "Ne yapılacağına, neye inanılacağına karar vermeye odaklanmış, yansıtıcı ve mantıklı düşünmedir" olarak ifade etmektedir. Paul (1991), ise eleştirel düşünmeyi, "gözlem ve bilgiye dayanarak sonuçlara ulaşma olarak tanımlamıştır". (Akt ;Tortop, H. S., & Eker, C. 2014). Ferrett'e 1997, akt; Çetin, 2008, göre "eleştirel düşünen kişiler meraklı, yerinde sorular soran,

analiz yapabilmek için ölçütler arayan, diğerlerini dinleyen, dönüt veren, inanç ve varsayımları gerçeklerle karşılaştırabilen, kararını tüm bu süreçlerin sonuna dek erteleyebilen kişilerdir." Eleştirel düşünmenin tanımlarına bakılırsa bazı farklılıklar görülmektedir. Eleştirel düşünmenin olaylara, olgulara sürekli olumsuz yönlerine bakarak eleştirmek gibi yıkıcı bir etki yarattığı da düşünülse de her durumda eleştirel bir bakışa sahip olunması vurgulanmaktadır.1990 yılında Amerikan Felsefe Derneğinin hazırladığı Kaliforniya Eleştirel Düşünme Eğilimleri Ölçeğinde eleştirel düşünmeyi oluşturan yedi temel öğe yer almaktadır. Bunlar şu şekilde açıklanmaktadır (Kökdemir, 2003; akt; Kurt, A. A., & Kürüm, D. 2010). Bunlar;

- ✓ Tutarlılık
- ✓ Açık fikirlilik
- ✓ Sistematiklik
- ✓ Olgunluk
- ✓ Analitiklik
- ✓ Kendine güven
- ✓ Meraklılık olarak belirlenmiştir.

Dolayısıyla eleştirel düşünme ile ilgili birçok tanım ve kişisel görüş bulunmaktadır. Eleştirel düşünme genel olarak tüm bireyler için önemli becerileri içeren bir kavramdır. Eleştirel düşünme yeteneğine sahip bireyler yaşama farklı şekilde bakabilmekte ve sağlıklı kararlar alarak mutlu yaşamalarını sağlayabilmektedirler. Eleştirel düşünme, geliştirilebilir ya da öğretilebilir bir düşünme becerisidir. Eleştirel düşünme, okuduğunu anlama, yazma, bilimsel düşünme ve yaratıcı düşünme, sorun çözme gibi farklı becerilerle paralel gelişim göstermektedir. Örneğin, sosyal medya ortamlarında bulunan birinci el kaynakları ayırt etme, önyargı ve tutarlılığı değerlendirme, tartışmanın eksik taraflarını ve açıklamalardaki belirsizlikleri görme çıkarsamaları ve nedenlerini değerlendirme, tanımlamaların yeterliliğini ve sonuçların uygunluğunu ölçme eleştirel düşünme sürecinin gözlenebilir becerileri olarak tanımlanmaktadır (Özden, 1999; akt; Güven, M., & Kürüm, D. 2006). Kökdemir'e (2000) göre bireyin eleştirel düşünme becerisini ideal bir biçimde sergileyebilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerektiğini düşünmektedir. Bunlar bireylerin;

- ✓ Gerçekler ve öne sürülen iddialar arasında farkları görebilme
- ✓ Kaynakların güvenirliğine odaklanabilme
- ✓ Bilgi kaynaklarındaki alakasız konuları seçebilme
- ✓ Bilgi kaynaklarına ön yargısız yaklaşma
- ✓ Tutarsız yargıların farkına varabilme,
- ✓ Konu kapsamında etkili sorular sorabilme
- ✓ Kendi düşüncelerinin farkına varabilmesi.

3.1.Eleştirel Düşünme ve Sosyal Medya

Günümüzde bireylerin eylemlerini ve fikirlerini değiştirebilme, etkileyebilme konusunda en etkin yöntem ve araçlar sosyal medya araçları olarak görülmektedir. İnternet dünyanın en büyük bilgi bankası olması özelliği ile en büyük iletişim ağı olmanın yanında, bireylere ihtiyaçlarını çok kısa sürede ve istediği zaman gerçekleştirebilme imkânı sunmaktadır. Bu özelliğiyle internet gündelik hayatın her noktasında kullanılmakta, insanların düşünce sistemlerini tam bir baskı altına almış bulunmaktadır. (Özkan, 2006; Ataman, 2009; Hıdıroğlu, 2009; Mora, 2005; Demirel, 2011; Friedman, 2013; Eco, 2012; akt; Fidan, M. 2014).

Sosyal medya kullanıcılarının 'Ben inanıyorsam, o doğrudur.' görüşüne sahip oldukları gibi belirli bir topluluğun 'Biz inanıyorsak, o doğrudur.' Görüşü ortaya çıkmaktadır. Belirli bir topluluğun neye inanmak istediklerini sosyal medya kullanıcıları belirlemediği gibi 'Ona inanmak istiyorsak, o doğrudur.' Görüşünü benimsemektedirler. Birey olma özelliğimizden dolayıda kendi çıkarlarımızı gözetmemiz her ortamda karşımıza çıktığı gibi burada da 'Bizim menfaat ve ilgilerimize hizmet ediyorsa, o doğrudur.' Görüşü kullanıcıları bireyselleştirmektedir.

Bu yargılar, eleştirel düşünme ve sosyal medya okuryazarlığı kavramlarının birlikte işleyen bir süreç olduğunun önemle vurgulamaktadır. Eleştirel düşünen bir sosyal medya kullanıcısı medyayı kendi

amaçları doğrultusunda, sorgulayarak, etkili, akıllıca kullanır. Bu sorgulama sürecinde eleştirel düşünme süreci ile kullanıcı sosyal medya platformlarında ki kaynakları "neden izlemeliyim/ dinlemeliyim/ okumalıyım?" türünden sorularla karşı karşıya kalarak yanıt araması gerekmektedir. Eleştirel düşünceye sahip olan bir sosyal medya kullanıcısı okuduklarını, dinlediklerini ve gördüklerini ayrıntıları ile ele alır. Edindiği bilgilerde yanlış olabileceği, çarpıtmalara yer verilme ihtimalinin olduğunu düşünür ve bir şüphe içinde bilgileri araştırarak doğru olana ulaşmaya çalışır. (Kurt, A. A., & Kürüm, D. 2010). Günümüzün medya platformlarında karşılaşılan mesaj çok fazla olunca, bireylerde birer seçicilik ve irdeleyicilik özelliği oluşturabilmek gerekliliği doğmuştur. Bireyler, sosyal medyadan aldıkları her mesajı 'doğru' olarak adlandırmamalıdır. Her bilginin kaynağını araştırmalı farklı kaynaklardan bilginin doğruluğunu teyit etmelidir. Buda bireylerin düşünme yapısı ile ilgili bir süreçtir. Bireyde eleştirel düşünme yeteneğinin oluşabilmesi için belirli bir konuya dair, pek çok kaynaktan okuması gerekmektedir. Okumakla birlikte düşünme gereksinimi gerçekleştirme okuduklarını kendi mantık süzgecinden geçirerek kullanıcı kendi doğrularına ulaşması sağlanmalıdır. Ayrıca, bireylerin yaratıcılık özelliğinin de öne çıkarılmasında fayda vardır. (Sheridan ve Rowsell, 2010; Alvarado ve Boyd- Barrett, 1992; Hill, 2013; Alvarado, Buscombe, ve Collins, 1993; Sheridan ve Rowsell, 2010; akt; Okur-Berberoglu, E. 2013).

4. SONUÇ

Eleştirel düşünceye sahip olan bir sosyal medya kullanıcısı okuduklarını, dinlediklerini ve gördüklerini ayrıntıları ile ele alır. Edindiği bilgilerde yanlış olabileceği, çarpıtmalara yer verilme ihtimalinin olduğunu düşünür ve bir şüphe içinde bilgileri araştırarak doğru olana ulaşmaya çalışır. Sosyal medya kullanıcılarının eleştirel düşünme yeteneğine sahip olması için kullanıcıların pek çok kaynaktan ve pek çok görüşü okuyup yorumlaması gerekmektedir. Sosyal medya platformlarında bireyler kendi görüşme düşüncelerini rahatlıkla dile ifade edip paylaşıp yapabilmeleri günümüz insanlarının doğru ve yanlışı ayırt etme konusunda eleştirel düşünmeye zorlamakta ve bu doğrultuda bireyler sosyal medya vasıtasıyla eleştirel düşünme yeteneklerini geliştirebilmektedirler. Sosyal medya kullanım oranının çok olduğu istatistiklerle de ortaya koyulmuş olan ülkemizdeki sosyal medya kullanıcılarına her yaş grubu için sosyal medya okuryazarlığı eğitimleri yapılarak eleştirel düşünme yeteneklerinin geliştirilmesine katkıda bulunulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Ada, S., Çiçek, B., & Kaynakyeşil, G. (2013). Çevrimiçi Sosyal Ağ Sitesi Kullanımını Etkileyen Motive Edici Faktörler Üzerine Bir Araştırma. Akademik Bilişim Konferansı, Antalya.

Barış, M. F., & Tosun, N. (2013). Sosyal Ağ Ve E-Portfolyo Entegrasyonu: Facebook Örneği. Eğitim Ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 2(2), 122-129.

Boyd, D., Ellison N., (2007). Social Network Sites: Definition, History,and Scholarship, Journal of Computer-Mediated Communication 13 (2008) 210–230

Budak, L. Karaslan, İ. (2010) Üniversite Öğrencilerinin Sanal İletişim

Bulut, M. (2013). Öğretmen Adaylarının Eğitimde Sosyal Paylaşım Sitelerine Yönelik Görüşlerinin Ve İnternet Bağımlılığı Risk Düzeylerinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi, Yakın Doğu Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa

Çetin, A. (2008). Sınıf Öğretmeni Adaylarının Eleştirel Düşünme Gücü (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Uludağ, Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü: Bursa

Çetin, E. (2008). Sosyal İletişim Ağları Ve Gençlik: Facebook Örneği. Http://İdc.Sdu.Edu.Tr/Tammetinler/Bilim/Bilim15.Pdf Adresinden Erişilmiştir.

Fatma, Ö. K. (2014). Sosyal Medyanın Bilgi Edinme Ve Kişisel Gelişim Sürecine Katkısı Ve Lise Öğrencileri Üzerine Bir Alan Çalışması. Galatasaray Üniversitesi İleti-Ş-İm Dergisi, (21), 129-150.

Fidan, M. (2014). Media Literacy Level Of The Candidate Primary School Teachers. Journal Of Education Faculty, 15(2), 121-137.

Goker, G. Ve Doğan, A.(2011), "Ağ Toplumunda Örgütlenme: Facebook'ta Çevrimiçi Tekel Eylemi", Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14 (25), Ss.175-203

Güven, M., & Kürüm, D. (2006). Öğrenme Stilleri Ve Eleştirel Düşünme Arasındaki İlişkiye Genel Bir Bakış.

http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16198 ,16.09.2018 tarihinde erişilmiştir.

Kırık, A. M., (2004). Fakültesi, İ. Aile Ve Çocuk İlişkisinde İnternetin Yeri: Nitel Bir Araştırma.

Kökdemir, D. (2000). Deniz Yıldızlarını Kurtarmaya Çalışanların Öyküsü. Eleştirel Ve Yaratıcı Düşünme. XI. Ulusal Psikoloji Kongresi. 19-22 Eylül, Ege Üniversitesi, İzmir.

Kurt, A. A., & Kürüm, D. (2010). Medya Okuryazarlığı Ve Eleştirel Düşünme Arasındaki İlişki: Kavramsal Bir Bakış. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (2), 20-34.

Okur-Berberoglu, E. (2013). Medya Etkisinin Bilgi Yapısı. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (15). Ortamlarını Kullanım Amaçlarının Değerlendirilmesi Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Örneği Civilacademy, Volume 8 Sayı 2

Öztürk, M. (2011). Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Paylaşım Sitelerini Kullanma Amaçları Ve Eğitimde Kullanımıyla İlgili Görüşleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya

Öztürk, M., & Akgün, Ö. E. (2012). Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Paylaşım Sitelerini Kullanma Amaçları Ve Bu Sitelerin Eğitimlerinde Kullanılmasıyla İlgili Görüşleri. Sakarya University Journal Of Education, 2(3), 49-67.

Paul, R., Elder, L., (2006) Critical Thinking Competency Standards

Tiryakioğlu, F. & Erzurum, F., (2011). Bir Eğitim Aracı Olarak Ağların Kullanımı. 2nd International Conference On New Trends İn Education And Their Implications. 27-29 April, 2011 Antalya-Turkey.

Tonbuloğlu, İ., & İşman, A. (2014). Öğretmenlerin Sosyal Ağları Kullanım Profillerinin İncelenmesi (Exploring Teachers' Social Network Usage)..... Doi Number: 10.14686/Buefad. 201416220. Bartın Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (Uluslararası Hakemli Dergi-Internatıonal Refereed Journal), 3(1), 320-338.

Tortop, H. S., & Eker, C. (2014). Öğretmen Adaylarının Mükemmeliyetçilikleri İle Eleştirel Düşünme Eğilimleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (31), 144-157.

NESNELERİN İNTERNETİNDEN ORTAM ZEKÂSINA YOLCULUK

Öğretim Görevlisi. Çilem Koçak
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Yalvaç Teknik Bilimler Myo, Bilgisayar Programcılığı
cilemkocak@isparta.edu.tr

Öğretim Görevlisi Mehmet Bilen
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Çavdır Myo, Bilgisayar Programcılığı
mbilen@mehmetakif.edu.tr

Dr. Öğretim Üyesi Utku Köse
Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği
utkukose@sdu.edu.tr

Özet

İnternet ve internet teknolojilerinin iletişim, eğitim-öğretim çalışmaları, iş yaşantısı, bilimsel çalışmalar, sağlık sektörü, bankacılık, hayvancılık ve benzeri alanlarda gün geçtikçe etkin kullanıldığı nesnelerin interneti (IoT) ile ortam zekâsı ortaya çıkmıştır. Ortam zekâsı (Ambient Intelligence, AmI) geliştirilen teknolojik cihazlarla etkileşimi en aza indirerek insanların ihtiyaçlarına tepki verebilecek bilgi işlem tesisleri oraya çıkarmaktadır. AmI insanların ihtiyaçlarını karşılamak için özelleştirilerek kullanıcılara büyük faydalar sunar, insanların ortamları daha duyarlı hale getirmek için onlara daha fazla kontrol sağlamaktadır. Ortam zekâsı ile de yapılan teknolojik cihazlar kendi kendilerine karar mekanizmalarına sahip olmaktadır. İnternetin ve internet teknolojilerinin nesnelerin internetinde kullanılmasıyla gelişerek ortam zekâsına çıktığı yolculuk gün geçtikçe farklı yenilikler getireceği kaçınılmazdır.

Anahtar Kelimeler: Ortam Zekâsı, AmI, Nesnelerin İnterneti, IoT, İnternet Teknolojileri

MOVİNG INTERNET OF THİNGS TO AMBİENT İNTELLİGENCE

Abstract

Internet intelligence and Internet technologies, communication, education, scientific studies, health sector, banking, animal husbandry and similar areas of the Internet (IoT) is used effectively in the fields of ambient intelligence emerged. Ambient Intelligence (AmI) minimizes the interaction with the technological devices that are being developed and raises information processing facilities that can respond to the needs of people. AmI offers great benefits to users by customizing them to meet people's needs, giving people more control to make their environments more responsive. Technological devices made with ambient intelligence have their own decision-making mechanisms. It is inevitable that the internet and internet technologies will be developed by using the objects in the internet and will bring different innovations to the environment.

Keywords: Ambient intelligence, AmI, Internet of Things, IoT, Internet Technology

1. GİRİŞ

Günümüzde bilgisayar teknolojileri ve internet kullanımı hızla yaygınlaşmakta ve bu teknolojiler hayatımızın her noktasında yer edinmektedir. İnternet ve internet teknolojilerinin iletişim, eğitim-öğretim çalışmaları, iş yaşantısı, bilimsel çalışmalar, sağlık sektörü, bankacılık, hayvancılık ve benzeri alanlarda gün geçtikçe etkin kullanıldığı görülmektedir. İnternetin eğitim, iş yaşantısı, bilim, iletişim, hükümetler, bankacılık, sağlık ve bunun benzeri olabilecek onlarca kullanım alanını nasıl etkilediğini, işleyişlerini nasıl değiştirdiğini ve yeni baştan yapılandırıldığını biliyoruz (Kutup, N.2011). Bu doğrultuda teknolojinin hayatımıza etkisi de gün geçtikçe artacağı ortadadır. Günlük hayattaki internet kullanımımızın çevremizde ki araç gereçlere entegresi ile nesnelerin interneti (Internet of Things;

IoT) kavramı ortaya çıkmıştır. Nesnelerin interneti her yerde, her serviste, herkes için, her cihazda, her içerik için, her ağda internet kullanımı olarak görülmektedir (Kutup, N., 2011). Nesnelerin interneti ile üretilen sistemler ise insanların bir bilgisayar uzmanı olması gerekmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Ortam zekası kavramı ise (Ambient Intelligence ;AmI) edilen bilgi ile işlem yapma fikri ile doğmuştur. Amaç insanların ihtiyaçlarına tepki verebilecek ve sağlayabilecek bilgi işlem tesisleri oraya çıkarmaktır. AmI'nin genel amacı, her yerde bulunan bilgi işlem cihazlarının kullanımı ile dijital bilgi teknolojisi ve insan arasındaki etkileşimi artırmaktır (Shadbolt, N., 2008).

Amı teknolojileri mobilya, giyilebilir giysiler, beyaz eşya, oyuncaklar gibi gündelik nesnelere mikroişlemciler ile desteklenerek yapay zeka algoritmaları ile daha kullanışlı hale getirmeyi amaçlamaktadır. Ami de nesneler düzenli iletişim kurması temel prensip olarak görülmektedir. İnsanlar ortamdaki nesnelerle etkileşim halinde bulunur. Bu etkileşim farklı sensörler kullanılarak kablosuz ağlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Dolayısıyla ortam kişileştirilerek çevreyi doğal yapısından koparmadan zeki hale getirilmektedir (G. Riva, F. Vatalaro, F. Davide, M. Alcañiz, 2005). AmI'nin amacı, insanlarla dijital arasındaki etkileşimi genişletmektir. Her yerde bulunan bilgisayar cihazlarının kullanımı yoluyla bilgi teknolojilerini etkili kullanmayı sağlamaktır.

2. NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin internetinin kullanımı ile teknolojisinin gelişimi; yaşam standartlarını yükseltmesi, hayatı kolaylaştırması, verimliliği artırması ve ekonomilere katkısı sayesinde toplumsal yapıyı değiştirmeye başlamıştır. Kevin Ashton tarafından ilk kez 1999 yılında ifade edilen nesnelerin interneti, "Fiziksel nesnelerin birbirleriyle bağlantılı olduğu bir iletişim ağıdır." olarak tanımlanmaktadır (Greengard, 2017). Nesnelerin internetinin geçmişine bakacak olarsak, Web 1.0 ilk internet teknolojileri olarak bilinmektedir, Web 2.0, Sosyal medyanın varlığı ve kullanıcı tarafından geliştirilen içeriklerin çokluğu olarak görülmekte ve Web 3.0, Semantik web yani yapay zekalı web olarak karşımıza çıkmaktadır. Son olarak da günümüz teknolojilerinin içinde yer aldığı Web 4.0; internetin hayatımızın her noktasında kullanımı olarak görülmektedir. Web 4.0' ait ve diğerlerinden en önemli ayrımı, Nesnelerin İnterneti olarak karşımıza çıkması ve gerçek zamanlı işlemlerin fiziksel dünyaya doğru geçiş göstermesidir.

Nesnelerin interneti günlük hayatta kullanılan bilgisayarlar ve akıllı telefonlarla yönetilmesi planlanan her türlü nesnenin çeşitli sensörlerle, işlemciler ve iletişim araçlarıyla donatılması ve internet ile bağlantılı olacak çalışmalar olarak bilinmektedir (Usta & Doğantekin, 2017). Bu tür çalışmalarda toplanan verinin anlık olmasına ve kesintisiz bir bağlantı olmasını önemlidir. Gerek internetin gerek bilgisayar ve mobil teknolojilerin hızlı bir şekilde ucuzlamasıyla ve yaygınlaşması birlikte elektrikli aletlerden, arabalardan kitaplara, yiyeceklere, akıllı binalardan ayakkabılara, buzdolaplarından su ısıtıcılarına kadar akla gelen her türlü nesne geliştirilen teknolojiler aracılığıyla birbirleri arasında iletişime geçerek kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. (Lee ve ark., 2015).

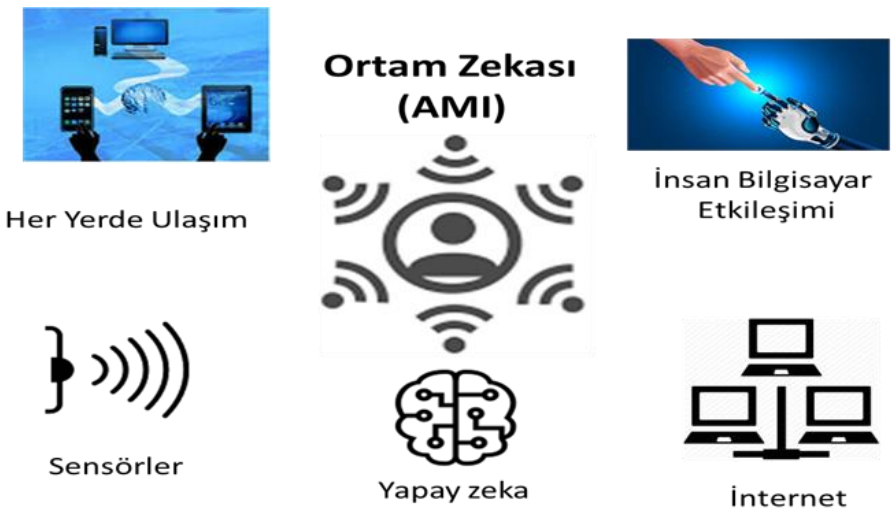
IoT yaklaşımı ile cihazın elde ettiği veriyi internete iletmesi ve ya internetten elde ettiği veri cihazda bir etki meydana getirirken kendi aralarında da internet bağlantısı kurabilirler ve verileri yine başka bir sunucuya iletebilirler. Sensörler; doğal çevreyi ve sıcaklık, konum, ağırlık, ışık şiddeti, nem, ph değeri, ses şiddeti gibi bütün ölçülebilir ama işlenmemiş veriler yer almaktadır. Algılayıcılar internete bağlanabildiklerinden belirlenmiş zaman aralıklarında fiziksel ortam verilerini gönderebilmektedir. Sensörlerden gelen veriler analog veya sayısal sinyallere dönüştürülerek iletilmektedir. Gerek insan ile makine gerekse makine ile makine iletişimi için gerekli olan kablosuz ve kablolu (RFID, Zigbee, NFC, Kızılötesi, Bluetooth, M-Bus, GPRS ve GSM, Bacnet, LPWAN, vs.) iletişim protokol ve altyapısının oluşturularak elde edilen bu veriler işlenmek üzere veri işleme merkezine iletilmektedir (Gökrem ve Bozuklu, 2016:48). Gönderilen verilerde bir anormallik oluşursa sistem konu ile ilişkili vana, kapak gibi mekanik sistemleri açma kapama gibi kontrol müdahalelerinde bulunabilir. Bu tür çalışmalar otonom sistemlerin oluşmasında etkili olmuştur. Bu aşamadan sonra beklenen ve günümüzde gerçekleştiği görülen en büyük adım birbirlerine bağlı bilgisayarların, birbirlerine bağlı nesneler ile bilgi alışverişi yaparak ortamı zeki hale getirmesi oluşturulan sistemlerin kendi kendilerine karar verme mekanizmasına sahip olmasıdır. Buda ortam zekâsı ile ortaya çıkarak bilim ve teknolojik gelişmelerin bir adım daha ilerlediğini görülmektedir.

3. ORTAM ZEKASI (AMBİENT INTELLİGENCE ; AMI) NEDİR?

Günümüz bilgisayar sistemleri bilgisayar uzmanı olmadan sistemin çalışmasını hedefleyen yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgisayarın gücünden en iyi şekilde yararlanmak için uzman yazılımlar oluşturulmalı bu yazımlımlar yapay zekâ algoritmaları ile zenginleştirilmeli ve kullanıcının sesli etkileşim yapabileceği, basit ara yüzlerle kullanıcı kolaylığı sağlayacağı yapılar oluşturulması gerekmektedir. Ortam zekâsı (Ambient Intelligence; AmI) insanların ihtiyaçlarına tepki verebilecek ve sağlayabilecek bilgi işlem yapılarını oluşturmayı hedeflemektedir (Sanders, D.A., Gegov, A., Haddad, M., Ikwan, F., Wiltshire, D. Tan, Y.C., 2018). Ortam zekâsı, öğrenme algoritmaları ve örüntü eşleştiricileri, konuşmaları tanıma ve dil çevirmenleri, jest sınıflandırması ve durum değerlendirmesi yapılabilmektedir. Ortam zekâsı için kullanılan nesnelerin ortamlardaki sosyal etkileşimleri esastır.
Ortam zekâsı üç temel yapıya dayanmaktadır. Bunlar;

- Heryerde Bilgisayar (Ubiquitous Computing),
- Heryerde İletişim (Ubiquitous Communication),
- Akıllı Kullanıcı Arayüzleri (Intelligent User Interfaces) (J. Nehmer, M. Becker, A. Karshmer, R. Lamm 2006).

Raffler (2006)'e göre ortam zekâsı; sensörler, yapay zeka, internet, insan bilgisayar etkileşimi ve yer yerden ulaşım kavramlarının birleşimi ile oluşmaktadır. Şekil 1.'de görüldüğü gibi ortam zekâsını oluşturan unsurla birbirleri ile etkileşimli olarak bir düzen oluşturmaktadır.



Şekil 1. Ortam Zekası Bileşenleri

Ortam zekası (AmI) gelişmekte olan bir disiplindir ve her gün çevremize zeka katar ve bu ortamları bize duyarlı hale getirir. Ortam İstihbaratı, gizli bir zeki ağdır varlığımızı tanıyan ve kalıp oluşturan arayüzler ile acil ihtiyaçlarımız için yeni ve heyecan verici bir paradigmaya işaret etmektedir. İnsanların olduğu bilgi teknolojisi dijital bir ortamla güçlendirilmiş olan varlıklarının ve bağlamlarının farkında duyarlı, adaptif ve ihtiyaçlarına cevap veren, alışkanlıklar, jestler ve duygulara cevap verebilmektedir. AmI'daki anahtar faktörlerden biri etkileşim varlığıdır. Her hangi bir tv kanalını beğenmediğimiz takdirde yüzümüzün ifadesi ile otomatik kanal değişikliği yapan tv'ler bizlere pek de uzak sayılmaz. Gerçek dünyadan gelen duyusal verilere güvenir yazılım algoritması çevreyi algılar ve bu bilgiyi işleyerek çevrenin durumunu kullanıcının veya ortamın durumunu göre değiştirir (Nehmer, J., Karshmer, A., Becker, M., Lamm, R., 2006).

Örneğin vücudun üzerindeki sensörler (kalp monitörleri) meydana geldiğinde bir kriz tespit edebilen sensörler bulunmaktadır, ayrıca sistem algılama teknolojisini kullanarak sağlık verilerinde ki düşüşleri ve yükselişleri tespit ederek gerekli uyarıyı kişiye iletebilir. Farklı bir örnek çalışmada ise hırsızları önlemek için yapılmıştır. Büyük miktarda hırsızlık anı görüntüleri yapay zekâ algoritmaları ile işlenerek hırsızların hırsızlık yaparkenki fiziksel özelliklerindeki değişiklikler incelenmiştir. Bu özellikler belirlenerek bir mağazaya, markete vb. yerlerde güvenlik kameraları ile anlık görüntüler

incelenerek ortamda bulunan kişinin hırsız olabilme ihtimalini ilgili kişilere uyarıda bulunarak hırsızlığı önlemek amaçlanmıştır. Bir çok alanda benzeri örneklerle karşımıza çıkan ortam zekası havaalanları, oteller, konferans merkezleri, otomobiller ve karayollarında tam zamanlı hizmet gişeleri oluşturmak, trafik sıkışıklığını düzenlemek gibi örnek çalışmalar da kullanılmaktadır.

Ortam zekâsı oluşumunda yapay zekâ teknolojilerinden ve sensörlerden yararlanıldığı bilinmektedir. Yapay zekâ teknolojileri olarak yapay sinir ağları, bulanık, genetik algoritma, makine öğrenme sistemleri, uzman kullanın sistemler, vaka tabanlı akıl yürütme ve tümdengelim akıl yürütme sitemlerinin kullanılarak oluşturulduğu sistemlerdir. Bunun yanında ortam zekâsı teknolojilerinde ışık sensörü, ısı sensörü, nem sensörü, mekanik sensörler, kimyasal sensörler, akım ve voltaj ölçüm sensörleri, manyetik sensörler, basınç sensörü, hız sensörü, dokunma sensörü, ivme sensörü, yükseklik sensörü, optik sensörler, görüntü sensörü, konum sensörü, mesafe algılama sensörü, ses seviye sensörleri, toz sensörü gibi sensörler kullanılarak geliştirilmektedir (Kanagarajan, S. Ramakrishnan, S. 2017). Ortam zekası ile kullanılan bazı uygulama alanları;

- Akıllı evler
- Akıllı hastane
- Akıllı sağlık cihazları
- Ortam zekâsı destekli öğrenme ortamları
- Endüstriyel şirketler
- Nanoteknoloji
- Biyometrik
- Sanal okul
- Kamu Gözetimi

olarak görülmektedir (Augusto, J.C., McCullagh, P., 2007).

Ortam zekası olarak daha once yapılan bir çalışmada, ardunio ile bulanık mantık kullanılarak arı kovanlarının uzaktan takip ve kontrolü için bir sistem tasarlanmıştır. Yapılan tasarımda, kovan içindeki sıcaklık ve nemin takip ile kontrolü sağlanmaktadır. Çalışmadaki amaç, hava sıcaklık ve nemin arılar üzerindeki olumsuz etkisini azaltarak dolayısıyla bal verimini artırmaktır. Tasarlanan arı kovanı ile kovan iç ve dış sıcaklığı anlık ölçülerek arılar için yaz ve kış mevsimleri için en uygun yaşama ortamı sağlanmıştır. Arıkovanı tasarımında, ardunio mega, sıcaklık, nem ve yağmur sensörü, peltier, güneş paneli, jel akü, fan kullanılmış, takip ve kontrol için web sitesi geliştirilmiştir. Web sitesi ile arı kovanın uzaktan kontrolü yapılmaktadır. Arı kovanının uzaktan ısıtma ve soğutma işlemi, nem kontrolü web sitesi üzerinden yapılabilmektedir. Bulanık mantık yöntemindeki çıkarım işlemi için altmış dört adet bulanık kural oluşturulmuştur. Söz konusu bulanık kurallar ve üyelik fonksiyon parametreleri web sayfası üzerinden değiştirilebilmektedir. Böylece geliştirilen arı kovanı uyarlanabilir (adaptif) bir yapıya sahip olmuştur. Bulanık mantık kuralları ve fonksiyonlarının değiştirebilir olması, arı kovanının farklı iklim şartlarına sahip bölgelerde kullanılabilmesini sağlamaktadır. Sistem kendi kendini kontrol edebilmesi arılar için en uygun sıcaklık ve nem dengesini sağlayan bir arı kovanı yapılmıştır (Koçak, Ç.,2018). Bu çalışma günümüz ortam zekası kullanılan sistemlere örnek olarak gösterilebilinir. Ortam zekasının her alanda işlevsel olması kullanım alanlarınının artırmasını sağlayacaktır.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çevremizde ki nesneler, çeşitli sensörler ve elektronik devreler ile donatılarak ve yapay zeka algoritmaları ile programlanarak insana özgü olarak tabir edilebilecek “konuşma”, “düşünme” ve “hissetme” gibi özellikleri elde etmeye başlarlar. Böylece, bu nesneler bizlerle anlık iletişime geçebilir ve durum bilgilerini güncelleyebilecek yetkiye sahip olurlar. Kablosuz ağ teknolojileri ve internet teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte bu nesneler, kişiler ve ya kurumlarla iletişim kurabilmektedirler. Kullanıcılarda nesne olarak tabir edilen bu akıllı cihazları her zaman ve her yerden gözlemleyerek kontrol etme şansına sahiptirler. Böylece ortamın zeki hale gelmesi ile daha duyarlı ve kullanışlı akıllı cihazlar geliştirilmektedir.

Günümüzde kullanılan bilgisayarlar ve internet teknolojileri bilgi üretmek için insan-bilgisayar etkileşimine ihtiyaç duymaktadır. İnternette var olan boyutlarını tahmin bile edemeyeceğimiz bütün

bilgiler içinde yaşadığımız bilgi toplumu kişiler tarafından yaratılmıştır. Geleneksel bilgi üretimi sürecini insanların yer almasında insanların vakitlerinin az olması, dikkatsiz olmaları, bilgi işleme sürecinin uzun olması ve zihin yorucu çalışmalar olması, bilginin doğruluk derecesinin belirsizliği olumsuzluklar yaratmaktadır. Bütün bunları dikkate alarak internette var olan bilginin doğruluğunu ve kesinliği tartışılmaktadır. Zeki ortamların yaratılması ile akıllı nesnelerle kendi kendilerine bilgi üreten sistemlere güvenilirliğin artacağı kaçınılmazdır. Ortam zekâsı kullanılarak oluşturulan sistemlerde veri kayıplar azalacak, veri doğruluğu sağlanacak, gereksiz bilgiler önlenecek ve bunun peşi sıra maliyetler düşecektir. Oluşturulan sistemlerin kendi bilgilerini toplayabilecek ve üretilebilecek olması nesnelerin internetinden sonra insanlara büyük kolaylıklar sağlayan ortam zekâsını ortaya çıkarmıştır. Sistemlerin kendi bilgilerini üretebilecek ve toplayabilecek olması sistemi kullanıcıların kontrol etme rolü gücünü artıracaktır. Her bir nesne ile bağlantı kurulabileceği gerçeği, yenidünya düzeninin vazgeçemeyeceği çalışmalarla sağlam, güçlü, kuvvetli ve gelecek vaat eden temeller içermektedir.

Akıllı insan bilgisayar etkileşimi daha doğal olmayı desteklediğini vaat etmektedir. Kullanıcıların potansiyel olarak karmaşık görevleri daha hızlı gerçekleştirebilmelerini sağlamak için daha fazla doğruluk ve kullanıcı memnuniyetini artırılması gerekmektedir. Akıllı arayüzler kullanıcılar artan sistem karmaşıklığı ve aşırı bilgi yükü ile karşı karşıya kaldıkça, giderek daha önemli hale gelmektedir. AMI çalışmaları, yüksek düzeyde bir kullanıcı dostu, düşük maliyetli çözümler geliştirmeye odaklanmalıdır.

Örneğin akıllı hale getirilen bir baraj sisteminde suyun hangi seviyede ne kadar süreyle açık kalacağı baraja gelen suyun debisi ile ölçülerek, yağmur süresinin ve bulunan mevsimsel faktörleri de dikkate alarak IoT temelli olarak yapay zekâ teknolojileri ile kontrolü sağlanabilmektedir. Bu sayede sistem olası bir taşkını önleyebilecek, mevsimsel su ihtiyaçlarını planlı bir şekilde yönetebilecektir. Akıllı baraj sisteminin uzaktan kontrol sistemi ile de anlık çözümler üretilerek mekânsal problemlerin önüne geçilmiş olunacaktır.

KAYNAKÇA

Alcañiz, M., Rey, B., 2005. Ambient Intelligence: The Evolution of Technology, Communication and Cognition Towards the Future of Human–Computer Interaction. IOS Press, Amsterdam, pp. 3–15.

Augusto, J.C., McCullagh, P., 2007."Ambient Intelligence: Concepts and Applications", Int'l J. Computer Science and Information Systems, vol. 4, no. 1, pp. 1-28.

Bilgin, O., Işık B., 2018. The Fourth Industrıal Revolutıon And Turkey: A Study In The Framework Of The Natıonal Innovatıon System, The Journal Of International Social Research Cilt: 11 Sayı: 60 Yıl: 2018 Volume: 11 Issue: 60

Koçak, Ç., 2018. Bulanık Mantık İle Arı Kovanlarının Uzaktan Takip ve Kontrol Sistemi, Yüksek Lisans Tezi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur, Türkiye.

G. Riva, F. Vatalaro, F. Davide, M. Alcañiz (Eds.) IOS Press, 2005. http : //www.ambientintelligence.org

Gökrem, Levent; Bozuklu, Mehmet, 2016. Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar Ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 13: 47-68.

Greengard, Samuel, 2017. Nesnelerin İnterneti (1 b.). (M. Çavdar, Çev.) İstanbul: Optimist Kitap

Kanagarajan, S. Ramakrishnan, S., Ubiquitous and ambient intelligence assisted learning environment infrastructures development - a review. Educ. Inf. Technol. (2017)

Kutup, N. 2011.Nesnelerin Interneti; 4H Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her nesne ile bağlantı. 16. Türkiye'de İnternet Konferansı inet-tr'11.

Lee, J., Ardakani, H. D., Yang, S., Bagheri, B. 2015. Industrial big data analytics and cyber-physical systems for future maintenance & service innovation. Procedia CIRP(38), 3-7.

Nehmer, M. Becker, A. Karshmer, R. Lamm, 2006."Living assistance systems: an ambient intelligence approach", Proc. 28th Int. Conf. on Software engineering, pp. 43-50.

Raffler, H., 2006. “Other perspectives on ambient intelligence”, www.research.philips.com/password/archive/23/pw23_ambintel_other.html

Sanders, D.A., Gegov, A., Haddad, M., Ikwan, F., Wiltshire, D. Tan, 2018. Y.C.: A rule-based expert system to decide on direction and speed of a powered wheelchair. In: IEEE Proceedings of the SAI Conference on Intelligent Systems (in press)

Shadbolt N., 2003, "Ambient Intelligence", IEEE Intelligent Systems, vol. 18, no. 4, pp. 2-3,

Usta, Ahmet ve Doğantekin, Serhat 2017. Blockchain 101. İstanbul: MediaCat

DP600 TİPİ ÇELİK SACLARIN SOĞUK METAL TRANSFERİ (CMT) KAYNAK YÖNTEMİYLE BİRLEŞTİRİLMESİ

İmalat Mühendisi Yasin ŞEN
Düzce Üniversite / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
efe.94.yasin@gmail.com

Doç. Dr. Ali GÜRSEL
Düzce Üniversite / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği Bölümü
aligursel@duzce.edu.tr

Özet

Son zamanlarda çelik üreticileri tarafından yüksek mukavemetli çeliklerin geliştirilmesi, bu malzemelerin mekanik özelliklerini muhafaza edebilecek yeni birleştirme teknolojilerine ihtiyacını doğurmuştur. Bu amaçla geliştirilen birleştirme yöntemlerinden biri de CMT (Cold Metal Transfer) kaynak yöntemidir. Otomotiv endüstrisinde her geçen gün kullanımı artan çift fazlı DP600 çeliklerinin kaynaklı birleştirmelerinde, direnç nokta kaynağı, Metal Inert Gaz (MIG) ve Metal Aktif Gaz (MAG) kaynak yöntemleri yerine, sağladığı önemli avantajlardan dolayı bu çalışmada CMT kaynak yöntemi kullanılmıştır. CMT kaynak yönteminin temel avantajları, kaynak esnasında daha düşük ısı girdisi ile muhafaza edilen mikro-yapı, çapaksız dikiş ve bölgesel ısı girdisinin sebep olduğu çarpılmaların minimize edilmesidir. Bu çalışmada 1 mm kalınlığındaki DP600 çelik saclar, CMT kaynak yöntemiyle SG2 kaynak ilave teli kullanılarak 70, 100, 150 ve 200 cm/dk kaynak hızlarında alın alına birleştirme yapılmış ve CMT kaynak yönteminin DP600 çeliği için kullanılabilirliği bu çalışmada test edilmiştir. Yapılan birleştirmeler sujetiyle standart çekme test boyutunda kesilmiş ve 100 kN'luk çekme cihazıyla 0.01 çekme hızında testleri yapılmıştır. Sonuç olarak 200, 150, 100 ve 70 cm/dk kaynak hızlarında sırasıyla 644, 633, 605 ve 590 MPa çekme mukavemet değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CMT, DP600 ve Kaynaklı Birleştirme

JOINING OF DP600 TYPE STEEL SHEETS BY COLD METAL TRANSFER (CMT) WELDING METHOD

Abstract

Nowadays the development of high strength steels by steel manufacturers, new joining technologies have been needed to maintain the mechanical properties of these materials. One of the joining methods developed for this purpose is CMT (Cold Metal Transfer) welding method. In welding of double-phase DP600 sheet steels, which are widely used increasingly in automotive industry, CMT welding method has been applied in this study, due to the providing of essential advantages instead of resistance point welding, Metal Inert Gas (MIG) and Metal Active Gas (MAG) welding methods. The main advantages CMT welding method are protecting the microstructure maintained by the lower heat input, the burr-free seams and minimizing the distortion caused by regional heat input. In this study, DP600 steel sheets with 1 mm thickness were welded with 70 cm, 100 cm, 150 cm and 200 cm / min welding speed using SG2 welding wire with CMT welding method. The assemblies were cut with waterjet to standard tensile test size and tested with a 100 kN tensile device at 0.01 drawing speed. As a result, tensile strength values of 644, 633, 605 and 590 MPa were obtained at welding speeds of 200, 150, 100 and 70 cm/min, respectively.

Keywords: CMT, DP600 and Welded Jointing

1. GİRİŞ

Otomotiv üreticileri yeni tasarladıkları araçlarda kaza anında oluşması muhtemel risklerin, araç gövde ağırlığının ve yakıt sarfiyatının nasıl azaltılacağı konularını dikkate almaktadırlar. Bu önemli

konuların çözümü noktasında çelik üreticileri yüksek mukavemetli sac (HSS) metal malzemeleri geliştirmişlerdir (Şen, 2018).

Bu malzemeler için önemli bir noktada kaynaklı birleştirme işlemidir. Araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda Fronius tarafından CMT (Soğuk Metal Transfer) kaynağı geliştirilmiştir (Schierl, 2005). Geliştirilen kaynak yöntemi kaynak esnasında malzemelerin mekanik özelliklerini muhafaza etmek için CMT kaynak yönteminin sağladığı avantajlar, kaynak esnasındaki ısı girdisinin diğer gazaltı kaynak yöntemlere nazaran %30 oranında düşük olması çarpılma ve distorsyon problemleri gibi olumsuzlukları gidermektedir (Ünel ve Taban 2017).

Otomotiv endüstrisinde kullanılan DP600 çeliklerin CMT yöntem ile CuSn1 ilave metaliyle birleştirilmesi üzerine yapılan çalışmada 40 A, 45 A, 50 A, 55 A, 60 A, 65 A ve 70 A akım şiddetlerinde birleştirmeler yapmıştır. Çalışma sonucunda, 40A'de çekme mukavemeti 124 MPa, 70 A'de 598 MPa çekme mukavemeti elde etmişlerdir. 40, 45 ve 50 A akım şiddetlerinde numuneler kaynaktan koptuğu, 55, 60, 65 ve 70 A akım şiddetlerinde numuneler ITAB'dan (Isı Tesiri Altındaki Bölge) koptuğunu bildirmişlerdir. Fakat 70 A üzerindeki akım değerlerinde birleşme sağlanamadığını belirtmişlerdir (Özsaraç, ve ark, 2017).

Galvanizli DP800 sac malzemesine uygulanan farklı akım yoğunluklarında CMT-Lehim li birleştirme üzerine yapılan çalışmada 40 A değerinde yetersiz kaynak nüfuziyeti meydana geldiğini belirtmiştir. 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 ve 80 kaynak akımlarında en yüksek çekme dayanımını 60 A'da elde ettiğini belirtmişlerdir (Acar ve ark, 2017).

Bu çalışmada çift fazlı DP600 sac malzemesi CMT kaynak yöntemiyle SG2 kaynak ilave teli kullanılarak 70, 100, 150 ve 200 cm/dk kaynak hızlarında alın alına birleştirme yapılmış çekme mukavemetine olan etkileri çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, 1mm kalınlığındaki yüksek mukavemetli çift faz DP600 sac çeliği kullanılmıştır. Malzemenin kimyasal bileşim özellikleri Tablo 1'de ve birleştirmede kullanılan kaynak ilave metalin kimyasal bileşim özellikleri Tablo 2'te verilmiştir.

Tablo 1. DP600 Çeliğinin Kimyasal Bileşim Özellikleri

C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti
0,097	0,225	0,823	0,0123	0,0120	0,053	0,014	0,007

Tablo 2. SG2 Kaynak Telinin Kimyasal Özellikleri

C	Si	Mn
0,08	0,85	1,45

Çift fazlı DP600 çeliğin mekanik özellikleri Tablo 3'te ve birleştirmede kullanılan kaynak ilave metalin mekanik özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

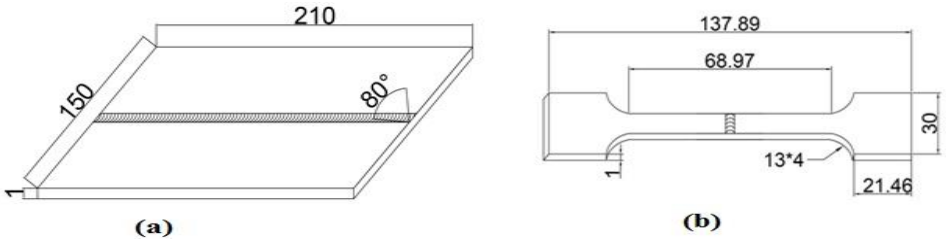
Tablo 3. DP600 Çeliğin Mekanik Özellikleri

Akma dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)
450	611	16

Tablo 4. SG2 kaynak Çeliğin Mekanik Özellikleri

Akma dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Uzama (%)
430	550	26

Kaynaklı birleştirme yapılmadan önce DP600 sac malzemesi ısı girdisi olmadan 75×210 mm boyutlarında sujeti ile kesilmiştir. Suyun etkisiyle oluşan kirler aseton yardımıyla temizlenmiştir. Kaynaklı birleştirmesi yapılan DP600 sac malzemelerin şematik gösterimi Tablo 1'te verilmiştir.



Şekil 1. (a) Kaynaklı malzemenin şematik gösterimi ve (b) çekme numunesinin geometrisi ve boyutları (mm)

Kaynaklı birleştirme işlemi, maksimum 500 amper kaynak akımı kapasitesine sahip TPS (Trans Pulse Synergic) 500i kaynak makinesiyle birleştirme yapılmıştır. Kaynak işlemi düzgün bir şekilde yapılabilmesi için bakır altlık ve malzemeyi sabitleme aparatları kullanılmıştır. Hassas kaynaklı birleştirme yapabilmek için kaynak robotu kullanılmıştır. Kaynak robotu ve sabitleme aparatı şekil 2'de verildiği gibidir.



Şekil 2. (a) CMT kaynak robotu ve (b) sabitleme aparatı

CMT ile birleştirilen çift fazlı DP600 çeliğinin statik yük altında elastik ve plastik davranışlarını incelemek amacı ile 100 kN luk UTEST marka çekme deney cihazı ile çekme deneyleri yapılmıştır. Numuneler ISO 6892-1 standardına göre hazırlanmıştır.

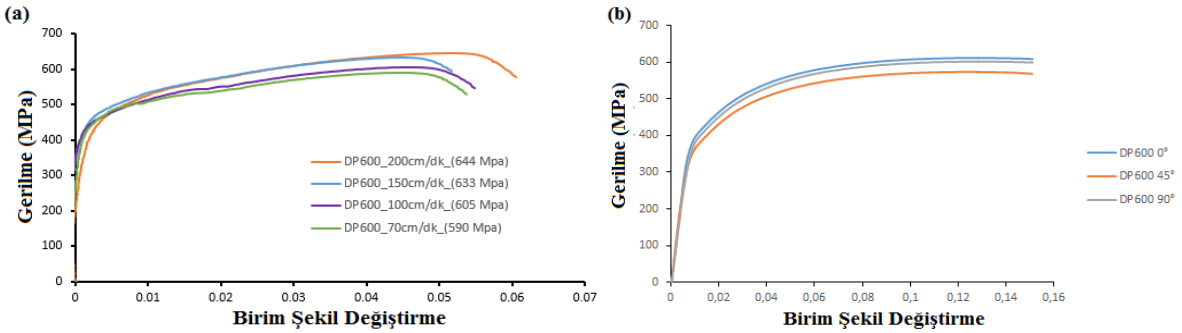
3. SONUÇ

Tablo 5'te yüksek mukavemetli DP600 sac malzeme için SG2 kaynak ilave çeliği kullanılarak alın birleştirmelerin CMT kaynak yöntemiyle farklı parametrelerde uygulanan kaynaklı malzemenin kaynak değerleri ve çekme dayanımları verilmiştir.

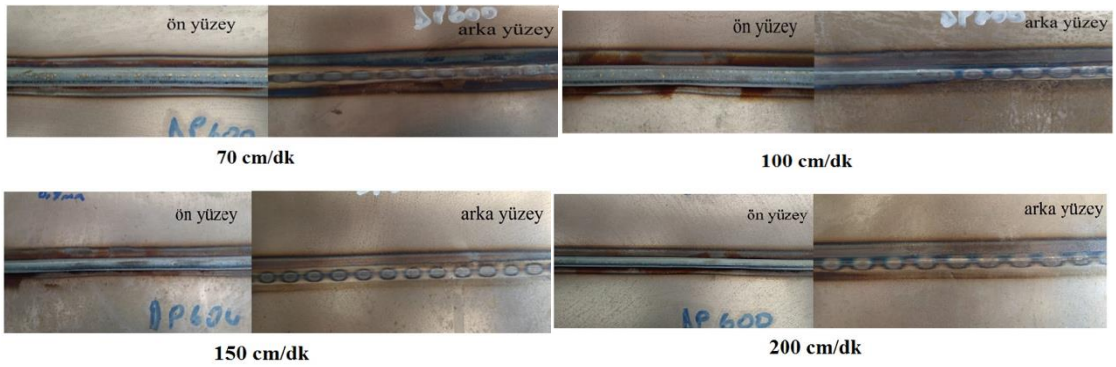
Tablo 5. DP600 çelik malzemesinde kullanılan parametreler ve çekme mukavemetleri

Örnek Numarası	Kaynak Akımı (A)	Kaynak Voltajı (V)	Kaynak İlerleme Hızı (cm/dk)	Kaynak Isı Girdisi (J/cm)	Max. Çekme Muk. (MPa)
1.	151	15,2	70	1.377,1	644
2.	153	14,7	100	944,622	633
3.	154	14,6	150	629,552	605
4.	152	14,4	200	459,648	590

Kaynaksız DP600 sac malzemesinin çekme dayanımı ve artan kaynak hızlarına göre çekme dayanım değerleri Şekil 3'te verilmiştir. 70 cm/dk kaynak hızında 590 MPa çekme dayanımı elde edilip, 200 cm/dk kaynak hızına gelindiğinde çekme dayanımı 644 MPa la ulaşmıştır. Çekme numuneleri öngörüldüğü üzere ITAB'dan (ısı tesiri altındaki bölge) kopmuştur. Kaynaklı sac malzemeler Şekil 4'te verilen makro görünüşlerine bakıldığında kaynak ilerleme hızının artması ve ısı girdisinin azalmasıyla ITAB daralma görülmektedir.



Şekil 3. (a) Kaynaksız DP600 sac malzemesinin çekme dayanımı ve (b) farklı kaynak hızlarındaki çekme dayanımları



Şekil 4. Kaynaklı malzemelerin makro görüntüleri

Bu çalışmada, DP600 sac kaynaklı malzemesi için uygulanan parametreler sonucunda istenilen dayanım korunmuştur. CMT kaynak yönteminin sağlamış olduğu avantajlar sayesinde düşük ısı girdisiyle mekanik özellikler muhafaza edilmiştir. CMT kaynak yöntemiyle SG2 kaynak telininin DP600 çeliği üzerinde uygulanabilirliği incelenmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, DP600 sac malzemeye uygulanan CMT kaynak işlemi ve seçilen parametrelerde mukavemet değerleri korunmuştur. CMT kaynak yönteminin sağlamış olduğu avantajlar sayesinde düşük ısı girdisiyle mekanik özellikler muhafaza edilmiştir.

Kaynak hızı ile mukavemet ilişkisi incelendiğinde 70 cm/dk kaynak hızında 590 MPa çekme dayanımı elde edilmiş, 200 cm/dk kaynak hızına gelindiğinde çekme dayanımı 644 MPa'ya ulaşmıştır.

CMT kaynak yöntemiyle SG2 kaynak telininin DP600 çeliği üzerinde uygulanabilirliği incelenmiş, DP600 çeliklere uygulanan diğer ilave metallerle karşılaştırıldığında daha yüksek kaynak hızı ile birlikte daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmiştir.

Özsaraç ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada CuSn 1 kaynak teli kullanmışlar ve 70 kaynak akım değeri üzerine çıkamamış, en yüksek çekme dayanımı 598 MPa olarak tespit edebilmişlerdir. Ancak bu çalışmada seçilen SG2 ilave tel ile yapılan CMT kaynağıyla DP600 sac malzemesine 151, 152, 153 ve 154 kaynak akımlarında birleştirme yapılabilmiş olup, en düşük ısı girdisinde 644 MPa mukavemet değerine ulaşılabilmiştir.

KAYNAKLAR

ACAR, I., SIKSIK, V., VAROL, F., and ASLANLAR, S. 2017. "Investigation of Mechanical Properties of Butt Joints of DP800 Thin Zinc-Coated Steel Plates, Cmt-Brazed Using Different Current Intensities." *Acta Physica Polonica A* 132 (3): 849–51.

https://doi.org/10.12693/APhysPolA.132.849.

ÖZSARAÇ, U., BARLAS, Z., ASLAN, H., EKICI, M., VAROL, F., ASLANLAR, S. n.d. “Otomotiv Endüstrisinde Kullanilan DP600 Çeliklerin CMT (Cold Metal Transfer) Yöntem Ile Cusn1 Ilave Metaliyle Birleştirilmesi

SCHIERL, A. 2005. “The CMT Process a Revolution in Welding Technology.” *Welding In The World-London-*.

ŞEN, Nuri. 2018. “DP600 Malzemenin Şekillendirilmesinde Değişken Baskı Plakası Kuvveti Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Araştırılması.” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 6: 1295–1304.

ÜNEL, Erdem, and TABAN, Emel. 2017. “Properties and Optimization of Dissimilar Aluminum Steel CMT Welds.” *Welding in the World*. https://doi.org/10.1007/s40194-016-0386-9.

MG(OH)$_2$ KATKILI POLİPROPİLEN (PP) KOMPOZİTİN FARKLI HIZLARDAKİ TRİBOLOJİK PERFORMANSLARI

Samet Vardar
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / İmalat Mühendisliği
samet.vardar1@ogr.sakarya.edu.tr

Prof.Dr. Hüseyin Ünal
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
unal@sakarya.edu.tr

Prof.Dr. Münir Taşdemir
Marmara Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
munir@marmara.edu.tr

Özet

Bu deneysel çalışmada katkısız polipropilen (PP) polimeri ile %4 oranında magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozit malzemenin tribolojik performansları araştırılmıştır. Tribolojik çalışmalar, pin-disk aşınma cihazında ve kuru kayma şartlarında gerçekleştirilmiştir. Tribolojik testlerdeki proses şartları aşağıdaki gibi seçilmiştir; Hızlar: 1.0, 2.0 ve 3.0 m/s ve sabit yük: 15N, Kayma yolu:2000m, karşı disk malzeme: AISI 316L paslanmaz çelik. Tribolojik testler sonucunda, saf PP polimeri ile magnezyum hidroksit katkılı PP kompozit malzemelerin kayma hızına bağlı olarak sürtünme katsayıları ve aşınma oranları tespit edilmiştir. Yapılan tribolojik çalışmalar neticesinde en yüksek aşınma oranı $5.19x10^{-14}$ mm^2/N değeri ile saf PP polimerinde elde edilirken bu değeri $2.54x10^{-14}$ mm^2/N değeri ile takip eden magnezyum hidroksit katkılı PP kompozit malzemesinde 15N yük ve 3.0m/s kayma hızında elde edilmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı 1.12 değeri ile saf PP polimerinde ve 0.92 değeri ile magnezyum hidroksit katkılı PP kompozitinde yine 15N yük ve 3.0m/s kayma hızında elde edilmiştir. Çalışma sonucunda PP polimerine ilave edilen magnezyum hidroksit katkısı kompozitin aşınma oranını yaklaşık %51 oranında azaltmıştır. Kayma hızının artması ile de hem saf PP hem de magnezyum hidroksit katkılı PP kompozit malzemenin spesifik aşınma oranları önemli derecede artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Triboloji, PP, magnezyum hidroksit, kompozit, aşınma.

TRIBOLOGICAL PERFORMANCES OF Mg(OH)$_2$ FILLED POLYPROPYLENE (PP) COMPOSITE AT DIFFERENT SLIDING SPEEDS

Abstract

In this experimental study, the tribological performance of polypropylene (PP) polymer and 4wt.% magnesium hydroxide filled polypropylene composite materials were investigated. Tribological studies were performed under a pin-on-disc wear test machine and dry sliding conditions. Process conditions in tribological tests are selected as follows; Speeds: 1.0, 2.0 and 3.0 m/s and constant load: 15N, sliding speed: 2000m, disc material: AISI316L stainless steel. As a result of the tribological tests, friction coefficients and wear rates of pure PP polymer and magnesium hydroxide filled PP composite materials were determined. As a result of the tribological studies, the highest wear rate was found to be $5.19x10^{-14}$ m^2/N for pure PP polymer and $2.54x10^{-14}$ m^2/N value for magnesium hydroxide filled PP composite material at 15N load and 3.0 m/s sliding speed. The highest coefficient of friction was obtained for pure PP polymer with a value of 1.12 and for a magnesium hydroxide filled PP composite with a value of 0.92 and at a load of 15N and a sliding speed of 3.0 m/s. As a result of the study, the addition of magnesium hydroxide to the PP polymer reduced the wear rate of the composite by approximately 51%. The specific wear rates of both pure PP and magnesium hydroxide filled PP composite material have increased significantly with the increase of the sliding speed.

Keywords: Tribology, PP, magnesium hydroxide, composite, wear.

1. GİRİŞ

Geleneksel malzemeler olan metal, seramik, cam gibi malzemelerin yerini sanayide hızla almaya başlayan plastik malzemelerin en önemli üstünlükleri hafiflik, proses kolaylığı, yalıtkanlık özelliği, kimyasallara direnç ile renklendirilebilir özellikte olmalarıdır. Yalnız bu avantajların yanında düşük mekanik özellikler, dış hava şartlarından etkilenme, düşük ısısal özellikler gibi dezavantajlara da sahiptir. Bu ifade edilen olumsuzlukları avantaj haline getirmek için polimer malzemelerin içerisine nano veya makro boyutlu birtakım organik ve inorganik katkılar ilave edilmektedir. Son zamanlarda endüstrinin birçok alanında katkılar katılarak oluşturulan polimer kompozitler oldukça fazla kullanılmaya başlanmıştır [1-2]. Literatürde polimer malzemelerin özelliklerini incelemek için çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır [3-4]. Ancak polimerler arasında polipropilen malzeme hafiflik, kimyasallara direnç, fiyat/performans oranı, kolay proses yapılabilirliği, ve geri kazanılabilir özelliklerinden dolayı otomotiv, beyaz eşya, elektrik/elektronik ve ambalaj sektöründe çok fazla kullanılmaktadır. [5-4]. Literatürde polipropilen polimeri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır. Feyzullahoğlu ve arkadaşları [6] Polipropilen polimerine ayrı ayrı kalsiyum karbonat (%10, %15, %20) ve susuz boraks (%0.5, %1, %2) ilave ederek pin-on disk aşınma cihazında 5N yük altında, 1.57m/s hızda, 4 saat süresince, 22,6 km kayma mesafesi boyunca tribolojik özellikleri incelemişlerdir. Saf PP malzemenin aşınma oranı $27{,}02.10^{-7}$ cm^3/m iken %0.5 boraks katkılı PP malzemenin aşınma oranı $27{,}50.10^{-7}$ cm^3/m, %1 boraks katkısındaki aşınma oranı $28{,}20.10^{-7}$ cm^3/m ve %2 boraks ilavesindeki aşınma oranı $30{,}33.10^{-7}$ cm^3/m olarak tespit edilmiş olup yüzde boraks oranı arttıkça aşınma oranının arttığı belirlenmiştir. Kalsiyum karbonat ilavesinin aşınma oranını düşürdüğü tespit edilmiştir. Saf PP malzemenin aşınma oranı $27{,}02.10^{-7}$ cm^3/m iken %10 kalsiyum karbonat ilavesi ile aşınma oranı $10{,}08.10^{-7}$ cm^3/m, %15 kalsiyum karbonat ilavesinde aşınma oranı $18{,}02.10^{-7}$ cm^3/m ve %20 kalsiyum karbonat ilavesi ile $24{,}06.10^{-7}$ cm^3/m olduğu belirlenmiş olup aşınma oranının saf PP'ye göre azaldığı görülmüştür. Kalsiyum karbonat ilavesi ile sürtünme katsayında azalma tespit edilmiş olup saf PP malzemenin sürtünme katsayısı 0.65 iken %10 kalsiyum ilavesinde sürtünme katsayısı 40, %20 kalsiyum karbonat ilavesinde sürtünme katsayısı 42 değerinde olduğu belirlenmiştir. Garcia ve arkadaşları [7] Polipropilen polimerine %2, %6, %10 oranlarında nanoclay (katmanlı silikat) ve %10, %30 oranında cam elyaf takviye ederek pürüzlülüğün sürtünme katsayısına etkisini incelemişlerdir. Tüm malzemelerde pürüzlülüğün artırılması ile sürtünme katsayısının arttığı tespit edilmiştir. Saf PP malzemenin sürtünme katsayısı başlangıçta 0.32 olup pürüzlülüğün %300 artırılmasıyla sürtünme katsayısının 0.42 seviyesine ulaşarak arttığı tespit edilmiştir. En düşük sürtünme katsayısı PP+%6Nanoclay kompozitinde 0.23 değerinde tespit edilmiş olup pürüzlülüğün %300 artırılmasıyla bu değer 0.34 seviyesinde olduğu belirlenmiştir. PP+%10Cam elyaf+%2Nanoclay ile PP+%10Cam elyaf hemen hemen aynı sürtünme katsayısı değerinde olduğu belirlenmiş ve bu değerler başlangıç olarak 0.25 ve pürüzlülüğün %300 artırılması ile bu değerin 0.37 seviyesine çıktığı tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada, Prabhu ve arkadaşları [8] Polipropilen hammaddesine %20 $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat) katarak mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Kalsiyum karbonat ilavesinden sonra rockwell sertlik değeri 55'ten 68'e çıkmış ve çekme dayanımı %6.06 oranında artmıştır. Aşınma testi pin-on disk aşınma cihazıyla 50N yükte, 1.5m/s hızda ve 1500m kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Aşınma oranı saf PP'de $1{,}44.10^{-15}$ mm^3/Nm olarak saptanmış olup %20 $CaCO_3$ ilavesi ile bu değer $1{,}20.10^{-15}$ mm^3/Nm seviyesine düşerek %17 azalma meydana gelmiş ve sürtünme katsayısı saf PP için 0,49 iken %20 $CaCO_3$ ilavesi ile 0.58 seviyesine ulaşarak %18 artış saptanmıştır. Zamana bağlı olarak PP+%20 $CaCO_3$ kompozit malzemesinin sürtünme katsayısında artış gözlemlenmiş olup başlangıç değeri 0.43 olarak belirlenmiş ve 18 dakika sonra 0.58 sürtünme katsayısı değerine ulaşmıştır. Ammar ve arkadaşları [9] Polipropilen içerisine %30 oranında talk mineralini karıştırarak mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Elastisite modülü saf PP malzemesi için 1321MPa iken talk ilavesi ile saf PP'ye göre yaklaşık iki kat arttığı tespit edilmiş ve 2736MPa değerine ulaşmış aynı zamanda Charpy darbe dayanımı düşmüş olup saf PP için bu değer $119kJ/m^2$ iken talk ilavesi ile bu değer $20kJ/m^2$ seviyesine azalmıştır. Aşınma testi pin-on disk test cihazında 50-100 dev/dak hızda, 5N yükte, 10dak boyunca çelik diske karşı uygulanmıştır. Aşınma

deneyi için saflık oranına göre 3 tür talk malzemesi oluşturulmuş olup bu malzemeler 98/2 talk/kalsit+dolamit, 80/20 talk/kalsit+dolamit ve 70/30talk/kalsit+dolamit olarak hazırlanmıştır. Aşınma oranı 10 dakika sonunda saf PP malzemede %15 olurken saflık oranı en düşük olan 98/2 talk/kalsit+dolamit malzemesinde %5 seviyesine düşmüştür. En yüksek aşınma oranı 70/30 talk/kalsit+dolamit malzemesinde 10 dakika sonunda %24 olarak belirlenmiştir. Aşınma davranışının iyi veya kötü olması ilave edilen talkın saflığı ile ilgili olduğu tespit edilmiştir. Bu katkılar arasında magnezyum hidroksit katkısı hem alev geciktirici özelliği, hem anti-bakteriyel ile zehirli olmayan özelliği hem de mekanik özellikleri geliştirmek için polipropilen polimerlerine katılmakta olup bununla ilgili literatürde bazı çalışmalar mevcuttur [10-11]. Pilarska ve arkadaşları [12] Polipropilenin içerisine ağırlığınca %10 ve %30 oranında magnezyum hidroksit ilave ederek alev geciktirici, mekanik ve antibakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. $Mg(OH)_2$ oranı arttıkça kopma uzamasında büyük oranda azalma gözlenmiş olup elastiste modülünün arttığı saptanmıştır. %30 $Mg(OH)_2$ ilaveli polipropilen kompozit malzeme saf polipropilene göre %28 oranında malzemenin yanma oranını düşürmüştür. Antibakteriyel olarak iyi bir etkiye sahip olan $Mg(OH)_2$ hem ağırlıkça %10 hem de ağırlıkça %30 içerikli numuneler neredeyse tamamen bakteri yokluğu sağladığı tespit edilmiştir. Wu ve arkadaşları [13] ahşap+polimer kompoziti olan kavak tozu+yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kompozitine %20-%60 oranları arasında ultra ince magnezyum hidroksit ve normal magnezyum hidroksit ilave ederek mekanik ve alev geciktirici özelliklerini incelemişlerdir. Ultra ince magnezyum hidroksit ilavesi %30 oranına kadar en yüksek çekme dayanımı ve % kopma uzama göstermiş olup sırasıyla 23.08MPa ve %7.6 değerleri saptanmıştır. %30'dan sonra bu değerler düşmektedir. Normal magnezyum hidroksit ise %20 ilaveden sonra çekme dayanımı ve % kopma uzama değerlerini düşürdüğü tespit edilmiş olup %30 ilavesinde ki değerleri sırasıyla 15.38MPa ve %4,35 olduğu görülmüştür. Ultra magnezyum hidroksit normale göre %30 ilave edildiğinde oksijen indeksi %20 daha fazla olduğu saptanmıştır. Literatür çalışmaları incelendiğinde polipropilen polimerine birçok katkı maddesi ilave edilerek mekanik ve tribolojik özelliklerinin incelendiği görülmüştür. Bununla birlikte magnezyum hidroksit katkılı polimer kompozit malzemelerin mekanik ve alev geciktirici özelliklerine literatürde çok az rastlanmıştır. Bu çalışmada literatürdeki eksikliğin giderilmesi için magnezyum hidroksit katkılı polipropilen polimer kompozitlerin farklı hızlardaki tribolojik özellikleri incelenmiştir. Bu deneysel çalışmada ise katkısız polipropilen (PP) ile ağırlıkça %4 oranında $Mg(OH)_2$ içeren PP kompozitin aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Pim-disk aşınma deneyleri, 1.0m/s, 2.0m/s ve 3.0m/s kayma hızlarında 15N yük altında ve 2000m kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler 21°C±2 oda sıcaklığında ve %50 nem şartlarında gerçekleştirilmiştir. Karşı disk malzeme olarak AISI 316L paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Katkısız PP polimeri ile %4 magnezyum hidroksit katkılı PP kompozitin sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranlarına etki eden farklı kayma hızlarının etkisi araştırılmıştır.

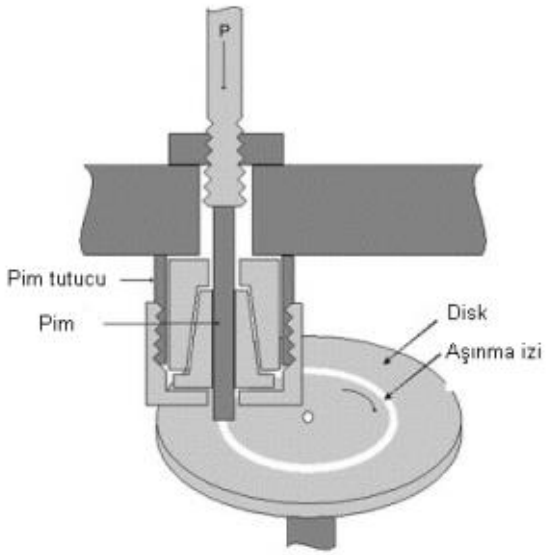
2. MATERYAL VE METOD

Deneylerde kullanılan Polipropilen malzemesi SABIC S579 kodu ile SABIC firmasından alınmıştır. Katkı malzemesi olarak magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan toz haldeki $Mg(OH)_2$ katkı, PP polimeri ve kaydırıcı ile birlikte mekanik karıştırıcıda 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Ayrıca kompozit malzemeler endüstriyel tip (Mikrosan) bir ekstruder makinasında 190-230ºC ısıtıcı sıcaklık aralığında, (L/D=30) granül formunda üretilmiştir. Granül formunda üretilen $Mg(OH)_2$ katkılı PP polimer kompozitler enjeksiyonla kalıplama ile 80 ton kapasiteli enjeksiyon makinasında (Yonca Makine marka), 175-230°C sıcaklık arasında ve 100 bar enjeksiyon basıncında pim formunda basılmıştır. Katkısız PP polimeri ile ($Mg(OH)_2$) katkılı polipropilen kompozitin kırık yüzeyleri altın ile kaplandıktan sonra mikroyapı incelemeleri taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Aşınma deneyleri, ASTM G99 standardında, pim-disk aşınma cihazında ve kuru ortam şartlarında yapılmıştır. Deneylerde pim olarak kullanılan %4 oranında ($Mg(OH)_2$) katkılı polipropilen kompozit malzemesi, enjeksiyon makinasında özel olarak hazırlanmış kalıp kullanılarak 50 mm uzunluğunda ve 6mm çapında olacak şekilde üretilmiştir. Enjeksiyonla kalıplama öncesi granül formundaki Polipropilen termoplastik polimeri ve kompozitleri Binder marka bir etüvde ortalama olarak 105ºC sıcaklıkta 1 saat bekletilerek kurutulmuşlardır. Uygulanan deneylerde, karşı disk malzeme olarak AISI 316L çeliği kullanılmıştır. Disk malzemeleri çapı 100mm ve kalınlığı 8mm olacak şekilde çelik sağlayıcı bir firmadan testere ile kesilerek elde edilmiş, daha sonra geleneksel

tornada 90 mm disk çapı ve 5 mm kalınlık olacak şekilde tornalanmıştır. Daha sonra yüzeyi taşlama cihazında ince zımpara kullanılarak taşlanmıştır. Taşlama sonrasında disklerin yüzey ölçümleri yüzey profilometresi kullanarak belirlenmiş ve yüzey pürüzlülüğü ortalama 0.48 µm Ra olarak ölçülmüştür. Aşınma deneylerinden önce pim ve disk yüzeyleri, 1200 numaralı zımpara ile zımparalanmıştır. Her bir aşınma deneyi öncesinde hem pim yüzeyleri hem de disk yüzeyleri asetonla temizlenip kurutulmuştur. Aşınma deneylerinin her biri en az üç kez yapılmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır.

2.1. Tablolar ve Şekiller

Şekil 1'de tribolojik testlerin gerçekleştirildiği pim-disk aşınma cihazının şematik resmi verilmiştir. Aynı zamanda deneylerde kullanılan malzemeler ve test şartları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Pim-disk aşınma cihazı şematik görünüşü

Tablo 1. Deneylerde kullanılan PP polimer ve kompozitlerinin tribolojik test şartları

Malzeme	**Kayma hızı, m/s**	**Yük, N**	**Kayma mesafesi, m**	**Ortam sıcaklığı, ºC**
Katkısız PP polimer	1.0 2.0 3.0	15	2000	21±2
PP+4%$Mg(OH)_2$ kompozit				

2.2. Denklemler

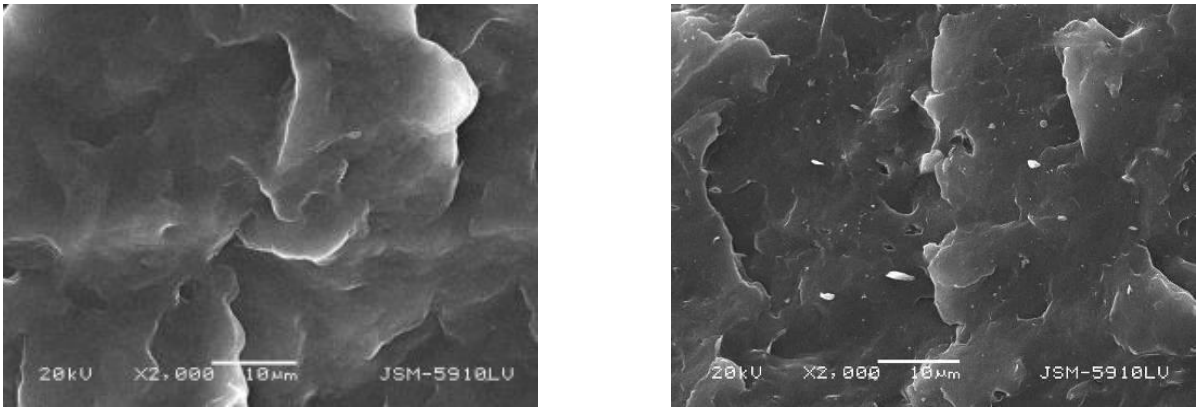
Her bir aşınma testinden önce ve sonra polipropilen polimer ve kompozit pim malzemelerinin ağırlıkları ölçülmüş yani m_1=deney öncesi pim ilk ağırlığı ve m_2: deney sonrası pim son ağırlığı ölçülerek pim malzemenin ağırlık kaybı (Δm)= (m_1-m_2) tespit edilmiştir. Aşağıda verilen formül kullanılarak, aşınma test numunelerinin spesifik aşınma oranları hesaplanmıştır.

$$\text{Spesifik aşınma oranı} = \Delta m / L \cdot \rho \cdot F \ (m^2 / N)$$

Burada; Δm: ağırlık kaybı (g), L: kayma mesafesi (m), ρ: malzemenin yoğunluğu (g/cm^3), F: uygulanan yük (N).

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Katkısız polipropilen polimeri ile ağırlıkça %4 oranında magnezyum hidroksit katkı içeren polipropilen polimer kompozitin kırık yüzey görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2a'da saf polipropilen polimerinin sünek bir davranış sergilediği ve plastik deformasyonun daha fazla olduğu görülürken ağırlıkça %4 oranında magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozitin (bakınız Şekil 2b) daha az sünek olduğu ve plastik deformasyonunda daha az olduğu söylenebilir.



a) b)

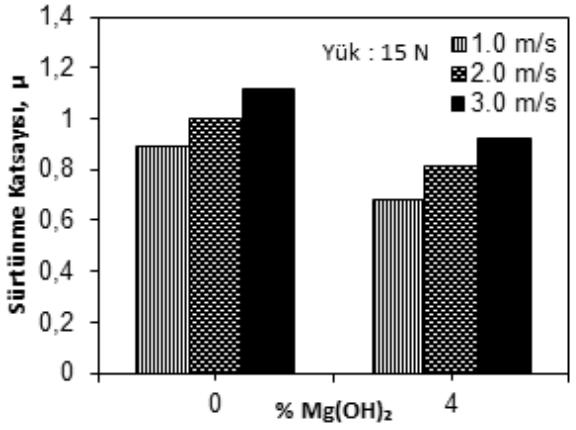
Şekil 2. Taramalı elektron mikroskobundan alınan kırık yüzey görüntüleri a) Katkısız polipropilen b) %4 Magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozit

Şekil 3'de yükün 15N olarak sabit tutulduğu deneyde saf PP polimeri ile %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin sürtünme katsayısı - % $Mg(OH)_2$ oranına uygulanan farklı kayma hızlarının ilişkisi verilmiştir. Saf PP polimerine %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkısının sürtünme katsayısını düşürdüğü saptanmıştır. %4 $Mg(OH)_2$ ilavesi ve 1.0m/s kayma hızında sürtünme katsayısının en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiş olup bu değer yaklaşık olarak 0.68'dir. Saf PP polimerine göre %24 daha düşük sürtünme katsayısı değerine sahiptir. Sürtünme katsayısının en yüksek olduğu değer 3.0m/s kayma hızında uygulanan deneyde saf PP polimer malzemesi ile onu takip eden %4 $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemede görülmüş olup sürtünme katsayıları değeri sırasıyla 1.12 ve 0.92'dir. 3.0m/s kayma hızında saf PP malzemeye göre %4 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemenin sürtünme katsayısı yaklaşık olarak %18 daha düşük olduğu saptanmıştır.

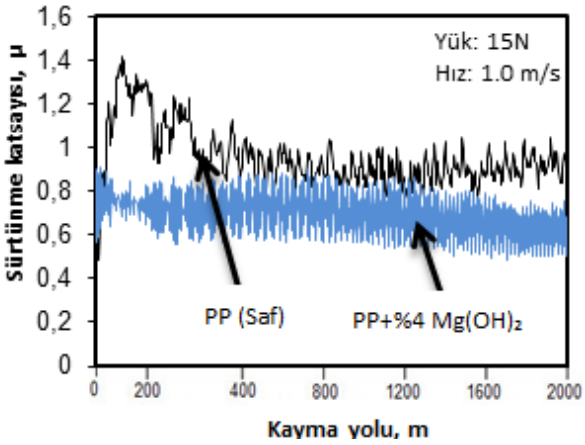
Şekil 4'de saf PP polimeri ile %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP polimer kompozitin 15N yükte ve 1.0m/s kayma hızında uygulanan deneylerin sonuçları sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi olarak gösterilmektedir. Saf PP polimer malzemesi yaklaşık olarak 800m yol aldıktan sonra kararlı hale gelirken %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemenin sürtünme katsayısı yaklaşık olarak 400m mesafe aldıktan sonra kayma yolunun artması ile kararlı olarak sürtünme katsayısı değerini düşürerek 2000m yolu tamamladığı görülmüştür. Katkısız PP malzeme ve %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP malzemenin sürtünme katsayıları sırasıyla 0.89, 0.68 olarak tespit edilmiştir.
Şekil 5'de sabit 15N yükte altında uygulanan deneylerde saf PP polimeri ile %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin 3.0m/s kayma hızındaki sürtünme katsayısı ilişkisi verilmiştir. Saf PP polimer malzeme ile %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemenin sürtünme katsayıları ilk 300m kayma mesafesi boyunca artış gösterirken 400m yol aldıktan sonra kararlı hale geldiği tespit edilmiştir. Saf PP malzeme ile %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemenin sürtünme katsayıları sırasıyla 1.12, 0.92 olarak saptanmıştır. Bu çalışmada saf PP malzemesi ve $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitlerin sürtünme katsayıları iki aşamada meydana gelmiştir. İlk olarak başlangıç aşamasında hızlı bir şekilde sürtünme katsayılarının arttığı görülmüştür. İkinci aşamada ise stabilitesini koruyarak kararlı hal aşınmasını gerçekleştirmiştir. Bunun sebebi ise kullanılan polimer malzeme yüzeyindeki pürüzlü yapının ilk olarak düz hale gelmesi ve ikinci aşamada pürüzlü yapının

aşınmasıyla polimer partiküllerinin karşı çelik yüzeydeki boşlukları doldurmasıyla dengeli hale gelmiş olmasıdır.

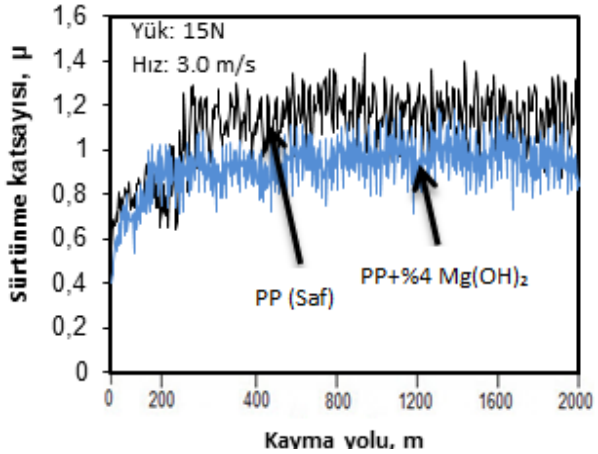
Şekil 6'da 15N yükte gerçekleştirilen deneylerde saf PP polimeri ile %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin aşınma oranı - % $Mg(OH)_2$ oranına uygulanan farklı kayma hızlarının ilişkisi verilmiştir. 15N yükte $Mg(OH)_2$ ilavesinin aşınma oranını düşürdüğü belirlenmiştir. Kayma hızı arttıkça genel olarak aşınma oranının da arttığı görülmektedir. %4 $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin 1.0 m/s, 2.0m/s ve 3.0m/s kayma hızlarında aşınma oranları sırasıyla $1{,}81.10^{-14}$ m^2/N, $1{,}81.10^{-14}$ m^2/N ve $2{,}54.10^{-14}$ m^2/N olup saf PP malzemeye göre yaklaşık olarak %51, %59 ve %51 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



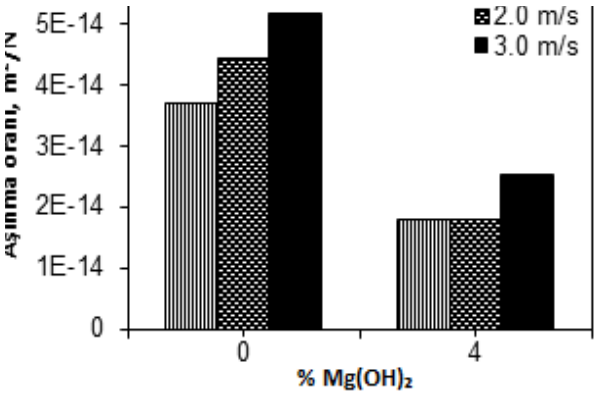
Şekil 3. Saf PP polimeri ve %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitin sürtünme katsayısı-% + uygulanan kayma hızı ilişkisi



Şekil 4. Saf PP polimeri ve %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitin sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi (Kayma hızı: 1.0 m/s, Uygulanan yük: 15N)



Şekil 5. Saf PP polimeri ve %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitin sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi (Kayma hızı: 3.0 m/s, Uygulanan yük: 15N)



Şekil 6. Saf PP polimeri ve %4 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitin aşınma oranı + uygulanan kayma hızı ilişkisi (Yük: 15N, Kayma hızı: 1.0m/s, 2.0m/s, 3.0m/s)

1. PP polimer malzemesine %4 $Mg(OH)_2$ katkı ilave edilmesiyle sürtünme katsayısında azalma tespit edilmiş olup en düşük azalma 1.0m/s hızda %4 $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemesinde 0.68 değerinde elde edilmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı değeri katkısız PP malzemesinde 1.12 değerinde 3.0m/s kayma hızında ve 15N yük altında tespit edilmiştir.

2. Katkısız PP polimeri ve %4 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemenin sürtünme katsayısı, uygulanan kayma hızının 1.0m/s hızdan 3.0m/s hıza artırılması ile katsayı değerlerinde artış olduğu görülmüştür.

3. %4 $Mg(OH)_2$ ilavesinin aşınma değerlerini düşürdüğü saptanmış olup en düşük aşınma oranı 1.0m/s ve 2.0m/s kayma hızında $1{,}81.10^{-14}$ m^2/N değerinde elde edilmiştir. En yüksek aşınma oranı 3.0m/s kayma hızında katkısız PP polimer malzemesinde $5{,}19.10^{-14}$ m^2/N tespit edilmiştir.
4. Hem katkısız PP malzemesi hem de %4 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemenin aşınma oranlarında kayma hızının (1.0m/s'den 3.0m/s'ye) %200 artırılması ile birlikte artış olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

[9] Ammar, O., Bouaziz, Y., Haddar, N., Mnif, N. (2017). "Talc as reinforcing filler in polypropylene compounds: Effect on morphology and mechanical properties", Polymer Sciences ISSN 2471-9935, Vol. 3 No. 1-8.

[11] Chen, X.; Yu, J., Guo, S.; Lu, S., Luo, Z., He, M. (2009), Surface modification of magnesium hydroxide and its application in flame retardant polypropylene composites. J. Mater. Sci., 44, 1324–1332.

[1] Ferrigno T.H. (1987), Principles of filler selection and use. In: Katz H.S., Milewski J.V., editors. Handbook of Fillers and Reinforcements for Plastics. Van Nostrand Reinhold; New York, NY, USA, pp. 8–62.

[6] Feyzullahoğlu, E., Şahin, T. (2010). "The tribologic and thermomechanic properties of polypropylene filled with CaCO3 and anhydrous borax", Journal of Reınforced Plastıcs and Composıtes, Vol. 29, 2498-2512, No. 16/2010.

[7] Garcia, M., Fasce, L., Pettarin, V., Viana, J., Pontes, A., Frontini, P., Pouzada, A. "Synergistic effects of nanoclay and SGF on tribological and dynamic properties of polypropylene composites"

[5] Kissel W.J., Han J.H., Meyer J.A. (2003), Polypropylene: Structure, properties, manufacturing and applications. In: Karian H., editor. Handbook of Polyropylene,. Marcel Dekker AG; Basel, Switzerland, pp. 10–27.

[4] Liu Y., Chen H., Chan C.-M., Wu J. High impact toughness polypropylene/$CaCO_3$ nanocomposites and toughening mechanisms. Macromolecules, 41:9204–92132009.

[3] Mozczo J., Pukánszky B.(2008), Polymer micro and nanocomposites: Structure, interactions, properties. J. Indust. Engin. Chem.,14:535–563.

[12] Pilarska, A.; Bula, K., Myszka, K., Rozmanowski, T. (2015), "Functional polypropylene composites filled with ultra-fine magnesium hydroxide", Article in Central European Journal of Chemistry, 13: 161–171.

[8] Prabhu, R., Mendonca, S., Bhat, T. (2016). "Mechanical and tribological properties of injection moulded modified CaCO3/PP, LDPE composites", American Journal of Materials science, 6(4A): 61-66.

[2] Pukánszky B. (1995), Particulate filled polypropylene: Structure and properties. In: Karger-Kocsis J., editor. Polypropylene, Structure, Blends and Composites. Volume 3. Chapman and Hall; London, UK, pp. 1–70.

[10] Saçaklı, Y. (2011), Effects of particle size on mechanical and morphological properties of nano-magnesium hydroxide powder ($Mg(OH)_2$) filled PP Polymer Composites, Marmara University, Institute of Natural and Applied Science, MSc. Thesis.

[13] Wu, Z., Hu. N., Wu, Y., Wu. S., Qin. Z. (2014), "The Effect of Ultrafine Magnesium Hydroxide on the Tensile Properties and Flame Retardancy of Wood Plastic Composites", Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials, ID 945308.

POLİPROPİLEN (PP)/ $MG(OH)_2$ KOMPOZİTİN AŞINMA VE SÜRTÜNME DAVRANIŞLARINA UYGULANAN YÜKÜN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Samet Vardar
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / İmalat Mühendisliği
samet.vardar1@ogr.sakarya.edu.tr

Prof.Dr. Hüseyin Ünal
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
unal@sakarya.edu.tr

Prof.Dr. Münir Taşdemir
Marmara Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
munir@marmara.edu.tr

Özet

Bu deneysel çalışmada, farklı yükler altında (5,10 ve15N) katkısız polipropilen (PP) polimeri ile %10 oranında magnezyum hidroksit katkılı polipropilen polimer kompozitin (PP-$Mg(OH)_2$) aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Kompozit malzeme, önce ekstrüzyon cihazında granül formda üretilmiştir. Daha sonra deney numuneleri enjeksiyonla kalıplama tekniği ile üretilmişlerdir. Aşınma ve sürtünme deneyleri, diskin üzerinde pim aşınma düzeneği kullanılarak 2000m kayma yolunda ve kuru kayma şartlarında gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyleri, 5, 10 ve15N gibi üç farklı yük altında ve 3.0 m/s sabit bir kayma hızında gerçekleştirilmiştir. Karşı disk malzeme olarak ostenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Deneylerde, uygulanan yüke bağlı olarak PP polimeri ile PP-$Mg(OH)_2$ kompozit malzemelerin sürtünme katsayıları ve spesifik aşınma oranları tespit edilmiştir. Yapılan tribolojik çalışmalar sonucunda uygulanan yükün artması ile hem katkısız PP polimeri hem de PP-$Mg(OH)_2$ kompozit malzemesinin spesifik aşınma oranları değerleri azalmıştır. PP polimerine ağırlık olarak %10 oranında magnezyum hidroksit katkı ilavesi, kompozitin spesifik aşınma oranını önemli derecede azalmasına sebep olmuştur. Deneyler sonucunda magnezyum hidroksit katkılı PP kompozitin aşınma oranının katkısız PP polimerine göre yaklaşık en az %25 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: PP, kompozit, magnezyum hidroksit, aşınma, sürtünme

THE EFFECT OF APPLIED LOAD ON THE FRICTION AND WEAR BEHAVIOR OF POLYPROPYLENE COMPOSITES

Abstract:

In this experimental study, wear and friction behaviors of pure polypropylene (PP) polymer and 10wt.% magnesium hydroxide filled polypropylene polymer composite (PP-$Mg(OH)_2$) under different loads (5, 10 and 15N) were investigated. The composite material was first produced in the extrusion device in granular form. The test specimens were then produced by injection molding. Wear and friction tests were carried out on pin-on-disc wear assembly at 2000m sliding distance and dry sliding conditions. Wear tests were carried out at three constant loads of 5, 10 and 15N and at a constant sliding speed of 3.0 m/s. Austenitic stainless steel disc material was used as a counter material. In the tests, friction coefficients and specific wear rates of pure PP polymer and PP-$Mg(OH)_2$ composite materials were determined depending on the applied load. As a result of the tribological study, the specific wear rates of both the pure PP polymer and the PP-$Mg(OH)_2$ composite material decreased with the increase of the applied load. The addition of 10% by weight of magnesium hydroxide filler to the pure PP polymer resulted in a significant reduction in the specific wear rate of the composite. As a result of the experiments, it was determined that the wear rate of magnesium hydroxide filled PP composite decreased by at least 25% compared to the pure PP polymer.

Keywords: PP, composite, magnesium hydroxide, wear, friction.

1. GİRİŞ

Polimer teknolojilerinin gelişmesi sonucunda, plastiklerin hayatımızdaki kullanım yeri ve önemi gün geçtikçe artmaktadır. Plastikler arasında kullanımı en fazla olanlardan birisi de polipropilendir. Polipropilen sahip olduğu kimyasal direnç, yüksek dayanım, düşük yoğunluk, kolay işlenebilirliği, termal kararlılık, ve nispeten düşük fiyatı sayesinde otomotiv, ev eşyaları, yapı, kablo, elektrik ve elektronik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanının geniş olmasına karşın polipropilenin sahip olduğu yüksek alevlenebilir özelliği sebebiyle bahsi geçen alanlarda kullanılması kısıtlanmaktadır [1]. Polipropilenin alevlenebilirlik özelliklerini geliştirmek üzere çoğunlukla alev geciktirici malzemeler kullanılmakta ve bu nedenle geç tutuşabilirlik özelliği kazandırılarak, harmanların güvenlik düzeyi arttırılmaktadır. Genel itibariyle alev geciktiriciler, içerisine eklendikleri matrisin yanma özelliklerini geliştiren malzemelerdir. Yanmaya karşı polipropilenin güvenli kullanılmasını sağlamalarının yanı sıra oksijen ve ultraviyole (UV) ışınlarına karşı dayanıklılık sağladıkları için kullanılmaları giderek yaygınlaşmaktadır [2]. Polipropilen malzemesinin birtakım mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek için literatürde birçok çalışmaya rastlanmıştır. Bunlardan bazıları şöyledir. Abenojar ve arkadaşları [3] Polipropilen malzemesine silisyum karbür(%50) ve cam elyaf(%1) ilave ederek iki farklı kompozit malzeme (PP+SiC, PP+SiC+GF) oluşturup aşınma ve sürtünme özelliklerini incelemişlerdir. Deney şartları 15N yükte, 120 dev/dak hızda ve 1000m mesafede gerçekleştirilmiştir. Saf PP malzemenin aşınma oranı $2{,}34.10^{-14}$ m^2/N olarak tespit edilmiş olup PP+SiC ve PP+SiC+GF malzemelerin aşınma oranı sırasıyla $3{,}52.10^{-14}$ m^2/N ve $1{,}97.10^{-14}$ m^2/N olduğu belirlenmiştir. PP+SiC malzemesine %1 GF eklendiğinde aşınma oranının saf PP'ye göre %16 azaldığı ve eklenmediğinde aşınma oranının %50 arttığı görülmüştür. Sürtünme katsayısının SiC ve GF katkılarının ilave edilmesiyle saf PP'ye göre arttığı tespit edilmiş olup sürtünme katsayısı değerleri saf PP için 0.44, PP+SiC malzemesi ve PP+SiC+GF malzemesi için 0,54 olduğu saptanmıştır. Sole ve arkadaşları [4] Polipropilen polimerine %10-%60 oranında talk, $CaCO_3$, $BaSO_4$ ve uçucu kül ilave ederek aşınma performansı özelliklerini incelemişlerdir. Aşınma zımpara makinesinde kaba(260µm) ve ince zımpara(30µm) yüzeyine karşı 150mm/s hızda, 3.66m mesafede ve 4.9N yükte yapılmış olup genel olarak artan dolgu miktarı ile aşınma oranında artış saptanmış ve uçucu kül dolgusu diğerlerine göre daha kötü performans sergilemiştir. Kaba zımpara yüzeyinde uygulanan aşınma deneyinde saf PP malzemenin aşınma oranı 0,38 mm^3/Nm olarak saptanmış ve uçucu külün saf PP'ye %10 ilave edilmesiyle aşınma oranı 0.50 mm^3/Nm değerine ve %60 ilavesi ile bu değerin 1,19 mm^3/Nm değerine yükseldiği tespit edilmiştir. İnce zımpara yüzeyinde uygulanan aşınma deneyinde saf PP malzemenin aşınma oranı 0,18 mm^3/Nm olarak saptanmış ve uçucu külün saf PP'ye %10 ilave edilmesiyle aşınma oranı 0,19 mm^3/Nm değerine ve %60 ilavesi ile bu değerin 0,38 mm^3/Nm değerine yükseldiği tespit edilmiştir. İnce zımpara yüzeyinde aşınma oranının çok daha düşük çıktığı saptanmıştır. Hufenbach ve arkadaşları [5] Polipropilen malzemesine %30 oranında cam fiber ilave ederek oluşturulan kompozitin mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Cam fiber katkısı malzemenin sertliğini yaklaşık üç kat, çekme dayanımını ise yaklaşık dört kat arttırmıştır. Aşınma deneyi için block-on-ring test metodu kullanılmıştır. Saf PP'ye göre aşınma oranı ve sürtünme katsayısında düşüş gözlenmiştir. Dike ve arkadaşları [6] Polipropilen polimerine %1, %2 ve %4 oranında Bor karbür (B_4C) ilave ederek mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Bor karbür ilavesi sertlik ve akma dayanımını sırasıyla %37 ve %18 artırmıştır. Pistonlu aşınma test cihazında 2N yükte 0,0128-0.0567m/s arasında değişen hızlarda ve 200m kayma mesafesinde aşınma ve sürtünme testi yapılmış olup kayma hızı ve bor karbür miktarı arttıkça aşınma oranında artış tespit edilmiş ve sürtünme katsayısı artan bor karbür miktarı ile az bir oranda arttığı saptanmıştır. En yüksek sürtünme katsayısı en düşük kayma hızında meydana gelmiştir. Kullanılan katkılar arasında magnezyum hidroksit katkısı alev geciktirici özelliği, anti-bakteriyel ve zehirli olmayan özelliği ile mekanik özellikleri geliştirmek için polipropilen polimerlerine katılmakta olup bununla ilgili literatürde birtakım çalışmalar mevcuttur. Sain ve arkadaşları [7] Polipropilen+ağaç tozu+pirinç kabuğu kompozit malzemesine alev geciktirici olarak magnezyum hidroksit, borik asit ve çinko borat ilave ederek yanma ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan yatay yanma testi sonucunda %25 magnezyum hidroksit ilaveli kompozit malzeme en düşük yatay yanma oranını göstererek borik asit ve çinko borata göre daha iyi performans

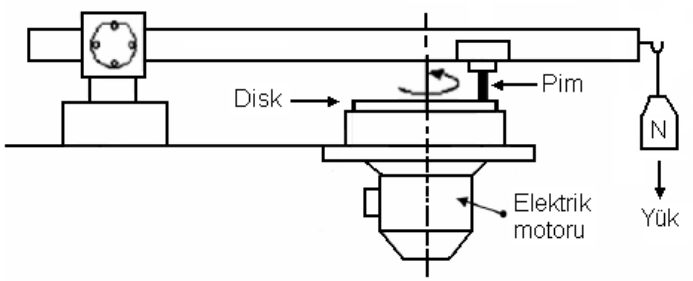
sergilemiştir. Oksijen indeksi testinde de yüksek alev geciktiricili bir numunenin yanması için daha yüksek oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç olduğu için %25 $MG(OH)_2$ ilaveli kompozitin en yüksek oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç duyduğu saptanmıştır. Çekme ve eğilme mukavemeti değeri en yüksek polipropilen+ağaç tozu kompozitinde saptanmış olup alev geciktiricileri ilaveleriyle bu değerin düştüğü saptanmıştır. Ersoy ve arkadaşları [8] Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) polimerine ağırlığınca %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ayrı ayrı magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$), Çinko oksit (ZnO) ve kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) ilave ederek mekanik ve termal özelliklerini incelemişlerdir. Dolgu maddeleri oranlarının artmasıyla elastiklik modülünün azaldığı tespit edilmiş olup %20 ilaveli $CaCO_3$ saf HDPE'ye göre %31 azaldığı saptanmıştır. Çekme dayanımı dolgu maddelerinin %5 ilavesinde bir değişiklik göstermeyip %10 ve %20 ilavelerinde azalma gösterdiği tespit edilmiş olup %20 ilaveli ($Mg(OH)_2$) saf HDPE'ye göre %12 azaldığı görülmüştür. % kopma uzama %20 ilaveli ($Mg(OH)_2$) saf HDPE'ye göre %79 azalmıştır. Kompozitin sertliği dolgu ilavesi arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Minimum sertlik değeri %20 ilaveli ($Mg(OH)_2$) konsantrasyonunda görülmüş olup saf HDPE'ye göre %9 azalmıştır. Izod darbe dayanımı dolgu ilavesi arttıkça azaldığı saptanmıştır. En düşük darbe dayanımı %20 ilaveli ($Mg(OH)_2$) kompozitinde saptanmış olup %75 azalmıştır. Erime akış indeksi, dolgu ilavesi arttıkça azalmıştır. %20 ($Mg(OH)_2$) ilavesinde %52 azalma tespit edilmiştir. Bu olumsuz azalmaların sebebi olarak HDPE ile dolgu malzemeleri arasındaki zayıf yapışma ve topaklanma problemi gösterilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda polipropilen polimerine çeşitli katkı maddeleri katılarak mekanik ve tribolojik özelliklerinin incelendiği görülmüştür. İncelemeler sonucunda magnezyum hidroksit katkılı polimer kompozit malzemelerin alev geciktirici ve mekanik özelliklerine literatürde çok az rastlanmıştır. Literatürdeki eksikliğin giderilmesi için çalışmamızda magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozitlerin farklı yüklerde tribolojik özellikleri incelenmiştir. Deneysel çalışmamızda polipropilen (PP) ile ağırlıkça %10 oranında $Mg(OH)_2$ içeren PP kompozitin aşınma ve sürtünme performansları incelenmiştir. Pim-disk aşınma deneyleri, 5N, 10N ve 15N yükte, 3.0m/s sabit kayma hızında ve 2000m kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Karşı disk malzeme olarak ostenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Katkısız PP polimeri ile %10 magnezyum hidroksit katkılı PP kompozitin aşınma oranı ve spesifik sürtünme katsayısına etki eden farklı yüklerin etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan polipropilen malzemesi SABIC firması tarafından SABIC S579 kodu ile temin edilmiştir. Katkı malzemesi olarak magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan PP polimeri, toz haldeki $Mg(OH)_2$ katkı ve kaydırıcı ile birlikte mekanik karıştırıcıda 10 dakika süre ile karıştırılmıştır. Kompozit malzemeler ekstruder makinasında (L/D=30) granül şeklinde 190-230ºC sıcaklık aralığında granül formunda üretilmiştir. Granül formunda üretilen $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitler enjeksiyonla kalıplama tekniği ile 80 ton kapasiteli enjeksiyon makinasında (Yonca Makine marka) yine 175-230°C ısıtıcı sıcaklık aralığında ve 100 bar enjeksiyon basıncında pim formunda basılmıştır. Katkısız polipropilen polimer ve magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozitin kırık yüzeyleri altınla kaplandıktan sonra mikroyapı incelemeleri taramalı elektron mikroskobu kullanılarak 20KV gerilim altında incelenmiştir. Aşınma deneyleri, ASTM G99 standardına uygun olarak pim-disk aşınma cihazında ve kuru ortam şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde pim olarak kullanılan %10 magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozit malzemesi, enjeksiyon makinasında özel dizayn edilmiş kalıp kullanılarak 6mm çapında ve 50 mm uzunluğunda olacak şekilde üretilmiştir. Enjeksiyonla kalıplama öncesi granül formundaki PP termoplastik polimeri ve kompozitleri Binder marka bir etüvde yaklaşık olarak 105ºC sıcaklıkta 1 saat tutularak kurutulmuşlardır. Aşınma ve sürtünme testlerinde, karşı disk malzeme olarak ostenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Şekil 1'de şematik olarak verilen disk üzerinde pim geometrisine sahip aşınma cihazı kullanılarak Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Triboloji laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Çelik malzemenin yüzeyi taşlama cihazında ince zımpara kullanılarak taşlanmıştır. Taşlama sonrasında çelik disklerin yüzey ölçümleri yüzey profilometresi kullanarak yapılmış ve yüzey pürüzlülüğü ortalama 0.48 µm Ra olarak ölçülmüştür. Her bir aşınma deneyi en az üç kez yapılmış ve aşınma ve sürtünme değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Test öncesi ve sonrası ağırlık kaybı tespit edilmiş (Δm) ve aşağıda verilen formül kullanılarak spesifik aşınma oranları (K_0) hesaplanmıştır.

$K_0 = \Delta m / L \cdot \rho \cdot F$ (m^2 / N)

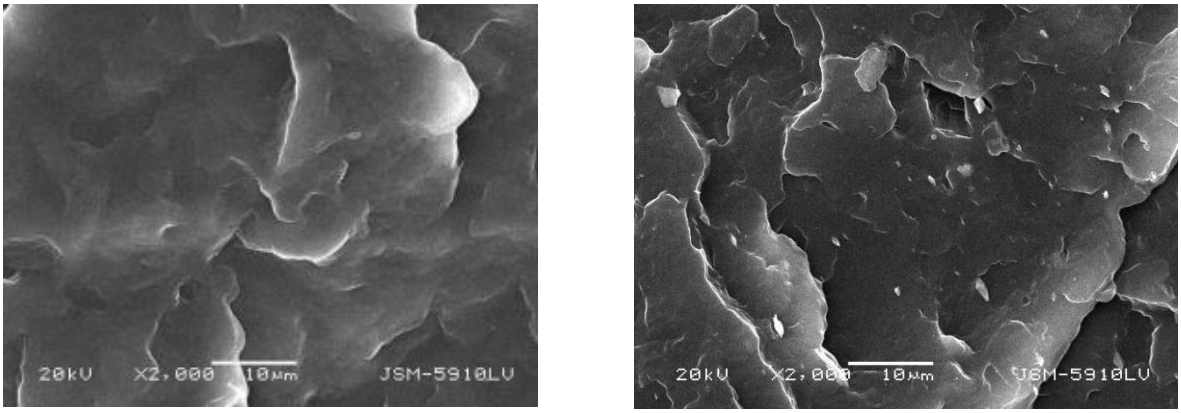
Burada;
Δm: ağırlık kaybı, g
L: kayma mesafesi, m
F: uygulanan yük , N
ρ: malzemenin yoğunluğu, g/cm^3



Şekil 1. Pim-disk aşınma cihazı şematik görünüşü

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Şekil 2'de katkısız polipropilen polimeri ile %10 oranında magnezyum hidroksit katkı içeren polipropilen polimer kompozitin kırık yüzey görüntüleri verilmiştir. Şekil 2 a'da saf polipropilen polimerinde sünek bir davranış ve plastik deformasyonun daha çok olduğu görülürken ağırlıkça %10 oranında magnezyum hidroksit katkılı polipropilen polimer kompozitin Şekil b'de daha az sünek olduğu ve plastik deformasyonunda daha az olduğu görülmektedir.



a) b)

Şekil 2. Deneylerde kullanılan malzemelerin taramalı elektron mikroskobundan alınan kırık yüzey görüntüleri a) Katkısız polipropilen b) %10 Magnezyum hidroksit katkılı polipropilen kompozit

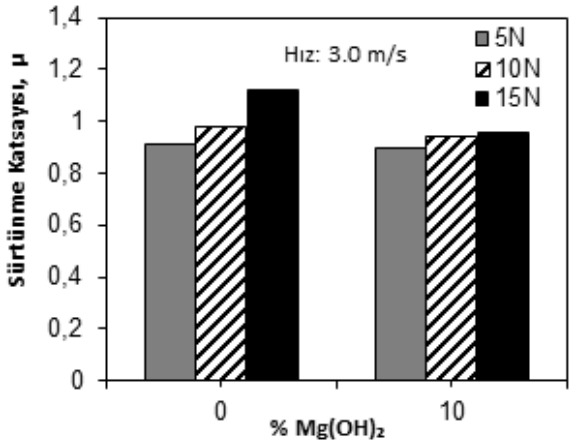
Şekil 3'de saf PP polimeri ile ağırlığınca %10 oranında $Mg(OH)_2$ ilaveli kompozitin 3.0 m/s kayma hızında sürtünme katsayısı-% $Mg(OH)_2$ oranına uygulanan farklı yüklerin ilişkisi verilmiştir. Polipropilen malzemeye %10 oranında $Mg(OH)_2$ ilavesi ile sürtünme katsayısı değerinde saf PP malzemeye göre 5N, 10N ve 15N yük için sırasıyla %1, %4 ve %14 azalma tespit edilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi tüm malzemeler için uygulanan yükün artması ile sürtünme katsayısının arttığı saptanmıştır. En düşük sürtünme katsayısı 5N yükte saf PP malzeme ve %10 $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemede ortalama 0.90 değerinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı 15N yükte saf PP malzemede 1.12 değerinde tespit edilmiştir. Uygulanan yükün 5N'dan 15N'a

çıkarılması ile katkısız PP malzemede sürtünme katsayısı %24 artarken %10 $Mg(OH)_2$ katkılı PP malzemede ise %7 artmıştır.

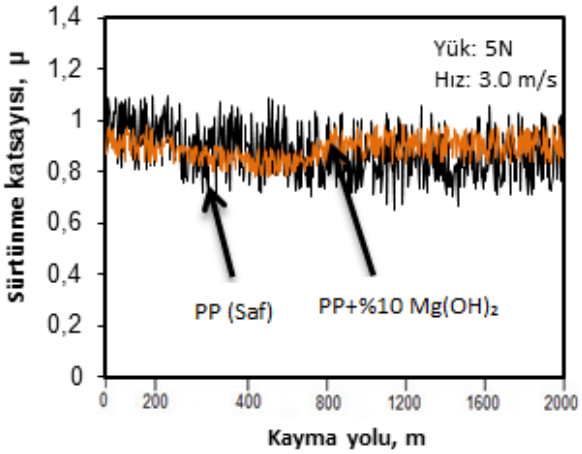
Şekil 4'de 3.0 m/s kayma hızında ve 5N yük altında gerçekleştirilen tribolojik deneyler sonucunda saf PP polimeri ile %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP esaslı kompozit malzemenin sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi sürtünme katsayısı değişimi başlangıçta azalma ve daha sonra sürekli kayma şartları olarak iki şekilde gerçekleşmiştir. Katkısız PP malzeme 350m ve %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzeme 700m yol aldıktan sonra kararlı hale gelmiştir. Saf PP polimeri ile %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin sürtünme katsayıları yaklaşık olarak 0.90 olarak tespit edilmiştir.

Şekil 5'de saf PP polimeri ile %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemenin 15N yük ve 3.0m/s kayma hızındaki sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi verilmiştir. Saf PP polimeri ilk 300m kayma mesafesi boyunca artış gösterirken 400m yol aldıktan sonra kararlı hale geldiği tespit edilmiştir. %10 $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzeme ise 300m yol aldıktan sonra sürtünme katsayısını artırarak stabilize şekilde 2000m boyunca kayma yolunda ilerlemiştir. Saf PP polimeri ile %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin sürtünme katsayıları sırasıyla 1.12, 0.96 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada saf PP malzemesi ve $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitlerin sürtünme katsayıları iki aşamada meydana gelmiştir. İlk olarak başlangıç aşamasında hızlı bir şekilde sürtünme katsayılarının arttığı görülmüştür. İkinci aşamada ise stabilitesini koruyarak kararlı hal aşınmasını gerçekleştirmiştir.

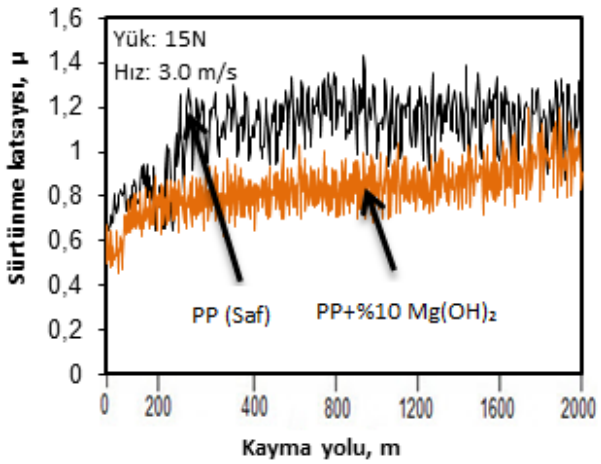
Şekil 6'da 3.0m/s kayma hızında ve 5N, 10N, 15N yüklerde uygulanan deneylerde saf PP polimeri ve %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozitin aşınma oranı - % $Mg(OH)_2$ katkısı ilişkisi verilmiştir. $Mg(OH)_2$ katkısı ile aşınma oranının azaldığı görülmektedir. Saf PP malzemeye göre aşınma oranı 5N, 10N ve 15N yük için sırasıyla %20, %23 ve %25 oranında azaldığı saptanmıştır. Tüm malzemeler için uygulanan yükün artırılması ile aşınma oranının düştüğü tespit edilmiştir. En düşük aşınma oranına 15N yükte %10 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemede rastlanmış olup bu değer $3{,}90.10^{-14}$ m^2/N olarak belirlenmiştir. En yüksek aşınma oranı ise katkısız PP malzemede $6{,}66.10^{-14}$ m^2/N değerinde tespit edilmiştir. Saf PP malzemede uygulanan yükün 5N'dan 15N'a artırılması ile aşınma oranında %22 azalma olurken %10 $Mg(OH)_2$ katkılı PP kompozit malzemede %29 oranında azalma olduğu görülmüştür.



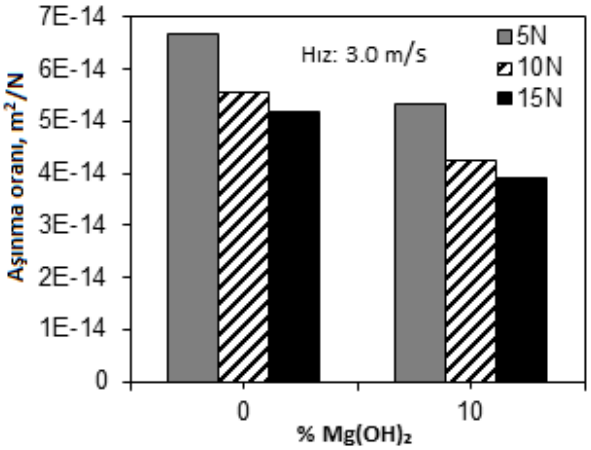
Şekil 3. Saf PP polimeri ve %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitlerin sürtünme katsayısı + uygulanan yük ilişkisi (Kayma hızı: 3.0 m/s, Yük:5N, 10N, 15N)



Şekil 4. Saf PP polimeri ve %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitin sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi (Kayma hızı: 3.0 m/s, Uygulanan yük: 5N)



Şekil 5. Saf PP polimeri ve %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitin sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi (Kayma hızı: 3.0 m/s, Uygulanan yük: 15N)



Şekil 6. Saf PP polimeri ve %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkılı kompozitlerin aşınma oranı + uygulanan yük ilişkisi (Kayma hızı: 3.0 m/s, Yük:5N, 10N, 15N)

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

1. %10 oranında $Mg(OH)_2$ katkısının PP polimerine ilave edilmesi ile sürtünme katsayısında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. En düşük sürtünme katsayısına 5N yük altında uygulanan deneyde, saf PP malzeme ve %10 $Mg(OH)_2$ katkılı PP malzemede rastlanmış olup bu değer 0.90 olarak elde edilmiştir. En yüksek sürtünme katsayısı değeri saf PP malzemede görülmüş 1.12 değerindedir.

2. Katkısız PP polimeri ve %10 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemede sürtünme katsayısı, uygulanan yükün 5N'dan 15N'a artırılması ile katsayı değerlerinde artış olduğu görülmüştür.

3. Saf PP polimerine %10 $Mg(OH)_2$ ilave edilmesi ile aşınma değerlerinin düştüğü saptanmıştır. En düşük aşınma oranı 15N yükte %10 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemede $3{,}90.10^{-14}$ değerinde elde edilmiş ve en yüksek aşınma oranı oranı ise katkısız PP malzemede $6{,}66.10^{-14}$ m^2/N değerinde tespit edilmiştir.
4. Uygulanan yükün 5N'dan 15N'a artırılması ile katkısız PP polimeri ile %10 $Mg(OH)_2$ ilaveli PP kompozit malzemenin aşınma oranlarında azalma olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

[3] Abenojar, J., Enciso, B., Martinez, BA., Velasco, F. (2017), "Wear resistance of polypropylene-SiC composite", Journal of Physics: Conf. Series 843 012066.

[1] Boyacioglu S., Kilic N., Ozkoc G., Turgut G., Yildirim A., Yogurtcu O. (2015), "Production of Nanocomposites PS/POSS Microbeads", 4th International Polymeric Composites Symposium Exhibition&Brokerage Event, Izmir, Turkey, 7-9 May.

[6] Dike, A., Mindivan, F., Mindivan, H. (2014), "E_ect of B4C Content on the Mechanical and Tribological Performances of Polypropylene", Proceedings of the 3rd International Congress APMAS2013, Vol. 125, No. 2, pp. 395-398.

[8] Ersoy, S., Taşdemir, M. (2012), "Zinc oxide (ZnO), magnesium hydroxide [Mg(OH)2] and calcium carbonate (CaCO3) filled HDPE polymer composites: Mechanical, thermal and morphological properties", Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 24(4), pp. 93-104.

[5] Hufenbach, W., Stelmakh, A., Kunze, K., Bö hm, R., Kupfer, R. (2012)."Tribo-mechanical properties of glass fibre reinforced polypropylene composites", Tribology International Vol.49, pp. 8–16.

[2] Özkoç G., Kılıç N., Turgut G., Yıldırım A., Yoğurtçu Ö., Boyacıoğlu S. (2015), "Yüzeyine Fonksiyonel Özellik Kazandırılmış Polimerik Mikroküre Üretimi", Patent No. 2015/10276., Türk Patent ve Marka Kurumu.

[7] Sain, M., Park, S., Suhara, F., Law, S. (2004), "Flame retardant and mechanical properties of natural fibre–PP composites containing magnesium hydroxide", Polymer Degradation and Stability 83, pp. 363-367.

[4] Sole, B., Ball, A. (1996). "On the abrasive wear behaviour of mineral filled polypropylene", Tribology international Vol. 29, No. 6, pp. 457-465.

LOKAL ISI GİRDİ KOŞULLARINDA S500MC KALİTE ÇELİĞİNİN YAPISAL KARAKTERİZASYONU

Burcu Yiğit[1], Doğan Bodur[1], C. Koray Gencay[2], Gülşah Aktaş Çelik[2], Ş. Hakan Atapek[2]

[1]Sedef Gemi İnşaat A.Ş, Tuzla-İstanbul, Türkiye
[2]Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye
Sorumlu yazar e-mail: burcu.yigit@sedefshipyard.com

Özet

Gemi güverte ve dış kaplama malzemesi olarak sıcak haddelenmiş, düşük alaşımlı ve yüksek mukavemetli S500MC çelikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tipik yapı çeliklerine göre ince kesitlerinde yüksek mukavemete sahip bu çelikler hafif konstrüksiyon gerektiren projelerde tercih edilir. Ancak ince kesitli S500MC çeliğinin kaynağı sonrasında bölgesel deformasyonlar oluşabilmektedir. Bu deformasyonları gidermek için kaynak sonrası ısıl işlemler (PWHT) uygulanmaktadır ve hem ısıl işlem çevriminin hem de mikroyapısal bileşenlerin kontrolü çeliğin yapısal özellikleri üzerine önemli bir rol oynar. Bu çalışmada, 4 mm ve 7 mm kalınlıkta S500MC çelik plakalar lokal ısı girdisine maruz bırakılmıştır ve sonrasında ani soğutulmuştur. Isıl işlem uygulanmış bölgeler metalurjik analizler ve mekanik testler ile incelenmiştir. Mikroyapısal ve mekanik karakterizasyonlar, S500MC çeliğinde ferritik-perlitik matriksin ısıl çevrim ile beynitik/kabalaşmış ferritik yapısına değiştiğini ve çelik matriksindeki yapısal değişimin işlem görmemiş çeliğe kıyasla daha yüksek/düşük sertliğe neden olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, S500MC çeliğinin kaynak sonrası ısıl işlem prosedürünün optimize edilmesi için oldukça önemli bir datadır.

Anahtar Kelimeler: S500MC çeliği, PWHT, mikroyapı, sertlik

Abstract

Hot rolled, low alloy high strength S500MC steels are commonly used as ship deck and outer coating material. Compared to typical structural steels, these steel having high strength within thin sections are preferred in the projects requiring light construction criteria. However, local deformation could be seen in their thin section after welding. In order to eliminate this deformation, a post welding heat treatment (PWHT) procedure can be applied and controlling both heat treatment route and microstructural features play an important role on the structural properties of steel. In this study, S500MC steels having different thickness as 4 mm and 7 mm are subjected to a local heat input and then quenched. Heat treated zones are investigated by metallurgical analyses and mechanical tests. Both microstructural and mechanical characterizations indicate that the microstructure of S500MC steel having a ferritic-pearlitic matrix is varied to bainitic/coarsed ferritic structure due to heat treatment route and the structural variation within the steel matrix causes a higher/lower hardness compared to non-treated steel. These findings are very important data to optimize the post welding heat treatment procedure of S500MC steel.

Keywords: S500MC steel, PWHT, microstructure, hardness

1. GİRİŞ

Geleneksel denizcilik endüstrisi açısından orta ve yüksek mukavemetli çeliklerin kullanımı oldukça yaygındır. Talep gören çelikler çoğunlukla 350 MPa akma mukavemet değerinden daha yüksek bir mukavemette olup bu çeliklerde maliyet ve ağırlık gibi kavramlar da önemlidir. Bundan dolayıdır ki ince kesitlerde yüksek mukavemet sağlayan çelik matriksleri geliştirilmiştir (Billingham ve ark., 2003). Çelik kompozisyonunda karbon miktarı tokluk ve kaynaklanabilirlik için çoğunlukla düşük tutulur (ASM, 2001). Tane boyutu inceltmesi ile sertlik ve tokluk arasında iyi bir optimizasyon sağlanması amacı ile kompozisyonda Nb, V ve Al gibi mikroalaşım elementleri de yer almaktadır. Katı ergiyik sertleştirici olarak da Ni, Cr, Mo gibi elementlerde bahsi geçen çeliklerin

kompozisyonlarında yer almaktadır (Skobil, 2011). Yüksek mukavemet sergileyebilen çelik matrikslerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara termo-mekanik işlemlerin yanı sıra su verme ve temperleme gibi işlemler de şüphesiz önemli katkılar sunmaktadır (Hicho ve ark., 1987; Datta ve ark., 2013; Bolanowski, 2016; Lugovskaya ve ark., 2017).

Sıcak haddelenmiş, düşük alaşımlı ve yüksek mukavemetli çeliklerin denizcilik endüstrisinde cazip bir malzeme olarak kullanım nedenlerin başında kesit ağırlıklarının nispeten düşük olması ve kaynaklanabilir bir aralıkta olmasıdır. Ancak bu gruba giren çeliklerin ince kesitlerinin kaynak işlemi ile birleştirilmesi sonrasında bölgesel deformasyonlar oluşabilmektedir. Bu deformasyonları gidermek için kaynak sonrası ısıl işlemler uygulanmaktadır ve hem ısıl işlem çevriminin hem de mikroyapısal bileşenlerin kontrolü çeliğin yapısal özellikleri üzerine önemli bir rol oynar. Bu çalışma kapsamında, Sedef Gemi İnşaat A.Ş bünyesinde gemi güverte ve dış kaplama malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan S500MC çeliğinde kaynak işlemlerini takiben kaynaklı plakalarda sıklıkla gözlenen kaynak sonrası deformasyonlarının önlenmesine yönelik lokal ısıl işlemler yürütülmüştür. Lokal ısı girdileri sonrası plakalarda mikroyapısal ve mekanik karakterizasyon çalışmaları yapılarak kaynak sonrası ısıl işlemin çelik özelliklerine etkisi fiziksel metalurjik esaslar doğrultusunda irdelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Deneysel çalışmada, ana malzeme olarak S500MC kalite çeliği kullanılmış olup bu çelik termo-mekanik konumunda ve müşteri isterine göre farklı kalınlıklarda bulunabilen plaka formundadır. Kaynak işlemlerinde 4 mm (ince kesitli) ve 7 mm (kalın kesitli) kalınlığına sahip malzemeler kullanılmıştır. Kaynak işlemleri sonrası yapısal deformasyonları azaltmak için alev ile ısıtma yapılmıştır. Metalurjik analizlerde, ilk önce hiçbir işlem görmemiş çelik ile lokal ısıya maruz kalan çeliklerin kimyasal kompozisyonları incelenmiştir. Kimyasal analizler, Foundarymaster model optik emisyon spektrometresi kullanılarak çoklu kez yapılmış olup her bir elementin ortalama değeri nihai kompozisyonda yer almıştır. Tablo 1'de elde edilen kompozisyonlar listelenmiştir. Farklı kesitlerde bulunan malzemeler de kimyasal kompozisyon farklılaşması oldukça düşük seviyede olup S500MC standart malzeme kompozisyon kalitesine uygundur. Ancak ince kesitli malzemede lokal ısı girdisine maruz kalan bölgede karbon miktarı (ağ.-%) önemli ölçüde artmıştır.

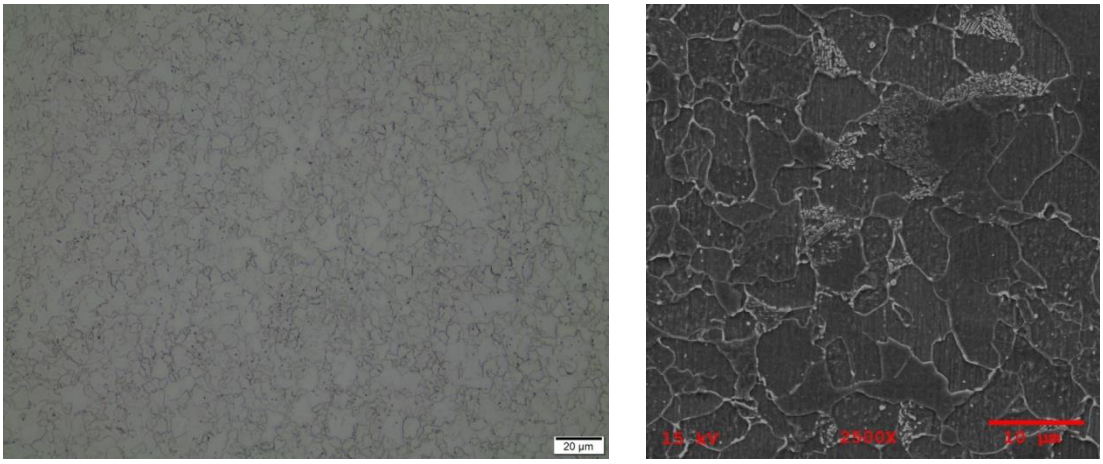
Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelere ait kimyasal kompozisyonlar (ağ.-%).

Malzeme	*C*	*Mn*	*Si*	*Al*	*Nb*	*V*	*Ti*	*P*	*S*	*Fe*
S500MC (standart)	0.100 (max)	1.600 (max)	0.210 (max)	0.015 (min)	0.090 (max)	0.200 (max)	0.150 (max)	0.025 (max)	0.010 (max)	balans
Kalın kesitli tav yok (TY)	0.072	1.030	0.182	0.031	0.057	0.002	0.062	0.017	0.009	balans
Kalın kesitli tav var (TV)	0.069	0.971	0.164	0.085	0.061	0.002	0.068	0.018	0.009	balans
İnce kesitli tav yok (TY)	0.054	0.656	0.123	0.040	0.031	0.002	0.055	0.018	0.007	balans
İnce kesitli tav var (TV)	0.780	0.647	0.114	0.097	0.034	0.002	0.0061	0.018	0.010	balans

Hem ana malzemede hem de lokal ısı görmüş malzemelerde mikroyapısal karakterizasyonunun yapılabilmesi için numuneler metalografik olarak hazırlanmıştır. Malzemelerden ilk olarak Mikrotest hassas kesme cihazı kullanılarak küçük numuneler elde edilmiş ve daha sonra numune kesitleri sırasıyla 120, 320, 600 ve 1000 mesh boyutuna sahip SiC zımparalar ile zımparalanmıştır. Bu zımparalama işlemlerini takiben, numune yüzeyleri 3 μm'luk elmas solüsyon ile parlatılmıştır. Mikroyapıya ait detayların belirlenebilmesi için parlatılmış yüzeyler % 3'lük nital ile dağlanmıştır. Numunelerin mikroyapısal incelemelerinde, ışık mikroskobu (IM, Olympus BX41M-LED) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM, Jeol JSM 6060) kullanılmıştır. Mekanik karakterizasyon çalışmaları ise sertlik ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri Future-Tech model makro Vickers sertlik ölçüm cihazı kullanılarak 3 kgf yüklenme altında yapılmıştır. Çoklu ölçümler sonrasında aritmetik ortalamalar alınıp standart sapmalar hesaplanmıştır.

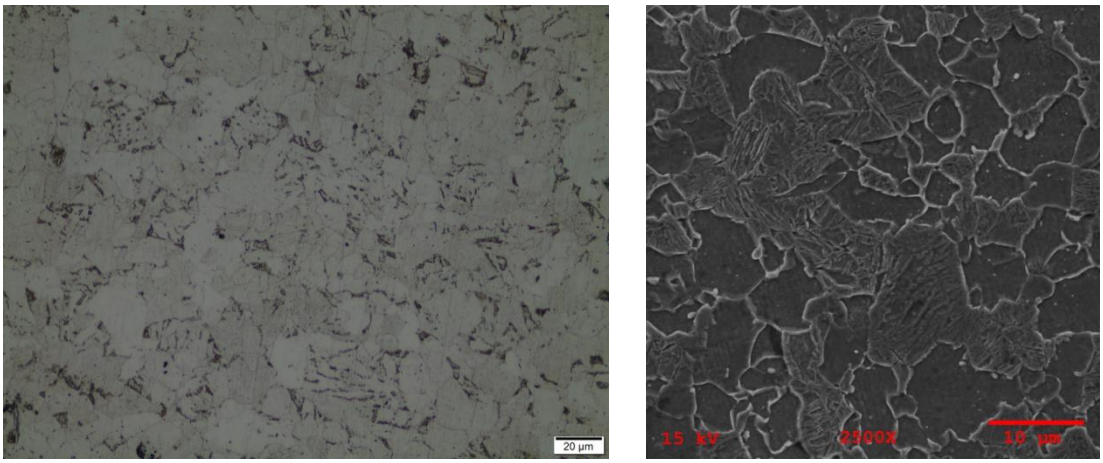
3. SONUÇLAR

Şekil 1'de Kalın-TY malzemesinin dağlanmış konumuna ait mikroyapıları verilmiştir. Yapıda baskın faz ferrit olup tane sınırlarında perlitik bölgeler tespit edilmiştir (Şekil 1a). Şekil 1b'de verilen SEM görüntüsü ferritik-perlitik esaslı matriks yapısının detayını göstermektedir. Lokal ısı girdisi ile birlikte mikroyapıda bir takım değişiklikler gözlenmiştir. Şekil 2'de Kalın-TV malzemesinin dağlanmış konumuna ait mikroyapıları verilmiştir. Yapı her ne kadar ferritce zengin olsa da matriks içerisinde beynitik yapılar da gözlenmiştir (Şekil 2a ve b). Yapıdaki bu değişim sertlik değerinde de bir değişime neden olmuştur. Kalın-TY malzemesinde sertlik değeri 222.47 ± 5.66 HV3 iken Kalın-TV malzemesinde bu değer 234.10 ± 6.36 HV3 olarak belirlenmiştir. Matriks içerisinde beynitik hacimlerin var olması malzemede sertlik artışına neden olmuştur.



(a) (b)

Şekil 1. Kalın-TY malzemesinin dağlanmış konumuna ait IM (a) ve SEM görüntüleri (b).

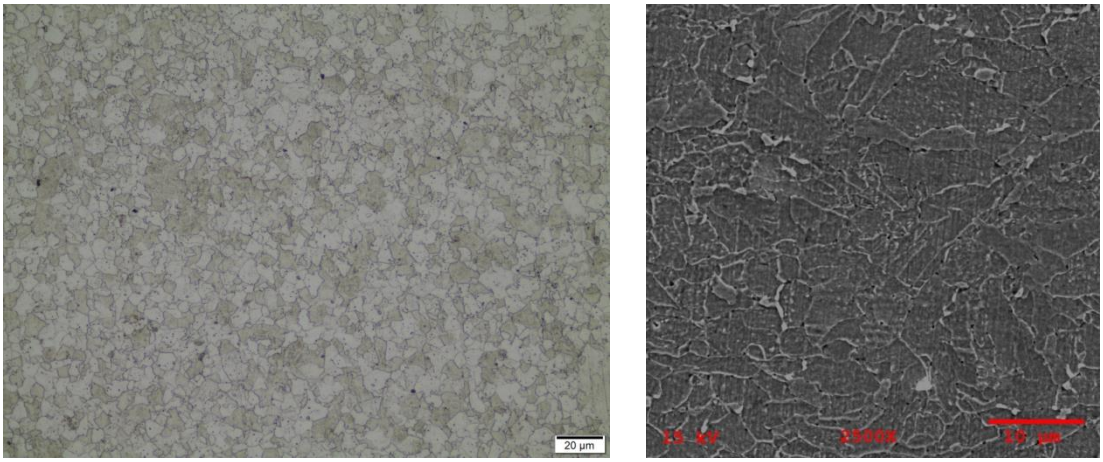


(a) (b)

Şekil 2. Kalın-TV malzemesinin dağlanmış konumuna ait IM (a) ve SEM görüntüleri (b).

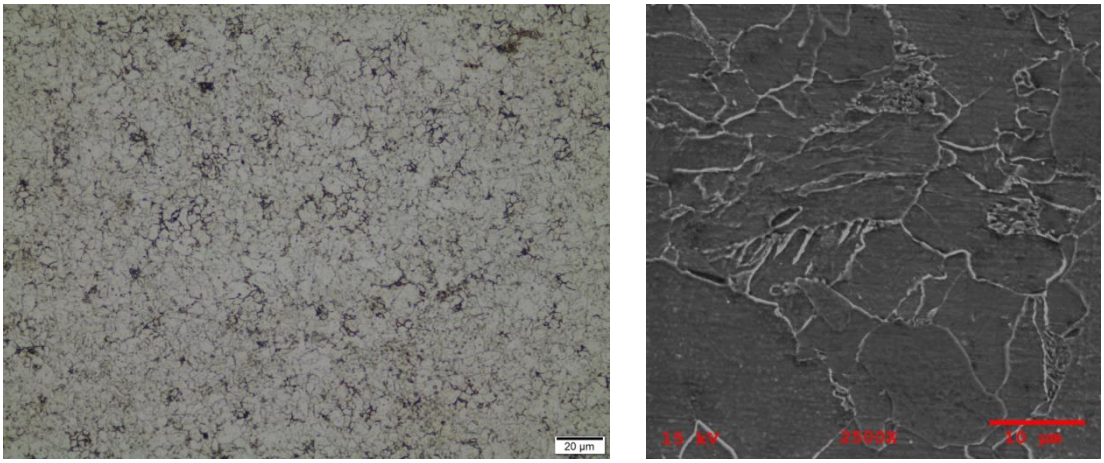
İnce-TY malzemesinin dağlanmış konumun ait mikroyapı örnekleri ise Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3a'da verilen IM görüntüsü çelik matriksinin ferritik olduğunu göstermektedir. Şekil 3b'de verilen SEM görüntüsü ise ferritin yanı sıra perlitik hacimlerin de var olduğunu göstermiştir. Lokal ısı girdisi ile birlikte ince kesitli malzemede de mikroyapısal değişimler tespit edilmiştir. Şekil 4'de İnce-TV malzemesine ait dağlanmış konumuna ait mikroyapılar verilmiş olup lokal ısı girdisi ile birlikte nihai matriks içerisinde iğnesel görünümlü ve çoğunlukla Widmanstatten yapısı olarak bilinen ferrit morfolojisine ek olarak nispeten daha kaba poligonal ferrit yapısı gözlenmiştir (Şekil 4a and b). Mikroyapı değişimlerine paralel olarak malzemelerde belirgin sertlik değişimleri de tespit edilmiştir.

İnce-TY malzemesinde sertlik 240.50 ± 0.96 HV3 iken İnce-TV malzemesinde 193.00 ± 6.22 HV3 değerindedir. Özellikle ferritin kabalaşması ile birlikte sertlikte azalma meydana gelmiştir.



(a) (b)

Şekil 3. İnce-TY malzemesinin dağlanmış konumuna ait IM (a) ve SEM görüntüleri (b).



(a) (b)

Şekil 4. İnce-TV malzemesinin dağlanmış konumuna ait IM (a) ve SEM görüntüleri (b).

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Sedef Gemi İnşaat A.Ş bünyesinde kaynaklanmış 4 mm ve 7 mm kalınlıkta S500MC çelik plakalar lokal ısı girdisine maruz bırakılmıştır ve sonrasında su verme ile soğutulmuştur. Isıl işlem uygulanmış bölgeler, metalurjik analizler ve mekanik testler ile incelenmiştir. Mikroyapısal ve mekanik karakterizasyonlar, kalın kesitli S500MC çeliğinde ferritik-perlitik matriksin ısıl çevrim ile beynitik bir yapıya değiştiğini ve çelik matriksindeki yapısal değişimin işlem görmemiş çeliğe kıyasla daha yüksek sertliğe neden olduğunu göstermiştir. Ancak ince kesitli çelikte tav etkisi ile matriks içerisinde kabalaşmış ferritler nedeni ile sertlikte azalma gerçekleşmiştir. Bu bulgular, S500MC çeliğinin kaynak sonrası ısıl işlem prosedürünün optimize edilmesi için oldukça önemli bir datadır.

KAYNAKLAR

ASM International (2001), High-strength low-alloy steels, *Alloying: Understanding the Basics*, #06117G.

Billingham J., Sharp J. V., Spurrier J., Kilgallon P. J. (2003), Review of the performance of high strength steels used offshore, *Research Report 105*, Health and Safety Executive.

Bolanowski K. (2016), Effect of heat treatment on mechanical properties and microstructure morphology of low-alloy high-strength steel, *Archives of Metallurgy and Materials*, 61(2), 475-480.

Datta S., Banerjee P. S., Banerjee M. K. (2013), Effect of thermomechanical processing and aging on microstructure and precipitation hardening in low carbon Cu-B steel, *Ironmaking & Steelmaking*, 31(4), 312-318.

Hicho G. E., Brady C. H., Smith L. C., Fields R. J. (1987), Effects of heat treatment on the mechanical properties and microstructure of four different heats of precipitation hardening HSLA steel, *Journal of Heat Treating*, 5(1), 7-19.

Lugovskaya A., Yanushkevich Z., Odnobokova M., Belyakov A, Kaibyshev R. (2017), Effect of thermomechanical treatment on microstructure and mechanical properties of high-strength low-alloy steel, *AIP Conference Proceedings*, 020120.

Skobir D. A. (2011), High-strength low-alloy (HSLA) steels, *Materials and Technology*, 45(4), 295-301.

EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN KAOTİK GÜVE SÜRÜ ALGORİTMASIYLA ÇÖZÜMÜ

Arş. Gör. Yunus HINISLIOĞLU
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
yunushınıslıoğlu@duzce.edu.tr

Arş. Gör. Enes KAYMAZ
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
eneskaymaz@duzce.edu.tr

Doç. Dr. Uğur GÜVENÇ
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
ugurguvenc@duzce.edu.tr

Özet

Güç sistemlerinin en temel problemlerinin başında gelen Ekonomik Yük Dağıtımı (EYD) problemi bir bölgedeki güç talebini farklı güç üretim merkezlerinden karşılayacak şekilde çeşitli kısıtlamalara bağlı olarak en az maliyetle sağlama işlemidir. Her bir güç üretim merkezinin üretim maliyeti için farklı maliyet katsayıları bulunmaktadır. Ayrıca, maliyet fonksiyonlarında valf nokta etkileri ve yasaklı çalışma alanları mevcut olduğundan, problem doğrusal olmayan, karmaşık bir yapıya sahiptir. Buna bağlı olarak problemin çözümü için çeşitli matematiksel yöntemler ve sezgisel algoritmalar önerilmiştir. Bu çalışmada, elektrik güç sistemlerinin önemli problemlerinden biri olan EYD'nin, Kaotik Güve Sürüsü algoritması (KGSA) ile çözümü gerçekleştirilmiştir. Önerilen algoritmanın etkinliğini gösterebilmek amacıyla iki farklı test sistemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, güve sürü algoritmasının geliştirilmesi ile oluşturulan KGSA'nın daha verimli sonuçlar verdiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Ekonomik yük dağıtımı, kaotik haritalandırma, kaotik güve sürüsü algoritması

ECONOMIC LOAD DISPATCH PROBLEM USING CHAOTIC MOTH SWARM ALGORITHM

Abstract

Economic Load Dispatch (ELD), which is one of most fundamental problems in power system, can described as allocation of the demand among the generating units with minimum costs while meeting the various system constraints. Each power generation units have different cost coefficients for the generating cost. In addition, ELD is a nonlinear and complex problem because of the valve-point effects and prohibited zones. Therefore, various mathematical methods and heuristic algorithms have been proposed to solve the ELD problem. In this study, ELD, which is one of the important problems of electrical power systems, was solved by the Chaotic Moth Swarm Algorithm (CMSA). In order to demonstrate that the effect of the proposed algorithm, two different test systems were used in power systems. According to the obtained results,it is seen that the improved moth swarm algorithm which is CMSA gives better and efficient results than the original moth swarm algorithm.

Keywords: Economic load dispatch, chaotic maps, chaotic moth swarm algorithm.

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde meydana gelen gelişmeler doğrultusunda, güç talebinde hızlı bir artış yaşanmış ve buna bağlı olarak düşük maliyetli elektrik enerjisi üretimi son derece önem kazanan bir durum halini almıştır. Güç sistemlerinin işletilmesinde ekonomik yük dağıtımı (EYD) problemi sıklıkla karşılaşılan, en önemli optimizasyon problemlerinin başında gelmektedir. Ekonomik yük dağıtımı (EYD), gerekli yük talebini karşılamak amacıyla çeşitli kısıtlara bağlı olarak sistem mevcut

yükünün üretim birimleri tarafından minimum maliyetiyle karşılanması olarak tanımlanabilir (Basu, 2013).

Ekonomik Yük Dağıtımı Probleminde temel amaç maliyeti minimize etmek olup, geleneksel olarak her bir üretim birimi için yakıt maliyet fonksiyonu ikinci dereceden bir fonksiyon olarak ifade edilir. Ancak gerçekte çok vanalı buhar türbinlerinden oluşan termik üretim birimlerinde maliyet fonksiyonunun konveks olmaması ve çeşitli dalgalanmalar görülmesinden dolayı bu durum en iyi çözümün bulunmasında hataya sebep olur. Bu sebeple daha gerçekçi bir çözüm elde edebilmek amacıyla probleme Valf Nokta Etkisi de dahil edilmektedir (Duman ve ark., 2010).

Geçmiş yıllarda Lineer Programlama Yöntemi(Travers ve Kaye, 1998), Lambda İterasyon Yöntemi (Walters ve Sheble, 1993) ve Dinamik Programlama Yöntemi (Warsono ve ark., 2008) gibi çeşitli optimizasyon teknikleri ile ekonomik yük dağıtımı problemi etkili bir şekilde çözülmüştür ancak bu yöntemler lineer olmayan karakteristikleri nedeniyle Valf Nokta Etkili Ekonomik Yük Dağıtım Problemi için uygun değildir. Buna bağlı olarak araştırmacılar, problemin çözümünde sezgisel optimizasyon tekniklerine yönelmiştir.

Son yıllarda Genetik Algoritma (GA) (Cheng ve Chang, 1995) ve (Garg ve Sharma, 2008), Evrimsel Programlama Tekniği (EP) (Yang ve ark., 1996), (Sinha ve ark., 2003),(Jayabarathi ve ark., 2005), Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritması (PSO) (Gaing ve ark., 2003), Benzetilmiş Tavlama Algoritması (SA) (Wong ve Fung, 1993), Bakteriyel Besin Arama Algoritması (Panigrahi ve Pandi, 2008), gibi çok sayıda sezgisel optimizasyon algoritması EYD problemine uygulanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, termik enerji üretim birimlerinin yakıt maliyetini en aza indirgemek için vana noktası etkili Ekonomik Yük Dağıtımı (EYD) modeli sunmaktır. Problemin modellemesinde çözüm tekniği olarak 2017 yılında Mohamed ve arkadaşları tarafından literatüre kazandırılan ve kaotik haritalandırma yöntemi ile geliştirilmiş Kaotik Güve Sürü Algoritması uygulanmış ve etkili sonuçlar elde edilmiştir. Bölüm 2'de termik generatörlerden oluşan sistemin modellemesi ile ilgili olan amaç fonksiyonu ve kısıtlar tanımlanmış, Bölüm 3'te çözüm yöntemi olan KGSA açıklanmış ve Bölüm 4 'te test çalışmaları ile elde edilen benzetim sonuçları sunulmuştur. Son olarak Bölüm 5'te ise yapılan çalışma ile ilgili genel sonuç ve değerlendirme verilmektedir.

2. EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ

EYD, bir güç sisteminde talep gücün çeşitli sistem kısıtları altında maliyet minimize edilerek termik üretim birimlerine paylaştırılmasıdır. Buna göre, Valf-Kısma Etkili Ekonomik Yük Dağıtım Probleminin amaç fonksiyonu şu şekilde ifade edilir:

$$C=\sum_{i=1}^{N_G}(a_i + b_i P_i + c_i P_i^2) + |e_i \sin\left(f_i\left(P_i - P_i^{min}\right)\right)| + \quad (1)$$

Burada, C toplam yakıt maliyetini, N_G üretim birimi sayısını,a_i, b_i, c_i i. üretim birimi için maliyet katsayılarını, $e_i$ve f_i valf-nokta etkisinden kaynaklanan maliyet katsayılarını, P_i i.üretim biriminin ürettiği gücü, P_i^{min} i.üretim biriminin minimum güç üretim kapasitesini ifade eder.

2.1. Sistem Kısıtlamaları

Bu minimizasyon problemi şu kısıtlamaları içermektedir:

1) Yük-Üretim Dengesi:

$$\sum_{i=1}^{N} P_i = P_d + P_l \quad (2)$$

Bu denklemde P_d toplam yük talebi ve P_l toplam güç kaybıdır. Güç kaybı şu şekilde ifade edilebilir:

$$P_L = \sum_{i=1}^{N_G}\sum_{j=1}^{N_G} P_{Gi} B_{ij} P_{Gj} + \sum_{i=1}^{N_G} P_{Gi} B_{i0} B_{00} \quad (3)$$

Bu denklemde B_{ij}, B_{i0} ve B_{00} iletim hatlarındaki kayıp katsayılarını temsil etmektedir.

2) Gerçek Güç Üretim Kapasitesi:

$$P_i^{min} \leq P_i \leq P_i^{max} \; t = 1,2, \dots N \tag{4}$$

Bu denklemde $P_i^{min}$and P_i^{max} i.üretim birimine ait minimum ve maksimum gerçek güç sınırlarıdır.

3) Yasaklanmış Çalışma Bölgesi:

$$P_i \in \begin{Bmatrix} P_i^{min} \leq P_i \leq P_{i,1}^{l} \\ P_{i,j-1}^{u} \leq P_i \leq P_{i,j}^{l} \\ P_{i,POZ_i}^{u} \leq P_i \leq P_i^{max} \end{Bmatrix} j=2,3,\dots,POZ_i \tag{5}$$

Bu denklemde , $P_{i,poz,i}^{u}$ ve $P_{i,j}^{l}$ j. yasaklı çalışma bölgesi için alt ve üst limitlerdir.

Bu çalışmada diğer kayıplar ihmal edilmiştir.

3. KAOTİK GÜVE SÜRÜ ALGORİTMASI

Güve sürü algoritması, Mohamed ve arkadaşları tarafından 2017 yılında güvelerin göksel navigasyon yöntemi ile besin arama ve yön bulma tekniğinden esinlenilerek oluşturulmuş bir sezgisel optimizasyon algoritmasıdır (Mohamed ve ark., 2017).

3.1. İlham Kaynağı

Dünyada bütün türler arasında%53 orana sahip böcek sınıfının ikinci sırasında yer alan güveler ve kelebek türleri, gün ışığında avcı hayvanlardan kaçarak ve gece besin arama ve yön bulma yöntemi olarak göksel navigasyon tekniği kullanarak yaşam sürecini tamamlarlar. Yön bulma yöntemi olarak kullanılan göksel navigasyon tekniğinde güveler ay gibi uzaysal ışık kaynakları ile aralarındaki uçuş açısını sabit tutarak düz bir rotada hareket ederler. Ancak, dünyada bulunan yapay ışık kaynakları aydan daha yakın olmaları sebebiyle güvelerin rotalarında sarmal bir harekete yol açarlar (Mohamed ve ark., 2017).

3.2. Temel Kavramlar

Algoritmada, optimizasyon probleminin çözümü ışık kaynağının konumu olarak ve çözümün amaç fonksiyonu da ışık kaynağının parlaklık oranı olarak belirlenmiştir. Algoritma içerisinde tanımlanmış güve sürüsü yolbulucular, arayıcılar ve izleyiciler olarak üç gruba ayrılmıştır.

Yolbulucu güveler, sürü içerisinde yer alan küçük bir grubu temsil eder ve optimizasyon evreni içerisinde yeni alanlar keşfederler. Bu grubun asıl amacı problem içerisinde yer alan en iyi sonucu bulmaktır. Arayıcı güveler yolbulucular tarafından belirlenen en iyi sonuca doğru hareket ederek en iyi sonuç etrafında hareket ederek burayı diğer güveler için belirgin hale getiren güve grubudur. İzleyiciler ise arayıcılar tarafından belirgin hale getirilen en iyi sonuca doğru yönelen grubu temsil eder (Mohamed ve ark., 2017).

3.3. Matematiksel Açıklama

Optimizasyon evreni içerisinde (x_i) olarak tanımlanan her bir güve, ona ait olan ışık kaynağının parlaklık oranını $\left(f(x_i)\right)$ bulmak için görevlendirilir. Sürü içerisinde yer alan en iyi uygunluk değerleri, yolbulucular olarak tanımlanır. Daha sonra, ikinci ve üçüncü uygunluk değerleri ise sırasıyla arayıcılar ve izleyiciler olarak tanımlanır. Program aşamaları aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

Adım 1: Başlangıç aşaması

İşlem başlangıcı için, d boyutta ve n nüfusa sahip bir problem için güvelerin pozisyonları rastgele biçimde aşağıda belirtilen kurala göre belirlenir.

$$x_{ij} = rand[0,1].\left(x_j^{\max} - x_j^{\min}\right) + x_j^{\min} \tag{6}$$

Bu işlemden sonra her bir güvenin uygunluk değeri hesaplanır ve yolbulucu, arayıcı ve izleyici güveler belirlenir.

Adım 2: Keşif aşaması

Global aramadaki sürü kalitesi optimizasyon sürecinde düşüş gösterir. Erken gelişen yakınsamaya engel olmak ve çeşitliliği artırmak için yolbulucular daha az kalabalık olan alanları keşfetmek için konumlarını güncellerler.

Adım 3: Lévy uçuşu

Lévy uçuşu, α-kararlı dağılımına dayanan ve farklı ölçülerde adım büyüklüğü kullanarak büyük boyuttaki mesafelerde hareket etme kabiliyeti olan rastgele işlemlerdir. Genel Lévy dağılımının yoğunluğu için birkaç özel durum vardır. Bu durumlar aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

Eğer Lévy dağılım yoğunluğu:

$$f(q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_G}\exp\left(-\frac{(q-\mu)^2}{2\sigma_G^2}\right) \quad -\infty < q < \infty \tag{7}$$

şeklinde ise Gauss dağılımı veya Normal dağılım, $q \sim N(\mu, \sigma_G^2)$ olur.

Eğer Lévy dağılım yoğunluğu:

$$f(q) = \frac{1}{\pi(\sigma^2+(q-\mu)^2)} \quad -\infty < q < \infty \tag{8}$$

şeklinde ise Cauchy dağılımı, $q \sim cauchy(\sigma, \mu)$ olur.

Eğer Lévy dağılım yoğunluğu:

$$f(q) = \sqrt{\frac{\gamma}{2\pi}}\frac{1}{(q-\mu)^{3/2}}\exp\left(-\frac{\sigma}{2(q-\mu)}\right) \quad 0 < \mu < q < \infty \tag{9}$$

şeklinde ise Lévy dağılımının basit versiyonu, $q \sim Levy(\sigma, \mu)$ olur.

Lévy dağılımı diğer dağılımlardan daha ağır kuyruğa sahiptir. Mantegna'ya ait algoritmada (Mantegna, 1994), Lévy-uçuşundaki davranışın aynısına sahip rastgele örnekler, L_i, üretilerek α-kararlı dağılımı benzetilmiştir. Bu durum aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$L_i \sim step \oplus Levy(\alpha) \sim 0.01\frac{u}{|y|^{1/\alpha}} \tag{10}$$

formüldeki, step ifadesi ilgili problemin ölçeğine bağlı ölçekleme büyüklüğünü, $\oplus$ ifadesi matrisin elemanlarının bireysel çarpımını, $u = N(0, \sigma_u^2)$ ve $y = N(0, \sigma_y^2)$ ifadeleri de iki normal olasılıksal dağılımı $\sigma_u = \left[\frac{\Gamma(1+\alpha)\sin\pi\alpha/2}{\Gamma((1+\alpha)/2\alpha 2^{(\alpha-1)/2})}\right]^{1/\alpha}$ ve $\sigma_y = 1$ şeklinde tanımlanır (Mohamed ve ark., 2017).

Bu aşamada, kaotik haritalandırma yöntemi kullanılarak algoritmanın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Denklem (10)'da yer alan formüle kaos eklenerek aşağıdaki şekilde düzenlenebilir.

$$L_i \sim k \oplus step \oplus Levy(\alpha) \sim k\frac{u}{|y|^{1/\alpha}}0.01 \tag{11}$$

Denklemde yer alan *k* ifadesi sinüs haritasından yola çıkarak aşağıdaki denklemlerle tanımlanabilir.

$$k_i = k_i^{değer} x_i \tag{12}$$

$$k^{değer} = \left(\max - \frac{t}{T}(\max - \min)\right) \tag{13}$$

$$x_{i+1} = \frac{a}{4}\sin(\pi x_i) \qquad a = 4 \tag{14}$$

Sinüs haritası (0,1) aralığında sınırlandırılmıştır ve başlangıç değer 0.7 olarak belirlenmiştir.

Adım 4: Seçme yöntemi

Bu aşamada, yolbulucu güveler için mutasyon yöntemi sayesinde yeni pozisyon değerleri üretilir ve bu üretilen pozisyon değerleri için uygunluk değerleri hesaplanır. Hesaplanan yeni uygunluk değeri eski değerlerle karşılaştırılır. Eğer yeni uygunluk değeri eski değerden daha iyi ise güveler için üretilen yeni pozisyon değerleri bir sonraki döngü için seçilir, ancak tam tersi durumda güveler eski pozisyon değerlerini korurlar.

Adım 5: Dikey yönelim

Algoritma içerisinde yolbuluculardan sonra en iyi uygunluk değerine sahip güveler arayıcılar olarak adlandırılır ve döngü boyunca arayıcı güve sayısı Denklem (15)'te belirlitilen kurala göre düşüş gösterir.

$$n_f = round\left(\left(n - n_p\right) \times (1 - x)\right) x = \frac{t}{T} \quad (15)$$

Adım 6: Göksel navigasyon

Arayıcı güve sayısındaki azalma izleyici güve sayısını $\left(n_0 = n - n_f - n_p\right)$ formülüne bağlı olarak artırır, bu da, evrensel çözüme doğru güve sürü algoritmasındaki yakınsama oranı hızında ani bir artışa sebep olur. En düşük uygunluk değerine sahip güveler izleyiciler olarak adlandırılır.

Adım 7: Bitirme koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Bu algoritma için bitirme koşulu maksimum döngü sayısına ulaşma olarak belirlenmiştir.

Adım 8: Maksimum döngü sayısına ulaştıktan sonra en iyi sonuca sahip güve çözüm olarak kabul edilir.

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Bu aşamada önerilen yöntem olan Kaotik Güve Sürü Algoritması (KGSA) Valf nokta etkili Ekonomik Yük Dağıtımı problemine uygulanmıştır. KGSA'nın etkisini ve geçerliliğini gösterebilmek amacıyla termal üretim birimlerinden oluşan 13 ve 40 üniteli test sistemleri kullanılmıştır. Test sisteminde maksimum döngü sayısı 1000 ve güve sayısı 50 ve yolbulucu güve sayısı 7 olarak düşünülmüştür.

4.1. Durum 1

Bu aşamada, önerilen yöntemin etkisini gösterebilmek amacıyla 13 üretim birimli test sistemi kullanılmıştır. Talep güç 2520 MW olarak düşünülmüştür. Generatör katsayıları ve B katsayıları (Duman ve ark.,2015)'ten alınmıştır. Ayrıca sistem parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. KGSA ile elde edilen sonuçlar geçmişte literatürde yer alan diğer yöntemlerle Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Yakıt Maliyet Katsayıları

Üniteler	a	b	c	d	e	P_{imin}	P_{imax}
G1	550	8,10	0,00028	300	0,035	0	680
G2	309	8,10	0,00056	200	0,042	0	360
G3	307	8,10	0,00056	200	0,042	0	360
G4	240	7,74	0,00324	150	0,063	60	180
G5	240	7,74	0,00324	150	0,063	60	180
G6	240	7,74	0,00324	150	0,063	60	180
G7	240	7,74	0,00324	150	0,063	60	180
G8	240	7,74	0,00324	150	0,063	60	180
G9	240	7,74	0,00324	150	0,063	60	180
G10	126	8,60	0,00284	100	0,084	40	120
G11	126	8,60	0,00284	100	0,084	40	120
G12	126	8,60	0,00284	100	0,084	55	120
G13	126	8,60	0,00284	100	0,084	55	120

Tablo 2. Değişken Değerleri ve Karşılaştırılma Sonuçları

	GSA	KGSA
P1	538,01	628,3185
P2	359,83	299,1993
P3	263,13	299,1988
P4	170,34	159,7331
P5	179,82	159,7330
P6	151,06	159,7330
P7	162,73	159,7331
P8	153,26	159,7331
P9	167,52	159,7331
P10	83,08	77,3992
P11	118,61	113,5171
P12	55	92,3805
P13	117,60	92,3997
P_{loss} (MW)	47,640635	**40,811595**
Total Fuel Cost ($/h)	25132,4628	**24515,2304**

Tablo 2'de görüldüğü üzere KGSA, **24515,2304** $/h değeri ile 2520 MW yük talebi için en düşük maliyeti sağlayan yöntemdir.

4.2. Durum 2

Bu aşamada 40 üretim biriminden oluşan ve kayıpların ihmal edildiği test sistemi kullanılmış olup, yük talebi 10500MW'dır. Kayıp katsayıları Referans (Duman ve ark.,2015) ve (Vlachogiannis ve ark.,2009) 'dan alınmıştır. Tablo 3'te KGSA ile elde edilen değişken değerleri verilmiş ve Tablo 4'te KGSA'dan elde edilen maliyet değerleri literatürde yer alan diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Değişken Değerleri ve Karşılaştırma Sonuçları

Üniteler	KGSA	Üniteler	KGSA
P1	110,7998	P21	523,2794
P2	110,7998	P22	523,2794
P3	97,3999	P23	523,2794
P4	179,7331	P24	523,2794
P5	87,7999	P25	523,2794
P6	140	P26	523,2794
P7	259,5997	P27	10
P8	284,5997	P28	10
P9	284,5997	P29	10
P10	130	P30	87,79989
P11	94	P31	190
P12	94	P32	190
P13	214,7598	P33	190
P14	394,2794	P34	164,7998
P15	394,2794	P35	194,3978
P16	394,2794	P36	200
P17	489,2794	P37	110
P18	489,2794	P38	110
P19	511,2794	P39	110
P20	511,2794	P40	511,2794
GSA ($/sa)		128161,5826	
KGSA ($/sa)		**121412,5412**	

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 10500 MW talep güç için **121412,5412** değeri ile KGSA'nın en uygun maliyeti sağladığı açıkça görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Ekonomik Yük Dağıtımı uzun yıllardan bu yana var olan ve günümüzde popülerliğini sürdüren en önemli optimizasyon problemlerinin başında gelmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada Valf Nokta Etkili Ekonomik Yük Dağıtımı Problemini çözmek amacıyla Kaotik Güve Sürü Algoritması (KGSA) probleme uygulanmıştır. Problemin çözümünde önerilen yöntem olan KGSA, 13 ve 40 termal üretim biriminden oluşan sistem ile iletim kaybı göz önünde bulundurulduğu ve dikkate alınmadığı duruma göre test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kaotik güve sürü algoritması, güve sürü algoritması ile karşılaştırıldığında KGSA'nın problemin çözümünde etkili bir yöntem olduğu açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

Basu M. (2013), Artificial bee colony optimization for multi-area economic dispatch, *International Journal of Electrical Power Energy Systems*, 49, pp. 181–187.

Cheng, P. H., Chang, H. C. (1995). Large scale economic dispatch by genetic algorithm, *IEEE Transactions on Power Systems*, 10(4), 1919-1926.

Duman, S., Güvenç, U. Yörükeren, N. (2010), Gravitational search algorithm for economic dispatch with valve-point effects, *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 5(6), 2890-2895.

Duman, S., Yorukeren, N., Altas, I. H. (2015), A novel modified hybrid PSOGSA based on fuzzy logic for nonconvex economic dispatch problem with valve-point effect, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 64, 121-135.

Gaing, Z-L. (2003), Particle swarm optimization to solving the economic dispatch considering the generator constraints, *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(3), 1187-1195.

Garg, R., Sharma, A. K. (2008), Economic Generation and Scheduling of Power by Genetic Algorithm, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 4(12), 1142-1149.

Jayabarathi, T., Jayaprakash, K., Jeyakumar D. N., Raghunathan T. (2005), Evolutionary Programming Techniques for Different Kinds of Economic Dispatch Problems, *Electrical Power Systems Research*, 73, 169-176.

Mantegna, R. N. (1994), Fast, accurate algorithm for numerical simulation of Lévy stable stochastic processes, *Physical Review E*, 49(5), 4677–4683.

Mohamed, A. A. A., Mohamed, Y. S., El-Gaafary, A. A. M., Hemeida, A. M. (2017), Optimal power flow using moth swarm algorithm, *Electric Power Systems Research*, 142, 190–206.

Panigrahi, B.K., Pandi, V. R. (2008), Bacterial foraging optimization: Nelder-Mead hybrid algorithm for economic load dispatch, *IIET Generation, Transmission & Distribution*, 2(4), 556-565.

Sinha, N., Chakrabarti, R., Chattopadhyay, P. K. (2003), Evolutionary programming techniques for economic load dispatch, *IEEE Transaction Evolutionary Computation*, 7(1), 83-94.

Travers, D. L., Kaye R. J. (1998), Dynamic dispatch by constructive dynamic programming, *IEEE Transactions on Power Systems*, 13(1), 72–80.

Vlachogiannis, J. G., Lee, K. Y. (2009), Economic load dispatch - A comparative study on heuristic optimization techniques with an improved coordinated aggregation based PSO, *IEEE Transaction on Power Systems*, 24(2), 991-1001.

Yang, H. T., Yang, P. C., Huang, C. L. (1996), Evolutionary programming based economic dispatch for units with nonsmooth fuel cost functions, *IEEE Transactions on Power Systems*, 11, 112-118.

Walters, D. C., Sheble, G. B. (1993), Genetic Algorithm Solution of Economic Dispatch with Valve Point Loading, *IEEE Transactions on Power Systems*, 8(3), 1325-1332.

Warsono, W., Ozveren, C. S., King, D. J., Bradley, D. (2008), *In proceedings of 43rd International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, 1-5.

Wong, K. P., Fung, C. C. (1993), Simulated annealing based economic dispatch algorithm, *IEEE Proceedings Generation Transmission and Distribution*, 140(6), 509-515.

BÜTİL BÜTİRAT SENTEZİNDE PERVAPORASYON KATALİTİK MEMBRAN REAKTÖR İLE KESİKLİ REAKTÖRÜN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Turgut Can Koloğlugil
Bursa Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
ckologlu @gmail.com

Dr.Derya Ünlü
Bursa Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
derya.unlu @btu.edu.tr

Özet

Günümüz şartlarında ülkemizde ve dünyamızda kimya endüstrisi, artan nüfusun yarattığı taleplerin ivmelenmesine karşılık olarak daha fazla arz sağlamak istemektedir. Ancak geleneksel kimya proseslerinin bu arzı sağlamaya çalışırken yüksek kalitede ürün üretimi, yan ürün bertarafı ve atık yönetimi, proses güvenliği ve verimi, dengeli ve temiz enerji kullanımı gibi hususlarda zorluklar yaşadığı gözlemlenmektedir. Çevresel, sosyal ve ekonomik bazda, kimya endüstrisinin yaşadığı bu problemler bütününe bir çözüm olarak önerilen proses yoğunlaştırma (PI) anlayışları kimya endüstrilerini daha küçük alanlara kurulu, daha temiz enerji kullanan, daha verimli ve güvenli prosesler ile çalışan üretim sahalarına çevirmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda katalitik membran reaktörler proses yoğunlaştırma anlayışının önemli bir elemanı olup; reaksiyonun gerçekleşmesini, katalizlenmesini ve ürünün saflaştırılmasını aynı hacim içerisinde yaptığından, ‘’Önce üret-Sonra Ayır’’ anlayışıyla tasarlanan proseslere göre daha fazla enerji tasarrufu sağlamakta ve çok daha az kurulum alanı talep etmektedir. Bu avantajlara ek olarak yapılan bu çalışmanın da temel hipotezi olan önerme: katalitik membran reaktörlerin vakum altında ayırma işlemi yapması dolayısı ile ‘’Le Chatelier Prensibi’’nden etkin olarak yararlanılarak kesikli reaktörlere göre daha yüksek dönüşümlere ulaşılmasıdır. Bu hipotezi sınamak adına yapılan çalışmada Fischer esterifikasyonu ile bütil bütirat sentezi incelenmekte olup, elde edilecek sonuçların bu hipotezi destekler nitelikte olmasıyla katalitik membran reaktörlerin polimer, boya, vernik ve gıda gibi birçok kimya endüstrisinde kullanım potansiyeli görülmüş olacaktır. Bu kapsamda yapılan çalışmada; bütirik asit ve bütil alkolün fosfomolibdik asit heterojen katalizörü yüklü katalitik membran eşliğinde gerçekleşen reaksiyon üzerinde sıcaklığın, alkol/asit molar oranının ve katalizör miktarının etkisi incelenmiş olup, bu ölçütleri temel alan reaksiyonun kesikli reaktör ve katalitik membran reaktör üzerinde asit dönüşümü cinsinden olan cevaplar ölçülmüştür. Kesikli reaktör denemeleri üç değişken ve tek cevaplı toplam 15 deney ile yapılmış ve çalışılan reaksiyonun aşırı alkol beslemesi ile sıcaklığa yüksek derecede bağlı olduğu sonucu çıkarılmıştır. Son olarak ise katalitik membran reaktör kullanılarak reaksiyon gerçekleştirilmiş ve katalitik membran reaktörde elde edilen asit dönüşüm değerleri aynı koşullar altında kesikli reaktörde elde edilen asit dönüşüm değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fischer Esterifikasyonu, Pervaporasyon Katalitik Membran Reaktör, Bütil Bütirat

EXPERIMENTAL COMPARISON OF BATCH AND PERVAPORATION CATALYTIC MEMBRANE REACTOR: SYNTHESIS OF BUTHYL BUTYRATE

Abstract

The chemical industry in our world wants to provide more supply in response to the acceleration of the demands of the increasing population. However, it is observed that while traditional chemical processes try to provide this supply, they have difficulties in high quality product manufacturing, by-product disposal and waste management, process safety and efficiency, and balanced/clean energy use. The process intensification (PI) approaches, which are proposed as a solution to these problems experienced by the chemical industry on an environmental, social and economic basis, aim to turn

chemical industries into smaller production areas that use cleaner energy, work with more efficient and safer processes for the same or higher product quality and capacity.With this vision we can say catalytic membrane reactors are an important elements of process intensification approaches due to the reaction, catalysis and purification takes place in the same volume. So catalytic membrane reactors provides more energy savings and demands much less installation space than the traditional chemical processes.The main hypothesis of this study is : the catalytic membrane reactors can be used to make the Le Chatelier Principle more efficient due to operating the reactor under negative pressure and permeability of the product which is dislocating the equilibrium to product side . To test this hypothesis : the synthesis of butyl butyrate with Fischer esterification is examined. The effect of temperature, buthyl alcohol/butyric acid molar ratio and the quantity of heterogeneous phosphomolybdic acid catalyst was investigated. Batch reactor trials were conducted 15 experiment to build a statistical model.Then, acid conversions were compared by repeating the selected four experimental set on the catalytic membrane reactor. If the results will support the hypothesis , the potential of the catalytic membrane reactors will be seen in many chemical industries.

Keywords: pervaporiton catalytic membrane reactor, fischer esterification, butyl butyrate

1. GİRİŞ

18. Yüzyıldan günümüze kadar olan süreci ele aldığımızda: kaliteli, güvenilir ve ucuz kimyasallara olan artan talebe karşılık arz sağlamaya çalışan kimya endüstrisi hammadde ve enerji kaynaklarını çoğunlukla ekonomik kaygılar içerisinde kullanmıştır. Ancak günümüz dünyasında çevreye verilen zararın (aşırı enerji kullanımı , zararlı atık maddelerin uygun olmayan yollarla bertarafı vs.) devlet politikalarıyla desteklenmiş yoğun cezalar ile karşılaşması yanı sıra ozon tabakasının incelme hızı , karbondioksit salınımının artışı , taze içilebilir su kaynaklarının azalması ve küresel ısınmada ki hızlı artış gibi küresel faktörler bilimsel çalışmalar ile ortaya konulmuş olup (Ripple ve ark., 2017) bu durum bizlere kimya endüstrisinin gelecekte en az ekonomik kaygılar kadar çevresel kaygılara da sahip olacağını göstermektedir. Bu bakış açısıyla endüstrinin devamlılığı ancak arz sağlayacağı bir dünyanın devamlılığına bağlı olduğundan ‘’Sürdürülebilirlik’’ ve ‘’Yeşil Mühendislik’’ kavramları günümüzde kayda değer bir popülariteye sahip olmakla birlikte mühendislik eğitimi içerisinde formal bir gereklilik halini almıştır. Bir kimya tesisini sosyal, ekonomik ve çevresel bazda değerlendiren yeşil mühendislik prensibi, tüm bu boyutları alt başlıklara ayırarak toplum için maksimum fayda ve toplum yaşamına minimum hasar noktasına ulaşmayı gözetirler (Garcia-Serna ve ark., 2007).

Gün geçtikçe daha fazla yeşil teknolojiyi uygulamaya koyan kimya endüstrisi, gerçekleştirdiği bu evrimle birlikte kimya mühendisinin işletmede ki rolünü daha önemli hale getirmekte ve bu rolü yeniden tanımlamaktadır. Yapılan çalışmalarda firma sürdürülebilirliği ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlara bölündüğünde yapılacak bir önem analizi sonrası ortaya çıkan faktörlerin yarısından fazlasının (%53) kimya mühendisinin elinde olduğu hesaplanmıştır (Othman ve ark., 2010) .Bu sürdürülebilirlik modelleri içerisinde sosyal ve çevresel boyutlarda ki etkinliği ön plana çıkan kimya mühendisinin dört temel görevi vardır (Charpentier, 2007) bu görevler: Proses kapasitesini ve seçiciliği arttırmak, Ürün tasarımı ve proses metodolojisini yeni bakış açılarıyla değerlendirmek, hesaplamalı kimya mühendisliği simülasyonlarını moleküler düzeyden üretim düzeyine taşımak ve yapılan bu araştırmanın çalışma konusu olan birden fazla işlemi tek hacimde gerçekleştirerek enerji , zaman ve nitelik artışına sebep olacak proses yoğunlaştırmaları (Process Intensification) gerçekleştirmektir. Yeşil mühendislik ve sürdürülebilirliğin bir alt çalışması olarak proses yoğunlaştırma yaklaşımları bir kimyasal prosesi daha az karmaşık hale getiren, daha küçük kurulum alanlarına indirgeyen, enerjiyi daha verimli kullanan ve çevresel zararı minimize etmeye yarayacak kimya mühendisliği iyileştirmeleri olarak tanımlanabilirler. Tam bu noktada pervaporasyon katalitik membran reaktörler (PCMR) aynı hacimde gerçekleştirdikleri kataliz, reaksiyon ve ayırma görevleri dolayısıyla ‘’Yoğunlaştırılmış’’ birer prosestir (Charpentier, 2007). Pervaporasyon akı anlamına gelen İngilizce ‘’Permeate’’ ve buharlaşma anlamına gelen ‘’Vaporazation’’ kelimelerinin bir birleşimi olup membran içerisinden buhar fazında geçmekte olan akıyı ifade etmektedir. Katalitik membranlar ise katalizör parçacıklarının membran içerisine gömülü olma durumunu ifade etmektedir. Dolayısıyla PCMR elemanlarının görevi aynı hacim içerisinde reaktanların katalizör ile buluşmasını sağlayıp reaksiyon sonucu çıkacak ürünü veya içeride ki herhangi bir maddeyi ortamdan buhar fazında

ayırmasıdır. Vakum altında çalıştırılan PCMR elemanları bu özellikleri sayesinde denge reaksiyonlarına son derece elverişlilerdir. Pervaporasyon katalitik membran reaktörler proses yoğunlaştırma stratejileri arasında önemli bir yer teşkil etmekte olup yapılan çalışmalarda son yıllarda ki popüleritesinin giderek arttığı görülmüştür (Fontananova ve Drioli, 2014).

Gerçekleştirilen reaksiyonun karakterinin bilinmesi halinde PCMR elemanları yoğunlaştırılmış bir proses elemanı olarak üretim kalitesinin arttırıcı birer eleman özelliği de gösterebilirler. Pervaporasyon katalitik membran reaktörler üstlendikleri görevler dolayısıyla operasyonel açıdan kimya mühendisine oldukça geniş imkanlar sunmaktadır. Bu noktada Fischer esterifikasyonunun endüstriyel ölçekte çok geniş kullanım alanına sahip olmakla birlikte ürünler tarafında açığa çıkacak suyun membran tarafından ortamdan uzaklaştırılması dolayısı ile ileri reaksiyon hızı tetikleneceğinden bu reaksiyonun PCMR elemanlarında denenmesi endüstriyel uygulamaya çevrilebilecek önemli sonuçlar barındırmaktadır. Bu perspektif ile yapılan çalışmada özellikle yakıt katkı maddesi olarak kullanılması hedeflenen ancak gıda ve kozmetik endüstrisinde de talep gören bir kimyasal olarak bütil bütiratın sentezi: sıcaklık, aşırı alkol beslemesi ve katalizör miktarı değişkenleri ile incelenmiş ve sonuçlar PCMR denemesi ile karşılaştırılmıştır.

2.TEORİK TEMEL

2.1 Bütil Bütirat Sentezi ve Le Chatelier Prensibi

Bütil bütirat özellikle gıda ve kozmetik sektöründe aroma verici olarak kullanılan renksiz , suda çözünmeyen bir ester yapısıdır. Fischer esterifikasyonu dolayısıyla alkol ve karboksilik asit reaksiyona girerek ester yapısı ve su ortaya çıkar. Bütil bütirat : Bütanol ve bütirik asit birlikteliğinde Fischer esterifikasyonu mekanizmasıyla sentezlenebilir. Bu sentezin bir denge reaksiyonu olması dolayısıyla, sıcaklığın , aşırı alkol beslemesinin ve katalizör seçiminin reaksiyon verimi üzerindeki etkisi yüksektir (Rahmana ve ark., 2017).Yapılan çalışmalarda aşırı alkol beslemesinin ve sıcaklığın reaksiyon verimini arttırdığı gözlemlenmiş olup bu reaksiyon organik (Santos ve Castro , 2006) (Zhang ve ark., 2016) ve inorganik.(Han ve ark., 2011) katalizörler ile gerçekleştirilebilindiği görülmüştür. Yine yapılan bu çalışmalarda reaksiyonun asit yapıları ile katalizlendiğine dikkat çekmek gerekir. Fischer esterifikasyonu bir denge reaksiyonun olduğundan Le Chatelier ilkesi reaksiyon üzerinde doğrudan etkilidir. Le Chatelier ilkesi sisteme bozucu bir etki verildiğinde sistemin bu etkiyi onaracak yönde hareket edeceğini işaret eder. Yapılan bu çalışmada ; bütil bütirat sentezi sırasında açığa çıkacak su molekülleri membran yardımıyla buhar fazında ortamdan uzaklaştırılacaktır. Le Chatelier prensibine göre sistem ortamdan ayrılan suyu tekrar sentezleme davranışı göstereceğinden reaksiyon ürünler tarafına kayacak ve bütil bütirat sentezi hızlanacaktır.

2.2 Çalışmanın Sunduğu Hipotezler

Bölüm 2.1 ‘de değinilmiş temeller kapsamında yapılmış olan bu çalışmanın ortaya attığı iki hipotez mevcuttur. Birinci hipotez: Bütirik asit ve bütanolden bütirik asit sentezinin sıcaklık, aşırı alkol beslemesi ve fosfomolibdik asit (katalizör) miktarlarına göre incelenerek verilen bu üç parametreye bağlı güvenilir bir ampirik model ile ifade edilebileceği hipotezidir. İkinci ve çalışmanın asıl hipotezi ise aynı değişkenler ile yapılacak bütil bütirat sentezinde pervaporasyon katalitik membran reaktörlerin kesikli reaktöre göre daha yüksek dönüşüm sağlayacağı hipotezidir.

3. MATERYAL VE METOD

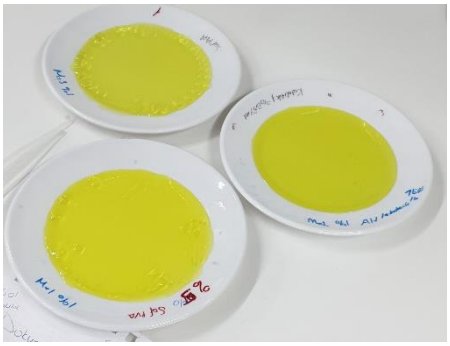
3.1 Membranların Hazırlanması ve Membran Testleri

Polivinil Alkol (PVA) suda çözünebilen , hidrofilik sentetik bir polimerdir. Yapılan çalışmalarda PVA membranların hidrofilisitesi , termal dayanımları ve mukavemetleri gösterilmiş olup (Dong ve ark., 2010) bu membranların PCMR elemanlarında kullanımı uygun görülmüştür. Membranlar PCMR elemanına yerleştirilmek üzere laboratuvar koşullarında üretilmiştir.Sistemde kullanılan PVA membranlar iki tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalardan ilki %5 ‘lik PVA içeren sulu çözeltiden elde edilmektedir. Diğer tabaka ise katalitik tabaka olarak isimlendirilir ve %2.5 PVA ile deney şartlarını

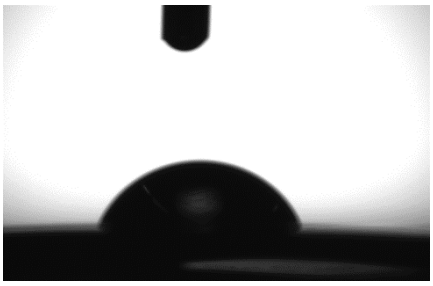
sağlamak üzere eklenecek fosfomolibdik asit miktarını içeren sulu çözeltiden elde edilir. Saf membran tabakası bir yüzeye dökülür ve kurumasına yakın bir aşamada üzerinde katalitik tabaka eklenerek membran kurumaya bırakılır.Kurumaya bırakılan membranlar şekil 1'de gösterilmiştir.Hazırlanan membranlar kurumalarının ardından şişme testine tabi tutulmuş ve membranların şiştiği gözlemlenmiştir.Polimer zincirleri arasında ki boşluğun fazlalığı oldukça hidrofilik olan PVA malzemesinin suyu gereğinden fazla çekmesine neden olmuştur. Bu durum membran seçiciliğini etkileyeceğinden polimer zincirleri arasında ki boşlukları doldurmak adına Tetraetil orto-silikat (TEOS) ajanıyla membranlar çapraz bağlanmış ve zincir dallanması arttırılmıştır.Yapılan çalışmalardan PVA malzemesinin çapraz bağlanma ajanlarına karşı tepkileri bilindiğinden (Ahmad ve Ark., 2011) çapraz baglama işlemi yaklaşık iki saat dolaylarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda ek olarak membranların su ile temas açıları ölçülmüş (şekil 2)ve bu temas açısının 56-60 derece dolaylarında olması sebebiyle membranların hidrofilik özelliklerini koruduğu gözlemlenmiştir.

3.2 Deney Sistemleri ve Deneysel Tasarım

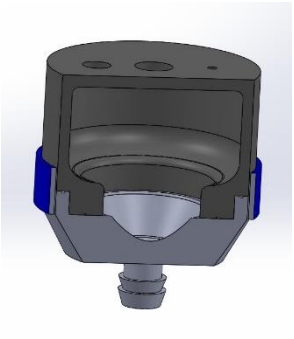
Birinci hipotezi sınamak üzere üç parametrenin dönüşüme olan etkisini incelemek üzere toplamda 15 deney gerçekleştirilmiştir. Tasarım parametreleri için sıcaklık 60-70-80 °C'lerde, aşırı alkol besleme molar oranı(m=BOH/BA) 1-2-3 ve %Asit cinsinden katalizör miktarları 0.5-1-1.5 seviyeleri ile çalışılmıştır. Deney sistemi 70 ml reaksiyon hacimleri ile oluşturulmuş olup geri soğutuculu kesikli reaktör düzenindedir ve her deneme için saat başı titrasyon işlemi yapılarak Bütirik asit dönüşümü takip edilmiştir. İkinci hipotezi sınamak üzere ise PCMR sistemi PCMR Elemanı ve karıştırıcısı , membrandan çıkacak buharı yoğuşturmak üzere azot kapanları ve sistemde negatif basıncı sağlayacak vakum pompasından oluşmaktadır. PCMR denemesinde de reaktör (şekil 3) içerisinde ki Bütirik asit dönüşümü saat başı alınan numuneler ile takip edilmiştir. PCMR denemesinde çalışılan koşullar 30 °C sıcaklık, 2 molar oranında alkol/asit beslemesi ve %1A katalizör şartlarıdır. Hipotez 2'nin sınanması; kesikli reaktör denemeleri sonucunda oluşturulacak ampirik modelden alınan dönüşüm değeri ile PCMR denemesinden elde edilecek dönüşümlerin karşılaştırılması ile yapılacaktır.



Şekil 1 : Kurumaya bırakılan membranlar



Şekil 2: Temas Açısı Ölçümü

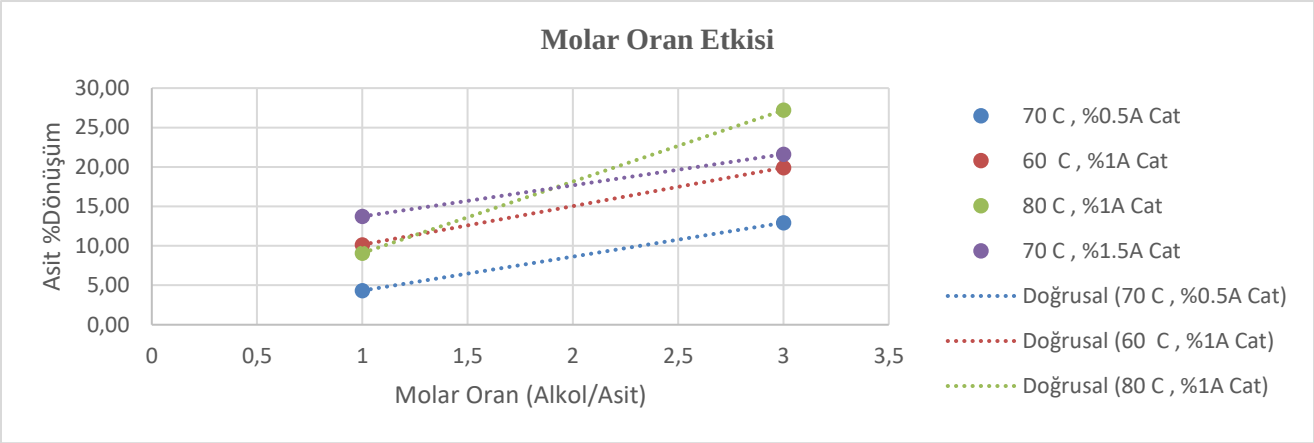


Şekil 3 : PCMR CAD Görseli

4. SONUÇLAR

4.1 Kesikli Reaktör Denemesi: Molar Oran Etkisi

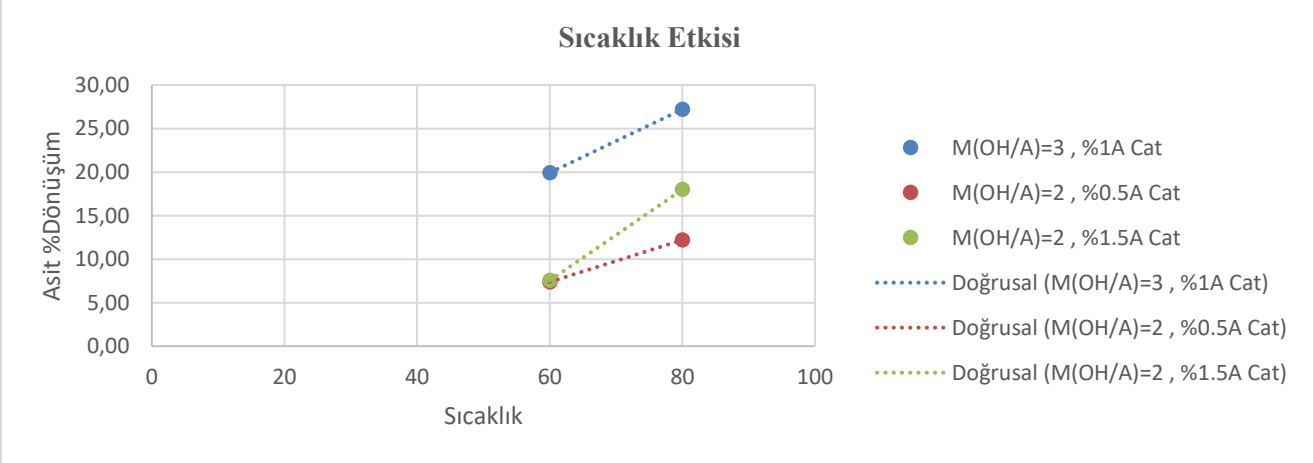
Le Chatelier prensibine göre aşırı alkol beslenmesi halinde reaksiyonun yönü aşırı alkolü harcama yönüne kayacağından bütil bütirat oluşumu yani asit dönüşümü artacaktır. Bütanol/bütirik asit oranları için (m=1,2,3) değişkenlerinin asit dönüşümüne etkisi şekil 4'te grafiğe aktarılmış olup molar oranın etkisinin dönüşüm üzerinde ki etkisinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4: Kesikli Reaktör Deney Sonuçları: Molar oran etkisi

4.2 Kesikli Reaktör Denemesi: Sıcaklık Etkisi

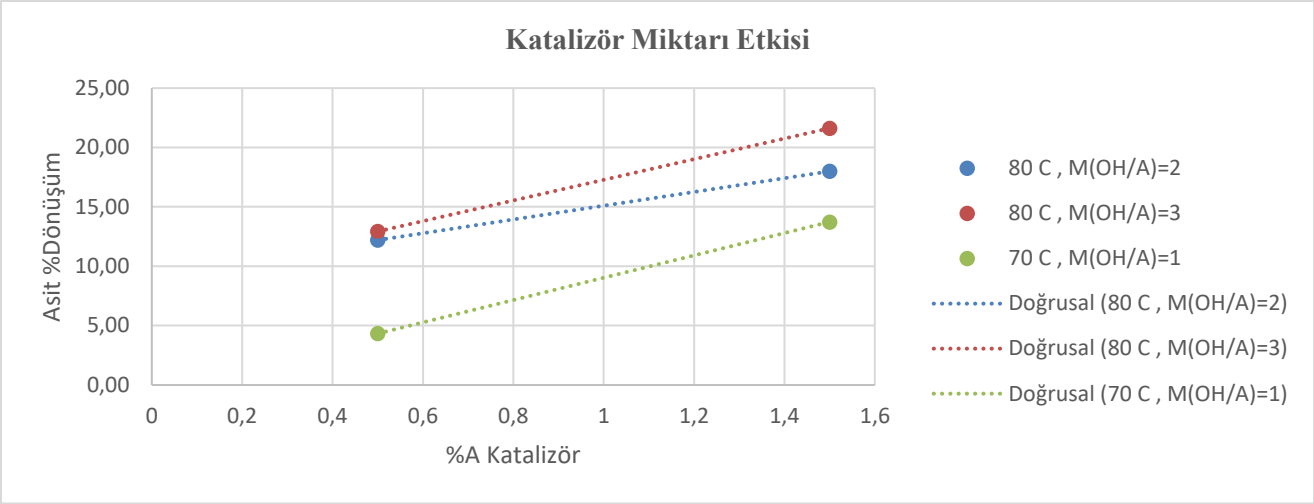
Yine Le Chatelier prensibine göre sisteme dışarıdan bir sıcaklık verildiğinde sistemin bu sıcaklığı absorplayacağı yorumu deney sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir. İleri yönlü endotermik olan bütil bütirat sentezinde sisteme verilen ısı arttıkça dönüşümün arttığı şekil 5'te gösterilmiştir. 60, 70 ve 80 °C'lerde çalışılan sıcaklık parametresinin molar oran ve katalizör miktarı kadar etkisi olmasa da asit dönüşümü üzerinde büyük etkisi olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5 : Kesikli Reaktör Deney Sonuçları : Sıcaklık etkisi

4.3 Kesikli Reaktör Denemesi : Katalizör Etkisi

Deney setlerinde kullanılacak bütirik asit kütlelerinin %0.5 , %1 ve %1.5 oranlarında , membranın katalitik tabakasına yüklenmesi ile yapılan bu çalışmada katalizör miktarının etkisi şekil 6'da belirgin bir şekilde gözlemlenmekte olup beklenildiği üzere katalizör miktarı arttıkça asit dönüşümünün arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum asit ve alkol moleküllerinin membran yüzeyinde çarpmasıyla reaksiyon aktivasyon enerjisinin düşmesi ve ileri yönlü tepkime sayısını arttırması ile açıklanmaktadır.



Şekil 6 : Kesikli Reaktör Deney Sonuçları : Katalizör Etkisi

4.4 Kesikli Reaktör için Ampirik Model

Yapılan deneyler sonrasında elde edilen veriler ile dönüşüm y ,Sıcaklık x_1, molar oran x_2 ve katalizör miktarı x_3 olarak kodlandığında %70 regresyon doğruluğu ile ulaşılan model denklem 1 ile gösterilmiştir:

$$y = 0.002687044 * x_1 + 0.055466487x_2 + 0.060125208x_3 - 0.230782194 \quad (1)$$

4.5 PCMR Denemesi Sonucu

Bölüm 4.1'de bahsedilen mekanizmaya benzer olarak PCMR denemesinde sistemden ayrılan su molekülleri dolayısıyla reaksiyon yönü daha fazla su sentezleyecek yöne kaydırması söz konusudur. Nitekim 30 santigrat gibi düşük bir sıcaklıkta %20.7'lik bir asit dönüşü elde edilmiş olup Kesikli reaktörde yapılan denemelerde bu dönüşüm ancak yüksek molar oran , yüksek katalizör miktarı ve 80 °C dolaylarında elde edilebilmiştir. Gözlenen bu durumun ampirik model ile matematiksel değerlendirmesi bölüm 5.2'de yapılmıştır. PCMR denemesi koşulları ve sonucu tablo 1 'de gösterilmiştir:

Tablo 1: PCMR Denemesi Sonucu

Sıcaklık°C	Molar Oran (BOH/BA)	Katalizör Miktarı(%A)	Maks. %Asit Dönüşümü
30	2	1	20.7

4.6 Hipotez 1'in Sınanması

Elde edilen sonuçlar ışığında bütil bütirat sentezinin yüksek sıcaklık ve aşırı alkol beslemesine karşılık asit dönüşümünün arttığı gözlemlenmiştir. Katalizör miktarı için de aynı durumdan söz edilse de katalizör miktarlarının çok düşük olması sebebiyle kurulan korelasyonda hataya sahip olduğu düşünülmektedir. Nitekim elde edilen model denklemin regresyon doğruluğu %70 dolaylarında hesaplanmış olup bu değer reaksiyon sistemine ait güvenilir bir cevap oluşturmamaktadır. Dolayısıyla hipotez 2 reddedilmiş olup bu durum regresyon doğruluğunu %90 ve üzeri seviyelere ulaştırmak için deneysel tasarıma ek deneyler eklenmesi gerektiğini göstermiştir.

4.7 Hipotez 2'nin Sınanması

Birinci hipoteze göre regresyon doğruluğu %70 olarak bulunmuştu. Bu durum hipotez 1'in reddedilmesine sebep olsa da PCMR denemesinde çalışılan koşullar (m=2, T=30°C, Cat=%1.5A)

oluşturulan ampirik modele yerleştirildiğinde dönüşüm tahmini %5 olup bu değer regresyon hatası ile çarpıldığında %6,6 dolaylarında bir dönüşüm değerine ulaşılmaktadır. Yani PCMR denemesi şartlarında kesikli reaktörde yapılacak bir deneyde maksimum %6.6 gibi bir dönüşüme ulaşılabilecekken, PCMR denemesinde %20'lik bir asit dönüşümüne ulaşılması hipotez 2'nin doğrulanmasına ve kabul edilmesine sebep olmuştur. Aynı koşullarda gerçekleştirilecek Fischer esterifikasyonlarında PCMR elemanları, kesikli sistemlere göre çok daha yüksek dönüşüm değerlerine ulaşmaktadır.

5.TARTIŞMA

Belirtilmelidir ki bütirik asidin maksimum seviyede bütil bütirata dönüşümü bu çalışmanın hipotezlerinden biri olmayıp hipotez 1 ile sınırlanan kapsam reaksiyonu tanımak için atılmış bir adım olarak görülebilir. Bu bakış açısıyla yapılan regresyon %30'luk bir hataya da sebep olsa da bütil bütirat sentezinin bu üç parametre ile yapılacağı devam çalışmalarına ışık tutacak niteliktedir. Nitekim alınan sonuçlar göstermiştir ki kesikli reaktör sisteminde daha yüksek asit dönüşümleri amaçlanıyorsa sıcaklık değerlerinin 90-120 °C aralığında olması asit dönüşümünü istenen boyutlara getirebilir. Buna karşılık olarak katalizör miktarının dönüşüme etkisi çok fazla olduğu görülmüş , fosfomolibdik asitin kataliz yeteneği kanıtlanmıştır. Yapılan çalışmada deney setleri incelendiğinde molar oran-sıcaklık ve molar oran-katalizör parametrelerinin birlikte değerlendirilmesi ile ulaşılan dönüşüm değerleri bu ikili incelemerin önemini göstermiş ve ileride yapılan çalışmalarda faktöriyel deneysel tasarımların kullanılması gerektiği anlaşılmıştır.

Reaksiyonun tanınmasının ardından edinilen bilgiler ile tasarlanan PCMR denemesinde, kesikli reaktör ampirik modeline göre çok daha yüksek dönüşümlere ulaşılmıştır. Bu çalışma proses yoğunlaştırma yaklaşımlarıyla düşünen bir kimya mühendisine, proses içerisinde geleneksel yöntemlerden ziyade neden pervaporasyon katalitik membran reaktör kullanılması gerektiğine dair bir referans örneği görevi görmektedir. PCMR elemanlarında ulaşılan yüksek dönüşümün yanı sıra bu sistemlerin enerjiyi daha verimli kullanan sistemler olduğu ve katalizörün membran içerisine gömülü olması dolayısıyla elde edilecek üründen katalizörün ayrıştırılması işlemine ihtiyaç duyulmadığından son derece çevre dostu bir üretim tekniği olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

1) Ripple W., Wolf C., Newsome T., Galetti M., Alamgir M., Crist M., Mahmoud M., Laurance W. 2017. World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice, *BioScience, 67(12), 1026–1028*

2) Garcia-Serna J., Perez-Barrigon L., Cocero M.J. 2007. New Trends for Design Towards Sustainability in Chemical Engineering: Green Engineering. *Chemical Engineering Journal*, 133, 7-30.

3) Charpentier J.C. 2007. In The Frame of Globalization and Sustainability, Process Intensification, a Path to The Future of Chemical and Process Engineering, *Chemical Engineering Journal, 134, 84-92.*

4) Othman M.R., Repke J.U., Wozny G., Huang Y. 2010. A Modular Approach to Sustainability Assessment and Decision Support in Chemical Process Design, *Ind. Eng. Chem. Res*, 49, 7870–7881

5) Khudsagne C.R., Wasewar K.L. 2017. Process Intensification of Esterification Reaction fort he Production of Propyl Butyrate by Pervaporation. *Resource-Efficient Technologies,* 3(1), 88-93

6) Fontananova E., Drioli E. 2014 . Membrane Reactors: Advanced Systems for Intensified Chemical Processes. *Chemie Ingenieur Technik,* 86, 2039-2050.

7) Han X., Zhou L., 2011 . Optimization of Process Variables in the Synthesis of Butyl Butyrate Using Acid Ionic Liquid as Catalyst . *Chemical Engineering Journal*, 172(1), 459-466.

8) Zhang X., Ouyang K., Liang J., Chen K. Tang X., Han X. 2016. Optimization of Process Variables in the Synthesis of Butyl Butyrate Using Amino Acid Functionalized Heteropolyacids as Catalysts . *Green Process Synth* , 5 , 321-329 .

9) Santos J. C., Castro H. F. 2006 , Optimization of Lipase-catalysed Synthesis of Butyl Butyrate Using a Factorial Design . *World Journal of Microbiology and Biotechnology,* 22(10), 1007–1011.

10) Rahmana I., Manana F., Marzukia N., Mahata N., Attana N., Keyona A, Jamalisa J., Aboul-Eneinb H., Wahaba R. 2017 . A Statitical Approach For Optimizing The High Yield Green Production Of The Flavor Ester Butyl Butyrate . *Jurnal Teknologi,* 79(7), 141-151.

11) Dong Q., Liu J., Yao C., Shao G. 2010 . Poly(vinyl alcohol)-Based Polymeric Membrane: Preparation and Tensile Properties . *Journal of Applied Polymer Science*, 122(2), 1350–1357.

12) Ahmad A.L., Yusuf N.M., Ooi B.S. 2011 . Preparation and Modification of Polyvinyl Alcohol Membrane : Effect of Crosslinking Time Towards Its Morphology . *Desalination,* 287, 35-40.

RETRO-REFLEKTİF SENSÖRLER İLE TAKOGRAF KALİBRASYONU

Bilal ERTEKİN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
bilalertkn@gmail.com

Prof.Dr.Sarp ERTÜRK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
sertur@kocaeli.edu.tr

Özet

Karayolu yolcu ve yük taşımacılığı yapan araçlarda takograf cihazının bulunması zorunludur. Takograf, aracın hızını, sürücülerin çalışma ve dinlenme sürelerini ölçen ve bu bilgileri çalışan sürücünün kimlik bilgisi ile kaydeden, istenildiğinde üzerinde bulunan ekran ile veya dahili yazıcısından detay rapor veya grafik olarak çıktı veren cihazdır. Takograf, karayolu yolcu ve yük taşımacılığı yapan sürücülerin yasalarca müsaade edilen çalışma süresini ve hız sınırlarını geçmemesini sağlayarak karayolunda seyahat eden sürücülerin can ve mal güvenliğini sağlar. Takograflar aracın hızını, aracın şaftındaki açısal değişimden hesaplamaktadır. Araç üzerinde bulunan hem elektronik hem de mekanik parçaların çeşitli sebepler ile değişime uğraması sonucunda takograf cihazlarının ölçüm doğruluğu bozulur. Bu sebeple takograf cihazlarının belirli periyotlarda kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Ayrıca takografın ilk kurulumu aşamasında da cihazın kalibre edilmesi gerekmektedir. Takograf cihazları muayene ve damgalama yönetmeliğinde takograf cihazlarının kalibrasyonu ile ilgili hususlar açıkça belirtilmiştir. Retro-reflektif sensörler kızılötesi alıcı ve verici devrelerinden oluşur ve sadece reflektörden yansıyan kızılötesi ışığı algılar. Bu sensörlerin en önemli özelliği dış etkilerden mümkün olduğunca izole olması ve uzun mesafelerde çalışabilmesidir. Bu çalışmada retro-reflektif sensörler ile aracın yer değiştirmesi hassas olarak tespit edilip takograf cihazları kalibre edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kalibrasyon, takograf, retro-reflektif sensör

Tachograph Calibration with Retro-Reflective Sensors

Abstract

It is mandatory to have a tachograph device on vehicles carrying road passenger and cargo transportation. Tachographs are devices that measure the speed of the vehicle, the working and rest periods of the drivers, and record this information with the working credential of the driver, and produce a detailed report or graphic output from the internal printer or on the screen. The tachograph ensures that drivers do not exceed the permissible working time and speed limits of the drivers and thus ensure the safety of life and property of the drivers. Tachographs calculate the speed of the vehicle from the angular change in the shaft of the vehicle. The measurement accuracy of the tachograph devices is impaired as a result of both electronic and mechanical parts being replaced by various reasons. Therefore, it is necessary to calibrate the tachograph devices at certain intervals. In addition, the device must be calibrated during the initial setup of the tachograph. In the inspection and stamping regulations of the tachographs, the issues related to the calibration of the tachograph devices are clearly specified. Retro-reflective sensors consist of infrared receiver and transmitter circuits and only detect infrared light reflected from the reflector. The most important features of these sensors are that they are isolated from external influences as much as possible and can be operated over long distances. In this study, with the retro-reflective sensors, the displacement of the vehicle is detected precisely and the tachograph devices are calibrated.

Keywords: calibration, tachograph, retro-reflective sensor

1. GİRİŞ

Türkiye'de 1983 yılında takograf cihazı kullanımı yasalarca zorunlu hale getirilmiştir. Analog, elektronik ve sayısal tipte üç çeşit takograf bulunmaktadır. Takograf, aracın hızını, sürücülerin çalışma ve dinlenme sürelerini ölçerek, bu hususları ihlal eden araç sürücülerini cezalandırılmasıyla sürücülerin kurallara uygun araç kullanmalarını sağlar. Sürücülerin takograf cihazlarında birtakım sahtekarlıklar yapabilmesi sebebi ile ülkemizin de kabul ettiği "Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmalarına İlişkin Avrupa Anlaşması (AETR)" uyarınca 2010 yılından itibaren ülkemizde taşımacılık yapan araçlarda Sayısal Takograf kullanımı zorunlu hale gelmiştir.

Sayısal takograflar aracın hızını, aracın şaftındaki açısal değişimden hesaplamaktadır. Araç üzerinde bulunan hem mekanik hem de elektronik parçaların değişime uğraması sonucunda sayısal takografların ölçüm doğruluğu bozulur. Ölçüm doğruluğunun sağlanması için takografların kalibre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca takografların ilk kurulumu aşamasında da cihazın kalibre edilmesi gerekmektedir. Takograf cihazları muayene ve damgalama yönetmeliğinde takograf cihazlarının kalibrasyonu ile ilgili hususlar açıkça belirtilmiştir.

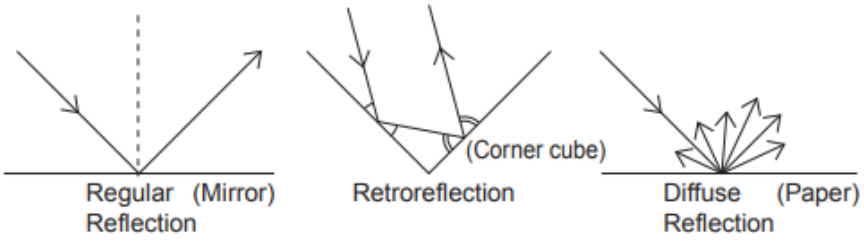
Bu çalışmada takograf cihazlarını kalibre edecek bir cihaz geliştirilmiştir. Cihaz reflektörlerin kızılötesi ışık ile algılanması prensibi ile çalışmaktadır. Takograf kalibrasyonunun retro-reflektif sensörün bulunduğu cihaz ile yapılması için iki adet reflektör belirli mesafe arayla ve belirli yüksekliğe yerleştirilmelidir. Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihaz ise araca yapıştırılmalıdır. Retro-reflektif sensörler reflektörleri algılayarak kalibrasyon yapılır. Cihazın mobil bir yapıda olması için pil ve bluetooth bağlantısı kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihaz tasarlanırken, kablo yoğunluğunu ortadan kaldırmak için cihaz bluetooth haberleşmesi kullanılmıştır. Ayrıca cihazın ihtiyaç duyduğu güç pil tarafından sağlanmıştır.
Cihazın pil ömrünün uzun olması için mümkün olduğu kadar düşük güç tüketmesi amaçlanmıştır. Cihazda kullanılan sensörün çalışma gerilimi pil geriliminden daha yüksek olduğu için Dc-Dc yükseltici çevirici kullanılmıştır. Cihazın içerisindeki işlemlerin gerçekleştirilmesi için ST Microelectronics firmasının STM32 ailesinden bir mikro denetleyici kullanılmıştır. Mikro denetleyicinin beslenmesi için ise lineer voltaj regülatörü kullanılmıştır.

2.1. Retro-Reflektif Sensör

Retro-reflektif sensörler fotoelektrik sensörlerdir. Tek bir kılıf içerisinde bir verici ve alıcıdan oluşur. Verici tarafından üretilen ışık, bir reflektör aracılığı ile alıcıya geri yansıtılır. Küçük boyutlarda olması nedeni ile tercih edilmektedirler. Dış ışık, araya giren nesnenin yansıtıcı etkisi veya rengi performans kayıpları oluşturmaz. Cam veya ayna gibi düz bir yüzey, ışığı geliş açısına eşit bir açıyla yansıtır. Bu tür yansımalara düzenli yansıma denir. Beyaz kâğıt gibi mat yüzeyler ışığı her yöne yansıtır. Işığın bu saçılımına dağınık yansıma denir. Reflektörler ise, birbirine dik üç düz yüzeyden oluşurlar. Yüzeylerden birisine gelen ışık diğer yüzeye yansıdıktan sonra doğrudan ışık kaynağına doğru geri döner. Bu duruma retroreflection denir. Reflektörden yansıyan ışığın gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.



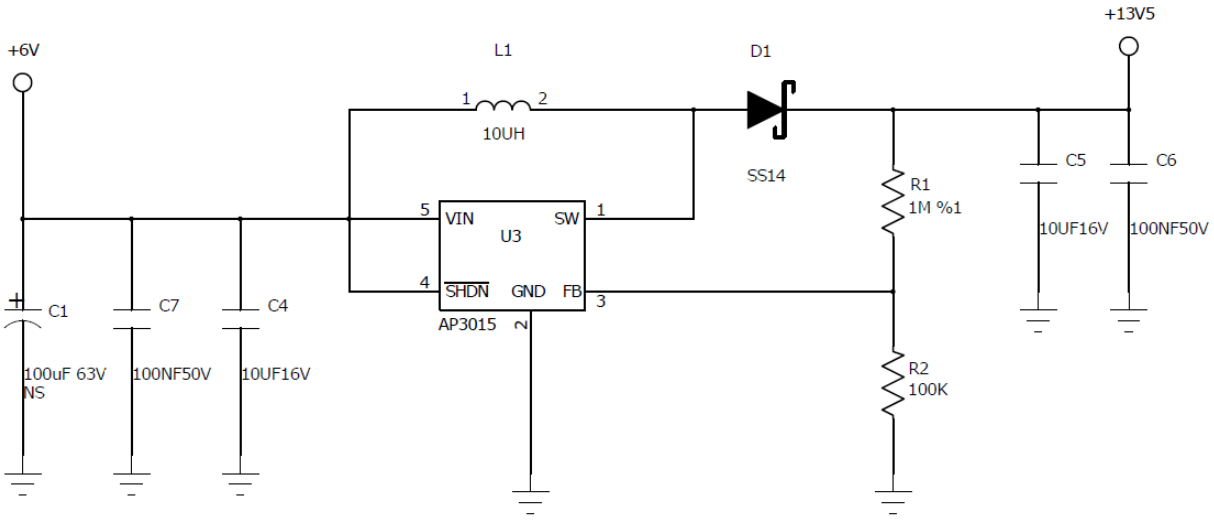
Şekil 1. Reflektör tarafından yansıyan ışık gösterimi

Işık, yatay ve dikey olarak salınan bir dalga olarak temsil edilebilir. Retro-reflektif sensörlerin neredeyse tamamı ışık kaynağı olarak LED kullanır. LED'lerden yayılan ışık dikey ve yatay yönde salınır ve polarize olmayan ışık olarak adlandırılır. Polarize olmayan ışığın salınımlarını sadece bir yöne sınırlayan optik filtreler vardır. Bunlar polarize filtreler olarak bilinir. Polarize edici filtreden geçen bir LED'den gelen ışık sadece bir yönde salınır ve polarize ışık olarak adlandırılır. Alıcının önünde de aynı şekilde yerleştirilmiş polarize filtre bulunmaktadır. Böylelikle bu sensörler dış etkilere karşı bağışıklı hale getirilmişlerdir.

Reflektör ile sensör arasındaki mesafe arttıkça sensöre gelen parazitik ışıklarda artmaktadır. Bu ışıkların etkisinden kurtulmak için Retro-reflektif sensörlerin çoğu, sabit aralıklarla yanıp sönen ışık kullanır. Bu sayede daha uzun mesafelerde çalışması sağlanır.

2.2. Dc-Dc Yükseltici Çevirici Tasarımı

Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihazın düşük güç tüketimine sahip olması istenildiğinden dc-dc yükseltici çevirici de yüksek verimli olarak tasarlanmıştır. Bu projede Diodes markasının AP3015 modeli kullanılmıştır. AP3015 modeli ülkemizden kolay temin edilmesi, frekans modülasyonunu kullanması, küçük pakete sahip olması ve yüksek frekanslarda çalışabilmesi için tercih edilmiştir. Dc-Dc yükseltici çevirici tasarımı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Dc-Dc Yükseltici Çevirici Tasarımı

2.3. Mikro Denetleyici ve Bluetooth

Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihazın düşük güç tüketimine sahip olması istenildiğinden, mikro denetleyici ST Microelectronics firmasının STM32F030K6T6 modeli seçilmiştir. Mikro denetleyici, sensörden gelen veriyi işleyerek bluetooth modülüne uart(Universal asynchronous receiver-transmitter) üzerinden göndermekle görevlidir. Ayrıca haberleşmenin sağlıklı yürütülebilmesi için bir takım işlemleri yapmaktadır. Bluetooth modülü olarak HC-06 modülü kullanılmıştır.

2.4. Lineer Voltaj Regülatörü

Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihaz pil ile çalıştığı için pil geriliminin 6.8-3.6 volt aralığında değişmesi beklenmektedir. Mikro denetleyicinin bu gerilim aralıklarında çalışabilmesi için girişi ile çıkışı arasında düşük gerilimlerde(low dropout) çalışabilen Texas Instruments firmasının TPS76333 lineer voltaj regülatörü kullanılmıştır. Regülatörün çalışabilmesi için katalog bilgilerine göre girişi ile çıkışı arasındaki 300mV fark yeterlidir.

2.5. Sistem Nasıl Çalışır?

Sistemin çalışabilmesi için takograflarda standart olarak bulunan servis ara yüzüne bağlanabilen tablete bir uygulama yazılmıştır. Uygulama takografın yer değiştirme bilgisini, çeşitli parametreleri, takografın saat bilgisini alabilecek şekilde yazılmıştır. Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihaz tablet ile haberleşmektedir. Sistemin çalışması için gerekli olan cihazlar Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Sistemin çalışması için gerekli olan cihazların gösterimi

Tablet üzerinde bulunan "reflektör hazırla" butonuna basıldığında tüm sistemler hazırlanmış olur. Araç ilk reflektörden geçtiği zaman aracın şaftındaki değişim açısal olarak takograf tarafından sayılmaya başlar. Araç ikinci reflektörden geçtiği zaman takograf tarafından sayılan şaftın açısal değişimi iki reflektör arasındaki mesafeye bölünür ve olması gereken K değeri hesaplanır. Hesaplanan K değeri ile takografın K değeri karşılaştırılır, eğer iki K değeri farklı ise hesaplanan K değeri takografa aktarılarak takograf kalibre edilir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada retro-reflektif sensörler kullanılarak takograf kalibrasyonu yapılmıştır. Sistemin tamamen kablosuz çalışması mobilite anlamında kolaylık sağlamıştır. Laboratuvar ortamında gerçeklenen sistemin yüksek verimlilikle çalıştığı gözlenmiştir. Cihaz endüstriyel olarak tasarlandığı için dış parazitlerden etkilenmediği ve kolay üretilebilir olduğu gözlemlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada retro-reflektif sensörler bir tablet uygulaması yardımı ile takografı kalibre edebilmiştir. İleri aşamalarda takograf kalibrasyonu için tablet uygulaması aradan kaldırılarak takograf kalibrasyonu sağlanabilir. Devre yapısı daha fazla geliştirilerek aynı piller ile daha fazla çalışma süresi elde edilebilir.

KAYNAKÇA

Ertan F.(2018), Türkiye'de Sayısal Takograf Sistemi Ve Yeni Nesil Akıllı Takograf Sistemine Geçiş Süreci, Ulaştırma Ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ankara

Omron Corporation, Technical Explanation for Photoelectric Sensors

Ifm Electronic(2003), Training Manual efactor200 photoelectric sensors

Rychter M.(2009), Functıons And Technology Of Dıgıtal Tachographs Systems Wıth Contemporary Telematıc System In Road Transport, On Board Informatıcs Net And Gps System, Transport Problems, Warsaw

Diodes incorporated, AP3015 datasheet.

ST Microelectronics, STM32F030x6 datasheet.

Erturk S, Eyigel L, Celik C, Sahinoglu M, Ay S, Kaya Y, Kaya H(2017), Evaluation of Manual and Automatic Calibration Methods for Digital Tachographs, Vol:11, No:12

Road Safety Authority (RSA), Guide to Digital Tachographs

UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK YAPILAN GÜNEŞ RADYASYONU TAHMİNİNDE KAR ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Aylin KARAKAYA
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Bilimleri, Akademik Enerji Çalışma Grubu(AKEN), Karaman
aylnkrkya@gmail.com

Dr.Selmin ENER RUŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Akademik Enerji Çalışma Grubu(AKEN), Karaman
selmin.enerrusen@gmail.com

Özet

Güneş radyasyonunun kesin olarak belirlenmesi tüm güneş enerjisi sistemleri, iklim değişikliği ve çevresel etkilerin belirlenmesi için son derece önemlidir. Günümüzde güneş radyasyonunun belirlenmesinde klasik tahmin yöntemlerinin yanı sıra geniş alanları kapsaması ve kullanım kolaylığı nedeniyle yaygın olarak uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Bu görüntüler dünyadan yansıyan güneş ışınlarının uydu tarafından algılanması sonucunda elde edilmektedir ve çeşitli hesaplama yöntemleri kullanılarak güneş radyasyonu tahmininde kullanılmaktadır. Yansıma sonucu elde edilen uydu görüntülerinin en önemli problemi gökyüzündeki bulut ve yeryüzündeki kar örtüsünü ayırt edememesidir. Bu nedenle uydu görüntüleri ile güneş radyasyonu tahminlerinde önemli hatalar oluşmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin en çok kar yağışı gözlenen bölgesinde seçilen il için uydu görüntüleri kullanılarak güneş radyasyonu tahmini yapılmıştır. Hesaplanan değerler yeryüzü güneş radyasyonu ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak uydu tahmin sonuçlarındaki hatalar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, karlı (veya çok bulutlu) günlerde uydu görüntüleri kullanılarak yapılan güneş radyasyonu tahmin sonuçlarının açık gökyüzü olan günlerde yapılan tahmin sonuçlarından daha fazla hatalı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Radyasyonu, Kar Etkisi, Uydu Görüntüsü.

DETERMINATION OF SNOW EFFECT IN THE ESTIMATION OF SOLAR RADIATION USING SATELLITE IMAGE

Abstract

The accurate determination of solar radiation is extremely important for all solar energy systems, climate change and environmental impacts. In recent years, because of the wide-reaching and easily available, the satellite imageries are widely used fort he determination of solar radiation as well as conventional estimation methods. These images are obtained as a result of the detection of the sun's rays reflected from the Earth to the satellite and they are used to estimate solar radiation using various computational methods. The most important problem of these satellite images obtained as a result of the reflection is that it cannot distinguish the cloud in the sky and the snow cover on the ground. Fort this reason, there occur some significant errors in the estimation of solar radiation with satellite images. In this study, the solar radiation estimated by using the satellite images for a selected station in the most snowfall observed regions of Turkey. The calculated values were compared to the ground measurements of solar radiation results and the statistical errors are determined. According to the results, the estimation of solar radiation using satellite images on snowy days(or very overcast) was found to be poor than the clear sky day satellite estimation results.

Keywords: Solar Radiation, Snow Effect, Satellite Image.

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarının yetersiz kaldığı ve insanlığın sürekli artan enerji ihtiyacını karşılamaya yardım edebilecek en önemli enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olması, kullana bilirliğinin kolay olması, çevre dostu olması ve yenilenebilir enerji kaynağı olması nedenleriyle diğer enerji kaynaklarına göre daha çok talep edilen bir enerji kaynağıdır. Ülkemiz konumu nedeniyle 36^{o}-42^{o} kuzey paralelleri ile 26^{o}-45^{o} doğu meridyenleri arasında yer alan ve dolayısıyla güneş enerjisi potansiyeli bakımından avantajlı durumdadır (Kırbaş, Çifci, and İşyarlar 2013; Ener Rusen 2015; Karaca, Gürkan, and Yapar 2011). Ülkemizde ortalama günlük güneşlenme süresi toplam 7,2 saat ve günlük toplam güneş radyasyonu değeri 3,6 kWh/m² olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ortalama toplam güneş radyasyonu şiddeti 1311 kWh/m²-yıl'dır. Ülkemiz genelinde yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin en fazla olduğu bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ikinci sırada ise Akdeniz Bölgesi'dir (Ener Rusen 2017).

Kurulan tüm güneş enerjisi sistemlerinden en verimli şekilde yararlanabilmek için güneş radyasyonu ölçümlerinin ve güneş radyasyonu tahminlerinin en kesin şekilde ölçülebilmesi çok önemlidir. Doğru güneş radyasyonu bilgisine ölçüm cihazları kullanan meteorolojik yer gözlem istasyonlarından veya tahmin modelleri kullanılarak belirli hata payları ile ulaşılmaktadır. Yeryüzü gözlem istasyonlarının kurulumu ve işletmesinin pahalı olması, cihaz kalibrasyon problemleri, veri setlerinin toplanması gibi pek çok problem yeryüzünden ölçümlerin yetersiz olmasına neden olmaktadır (Ener Rusen 2013).

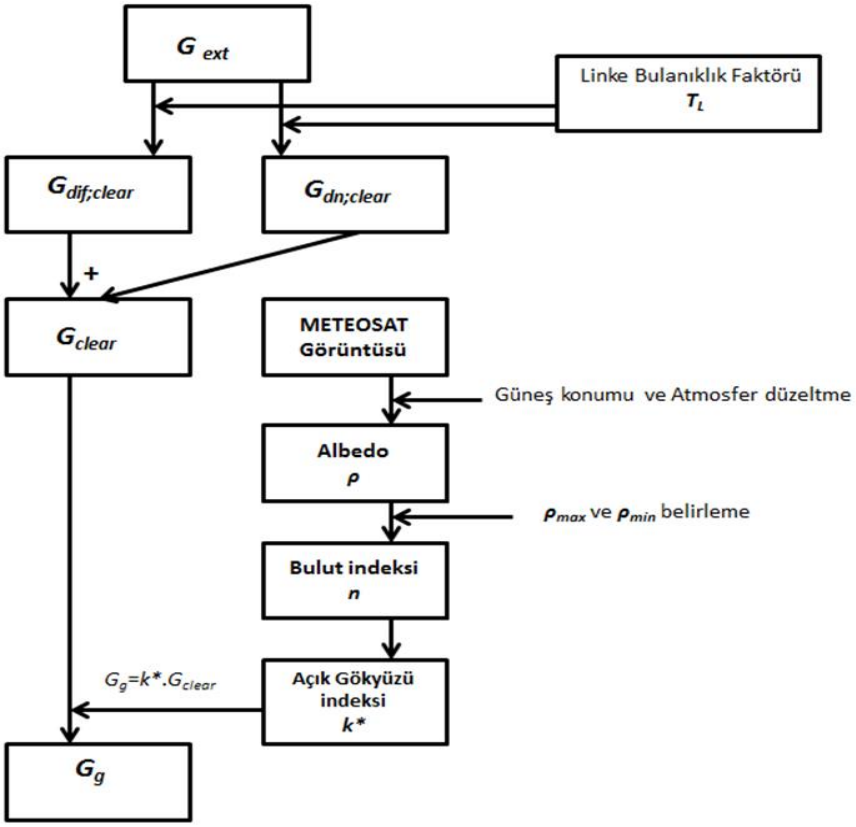
Günümüzde güneş radyasyon tahminlerinin geniş alanları kaplayan uydu görüntülerinin kullanılarak tahmin edilmesi büyük avantajlar sağlamaktadır. Ancak uydu gözlemlerinden elde edilen radyasyon değerleri özellikle kış aylarında yüksek hatalar vermektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin en çok kar yağışı gözlenen bölgesinde seçilen Erzincan ili için uydu görüntüleri kullanılarak güneş radyasyonu tahmini yapılmıştır. Uydu görüntüsü kullanılarak güneş radyasyonu tahmini yapan HELIOSAT metot kullanılmıştır. Ayrıca meteorolojik uydudan ise Erzincan ili için bir yıllık uydu görüntüleri elde edilmiştir. Hesaplanan değerler yeryüzü güneş radyasyonu ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak uydu tahmin sonuçlarında ki hatalar belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Son yıllarda güneş radyasyonunun tahmin edilmesinde geniş alanları kapsaması ve kullanım kolaylığı nedeniyle yaygın olarak meteorolojik uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri dünyadan yansıyan güneş ışınlarının uydu tarafından algılanması sonucunda elde edilmektedir ve çeşitli hesaplama yöntemleri kullanılarak güneş radyasyonu tahmininde kullanılmaktadır. Bu çalışmada güneş radyasyonu tahmini için uydu tabanlı modeller arasında en yaygın olan HELIOSAT Metot kullanılmıştır. Şekil 1'de HELIOSAT Metot hesaplama aşamalarının şematik gösterimi verilmektedir (Beyer, Costanzo, and Heinemann 1996).

Bu şekilde görüldüğü gibi HELIOSAT metot Meteorolojik uydulardan alınan görüntüler üzerinden bulut indesi hesaplamaları yaparak güneş radyasyonu tahmini yapmaktadır. Bulut indeksi hesaplamaları dünyadan yansıyan görüntülerden edildiği için bulut ve kar görüntüsü kış aylarında yeterli oranda ayrıt edilememektedir (Zelenka 2005; Ener Rusen 2018; Hammer et al. 2003).

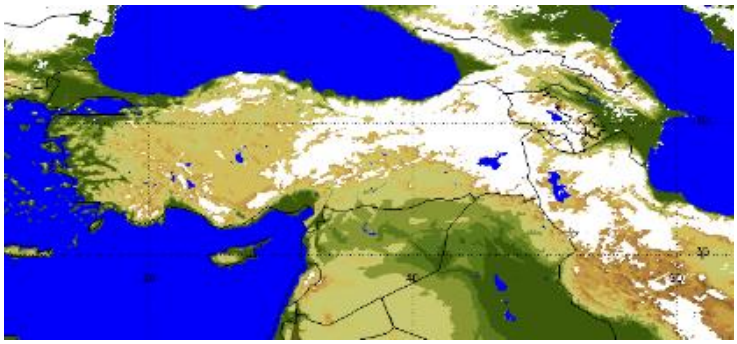
Farklı meteorolojik uydu görüntülerinden Türkiye'nin kar potansiyeli yüksek Doğu Anadolu Bölgesinden seçilen Erzincan ili için HELIOSAT Metot kullanılarak güneş radyasyonu tahmini yapılmıştır. Ayrıca aynı zaman aralığında karlı bölgelerin tespiti için farklı meteorolojik uydulardan görüntüler analiz edilmiştir.



Şekil 1. HELIOSAT Metot hesaplama aşamalarının şematik gösterimi(Ener Rusen 2015)

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Günümüzde uydu görüntülerinin hata oranlarını kış aylarında yüksek olması gökyüzündeki bulut ve yeryüzündeki kar örtüsünü yansıma sonucu ayırt edememesinden kaynaklanmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesinden seçilen Erzincan ili kış aylarında kar potansiyeli yüksek olduğu için bu çalışmada seçilmiştir. HELIOSAT Metot kullanılarak Erzincan ili için güneş radyasyonu tahmini hesabı yapılmıştır. Aynı zaman süresince karlı bölgelerin tespiti için farklı meteorolojik uydulardan Türkiye için görüntüler analiz edilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3'te Türkiye için NOAA uydu görüntüleri kar yağışlı örnek bir gün (1 Ocak 2018) ve kar yağışı olmayan örnek bir gün (1 Mart 2018) için verilmiştir.



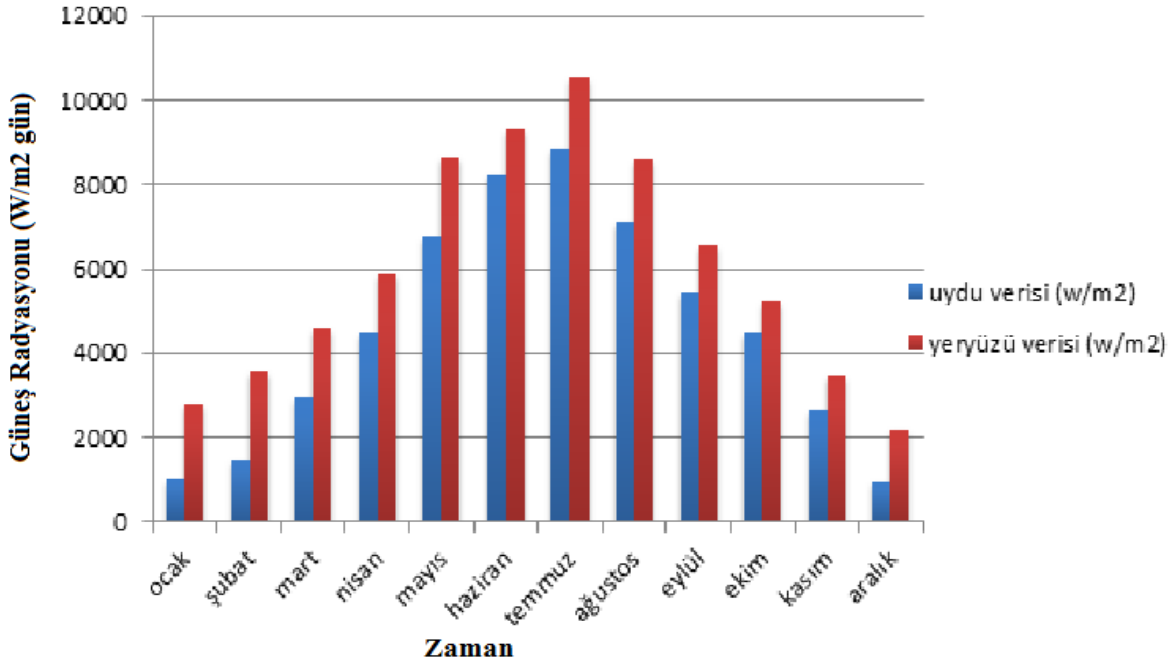
Şekil 2. Türkiye için uydu görüntüleri (1 Ocak 2018) ("Meteonorm 2018 Database" 2018)



Şekil 3. Türkiye için uydu görüntüleri (1 Mart 2018) ("Meteonorm 2018 Database" 2018)

Şekil 2'de bulunan 1 Ocak 2008 tarihine ait görüntüde Türkiye'nin Doğu ve İç Anadolu Bölgelerinin kar yağışlı olduğu tespit edilmektedir. Şekil 3'te ise 1 Mart 2008 tarihinde Kuzey Doğu Bölgesinde çok az kar yağışı olduğu ve genel olarak yurt genelinde kar yağışının olmadığı tespit edilmektedir.

Ayrıca Erzincan ili için meteorolojik uydu görüntüleri kullanılarak HELIOSAT metot ile güneş radyasyon tahmini yapılmıştır. Hesaplamalar Şekil 4'te aylık ortalama günlük güneş radyasyonu değerleri olarak verilmiştir. Erzincan ili için yapılan bu güneş radyasyonu tahmini verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan yeryüzü ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4'te verilen grafikte görüldüğü gibi kış aylarındaki veriler arası farklılık yaz aylarına göre oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu farklılığın en büyük sebebi ise uydunun alınan görüntüde yansıma sonucu yeryüzünde bulunan kar ve gökyüzünde bulunan bulutu ayırt edememesidir. Elde edilen sonuçlara göre, karlı (veya çok bulutlu) günlerde uydu görüntüleri kullanılarak yapılan güneş radyasyonu tahmin sonuçlarının açık gökyüzü olan günlerde yapılan tahmin sonuçlarından daha fazla hatalı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Erzincan ili için HELIOSAT metot kullanılarak tahmin edilen güneş radyasyonu değerlerinin gerçek yeryüzü ölçümleri ile karşılaştırılması

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Türkiye'nin kış aylarında kar yağışı potansiyeli yüksek olan Doğu Anadolu Bölgesinde seçilen Erzincan ili seçilmiştir. Seçilen istasyon için HELIOSAT metot kullanılarak tahmin edilen güneş radyasyon değerleri yeryüzü ölçümlerinden elde edilen güneş radyasyonu değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılmalar sonucunda kar yağışının daha çok olduğu kış aylarında HELIOSAT metot ile tahmin edilen güneş radyasyonu değerlerinin yeryüzü gözlemlerine göre fazla hata oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Açık gökyüzü olan yaz aylarında ise tahmin edilen güneş radyasyon değerlerinin daha az hatalı olarak hesaplandığı gözlenmiştir. Bu hatanın HELIOSAT metot hesaplamalarında uydu görüntülerinden karlı ve bulutu havanın ayırt edememesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Hata oranlarının minimum değerlere düşürülüp güneş radyasyon tahminin daha doğru yapılabilmesi tüm güneş enerjisi sistemleri için son derece önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Akademik Enerji Çalışma Grubu desteği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Güneş Enerjisi Test ve Ölçüm Ar-Ge Laboratuvarı alt yapısı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan yer verilerinin temin edildiği Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne (DMİ), uydu verilerinin temini ile hesaplamaların yapılması için verdiği destekten dolayı Oldenburg Üniversitesi ve Dr. Annette Hammer'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Beyer, Hans Georg, Claudio Costanzo, and Detlev Heinemann. 1996. Modifications of the Heliosat Procedure for Irradiance Estimates from Satellite Images. *Solar Energy* 56 (3): 207–12. doi:10.1016/0038-092X(95)00092-6.

Ener Rusen, S. 2013. Linking Satellite Imagery to Bright Sunshine Hours for the Estimation of Global Solar Irradiaiton, PhD Thesis. Middle East Tech. Univ.

Ener Rusen, S. 2015. Uydu Görüntülerini Kullanarak Konya ve Karaman İlleri İçin Güneş Eenerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi. In *3. Anadolu Enerji Sempozyumu*. Muğla.

Ener Rusen, S. 2017. DETERMINATION OF THE GLOBAL SOLAR RADIATION POTENTIAL USING HELIOSAT METHOD FOR KARAMAN. *Omer Halisdemir University Journal of Engineering Science* 6 (2): 467–74.

Ener Rusen, S. 2018. MATHEMATICAL MODELLING OF GLOBAL SOLAR RADIATION WITH SATELLITE-BASED HELIOSAT METHOD. In *ICMSA2018 International Conference on Mathematical Studies and Applications, 4-6 October 2018*, 39–41.

Hammer, A., D. Heinemann, C. Hoyer, R. Kuhlemann, E. Lorenz, R. Müller, and H. G. Beyer. 2003. Solar Energy Assessment Using Remote Sensing Technologies. *Remote Sensing of Environment* 86 (3): 423–32.

Karaca, İsmail Hakkı, Efe Can Gürkan, and Hüdaverdi Yapar. 2011. Konya ve Civarının Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Selçuklu Belediyesi Muhtar Evlerinde Güneşten Elektrik Üretim Sistemi Uygulaması. In *I Konya Kent Sempozyumu*, 275–92.

Kırbaş, İbrahim, Ahmet Çifci, and Barış İşyarlar. 2013. Burdur İli Güneşlenme Oranı ve Güneş Enerji Si Potansiyeli Sunbathing Rate and Solar Energy Potential of Burdur , Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4 (2): 20–23.

Meteonorm 2018 Database. 2018. www.meteonorm.com/en/ features.

Zelenka, Antoine. 2005. Using Satellite Data for Solar Energy Applications. In *Heliosat-3 Workshop*. Freiburg-Germany.

OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMİNİN KIR KURDU OPTİMİZASYON ALGORİTMASIYLA ÇÖZÜMÜ

Arş. Gör. Enes KAYMAZ
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
eneskaymaz@duzce.edu.tr

Arş. Gör. Yunus HINISLIOĞLU
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
yunushınıslıoğlu@duzce.edu.tr

Doç. Dr. Uğur GÜVENÇ
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği
ugurguvenc@duzce.edu.tr

Özet

Optimal güç akışı problemi, lineer ve konveks olmayan bir optimizasyon problemidir. Bu problemin çözümünde, en iyi kontrol parametrelerini belirleme işlemi gerçekleştirilir. Ayrıca sistemin gerçek anlamda verimli çalışabilmesi için sistemde kullanılan elemanların eşitlik ve eşitsizlik olarak tanımlanmış sınırlamalar dâhilinde çalışması zorunludur. Bu çalışmada, optimal güç akışı probleminin çözümü için yeni bir optimizasyon algoritması olan kır kurdu optimizasyon algoritması (KKOA) önerilmiştir. Önerilen algoritmanın etkinliğini test etmek için literatürde sıkça çalışılmış elektrik güç sistemlerinden biri olan IEEE 30 baralı test sistemi kullanılmıştır. Algoritmanın test edilmesi aşamasında maliyet hesabı, güç kaybı, emisyon maliyeti gibi farklı amaç fonksiyonları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen algoritmanın literatürdeki diğer algoritmalara göre daha iyi ve etkin sonuçlar verdiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Güç sistemleri, optimal güç akışı, kır kurdu optimizasyon algoritması.

OPTIMAL POWER FLOW USING COYOTE OPTIMIZATION ALGORITHM

Abstract

Optimal power flow (OPF) is a nonlineer and nonconvex optimization problem. It is aimed to determine the best control parameters for solving the problem. Besides, system components need to satisfy some limitations which is defined as equality and inequality constraints for efficiency. In this paper work, a brand new optimization algorithm called Coyote Optimization Algorithm (COA) is suggested to solve the optimal power flow. IEEE 30-bus power system which is widely studied in literature is used to test the efficiency of the algorithm. Different type of objective functions are handled such as cost, power loss, emission cost, and cost with valve-point effect functions. According to the obtained results, it can be seen that the proposed algorithm gives better and effective results than the other algorithms in the literature.

Keywords: Power systems, optimal power flow, coyote optimization algorithm.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte elektriğe olan ihtiyaç sürekli artmış ve bu artışla birlikte enerji ihtiyacının karşılanması için büyük güç sistemleri tasarlanmış ve kurulmuştur. Ancak güç sistemlerinin büyümesi, beraberinde üretimde verimliliğin düşmesi ve ihtiyaçların tam karşılanamaması gibi önemli sorunları doğurmuştur ve bu sorunların giderilmesi güç sistemleri alanında önemli bir problem halini almıştır.

Optimal güç akışı problemi, belirli bir güç sistemi içerisinde yer alan gücün en verimli ve en güvenli bir şekilde akmasını temel alan bir problemdir. Problemin çözümünde amaçlanan temel unsur sistem

içerisinde bulunan elemanlara ait eşitlik ve eşitsizlik kısıtları olarak tanımlanan belirli limitleri sağlayarak sistemin en uygun çözümünü bulmaktır (Carpentier, 1962).

Optimal güç akışı problemi literatürde yıllar boyunca çalışılmış bir problem olup, problemin çözümü için farklı yöntemler önerilmiştir. Problem tanımı yapıldıktan sonra araştırmacılar çeşitli matematiksel yöntemleri probleme uygulamışlardır. Bunlara örnek olarak; iç nokta yöntemi (Yan ve Quintana, 1999), lineer ve lineer olmayan programlama (Habibollahzadeh ve ark., 1989), kuadratik programlama (Burchettve ark., 1984) yöntemleri verilebilir. Ancak bu yöntemler, valf nokta etkisi gibi gerçek koşullara uygun sistemlerdeki lineer olmayan ve kompleks özelliklerden dolayı yetersiz kalmaya başlamıştır (Momoh ve ark., 1999).

Bu aşamada, bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile birlikte sezgisel yöntemler keşfedilmiş ve matematiksel yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için problem çözümünde kullanılmaya başlanmıştır. Sezgisel yöntemler, genel manada doğada yer alan kanunlardan yola çıkarak geliştirilen yöntemlerdir. Optimal güç akışı probleminin çözümü için literatürde yer alan yöntemlere örnek olarak parçacık sürü optimizasyon algoritması (Abido, 2002), yapay arı kolonisi algoritması (Rezaei Adaryani ve Karami, 2013), kril sürü algoritması (Roy ve Paul, 2015), yerçekimi arama algoritması (Duman ve ark., 2012), güve sürü algoritması (Mohamed ve ark., 2017) verilebilir.

Kır Kurdu Optimizasyon Algoritması popülasyona dayalı sezgisel ve süre zekası tabanlı yeni geliştirilmiş bir optimizasyon algoritmasıdır (Pierezan ve Dos Santos Coelho, 2018). KKOA'nın ana ilham kaynağı Kır Kurdu canlısının çevresel ve sosyal koşullara karşı sağlamış olduğu adaptasyondur. Elde edilen sonuçlar KKOA'nın başlangıç rastgele çözümler ve optimum yakınsama karakteristiği açısından etkili bir algoritma olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, literatürde sıkça çalışılan optimal güç akışı problemi için yeni bir çözüm yöntemi sunmaktır. Problemin modellemesinde çözüm tekniği olarak Kır Kurdu Optimizasyon Algoritması uygulanmış ve etkili sonuçlar elde edilmiştir. Test sistemi olarak IEEE 30 baralı sistem kullanılmış ve farklı amaç fonksiyonları için çözümlemeler yapılmıştır. Bölüm 2'de optimal güç akışı probleminin matematiksel açıklaması yapılmıştır. Bölüm 3'te önerilen algoritma olan KKOA ile ilgili bilgilere yer verilmiş ve Bölüm 4 'te algoritmanın verimliliğini gösterebilmek için test çalışmaları yapılmış ve elde edilen benzetim sonuçları sunulmuştur. Son olarak Bölüm 5'te ise yapılan çalışma ile ilgili genel sonuç ve değerlendirme verilmektedir.

2. OPTİMAL GÜÇ AKIŞI PROBLEMİNİN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ

Optimal Güç Akışı problemi, lineer ve konveks olmayan optimizasyon problemidir. Problemin amacı verilen belirli parametrelere göre, eşitlik ve eşitsizlik sınırlamalarına bağlı kalarak en iyi kontrol parametrelerini belirleme işlemidir (Mohamed ve ark., 2017). Optimal güç akışı problemi genel anlamda:

$$\min F(x,u) \tag{1}$$

$$g(x,u) = 0 \tag{2}$$

$$h(x,u) \leq 0 \tag{3}$$

şeklinde ifade edilebilir. Formüllerde yer alan x ve u vektörleri sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenlerin oluşturduğu vektörleri, $F(x,u)$ fonksiyonu minimize edilmesi istenen amaç fonksiyonunu, $g(x,u)$ ve $h(x,u)$ fonksiyonları ise sırasıyla eşitlik ve eşitsizlik sınırlarını tanımlayan fonksiyonları göstermektedir. x vektörü; salınım (slack) barasında bulunan generatörün aktif gücü P_{G1}, yük bara gerilimi V_L, generatörün reaktif gücü Q_G ve iletim hattı yükü S_l şeklinde tanımlanan bağımlı değişkenlerden oluşur ve:

$$x = [P_{G1}, V_{L1} \dots V_{LN}, Q_{G1} \dots Q_{GNG}, S_{l1} \dots S_{lNL}] \tag{4}$$

şeklinde tanımlanır. Yük bara sayısı, gerilim kontrollü generatör bara sayısı ve iletim hattı sayısı sırasıyla LN, NG ve NL şeklinde ifade edilmiştir.

Aynı şekilde u vektörü de; PV baralarındaki generatörlerin aktif gücü P_G, generatör bara gerilimleri V_G, şönt kapasiteleri Q_C ve transformatör kademe ayarları T şeklinde tanımlanan bağımsız değişkenlerden oluşur ve:

$$u = [P_{G2} \dots P_{GNG}, V_{G1} \dots V_{GNG}, Q_{C1} \dots Q_{CNC}, T_1 \dots T_{NT}] \quad (5)$$

şeklinde tanımlanır. Gerilim kontrollü generatör bara sayısı, kapasiteli bara sayısı ve transformatörlü bara sayısı sırasıyla NG, NC ve NT şeklinde ifade edilmiştir.

2.1. Kısıtlamalar

Sistemin gerçek anlamda verimli çalışabilmesi için sistemde kullanılan elemanların belli sınırlar dâhilinde çalışması zorunludur. Bu kısıtlamalar, eşitlik ve eşitsizlik kısıtlamaları olmak üzere ikiye ayrılır.

2.1.1. Eşitlik Kısıtlamaları

Denklem (2)' de g olarak genel bir formülle belirtilen eşitlik kısıtlamaları aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$P_{Gi} - P_{Di} - V_i \sum_{j=1}^{NB} V_j \left[G_{ij} \cos\left(\delta_i - \delta_j\right) + B_{ij} \sin\left(\delta_i - \delta_j\right) \right] = 0 \quad (6)$$

$$Q_{Gi} - Q_{Di} - V_i \sum_{j=1}^{NB} V_j \left[G_{ij} \sin\left(\delta_i - \delta_j\right) - B_{ij} \cos\left(\delta_i - \delta_j\right) \right] = 0 \quad (7)$$

Formüllerdeki P_{Gi} ve Q_{Gi}, i. generatörün aktif ve reaktif güçlerine, P_{Di} ve Q_{Di}, i. baraya ait talep edilen aktif ve reaktif güçlerine, V_i ve V_j, i. ve j. baralara ait gerilim değerlerine, G_{ij} , B_{ij} ve $\left(\delta_i - \delta_j\right)$ ifadeleri i. ve j. baralar arasındaki sırasıyla kondüktans, suseptans ve gerilim açı farkına, NB kısaltması sistemdeki toplam bara sayısına karşılık gelmektedir.

2.1.2. Eşitsizlik Kısıtlamaları

Denklem (3)'te h olarak genel bir formülle belirtilen eşitsizlik kısıtlamaları, güç sistemlerinin çalışmasında rol alan generatör, transformatör, şönt kapasite ve iletim hattına bağlı gerilim ve yük değerlerinin belli sınır aralıkları içinde kalması olarak tanımlanabilir. Optimal güç akışının verimli şekilde sağlanması için belirtilen değerlerin bu sınırlar içinde kalması zorunludur. Kısıtlamalar dört farklı başlıkta tanımlanabilir.

2.1.2.1. Generatör Kısıtları

Generatörlerin gerilimleri, aktif ve reaktif güçlerinin sınırlamaları:

$$V_{Gi}^{min} \leq V_{Gi} \leq V_{Gi}^{max}, i = 1,2, \dots, NG \quad (8)$$

$$P_{Gi}^{min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{max}, i = 1,2, \dots, NG \quad (9)$$

$$Q_{Gi}^{min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi}^{max}, i = 1,2, \dots, NG \quad (10)$$

şeklinde tanımlanır. V_{Gi}^{min} ve V_{Gi}^{max} i. generatörün sırasıyla minimum ve maksimum bara gerilimini, P_{Gi}^{min} ve P_{Gi}^{max} i. generatörün sırasıyla minimum ve maksimum aktif güç değerlerini, Q_{Gi}^{min} ve Q_{Gi}^{max} i. generatörün minimum ve maksimum reaktif güç değerlerini ifade eder.

2.1.2.2. Transformatör Kısıtları

Transformatör kademe ayar sınırlamaları:

$$T_i^{min} \leq T_i \leq T_i^{max}, i = 1,2, \dots, NT \quad (11)$$

şeklinde tanımlanır. T_i^{min} ve T_i^{max} i. transformatörün minimum ve maksimum kademe değerlerini ifade eder.

2.1.2.3. Şönt Kapasite Kısıtları

Şönt kapasite sınırlamaları:

$$Q_{Ci}^{min} \leq Q_{Ci} \leq Q_{Ci}^{max}, i = 1,2,\dots,NC \quad (12)$$

şeklinde tanımlanır. Q_{Ci}^{min} ve Q_{Ci}^{max} i. baradaki şönt kapasite değerinin minimum ve maksimum değerlerini ifade eder.

2.1.2.4. Güvenlik Kısıtları

Güvenlik kısıtları içerisinde yük baralarının gerilimleri ve iletim hatlarının akış limit değerleri:

$$V_{Li}^{min} \leq V_{Li} \leq V_{Li}^{max}, i = 1,2,\dots,LN \quad (13)$$

$$S_{li} \leq S_{li}^{max}, i = 1,2,\dots,NL \quad (14)$$

şeklinde tanımlanır. V_{Li}^{min} ve V_{Li}^{max} i. baranın minimum ve maksimum gerilimlerini, S_{li}^{max} i. iletim hattının maksimum akış limitini ifade eder.

3. KIR KURDU OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Kır Kurdu Optimizasyon Algoritması, Canis Latrans türünün davranışlarından esinlenen, evrimsel sezgisel ve sürü zekası tabanlı, popülasyona dayalı bir algoritmadır. KKOA'nın temel ilham kaynağı büyük çoğunluğu Kuzey Amerika'da yaşamakta olan Kır Kurtlarının çevresel ve sosyal koşullara karşı sağlamış oldukları adaptasyondur. KKOA, optimizasyon probleminin işlemsel sürecinde global arama (exploration) ve yerel arama (exploitation) arasında denge sağlar. KKOA'da Kır Kurtları çeşitli sürüler oluşturur ve sürünün lideri alpha olarak adlandırılır. KKOA'da kır kurdu popülasyonu N_p ve N_c olarak ikiye ayrılır. N_p sürü sayısını , N_c ise Kır Kurdu sayısını ifade eder. Algoritmanın ilk aşamasında sürü başına düşen kır kurdu sayısı, tüm sürüler için statik ve benzerdir. Bu nedenle, algoritmada N_p ve N_c ifadelerinin çarpımı toplam popülasyonu meydana getirir. Sadeleştirme amacıyla, geçici Kır Kurtları, algoritmanın ilk aşamasında dikkate alınmaz. KKOA'da her bir Kır Kurdu, optimizasyon problemi için olası bir çözümdür ve Kır Kurdu'na ait sosyal durum amaç fonksiyonun maliyetidir. Kar derinliği, cinsiyet, sosyal statü, sıcaklık gibi iç ve dış faktörler optimizasyon probleminin x karar değişkenleridir.

p. sürüde yer alan c. kır kurduna ait t anlık zamandaki sosyal durum soc (bir dizi değişken değeri) şu şekilde ifade edilir:

$$soc_c^{p,t} = \vec{x} = (x_1, x_2, .., x_D) \quad (15)$$

ve bu, kır kurdunun çevreye adaptasyonunda (amaç fonksiyonun maliyeti), $fit_c^{p,t} \in$ R'yi belirtir.

KKOA'yı herhangi bir optimizasyon probleminin çözümü için adım adım ifade edecek olursak;

Adım 1: Nc sayıda Kır Kurdu ve Np sayıda sürüden oluşan popülasyonu başlat.

KKOA, rastlantısal bir algoritma olduğundan, ilk sosyal koşullar her bir kır kurdu için arama uzayına rastgele değerler atayarak gerçekleşir. Bu durum j. boyutta p.sürünün c. Kır Kurdu için aşağıdaki denklemde olduğu gibidir:

$$soc_{c,t}^{p,t} = lb_j + +r_j.(ub_j - lb_j) \quad (16)$$

Bu denklemde lb_j ve ub_j j. karar değişkeni için alt ve üst sınırları ifade eder. D arama uzayı boyutudur. r_j, tekdüze (uniform) olasılık dağılımı kullanılarak [0,1] aralığında oluşturulan gerçek bir rastgele sayıdır.

Adım2: Kır Kurtlarının anlık sosyal durumlardaki adaptasyonunu doğrula.

$$fit_c^{p,t} = f(soc_c^{p,t}) \tag{17}$$

Adım 3: Sürüdeki alpha(lider) kır kurdunu belirle.

KKOA'da t anlık zamanda p. sürünün alpha'sı şu şekilde ifade edilir:

$$alpha^{p,t}\{soc_c^{p,t} | arg_{c=\{1,2,..N_c\}} minf(soc_c^{p,t})\} \tag{18}$$

Adım 4: Sürünün kültürel eğilimini hesapla.

KKOA'dan elde edilen bilgiler kültürel eğilim olarak şu şekilde hesaplanır:

$$cult_j^{p.t} = \begin{cases} O^{p,t}_{\frac{N_c+1}{2},j}, N_C \; tek \; iken \\ \dfrac{O^{p,t}_{\frac{N_c}{2},j} + O^{p,t}_{\frac{N_c+1}{2},j}}{2}, \; diğer \; durumlarda \end{cases} \tag{19}$$

Denklem (19) 'da yer alan $O^{p,t}$ kır kurduna ait sıralanan sosyal koşulları ifade eder. Kültürel eğilim tüm Kır Kurtları için ortalama sosyal koşulların hesaplanmasını sağlar.

Sürüler içindeki kültürel etkileşimi gösterebilmek için KKOA, kır kurtlarının lider etkisi (δ1) ve sürü etkisi (δ2) altında olduğunu varsayar. Birincisi sürünün rastgele bir kır kurdundan (cr1) lider kır kurduna kadar olan kültürel bir farklılık anlamına gelirken, ikincisi ise rastgele bir kır kurdundan (cr2) sürünün kültürel eğilimine kadar olan kültürel bir farklılık anlamına gelir. Rastgele kır kurtları tekdüze (uniform) olasılık dağılımı ile seçilir ve δ1 ile δ2 sırasıyla aşağıdaki gibi yazılır:

$$\delta_1 = alpha^{p,t} - soc_{cr1}^{p,t} \tag{20}$$

$$\delta_2 = cult^{p,t} - soc_{cr2}^{p,t} \tag{21}$$

P sürüsündeki her bir kır kurdu için ,

Adım 5: Sosyal koşulları güncelle.

Alpha ve sürü etkili kır kurdunun yeni sosyal koşulları:

$$new_soc_c^{p,t} = r_1.\delta_1 + r_2.\delta_2 \tag{22}$$

Bu denklemde r_1 ve r_2 sırasıyla alpha ve sürü etkisinin ağırlık katsayılarıdır.

Adım 6: Yeni sosyal koşulları güncelle.

$$new_fit_c^{p,t} = f(new_{soc}{}_c^{p,t}) \tag{23}$$

Adım 7: KKOA yeni sosyal durumun öncekinden daha iyi olup olmadığını kontrol eder ve bu durum şu şekilde ifade edilir:

$$new_soc_c^{p,t+1} = \begin{cases} new_soc_c^{p,t}, new_fit_c^{p,t+1} < fit_c^{p,t} \\ soc_c^{p,t}, \quad diğer \; durumlarda \end{cases} \tag{24}$$

Adım 8: Doğum ve ölüm

Yeni bir kır kurdunun doğumu, rastgele seçilmiş iki ebeveynin sosyal koşullarının ve çevresel koşulların bir kombinasyonu olarak şu şekilde ifade edilir:

$$pup_j^{p,t} = \begin{cases} soc_{r_1 j}^{p,t}, & rnd_j < P_s \; or \; j = j_1 \\ soc_{r_2 j,}^{p,t} & rnd_j \geq P_s + P_a \; or \; j = j_2 \\ R_j, & diğer \; durumlarda \end{cases} \quad (25)$$

Bu denklemde r_1 ve r_2 p.sürünün rastgele kır kurtları $j_1$ve j_2 problemin rastgele iki boyutu P_s ve P_a sırasıyla dağılım ve ilişki olasılığı R_j j boyutlu karar değişkeninde rastgele bir sayıdır. rnd_j tekdüze (uniform) olasılıkla oluşturulmuş [0,1] aralığında rastgele bir sayıdır.

Dağılım (scatter) ve ilişki (association) olasılıkları, sürüdeki kır kurtlarının kültürel çeşitliliği açısından önemlidir. KKOA'da P_s ve P_a şu şekilde ifade edilebilir:

$$P_s = 1/D \quad (26)$$

$$P_a = (1 - P_s)/2 \quad (27)$$

Denklem(26)'da D arama uzayı boyutudur.

Adım 9: Sürüler arası geçiş

Başlangıçta kır kurtları sürülere rastgele atanırlar. Ancak, kır kurtları bazen sürülerini terk ederek yalnız kalırlar ya da başka bir sürüye katılırlar. Kır Kurdu'nun sürüden ayrılması, sürüdeki Kır Kurdu sayısına bağlıdır ve bu Pe olasılığı ile meydana gelir:

$$P_e = 0.005 * N_c^2 \quad (27)$$

P_e 'nin 1 'den büyük değerler alabileceğini düşünerek Nc ≤ $\sqrt{200}$, sürü başına düşen Kır Kurdu sayısı 14 ile sınırlıdır.

Bu, KKOA'nın nüfusun tüm kır kurtları arasındaki etkileşimi çeşitlendirmesine yardımcı olur ve bu da global popülasyonun kültürel değişimi anlamına gelir.

Adım 10: Kır Kurtlarının yaşını güncelle.

Adım 11: En iyi uyum sağlayan kır kurdunu seç.

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Bu aşamada önerilen yöntem olan Kır Kurdu Optimizasyon Algoritması (KKOA) IEEE 30 baralı test sistemine uygulanmıştır. Test sistemi içerisinde toplam 5 adet generatör gücü, 6 adet generatöre bağlı gerilim değeri, 4 adet transformatör kademe ayarlayıcı ve 2 adet şönt kapasite değeri olmak üzere 17 değişkenden oluşmaktadır ve salınım barasında bir adet generatör bulunmaktadır. Ayrıca sistemde talep edilen aktif güç değeri 283.4 MW olarak belirtilmiştir. KKOA'nın etkisini ve geçerliliğini gösterebilmek amacıyla test sistemi üzerinde dört farklı amaç fonksiyonu belirlenmiş ve bu amaç fonksiyonları için çözüm elde edilmiştir. Ayrıca literatürde bulunan yerçekimi arama algoritması (YAA) ve güve sürü algoritması (GSA) geliştirilen yöntemin karşılaştırılması için aynı test sistemlerine uygulanmıştır. Test sisteminde maksimum döngü sayısı 5000 ve arama ajanı 100 olarak düşünülmüştür.

4.1. Durum 1: Genel Maliyet Hesabı

Maliyet hesabı literatürde en yaygın çalışılan optimal güç akışı problemine ait bir test fonksiyonudur. Sistemde yer alan termal generatörlerin maliyetlerinin toplamı amaç fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

$$F = \sum_{i=1}^{NG}\left(a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i\right) \quad (28)$$

Denklem (28)'de yer alan F ifadesi termal generatörlere ait maliyet fonksiyonunu, a_i," " b_i," " c_i ifadeleri ise i. generatöre ait maliyet katsayılarını temsil eder. Durum 1 için Denklem (28)'de yer alan maliyet katsayıları (Duman ve ark., 2012)'de verilmiştir.

Yerçekimi arama algoritması, güve sürü algoritması ve kır kurdu optimizasyon algoritması ile elde edilen sonuçlar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere KKOA, 800,9215 $/sa değeri ile IEEE 30 baralı test sistemi genel maliyet hesabı amaç fonksiyonu için en etkili sonuca sahip yöntemdir.

4.2. Durum 2: Güç Kaybı

Elektrik sistemlerinin en uygun durumda çalışmasında güç kaybının minimum düzeye düşmesi istenmektedir. Bu durum aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

$$F = \sum_{i=1}^{NL}\sum_{j\neq 1}^{NL} G_{ij} V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos\left(\delta_i - \delta_j\right) \quad (29)$$

Yerçekimi arama algoritması, güve sürü algoritması ve kır kurdu optimizasyon algoritması ile elde edilen sonuçlar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere KKOA, 2,906757 MW değeri ile IEEE 30 baralı test sistemi güç kaybı amaç fonksiyonu için en etkili sonuca sahip yöntemdir.

4.3. Durum 3: Valf Nokta Etkili Maliyet Hesabı

Gerçek sistemlerin yakıt maliyetini modellemek için valf nokta etkisinin de dikkate alınması gerekmektedir. Valf nokta etkili maliyet hesabı fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$F = \sum_{i=1}^{NG} a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i + \left|d_i \sin\left(e_i\left(P_{Gi}^{\min} - P_{Gi}\right)\right)\right| \quad (30)$$

Durum 3 için Denklem (30)'da yer alan maliyet katsayıları (Niknam ve ark., 2012)'de verilmiştir.
Yerçekimi arama algoritması, güve sürü algoritması ve kır kurdu optimizasyon algoritması ile elde edilen sonuçlar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere KKOA, 830,7100 $/sa değeri ile IEEE 30 baralı test sistemi valf nokta etkili maliyet hesabı amaç fonksiyonu için en etkili sonuca sahip yöntemdir.

4.4. Durum 4: Genel Maliyet Hesabı ve Emisyon Maliyeti

Güç sistemlerinde sadece bir amaca yönelik problemlerin çözümü yapılabildiği gibi birden fazla amaç fonksiyonunun birleştirilerek kullanılması ile oluşturulan problemler için çözüm yöntemleri geliştirilmektedir. Hava kirliliğine sebep olan kirli gazların emisyon seviyesinin minimizasyonu elektrik üretimi aşamasında önem verilen bir konudur. Bu kirliliğe sebep olan NOX ve SOX gibi iki önemli gazın emisyon minimizasyonu ile genel maliyet hesabı birleştirilerek amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır.

$$F = \sum_{i=1}^{NG}\left(a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i\right) + C_{tax}\sum_{i=1}^{NG}\left(\gamma_i P_{Gi}^2 + \beta_i P_{Gi} + \alpha_i + \varsigma_i e^{(\lambda_i P_{Gi})}\right) \quad (31)$$

Denklemde yer alan F ifadesi termal generatör maliyetini ve C_{tax} ifadesi amaç fonksiyonları arasındaki dengesizliği ortadan kaldırmak için belirlenen denge katsayısını simgeler. $\gamma_i, \beta_i, \alpha_i, \varsigma_i$ve λ_i sabitleri i. birimin emisyon katsayılarını simgelemektedir. Durum 4 için Denklem (31)'de yer alan maliyet katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Durum 4 İçin Maliyet Katsayıları

Üretim Baraları	a	b	c	γ	β	α	ς	λ
P_1	0,00375	2	0	0,04091	-0,05554	0,0649	0,0002	2,857
P_2	0,0175	1,75	0	0,02543	-0,06047	0,05638	0,0005	3,333
P_5	0,0625	1	0	0,05326	-0,0355	0,0338	0,002	2
P_8	0,00834	3,25	0	0,05326	-0,0355	0,0338	0,002	2
P_{11}	0,025	3	0	0,05326	-0,0355	0,0338	0,002	2
P_{13}	0,025	3	0	0,06131	-0,05555	0,05151	0,00001	6,667

Yerçekimi arama algoritması, güve sürü algoritması ve kır kurdu optimizasyon algoritması ile elde edilen sonuçlar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Tablo 2'de görüldüğü üzere KKOA, 807,0638 $/sa değeri ile IEEE 30 baralı test sistemi genel maliyet ve emisyon maliyeti amaç fonksiyonu için en etkili sonuca sahip yöntemdir.

Tablo 2. KKOA ve Diğer Algoritmaların Karşılaştırılması

Yöntem	Durum 1 ($/sa)	Durum 2 (MW)	Durum 3 ($/sa)	Durum 4 ($/sa)
YAA	814,0366	4,396024	869,4663	820,3107
GSA	801,2198	3,742140	834,6651	809,0571
KKOA	**800,9215**	**2,906752**	**830,7100**	**807,0638**

5. SONUÇLAR

Optimal güç akışı problemi günümüzde popülerliğini sürdüren en önemli optmizasyon problemlerinin başında gelmektedir. Bu sebeple, bu çalışmada Kır Kurdu Optimizasyon Algoritması (KKOA) optimal güç akışı problemine uygulanmıştır. Önerilen yöntem olan KKOA ile IEEE 30 baralı 6 generatörlü test sistemi üzerinde dört farklı amaç fonksiyonu için çözümler elde edilmiştir. Algoritmanın etkinliğinin test edilmesi amacı ile literatürde yer alan yerçekimi arama algoritması ve güve sürü algoritması kullanılarak aynı sistem için çözümlemeler elde edilmiş ve karşılaştırılmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde KKOA'nın problemin çözümünde etkili bir yöntem olduğu ve daha iyi sonuçlar verdiği açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

Abido, M. A. (2002), Optimal power flow using particle swarm optimization, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 24(7), 563–571.

Burchett, R. C., Happ, H. H., & Vierath, D. R. (1984), Quadratically Convergent Optimal Power Flow, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, PAS-103(11), 3267–3275.

Carpentier, J. (1962), Contribution to the economic dispatch problem, *Bulletin de La Societe Francoise Des Electriciens*, 3(8), 431–447.

Duman, S., Güvenç, U., Sönmez, Y., & Yörükeren, N. (2012), Optimal power flow using gravitational search algorithm, *Energy Conversion and Management*, 59, 86–95.

Habibollahzadeh, H., Luo, G.-X., & Semlyen, A. (1989), Hydrothermal optimal power flow based on a combined linear and nonlinear programming methodology, *IEEE Transactions on Power Systems*, 4(2), 530–537.

Mohamed, A. A. A., Mohamed, Y. S., El-Gaafary, A. A. M., & Hemeida, A. M. (2017), Optimal power flow using moth swarm algorithm, *Electric Power Systems Research*, 142, 190–206.

Momoh, J. A., Adapa, R., & El-Hawary, M. E. (1999), A review of selected optimal power flow

literature to 1993. I. Nonlinear and quadratic programming approaches, *IEEE Transactions on Power Systems*, 14(1), 96–104.

Niknam, T., Narimani, M. R., & Azizipanah-Abarghooee, R. (2012), A new hybrid algorithm for optimal power flow considering prohibited zones and valve point effect, *Energy Conversion and Management*, 58, 197–206.

Pierezan, J., & Dos Santos Coelho, L. (2018), Coyote Optimization Algorithm: A New Metaheuristic for Global Optimization Problems. *2018 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, CEC 2018 - Proceedings, 1–8.

Rezaei Adaryani, M., & Karami, A. (2013), Artificial bee colony algorithm for solving multi-objective optimal power flow problem, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 53(1), 219–230.

Roy, P. K., & Paul, C. (2015), Optimal power flow using krill herd algorithm, *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 25(8), 1397–1419.

Yan, X., & Quintana, V. H. (1999), Improving an interior-point-based off by dynamic adjustments of step sizes and tolerances, *IEEE Transactions on Power Systems*, 14(2), 709–716.

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE DÖNÜK SON DÖNEM UYGULAMALAR

Muhammed GENÇ
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
gencmuhammed@gmail.com

Doç. Dr. Süheyla YEREL KANDEMİR
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/ Endüstri Mühendisliği Bölümü
suheyla.yerel@bilecik.edu.tr

Özet

Büyük ölçekli alanlarda gerçekleştirilen inşaat faaliyetlerinde yaşanan kazalar, yaralanmalar ve ölümler, alınan önlemlere rağmen istenilen düzeye gelinememiştir. Çalışmalar birçok ülkede inşaat endüstrisinin en yüksek kaza oranlarına sahip olduğunu göstermektedir. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yenilikçi bir yaklaşım olup geleneksel yöntemlere kıyasla en üst düzeyde işbirliği sağlamaktadır. İnşaat sektöründe iş güvenliği tehlikelerini azaltmak, tasarım aşamasında önlemek için BIM tabanlı güvenlik uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Bu uygulamalarla öncelikle kaza ve yaralanmalar gerçekleşmeden tehlikeleri belirlemek, ilişkilendirmek ve ortadan kaldırmak için öngörülen önlemleri hayata geçirmek hedeflenmektedir. BIM tabanlı İSG uygulamaları tasarımdan yapı ömrünün tamamlanmasına kadar olan aşamalar için geliştirilmektedir. 4D-BIM uygulamalar; simüle araçların kullanılmasına imkan tanır, iletişim ve saha güvenliği konularını ele alan prosedürler ile iş sağlığı ve güvenliğinde yeni yaklaşımlar geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. BIM uygulamaları tehlikeli durum tespitine yardımcı olabilir, tasarım alternatiflerinin güvenlik faktörlerini değerlendirebilir ve çeşitli tasarım paydaşları arasındaki iletişime katkı sağlar. BIM tabanlı gerçekleştirilen iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında; planlama, yönetim, eğitim, tasarım ve risk analiz çalışmalarında yoğunluk yaşanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Yapı Bilgi Modellemesi ve Yapı Bilgi Modelleme tabanlı iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına dair mevcut literatür gözden geçirilirken, Yapı Bilgi Modellemesi tabanlı İş sağılığı ve güvenliği uygulamalarının inşaat işlerinin farklı safhalarında son dönem geliştirilen ileri teknolojiler ve yöntemler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modellemesi, İş Sağlığı ve Güvenliği, 4D BIM, İnşaat sektörü

APPLICATIONS FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY IN BUILDING INFORMATION MODELING AT LAST TERM.

Abstract

Accidents, injuries and deaths in construction activities carried out in large-scale areas have not reached the desired level despite the measures taken. Studies have shown that the construction industry has the highest accident rates in most countries. Building Information Modeling (BIM) is an innovative approach and provides high-level collaboration compared to traditional methods. BIM-based security programs and tools are becoming widespread in the construction industry to reduce occupational safety hazards and prevent them from designing. With these applications, it is aimed to implement measures to identify, relate and eliminate hazards before accidents and injuries occur. BIM-based OHS applications are being developed from the design to the completion of the building's life cycle. 4D-BIM applications; it allows the use of simulated vehicles and helps to develop new approaches to occupational health and safety through procedures addressing communication and field safety issues. BIM applications can help with hazardous situation detection, evaluate the safety factors of design alternatives and contribute to the communication between various design stakeholders. In BIM-based occupational health and safety practices; Planning, management, training, design and risk analysis are intense. In this study, the current literature on BIM and BIM-based occupational health and safety practices was reviewed, and advanced technologies and methods that were recently

developed in different phases of the construction work of Construction Information Modeling-based occupational health and safety practices were examined.

Keywords: Building Information Modeling, Occupational Health and Safety, 4D BIM, Construction Sector

1. GİRİŞ:

BIM platformu, bilgi, tasarım, güvenlik prosedürlerinin proje paydaşları tarafından yürütüldüğü bir yaklaşımdır. İş sağlığı ve güvenliği yönetimi çok boyutlu bir alandır. Günümüzde inşaat projeleri daha büyük ve daha karmaşık yapıda olan projeler halini almıştır. İş sağlığı ve güvenliğine yönelik tasarım ve planlanma sağlayan araçlara daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. BIM ve uygulama araçları inşaat işlerinde tehlikenin tespitinde yardımcıdır. BIM uygulamaları tasarım alternatiflerinin güvenlik faktörlerini hızlı değerlendirir, çeşitli tasarım paydaşları arasındaki işbirliğini hızlandırır (Ku ve Mills, 2010).

BIM; projelerde gerekli olacak güvenlik özelliklerini tanımlama, eğitim ve tasarım gibi süreçler için bir görselleştirme aracı olarak alternatif yaklaşımlarla kullanılabilir (Teizer, 2016). BIM'in inşaat endüstrisindeki artan uygulamasının, güvenliğin ele alınma şeklini değiştirdiğini gösteriyor. İnşaat projelerin bütün aşamalarında potansiyel güvenlik tehlikeleri otomatik olarak tanımlanır ve otomatik önleme yöntemleri uygulanabilir (Sidani ve ark., 2017). BIM, inşaat alanlarında iş sağlığı ve güvenliğine yönelik; görselleştirme, risk değerlendirme, planlama, tasarım, eğitim ve güvenlik yönetimi gibi aşamalara dair çalışmalar sürmektedir (Lai ve Lin, 2015). Bu çalışmada, Yapı Bilgi Modellemesi ve Yapı Bilgi Modelleme tabanlı iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları gözden geçirilerek, inşaat işlerinin farklı safhalarında son dönem geliştirilen ileri teknolojiler ve yöntemler incelenmiştir.

2. BIM ve İş Sağlığı Güvenliğine Yönelik Çalışmalar

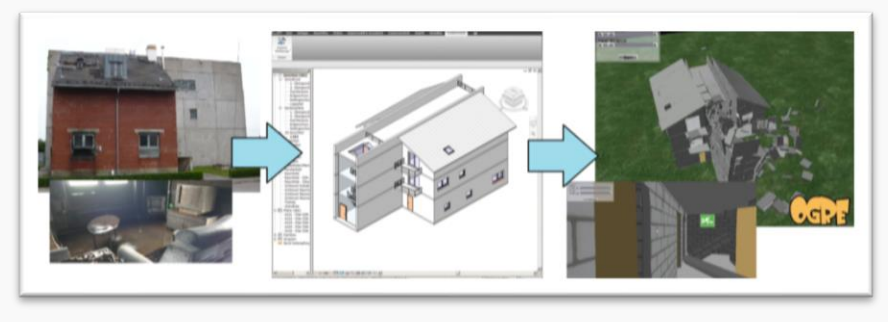
BIM tabanlı iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları şantiye koşullarını görsel olarak değerlendirme ve tehlikeleri tanıma imkanı sağlamaktadır (Azhar, 2011). Navisworks, Bentley Systems vb. yazılımlar çok sayıda farklı yazılım kaynağından ekipman ve şantiye verilerini tek modelde sunarak akıllı model geliştirimine devam etmektedir (Cleveland, 2014). Kural tabanlı uygulamalar belirlenen kurallara dayalı algoritmalara dayalı çalışmalardır (Sacks ve Barak, 2008). Kim ve Ahn, 2011'de yaptkları çalışmada, inşaat yapım sürecinde bir işçinin tehlikelere maruz kalma olasılığını hesaplayan bir çalışma geliştirilmiştir.

Eğitimden tasarıma, afet yönetiminden iş makinesi hareket planı tasarımına kadar birçok alanı kapsayan sınıflandırmalar bulunmaktadır. Genel olarak BIM tabanlı İş sağlığı ve güvenliğine dönük uygulama alanları 5 kategoride ele alınabilir: Bunlar, (1) Güvenlik için tasarım; (2) Güvenlik planlaması (iş tehlikesi analizi ve görev öncesi planlama); (3) İşçi güvenliği eğitimi; (4) Kaza soruşturması ve (5) Tesis ve bakım aşaması güvenliği. Şantiye faaliyetlerinde iş sağlığı ve güvenliğine dönük BIM tabanlı uygulamalar üzerine yapılan çalışmalar; BIM tabanlı Şantiye yönetimi uygulamaları mevcut durum taraması, şantiye bölümlerinin izlenmesi, iş emirlerinin takibi gibi şantiye yönetiminin yürütülmesine yardımcı olmak için kullanılabilir (Shalabi ve Turkan, 2016). İnşaat sektörü çalışanlarının değerlendirmede sanal senaryolar ile interaktif etkileşime girerek güvenlik bilgi ve deneyimi edebileceği birçok çalışma devam etmektedir.

3. BIM Tabanlı Son Dönem İş Sağlığı Ve Güvenliğine Dönük Son Dönem Uygulamalar

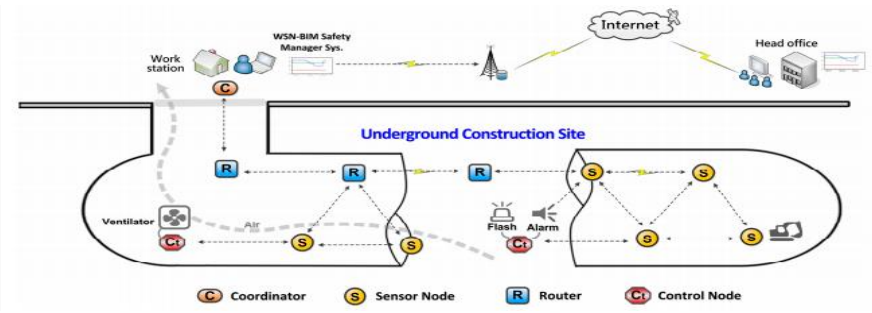
3.1 Yangın - Afet Uygulamalarına Yönelik Çalışmalar

Ruppel ve ark., 2011 yılında yaptıkları çalışmada, tahliye sürecinde bina koşullarının insan davranışına etkisinin araştırılması için oyun modeli üzerinde çalışmışlardır. 4D modellemeli tasarım ile yangın simülasyonu geliştirilmiştir (Şekil 1). BIM tabanlı uygulama ile inşaat projelerinde farklı paydaşların bina ile ilgili rollerine dönük eğitimler geliştirilmiştir.



Şekil 1. (a) Gerçek Yangın Vakası **(b)** Bim tabanlı Model (Yazılım:Revit) **(c)** Sanal Gerçeklik tabanlı eğitim uygulaması (Ruppel ve ark., 2011).

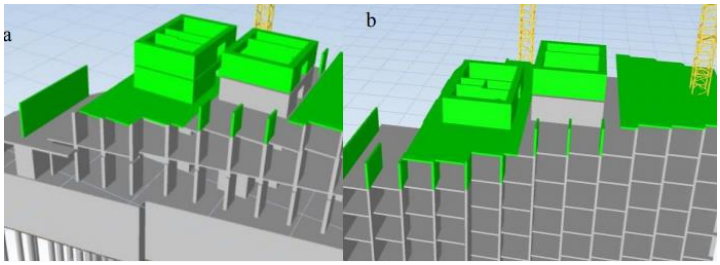
Cheung ve ark., 2018'de, yer altı inşaat alanlarında, tehlike oluşturacak senaryolardan; gaz yoğunluk düzeyi, sıcaklık-nem yükselmesi gibi tehlikelere karşı sistem geliştirmiştir. Sistem; tehlikeli gaz, sıcaklık ve nem durumu bilgilerini toplayarak değerlendirmektedir. İzleme sisteminde sensörlerden faydalanmıştır (Şekil 2). Toplanan veriler daha sonra bir BIM modeline adapte edilerek ve şantiye koşullara göre güvenlik durumunu farklı renkler ile gösterir. Belirlenen kriterler tehlikeli seviyeye ulaştığında sistemin yanıp sönen bir alarmı ve otomatik devreye giren vantilatörü bulunmaktadır. Bu şekilde çalışanları uyararak oluşan tehlikeyi önlemek için etkinleştirilmesini sağlamışlardır.



Şekil 2. Tehlike algılama sistemi. (Cheung ve ark., 2018)

3.2 Ön Tasarım Güvenliğine Dönük Çalışmalar

Balakina ve ark., 2018'de güvenlik prosedürlerinin geleneksel planlama yöntemleriyle kontrolünün zorlayıcı inşaat planı oluşturmasını sağlayan 4D modeli geliştirdiler. 70 katlı bir binanın yapımında kullanılması planlanan, inşaat yapımına başlamadan önce mekansal ve zamansal hataları bulan prototip geliştirdiler (Şekil 3). Yapım öncesi hatalarının belirlenerek, 4D modelleme ile yapıda hareket halinde bulunan vinçlerin çalışmaları en uygun hale getirildi.



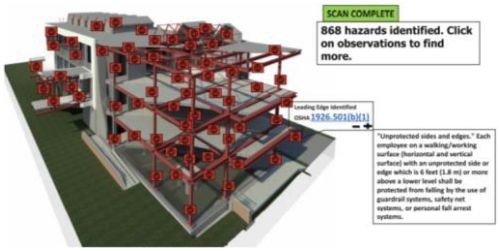
Şekil 3. Vinç Planlama Modülü **(a)** Hatalı tasarım **(b)** Düzeltilen tasarım (Balakina ve ark., 2018)

3.3 Altyapı Çalışmaları

Zou ve ark., 2017, altyapı projelerinin güvenlik performansını artırmaya yönelik bulut tabanlı güvenlik bilgi sistemi geliştirilmiştir. MapSafe adını verdikleri çalışma ile yapının işlevini, yapım öncesi ve yapım sonuna dek güvenlik kayıtlarını, iş güvenliği analizlerini, güvenlik raporlarını sunmaktadır. Bulut tabanlı geliştirilen sistem yol yapım projesinde başarılı uygulanmıştır.

3.4 Yapay Zeka Kullanımına Dönük Çalışmalar

Yapay zeka kullanılarak geliştirilen bir çalışmada, inşaat sahalarını güvenli hale getirme amacıyla model geliştirilmiştir. Otomatik tanımlanan ve Amerikan OSHA güvenlik standartları ölçütleriyle geliştirilen uygulama tehlikeleri tespit eder (Şekil 4). Alternatif tehlikesiz tasarım öneren bir sistemdir. Düşme tehlikelerinin azaltılmasına yönelik; proje güvenliği değerlendirme, risk değerlendirme ve tehlike azaltma stratejileri tasarlar (Bigham ve ark. 2018).



Şekil 4. BIM ve Yapay zeka entegrasyonu raporu (Bigham ve ark. 2018).

3.5 Eğitim Uygulamalarına Dönük Çalışmalar

Dünyada, eğitim ve öğretim araçlarının geliştirilmesi için BIM' in benimsenmesi ve öğrenimine dönük oyun teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan, Dickinson ve ark. 2011'de yaptıkları çalışmada, Öğrencilerin 4D ortamları keşfetmelerini ve sağlık ve güvenlik ile ilgili bilgileri test etmelerini sağlayan bir oyun geliştirmiştir. Bir başka çalışmada Pham ve ark., 2017'de mesleki öğrenmeler için teorik uygulamalara dönük pratik yapımına imkan veren bir yazılım geliştirmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

BIM'in artan uygulaması, İş sağlığı ve Güvenliğine dönük yaklaşım biçimlerini de değiştirmektedir. BIM tabanlı iş sağlığı ve güvenliğine dönük uygulamalar; saha işçi güvenliğinde, çakışma analizlerinde, güvenlik - tasarım eğitim modüllerinde, tehlikeli durum – afet tahliye planları gibi bir çok alanda devam etmektedir. Bu uygulamalar inşaat imalatları başlangıç aşamasından proje ömrünün tamamlanmasına kadar olası tehlikeleri otomatik olarak tanımlamakta ve çözüm yöntemleri sunmaktadır. İnşaat başlama öncesi tespit etmeye ve önlemeye dönük birçok vaka çalışmasında uygulamalar başarıyla uygulanmıştır. Bim tabanlı iş sağlığı ve güvenliğine dönük uygulamalar; saha işçi güvenliğinde, çakışma analizleri, güvenlik - tasarım eğitim modülleri, tehlikeli durum – afet tahliye planları gibi birçok alanda devam etmektedir. Ayrıca Eğitim ve Öğretimde etkili kullanımı mevcuttur. BIM tabanlı İş sağlığı ve güvenliğine dönük uygulamaların geleneksel yöntemlere nazaran farklılık yaratacağı sonuçlarına ulaşılmıştır. Yapılan çalışmaların geneli işbirlikçi güvenlik planlamamalarına elverişlidir. İnşaat sektörü çalışanlarında güvenlik bilinci oluşturmaya yönelik de katkılar sağlamaktadır. Bu nedenlerle BIM teknolojilerini kullanabilecek yeni yaklaşımlar araştırılmalıdır. BIM tabanlı uygulamalara olan ilginin artarak devam edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

AZHAR, S. (2011). Building information modelling (BIM): *Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*. J. Leadersh. Manag. Eng. 1, 11, 241–252.

BALAKINA, A., SIMANKINA, T., & LUKINOV, V. (2018). *4D modeling in high-rise construction.* In E3S Web of Conferences (Vol. 33, p. 03044). EDP Sciences.

BIGHAM, G. F., ADAMTEY, S., ONSARIGO, L., & JHA, N. (2018), *Artificial Intelligence for Construction Safety: Mitigation of the Risk of Fall.* In Proceedings of SAI Intelligent Systems Conference (pp. 1024-1037). Springer, Cham.

CHEUNG, W. F., LIN, T. H., & LIN, Y. C. (2018), *A real-time construction safety monitoring system for hazardous gas integrating wireless sensor network and building information modeling technologies.* Sensors, 18(2), 436.

CLEVELAND, A. B. (2014). Handover Everywhere. In Proc., Associated Schools of Construction 50th Annual Conference.

DICKINSON, J. K., WOODARD, P., CANAS, R., AHAMED, S., & LOCKSTON, D. (2011). *Game-based trench safety education: development and lessons learned.* Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 16(8), 119-134.

HUANG, X., & HINZE, J. (2003). *Analysis of construction worker fall accidents.* Journal of construction engineering and management, 129(3), 262-271.

KIM, H., & AHN, H. (2011). *Temporary Facility Planning of a Construction Project Using BIM(Building Information Modeling).* In Reston, VA: ASCEProceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering.

KU, K., & MILLS, T. (2010). *Research Needs For Building İnformation Modeling For Construction Safety*. In International Proceedings of Associated Schools of Construction 45nd Annual Conference,

PHAM, H. C., PEDRO, A., LE, Q. T., LEE, D. Y., & PARK, C. S. (2017). *Interactive safety education using building anatomy modelling.* Universal Access in the Information Society, 1-17.

RUPPEL, U., & SCHATZ, K. (2011). *Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations. Advanced engineering informatics*, 25(4), 600-611.

SIDANI, ADEEB, AND JOÃO SANTOS BAPTISTA(2017). *"Relationship between the effectiveness of BIM methods and construction safety and health (Systematic Review)."* Doctoral Congress 2017.

SACKS, R., & BARAK, R. (2008). Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice. Automation in Construction, 17(4), 439-449.

SHALABI, F., & TURKAN, Y. (2016). *IFC BIM-based facility management approach to optimize data collection for corrective maintenance. Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31(1), 04016081.

TEIZER, J. (2016). *Right-time vs real-time pro-active construction safety and health system architecture. Construction Innovation*, 16(3), 253-280.

TÜRKYILMAZ, E. (2016). An Example Of Bim integrated into architectural curriculum. TEICHOLZ, P. (2013). BIM FOR FACILITY MANAGERS. John Wiley & Sons.

ZOU, P. X., LUN, P., CIPOLLA, D., & MOHAMED, S. (2017). *Cloud-based safety information and communication system in infrastructure construction.* Safety science, 98, 50-69.

LAZER DİYOTLAR İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ AKIM KONTROL DEVRESİ VE TERMOELEKTRİK SOĞUTUCU KONTROL DEVRESİ TASARIMI

Özcan AKÇEŞME
Gazi Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Müh.
ozcanakcesme@gmail.com

Prof. Dr. Murat YÜCEL
Gazi Üniversitesi/ Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Müh.
muyucel@gazi.edu.tr

Özet

Lazerlerin güç kontrolü ve gövde sıcaklığının kontrolü uygulamada büyük önem taşımaktadır. Lazerlerin sabit bir güçte ve sabit bir dalgaboyuna sahip ışık üretebilmeleri için bu parametrelerin çok hassas bir şekilde kontrol edilmeleri gerekmektedir. Lazerlerin kontrolü için piyasada çok sayıda akım ve sıcaklık kontrol kartları ve cihazları mevcuttur. Ancak bu kart ve cihazların fiyatları oldukça yüksektir. Bu çalışmada fiber optik haberleşmede kullanılan klasik lazerler ve optik yükselteçlerde kullanılan pompa lazerleri için akım kontrol devresi ve termoelektrik soğutucu kontrol devresi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan devre kartı ile kelebek tipte 14 bacaklı lazerler için (Tip 1 veya Tip2) 800 mikroamper kararlılıkta ve 0.3 santigrat derece hassasiyet elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar piyasada bulunan lazer sürücü devreleri ile karşılaştırılarak sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: lazer diyot, akım kontrolü, termoelektrik soğutucu kontrolü.

LOW COST CURRENT CONTROL CIRCUIT AND THERMOELECTRIC COOLER DESIGN FOR LASER DIODES

Abstract

Power control of the lasers and control of the body temperature are of great importance in practice. These parameters must be controlled very precisely so that lasers can produce light at a constant power and with a constant wavelength. There are many current and temperature control cards and devices in the market for control of lasers. However, the prices of these cards and devices are quite high. In this study, current control circuit and thermoelectric cooling control circuit are designed for pump lasers used in optical lasers and optical amplifiers. With the designed circuit board, butterfly type 14-legged lasers (Type 1 or Type 2) have 800 microamps stability and 0.3 centigrade degree sensitivity. The results were compared with the laser driver circuits in the market and the results were examined.

Keywords: laser diode, current control, thermoelectrical cooler control.

1. GİRİŞ

Fiber optik kablolardan uzun mesafelere ışık iletimini mümkün kılan yarıiletken lazerler sayesinde tek renkli, güçlü ve dağılmaz bir spektruma sahip ışık elde edilmiştir. Lazerler kullanılırken iki temel parametrenin kontrol altında tutulması gerekir. Bu parametreler lazer akımı ve gövde sıcaklığıdır. Lazerlerin sabit bir güçte ve sabit bir dalgaboyuna sahip ışık üretebilmeleri için bu parametrelerin çok hassas bir şekilde kontrol edilmeleri gerekmektedir (Li ve ark., 2018), (Wada ve ark., 2018), (Pai, 2018). Günümüzde soğutmasız lazerlerde üretilmiş olup gövde sıcaklığının kontrolüne gerek kalmadan sadece akım kontrolü yapılabilmektedir. Ancak tip 1 ve tip 2 kelebek lazerler için mutlaka gövde sıcaklığının da kontrol edilmesi gerekmektedir (Tian ve ark., 2017), (Chomkokard ve ark., 2016), (Yulianto ve ark., 2018), (Presti ve ark., 2015).

Lazerlerin kontrolü için piyasada çok sayıda akım ve sıcaklık kontrol kart ve cihazları mevcuttur. Ancak bu kart ve cihazların fiyatları oldukça yüksektir. Bu çalışmada tip 1 ve tip 2 kelebek lazerler

için piyasadaki kontrolörler kadar hassasiyete sahip akım ve termoelektrik soğutucu kontrol devreleri çok daha düşük bir maliyete sahip olacak şekilde tasarlanarak gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Lazerlerde Akım Kontrolü

Geleneksel olarak kullanılan akım sürücüleri lazer modüllerinde yeterince iyi sonuç vermemektedir. Özellikle anahtarlamalı akım kaynaklarında oluşan dalgalanma ve istenmeyen frekans bileşenleri lazerin oluşturduğu optik güçte stabilizasyon sorunu yaratmaktadır.

Bu tasarımda akım kontrolü AMC7820 (Analog Monitoring & Controlling) entegresi ile dijital kontrolü sağlanmış olup OPA561 (Power Amplifier) güç yükselteci ile de güç katı gerçekleştirilmiştir. Lazerden geçen akım direnç ile gerilime dönüştürülüp kazancı 10 olan enstrümantasyon yükselteci ile yükseltilip AMC7820'nin 12'bitlik 4 numaralı ADC girişine verilmiştir. Okunan akım sinyali integral alıcı devrenin geri besleme sinyali olarak kullanılıp istenilen akım değeri ile okunan değer karşılaştırıldıktan sonra çıkışına bağlı olan OPA561 lineer güç yükseltecinin besleme sinyalini oluşturmaktadır.

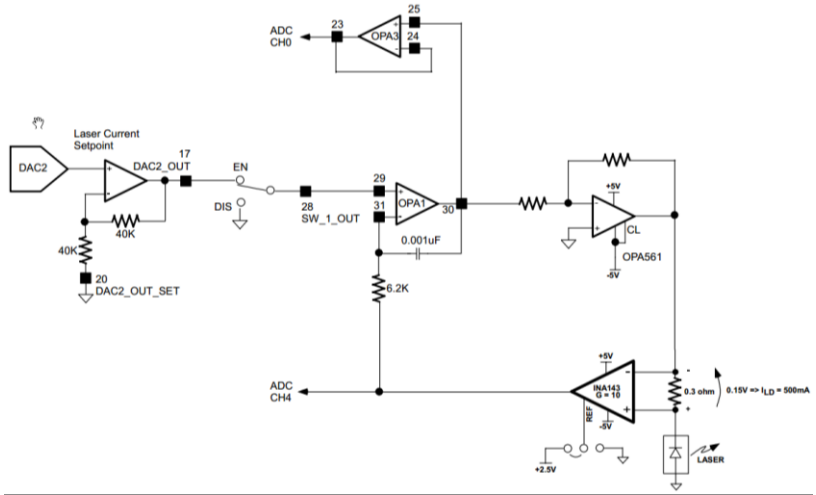


Figure 1. Lazer akım sürücü (Texas Ins., 2005)

Anotu topraklanan lazer diyotta akım Şekil 1'de görüldüğü gibi geçmektedir. Enstrümantasyon yükselteci hiç akım geçmez iken çıkışında referans gerilimi olan 2.5V görülmektedir. 500 mA akım geçtiğinde ise 4V okunacaktır. Bu çalışmada akım ölçmek için kullanılan direnç 0.3 ohm olduğu için 500mA'e kadar lazer diyotlar sürülebilmektedir. 500mA' i 12 bitlik DAC ve ADC'ler ile 0.40mA çözünürlük ile ölçülebilmektedir.

Lazer diyotun akım kaynağı olan OPA561 lineer güç yükseltecidir. Lazerin akım sürücüsünde anahtarlamalı yükselteç kullanılması durumunda oluşabilecek gürültü sinyalleri sinyal hatlarına karışıp sürücüde kritik hatalar oluşmasına neden olabileceği için anahtarlamalı yükselteçler lazer sürücülerde yaygın olarak kullanılmaz.

Lazerin fazla akım çekme ihtimaline karşı bir önlem olarak Şekil 2'deki gibi akım sınırlayıcı bir devre uygun olacaktır. OPA561'in ILIM pini ile akım sınırlamak mümkündür. Ayrıca bu akım sınırlamasını dijital olarak DAC'ın çıkışından alınan gerilim ile yapmak mümkün hale getirilmiştir.

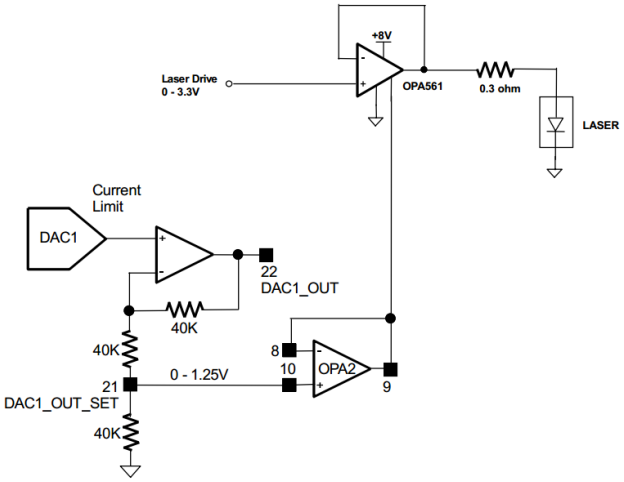


Figure 2. Lazer akımını sınırlama devresi (Texas Ins., 2005)

2.2. Lazerlerde Termoelektrik Soğutucu Kontrolü

Lazer diyot modüllerin çıkış dalgaboylarının sıcaklık bağımlılığı vardır. Modern lazerlerde yaklaşık olarak ±0.02 nm/°C sıcaklığa göre değişiklik göstermektedir. Termoelektrik soğutucu (peltier) malzeme içeren ve lazer diyota yakın konumlandırılmış bir malzemedir. Bu malzemeden akım geçtiğinde, bir tarafı ısınırken diğer tarafı soğur. Lazer modülün sabit sıcaklıkta kalması da peltier malzemenin h-köprüsü ile kontrol edilerek gerektiğinde soğuma, gerektiğinde ise diyotu ısıtması ile sağlanacaktır.

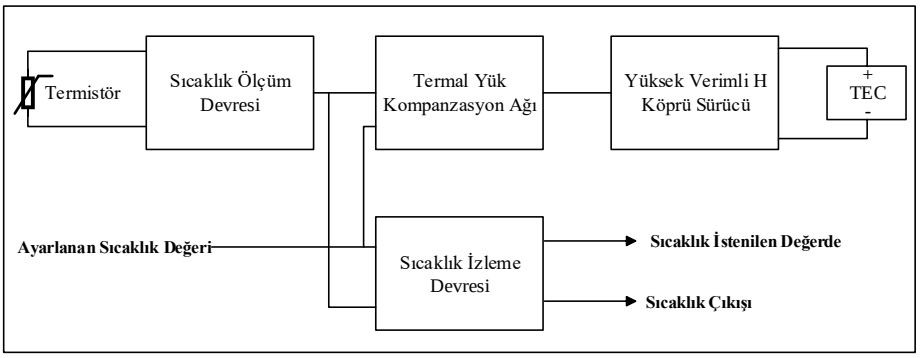


Figure 3. Termoelektrik sürücü blok diyagramı

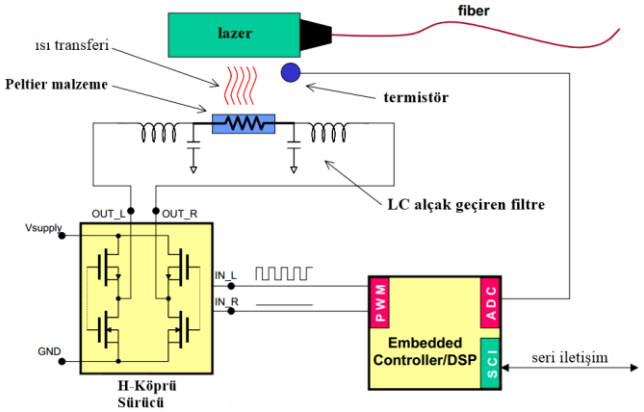


Figure 4. Termoelektrik soğutucu kontrol blok diyagramı (Texas Ins., 2005)

Sistem stabilizasyonu için ±0.1°C sıcaklık istikrarı sonuç olarak lazerin 975 nm merkez dalga boyunda sadece 0.002nm kaymaya neden olacaktır. Bu değişim ise ±2ppm'e denk gelmektedir. Modern sistemler için yaklaşık ±4ppm değişim yeterli olmaktadır. Lazer diyotun sıcaklığı modülün içindeki

termistör yardımı ile ölçülecektir. Termistörün 25 °C'deki normal direnç değeri 10K ±500Ω'dur. Diğer termistörler gibi sıcaklığa göre lineer olmayan geniş bir sıcaklık değişim cevabı vardır. Tasarlanan sistemde bu eğri Steinhart-Hart eşitliği kullanılarak doğrusallaştırması yapıldıktan sonra sıcaklık kontrolü yapılmıştır.

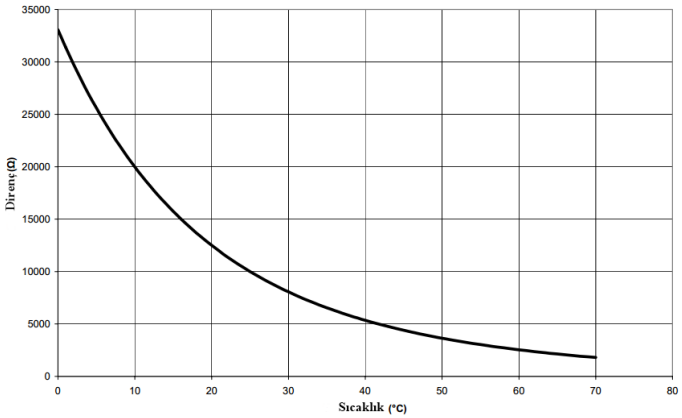


Figure 5. Termistör direncinin sıcaklık ile değişimi (Texas Ins., 2005)

Sistemde kontrolüne yoğunlaşılan kısım sıcaklığın gerçek değeri olmayıp diyotun sıcaklığının sabit kalması kısmına yoğunlaşılmıştır. Sıcaklığın ±0.1°C aralığında salınması bu sistem için yeterli olacağı öngörülmüştür. Sıcaklık kontrol devresi Şekil 6'da gözükmektedir.

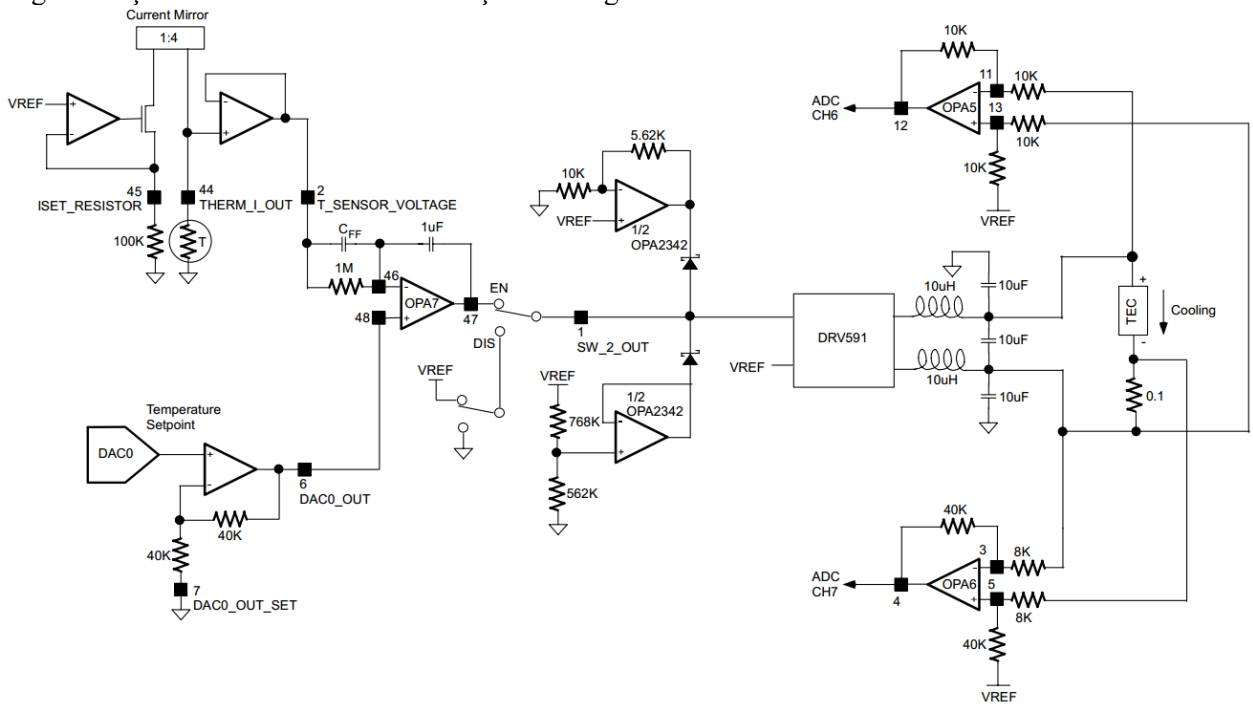


Figure 6. Lazer diyot sıcaklık kontrol devresi (Texas Ins., 2005)

Sıcaklık değeri AMC7820'nin DAC0 çıkışı ile kontrol edilmektedir. AMC7820'de bulunan dahili akım kaynağı sayesinde termistör 100µA akım ile sürülmektedir. Bu akım ile 25°C sıcaklıktaki termistörde 1V gerilim düşecektir. Bu gerilim OPA7 ile oluşturulmuş integratör devresine uygulanmıştır. OPA7'nin girişine uygulanan hedeflenen sıcaklığın gerilime dönüşmüş hali termistörden gelen gerilim ile karşılaştırılıp çıkış artıp ya da azalmaktadır.
AMC7820'nin sağladığı önemli özelliklerden biri olan TEC anahtarı integratör çıkışında bulunuyor. Anahtar aktif edildiğinde integratör çıkışında hata sinyaline göre DRV591 PWM güç sürücünü kontrol etmektedir. Bu devre TEC'i iki yönde akım geçirecek şekilde sürerek ısıtma ya da soğutma işlemini gerçekleştirir. Şekil 6'da görünen OPA5 ve OPA6 ise fark alıcı yükselteçler olarak tasarlanmış olup TEC gerilimini ve akımını ölçecek şekilde tasarlanmıştır.

DAC0 12 bitlik bir DAC'tır. DAC0 ile ayarlanan sıcaklık hedef değeri bit başına 0.03°C çözünürlük sağlayabilmektedir. Referans gerilimi isteyen DAC, AMC7820'nin dahili referans gerilimini kullanmaktadır. Bu gerilimin ise başlangıç toleransı %2 ve sonrasındaki kayması ise 10ppm/°C dur. Bu hatayı elimine etmek gerekir. DAC'ların ve termistörün aynı referansı kullanması bu sorunu çözecektir.

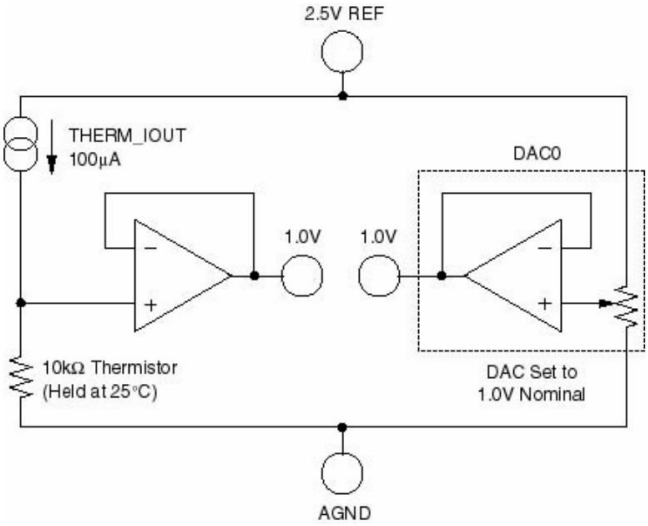


Figure 7. Oransal referans ile sıcaklık ölçümü (Texas Ins., 2005)

Şekil 7'deki gibi oransal moddaki bu referans gerilimi kullanmak, referans gerilimin gerçek değerinin hiçbir zaman fark yaratmamasıdır. Referans da yaşanabilecek kaymalar veya sıcaklık değişimi hiçbir zaman sıcaklık kontrol döngüsünü etkilemeyecektir.

Bu tasarımda TEC'i sürmek için anahtarlamalı PWM sürücü kullanılmıştır. PWM sürücüler yüksek verimli ve sürücü kılıfı üzerinde daha az ısı açığa çıkmasını sağlar. Böylelikle geniş soğutuculara ihtiyaç kalmaz. Özellikle fiziksel olarak bu tasarımda olduğu gibi küçük boyutta bir kart çizilecek ise tercih sebebi olur. PWM sürücülerin bu avantajlarının yanında küçük de olsa bir dezavantajı bulunmaktadır. Bu dezavantaj ise anahtarlamadan kaynaklı oluşan gürültünün devre elemanlarına etki etmesidir. Fakat TEC için istenilen akım dalgalanmasını sağlayacak özellikteki tasarlanan filtre ile bu genellikle problem olmamaktadır. Şekil 8'de TEC için oluşturulmuş D sınıfı bir güç devresi gözükmektedir.

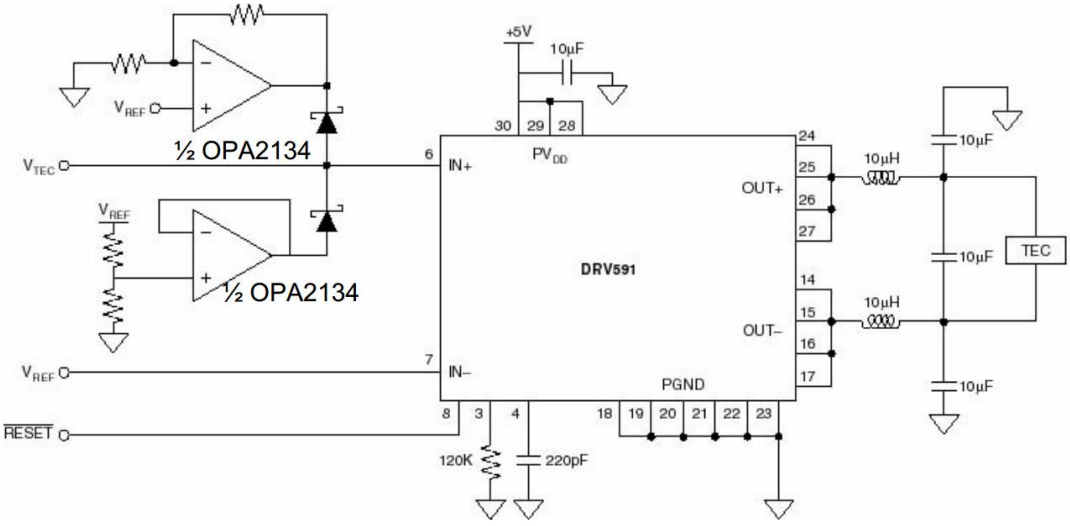


Figure 8. TEC için tasarlanan D sınıfı güç devresi (Texas Ins., 2005)

DRV591 TEC'e ±3A 'e kadar akım sağlayabilmektedir. DRV591 2.34 sabit kazanca sahiptir. Bunun neticesinde transfer fonksiyonu Denklem (1)'deki gibi olacaktır.

$$V_O = V_{O+} - V_{O-} = 2.34(V_{IN+} - V_{IN-}) \quad (1)$$

Genel olarak kullanılan lazer modüllerin maksimum TEC gerilimleri 3.4V civarındadır. Bu tasarımda da bu göz önüne alınarak VIN- 2.5V'luk referans gerilimine bağlanarak çıkış gerilimini 3.66V ile ve OPA2342 ile oluşturulan devre ile de minimum 1.34V gerilim ile sınırlanmıştır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada lazer diyotlar için akım ve TEC sürücü devreleri tasarlanmış olup baskı devre kartları çizilerek tasarımlar pratikte gerçekleştirilmiştir. Pratikte yapılan kart şekil 9 da gözükmektedir. Yapılan testler sonuncunda tasarlanan sürücülerin teorideki gibi çalışmadıkları ortaya çıkmıştır. Akım sürücüsünde 400 mikroamperlik bir çözünürlük beklenirken bu değer gerçekte 800 mikroamper olmuştur. TEC sürücüsünde sıcaklık kararlılığı 0.1°C olması beklenirken pratikte bu değer 0.3°C olarak gözlenmiştir.

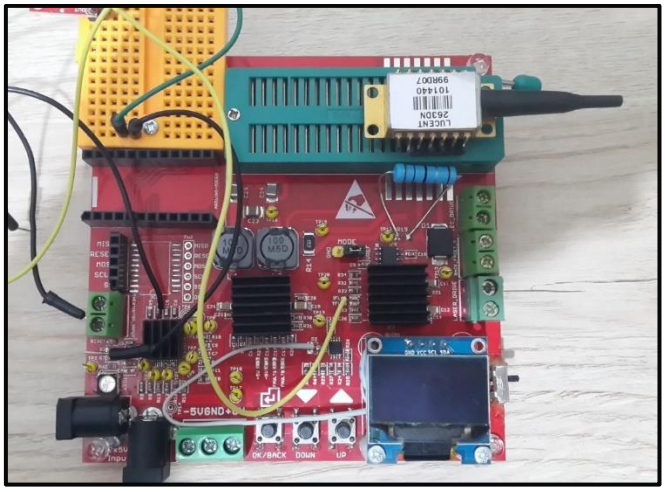


Figure 9. Çizimleri yapılan kartın bastrılıp dizgisi yapılmış hali

Figure 10.

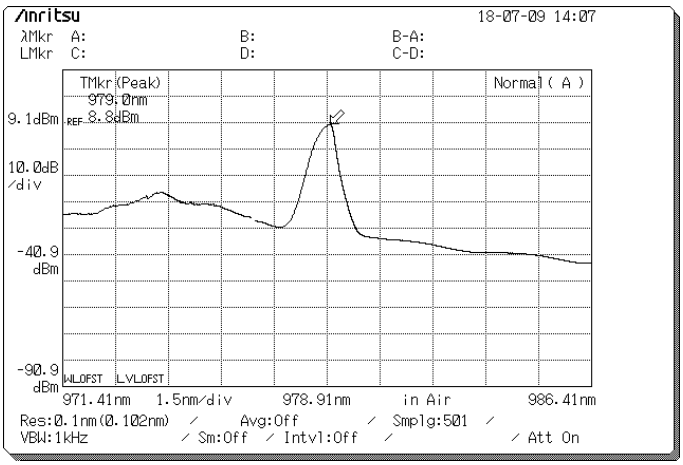


Figure 11. Tasarlanan kart ile çalıştırılan lazer diyotun spektrumu

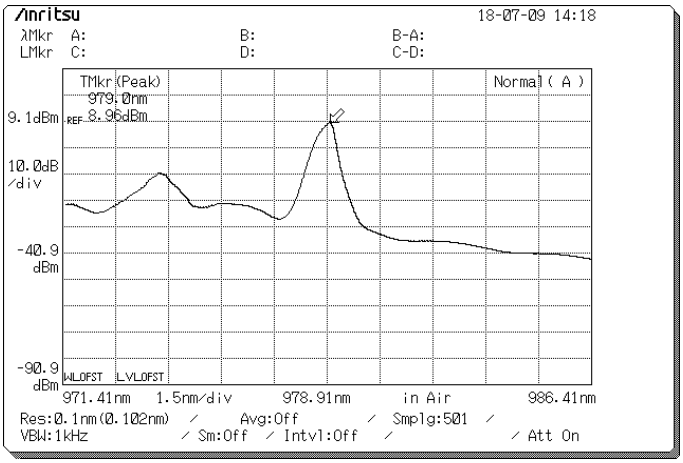


Figure 12. Ticari bir sürücü ile çalıştırılan lazer diyotun spektrumu

Şekil 10 ve Şekil 11 karşılaştırıldığında elde edilen akım çözünürlüğü ve sıcaklık kararlılığı ile tasarlanan kartın ticari bir sürücü ile karşılaştırıldığında Anritsu MS9710B spektrum analizörü ile alınan spektrumun aynı olduğu görünmektedir. Yapılan tasarımın pompa lazer diyot modülleri için yeterli düzeyde olduğu gözükmektedir.

4. TARTIŞMA

Yapılan çalışmada sonucunda akım kontrolü için AMC7820 entegresinin kullanılabilir olduğu görülmüştür. Ancak devre tasarımında hem akım hem de sıcaklık kontrolü kısımlarında entegrenin bilgi sayfalarında yazan değerlere ulaşılamadığı görülmüştür. Tabi ki bu farklar akım sürücüsü için 400 mikroamper iken sıcaklık kontrolü için 0.2 °C olup, çok hassas uygulamalar için lazer dalga boyu kaymasına sebep olabilir.

TEŞEKKÜR

Bildiriye 7160787 nolu proje ile destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

An Optical Amplifier Pump Laser Reference Design Based on the AMC7820, Application Report SBAA072A – May 2002 – Revised March 2005 Texas Instruments, 2 Mayıs 2019 tarihinde http://www.ti.com/lit/an/sbaa072a/sbaa072a.pdf adresinden alındı.

CHOMKOKARD, S., JINUNTUYA, N., WONGKOKUA, W.(2016), Development of laser driver for gauge block interferometer, *2016 International Electrical Engineering Congress*,196-199.

Li, N., QIU, XB., WEI, YB., ZHANG, EH. (2018), A portable low-power integrated current and temperature laser controller for high-sensitivity gas sensor applications, *Review of Scientific Instruments*,Vol. 89, 103103 1-11.

PAI, KJ. (2018), Depressing start-up current overshoot for a laser headlight driver in high-temperature and forward voltage drift conditions, *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, Vol. 65,7793-7804.

PRESTI, D., VIDELA, F., TORCHIA, G. (2015), Design, development and characterization of a dfb (distributed feedback) laser diode control system, *2015 XVI Workshop On Information Processing And Control (RPIC).*

TIAN, Y., WEI, JT., JIANG, MS., ZHANG, L. (2017), Drive design and performance test of a tunable dfb laser, *2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, 4024-4027.

WADA, A., TANAKA, S., TAKAHASHI, N. (2018), Fast interrogation using sinusoidally current modulated laser diodes for fiber fabry-perot interferometric sensor consisting of fiber bragg gratings, *Optical Review*, Vol. 25, 533-539.

YULIANTO, N., YUDASARI, N., BIROWOSUTO, MD., Priambodo, PS. (2016), Tunability technique of microwave frequency generator using temperature controller and ınjection current effect of dfb laser, *International Symposium On Frontier Of Applied Physics (ISFAP) 2015*, Vol. 1711, 030007 1-5.

ÜLKE BAZINDA LOJİSTİK PERFORMANS ENDEKSİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tuğçen HATİPOĞLU
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
tugcen.hatipoglu@kocaeli.edu.tr

Doç.Dr. Mümtaz KARATAŞ
Milli Savunma Üniversitesi, Deniz Harp Okulu, Endüstri Mühendisliği Bölümü
mkaratas@dho.edu.tr

Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
figlalia@kocaeli.edu.tr

Özet

Lojistik Performans İndeksi (LPI), Dünya Bankası tarafından ülkelerin ticaret lojistiğindeki performanslarındaki zorlukları ve fırsatları ve performanslarını iyileştirmek için neler yapabileceklerini belirlemelerine yardımcı olmak için oluşturulan etkileşimli kıyaslama aracı olarak tanımlanmaktadır. Lojistik performans endeksi, uluslararası tedarik zincirlerinin etkinliği bakımından 160 ülke arasında uygulanmaktadır. LPI temel olarak gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik yeterlilik, takip edilebilirlik ve takip ve zamanında ulaştırma olmak üzere altı kriter ile ölçülür. Bu çalışmada, Veri Zarflama Analizi (DEA) uygulanarak, Türkiye'nin lojistik performans seviyesi diğer ülkeler ile karşılaştırılmıştır. DEA, organizasyonel birimlerin göreceli performanslarını ölçmeyi amaçlayan çok kriterli bir karar verme tekniği olan doğrusal bir programlamadır. Bu çok amaçlı bağlamda DEA kullanarak, Türkiye'nin performansını her bir kriter açısından değerlendirilmiş ve ülkenin LPI değerini arttırmak için hangi kriterlere odaklanılması gerektiği açıklanmıştır..

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Lojistik Performans İndeksi, Mühendislik Uygulamaları

ASSESSING THE COUNTRY-BASED LOGISTICS PERFORMANCE INDEX VIA A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Abstract

Logistics Performance Index (LPI) is defined by the World Bank as the interactive benchmarking tool created to help countries identify the challenges and opportunities they face in their performance on trade logistics and what they can do to improve their performance. The logistics performance index ranks 160 countries with respect to their efficiency of international supply chains. LPI is basically measured by six criteria consisting of customs, infrastructure, international shipments, logistics competence, tracking/ tracing, and timeliness. In this study, we compare the logistics performance level of Turkey and compare it with those of other countries by implementing the Data Envelopment Analysis (DEA). DEA is a linear programming based multiple-criteria decision-making technique which aims to measure the relative performances of organizational units. In this multi-purpose context, using DEA, we evaluate Turkey's performance in terms of each criterion and determine which criteria should be focused to increase the country's LPI.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Logistics Performance Indeks, Engineering Applications

1. GİRİŞ

Günümüzde stoklama, dağıtım, ulaşım ve üretim faaliyetlerini kapsayan bir çok alanda lojistik büyük öneme sahiptir. Lojistik performansı kavramı sadece firmalar açısından değil ülkeler açısından da dikkate alınmaktadır. Bu amaçla 2007 yılında Dünya Bankası tarafından Lojistik Performans indeksi

(LPI) oluşturulmuştur. Lojistik Performans İndeksi (LPI) ülkelerin lojistik alanındaki performanslarını ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu ölçüm sonucu ülkede faaliyet gösteren çeşitli lojistik firma çalışan ve yöneticilerinden oluşan uzman kişilere sorulan sorulara verilen puanlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Sonrasında elde edilen bu puanlara göre ülke sıralaması elde edilmektedir.

Ülkelerin lojistik performans indeksi ağırlıklı ortalamaları hesaplanırken, sorulan sorular 6 başlık altında listelenmektedir. Bunlar sırasıyla;

1. Gümrükleme İşlemleri
2. Altyapı,
3. Uluslararası Taşımacılık
4. Lojistik Hizmet Kalitesi
5. Takip Edilebilirlik
6. Zamanında Teslim olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde genel sıralamada ilk sıralarda yer alan ülkeler arasında Almanya, Singapur, İsveç, Hollanda, Lüksemburg vb. yer almaktadır.

Türkiye 2007 yılında yapılan değerlemede 34.sırada bulunuyorken, 2010 yılında 39.sıraya gerilemiş, son yapılan ölçümde ise listede 160 ülke arasından 47. sırada listede yer almaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre ülkenin performansı azalan bir eğime sahiptir. Hem genel sıralamada hem de ayrı ayrı 6 konu başlığı açısından gerileme değerlendirilmiştir (Şekil 1).

Yıl	Sıra	LPI Puanı	Gümrük	Altyapı	Uluslararası Sevkiyat	Lojistik Hizmetlerin Kalitesi	Gönderilerin Takibi ve İzlenebilirliği	Gönderilerin Zamanında Teslimi
2007	30	3,15	3	2,94	3,07	3,29	3,27	3,38
2010	39	3,22	2,82	3,08	3,15	3,23	3,09	3,94
2012	27	3,51	3,16	3,62	3,38	3,52	3,54	3,87
2014	30	3,5	3,23	3,53	3,18	3,64	3,77	3,68
2016	34	3,42	3,18	3,49	3,41	3,31	3,39	3,75
2018	47	3,15	2,71	3,21	3,06	3,05	3,23	3,63

Şekil 1. Yıllar bazında Türkiye için Lojistik Performans İndeksi sıralaması ve değerleri

Sonuçlar incelendiğinde, Türkiye'nin lojistik açısından geliştirilmesi ve yeniden yapılandırılması gereken konuları hakkında değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Bu nedenle dünyada örnekleri görülen pek çok yeni nesil tedarik zinciri incelenmeli ve sürdürülebilirlik, esneklik ve teknolojik gelişmeler gibi konulara daha fazla önem verilmelidir.

2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri zarflama analizi bir grupta yer alan karar birimlerinin göreli etkinliğini karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Matematiksel programlama yöntemlerini baz alan bir tekniktir. Yöntemde girdi değerleri ve çıktı değerleri arasında bir fonksiyonel ilişki varsayımı olması, VZA nin tercih edilme sebepleri arasındadır. Varsayımın gerekli olmadığı bu durum, VZA'ya parametrik olmayan yöntem olma özelliğini kazandırmaktadır (Ayrıçay ve Özçalıcı, 2015).

Veri Zarflama Analizi, modelde yer alan değişkenler arasındaki bağlantıların belirlenerek bir toplam performans ölçüsü oluşturulmasında, birden fazla bağımsız ve bağımlı değişkeni eş zamanlı değerlendirmektedir. Bu durum modelin avantajları arasında yer alır. Bu verimlilik değerlemesi diğer analiz (oran analizi veya regresyon analizi) yöntemlerinde mevcut değildir (Akbalık ve Sırma, 2013).

Girdi ve çıktı sayısı birden fazla ise bunlar farklı ölçü birimleri ile ifade ediliyorsa etkinliği belirlemek için genelde VZA yöntemi tercih edilmektedir. VZA, benzer (homojen) karar verme birimlerinin göreli etkinliğini ölçmek amacıyla kullanılan çok faktörlü performans ölçüm yöntemidir. Çok girdiye ve çok çıktıya sahip bir etkinlik skoru şu şekilde ifade edilmektedir:

Etkinlik = Ağırlıklandırılmış Toplam Çıktılar / Ağırlıklandırlımış Toplam Girdiler

VZA yöntemi ile, karar birimlerindeki tam etkin olmama ölçüsü ve etkin olmama sebepleri belirlenebilmektedir. Bu yöntem aracılığıyla, tam etkin çıkmayan karar birimlerin girdi miktarında ne miktarda bir azalma ya da çıktı miktarında ne miktarda bir artırım yapılmasına yönelik olarak sonuçlar yorumlanabilir (Bal, 2013).

VZA yöntemi Farell tarafından geliştirilen en az girdiyi kullanarak en fazla çıktıya ulaşmayı veya aynı miktarda girdiyle daha fazla cıktıya ulaşmayı hedefleyen tam etkinlik kavramını baz almaktadır. Farrell'in gerçekleştirdiği etkinlik ölçümü, etkin olmayan gözlemlerden eşürün eğrisine diğer bir deyişle etkin sınıra kadar olan radyal (aynı oranda) azaltımlara veya genişlemelere dayalı olarak gerçekleştirilmiştir (Gencer, 2011).

3. UYGULAMA

Bu çalışma ülkelerin Lojistik Performans İndekslerini inceleyerek, Türkiye'nin lojistik bakımından gelişime açık yönlerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada Dünya Bankası tarafından elde edilen veriler kullanılmıştır. Dünya Bankası tarafından toplanan anket başlıklarından "Altyapı" çalışmanın VZA yöntemi için kullanılan çıktısı olarak ele alınmıştır.

Altyapı Anket Girdileri ise sırasıyla aşağıda listelenmiştir:

'Liman ücretleri'
'Havaalanı ücretleri'
'Demiryolu'
'Hava Taşımacılığı'
'Deniz taşımacılığı'
'Depolama yükleme ve dağıtım'
'Nakliye'
'Gümrük ajansları'
'Gümrük komisyoncuları'
'İthalatın tasfiyesi ve teslimi'
'İhracatın netleştirilmesi'
'Gümrük işlemlerinin şeffaflığı'
'Diğer sınır ajanslarının şeffaflığı'
'Ticaret ve ulaştırma altyapısı'
'Telekomünikasyon ve IT altyapısı'
'Özel lojistik hizmetleri'

Her ne kadar ölçüm sonuçları 160 ülkenin kıyaslamasını yapsa da bizim çalıştığımız VZA yönteminde boş değerler yer almaması gerekmektedir. Her kriter açısından tam veriye ulaşabildiğimiz 53 ülke bu çalışmada incelenmiştir. Ülkelerin CCR değeleri, sıralamaları ve referans kümeleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Veri Zarflama Analizi ile yapılan değerlendirme sonuçları

Karar Birimleri	**CCR (Charnes-Cooper-Rhodes)**	**Sıralama**	**Referans Kümesi**
DMU1		1	1 9 15 20 23
DMU2	**0,9154**	5	6 23 28 52
DMU3	**1**	1	3 20 23 38 52
DMU4	**0,8592**	7	8 20 52
DMU5	**0,9271**	3	6 10 20
DMU6	**1**	1	6 20
DMU7	**0,6964**	21	6 20 22 45
DMU8	**1**	1	6 8 20 42 52
DMU9	**1**	1	9 20
DMU10	**1**	1	9 10 23 42
DMU11	**0,5606**	28	6 20 23 52
DMU12	**0,6499**	22	6 20 45
DMU13	**0,5782**	26	1 10 15 20 23
DMU14	**0,6308**	24	20 23
DMU15	**1**	1	9 15 20
DMU16	**1**	1	9 10 16 23 42
DMU17	**0.5748**	27	6 23
DMU18	**0.6378**	23	20 23
DMU19	**0.8032**	12	6 43 52
DMU20	**1**	1	20
DMU21	**1**	1	6 10 21 23 42
DMU22	**1**	1	20 22 23 38 52
DMU23	**1**	1	9 20 23
DMU24	**0.9213**	4	6 20 23 38
DMU25	**0.8303**	10	9 10 20 23 42
DMU26	**0.7054**	19	6 20 45 52
DMU27	**1**	1	9 10 20 27 31 42
DMU28	**1**	1	10 23 28 42 52
DMU29	**1**	1	1 10 20 23 29
DMU30	**0.7025**	20	6 10 23 38 52
DMU31	**1**	1	9 20 31
DMU32	**1**	1	6 20 23 32 45
DMU33	**0.7222**	18	1 20 29
DMU34	**0.8368**	9	6 20 38 52
DMU35	**0.7786**	13	20 22 23 28 52
DMU36	**0.7422**	16	20 32 52
DMU37	**0.9491**	2	20 22 23 52
DMU38	**1**	1	6 20 23 38 42 52
DMU39	**0.8246**	11	8 20
DMU40	**0.8566**	8	1 20 29
DMU41	**0.7360**	17	1 9 20 23
DMU42	**1**	1	6 20 42
DMU43	**1**	1	6 20 43 52
DMU44	**1**	1	6 20 23 42 44 52
DMU45	**1**	1	6 20 23 45
DMU46	**0.7459**	**15**	**6 23 28 52**
DMU47	**0.9027**	6	6 28 52
DMU48	**0.7670**	14	6 23

DMU49	**0.9492**	2	9 10 15 16 23
DMU50	**1**	1	9 10 20 23 42 50
DMU51	**0.5959**	25	20 22 52
DMU52	**1**	1	6 20 42 52
DMU53	**0.7034**	20	6 20 23 52

Yukarıdaki tabloda yer alan 46 numaralı Karar birimi Türkiye'yi temsil etmektedir. Girdi yönlendirmeli Ölçeğe sabit getiri modeline göre Türkiye verimlilik değeri 0,75 bulunmuştur. Yöntem sonucuna göre elde edilen değerler aşağıda sunulmuştur.

mu[1] = 0.321543408360129
v[1] = 0
v[2] = 0
v[3] = 0
v[4] = 0
v[5] = 0
v[6] = 0
v[7] = 0
v[8] = 0
v[9] = 0
v[10] = 0
v[11] = 0
v[12] = 0
v[13] = 1.71
v[14] = 0
v[15] = 0
v[16] = 1.03

46 numaralı karar birimi ile ifade edilen Türkiye için etkinlik değeri 0.75 olarak hesaplandı. Tam etkinlik görülmemektedir. Referans kümesindeki 6 23 28 52 sayıları ile temsil edilen sırayla Brezilya, İran, Kenya, Vietnam ülkeleri bulunmaktadır. Türkiye Altyapı değerlendirmesine göre etkin olmayan faktörler: 'Diğer sınır ajanslarının şeffaflığı' ve'Özel lojistik hizmetleri' olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerin referans kümesinin etkin düzeye çekilmesi gereklidir.

4. SONUÇ

Bu çalışma Dünya Bankası Lojistik Performans İndeksi verileri kullanarak 53 ülke üzerine yapılmıştır. Ülkelerin 2016 yılı itibari ile etkinliklerinin değerlendirilmesinde VZA yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde Altyapı faktörü çıktı olarak belirlenmiştir. Girdi faktörleri olarak ise sırasıyla 'Liman ücretleri', 'Havaalanı ücretleri', 'Demiryolu', 'Hava Taşımacılığı','Deniz taşımacılığı', 'Depolama yükleme ve dağıtım', 'Nakliye', 'Gümrük ajansları', 'Gümrük komisyoncuları', 'İthalatın tasfiyesi ve teslimi', 'İhracatın netleştirilmesi', 'Gümrük işlemlerinin şeffaflığı', 'Diğer sınır ajanslarının şeffaflığı', 'Ticaret ve ulaştırma altyapısı', 'Telekomünikasyon ve IT altyapısı', 'Özel lojistik hizmetleri' kullanılmıştır. Türkiye için hesaplanan etkinlik değeri 0,75'tir. Yani tam etkinlik bulunmamıştır. Etkin olmayan faktörlerin 'Diğer sınır ajanslarının şeffaflığı' ve'Özel lojistik hizmetleri' oldukları görülmüştür. Referans kümesindeki 6 23 28 52 sayıları ile temsil edilen sırayla Brezilya, İran, Kenya, Vietnam ülkeleri bulunmaktadır. Bu faktörlerin referans kümesinin etkin düzeye çekilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

Akbalık, M., Sırma, İ., (2013). Türkiye'de Yabancı Bankaların Etkinliği; Veri Zarflama Analizi Uygulaması. Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, 4(8):1-16.

Ayrıçay, Y., Özçalıcı, M. (2015). 1997-2012 yılları arasında Türkiye'de veri zarflama analizi ile ilgili yayınlanan akademik çalışmalar. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 246-279.

Bal, E. (2013). Vakıf üniversitelerinde veri zarflama analizi ile etkinlik belirlenmesi. Manas Sosyal Araştırmalar Derisi, 2(1), 1-20.

Gencer, H. (2011). Imkb'de işlem gören çimento şirketlerinin performanslarının ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı, 25(3-4), 31-44.

ERBİYUM KATKILI FİBER YÜKSELTEÇLERDE DÜZ KAZANÇ SPEKTRUMU İÇİN ERBİYUM KATKILI FİBER BOYUNUN OPTİMİZASYONU

Özcan AKÇEŞME
Gazi Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik-Elektronik Müh.
ozcanakcesme@gmail.com

Prof. Dr. Murat YÜCEL
Gazi Üniversitesi/ Teknoloji Fakültesi / Elektrik-Elektronik Müh.
muyucel@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, C band bölgesinde çalışan bir erbiyum katkılı fiber yükselteç (EKFY) tasarlanmıştır. EKFY'lerin optik kazanç spektrumları C band bölgesinde doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir. Bu nedenle optik yükselteç zinciri kullanıldığında yani ard arda yükseltmeler yapıldığında dalgaboylarında elde edilen toplam kazanç değerleri farklılık gösterecektir. Bunun sonucu olarak kimi dalga boyları alıcı tarafa ulaşamadan zayıflayacaktır. Ancak bu EKFY tasarlanırken en yaygın giriş gücü olan -20 dBm için, erbiyum katkılı fiber boyu optimize edilmiştir. Tüm optimizasyonlar OptiAmplifier 4.0 yazılımında yapılmış ve elde edilen en uygun değerler için deneysel kurulum gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, -20 dBm giriş sinyal gücü için hiçbir kazanç düzleştirme metodu kullanılmadan, 32 nm band genişliği ve 1.64 dB kazanç dalgalanması elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: erbiyum katkılı fiber yükselteç, düz kazanç spektrumu, optimizasyon.

OPTIMIZATION OF ERBIUM-DOPED FIBER LENGTH FOR FLAT GAIN SPECTRUM IN ERBIUM-DOPED FIBER AMPLIFIERS

Abstract

In this study, an erbium doped fiber amplifier (EDFA) was designed in the C band region. The optical gain spectrum of EKFYs have a nonlinear structure in the C band region. Therefore, the total gain values obtained in the wavelengths will be different when the optical amplifier chain is used. As a result, some wavelengths will weaken before reaching the receiving side. However, for the most common input power of -20 dBm, the erbium doped fiber length has been optimized when designing this EDFA. All optimizations were made in OptiAmplifier 4.0 software and experimental setup was performed for the most appropriate values. As a result, 32 nm bandwidth and 1.64 dB gain fluctuation were achieved without using any gain flattening method for the input signal power of -20 dBm.

Keywords: erbium doped fiber amplifier, flat gain spectrum, optimization.

1. GİRİŞ

Fiber optik haberleşme sistemlerinin mesafelerin uzaması ve yaygınlaşmasında temel adım optik yükselteçlerdir. Fiber kablo içerisinde kayıpların minimum olduğu sinyal dalgaboyu 1550 nm olup, fiber optik haberleşmede bu dalgaboyunu içerisine alan geleneksel band (C band 1530-1565 nm) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu dalgaboyu aralığında en verimli optik yükselteçler ise EKFY'lerdir. EKFY'ler yüksek kazanç, düşük gürültü, yüksek verim özellikleri ile öne çıkmaktadır. Ancak EKFY'lerin optik kazanç spektrumları C band bölgesinde doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir. Bu nedenle optik yükselteç zinciri kullanıldığında yani ard arda yükseltmeler yapıldığında dalgaboylarında elde edilen toplam kazanç değerleri farklılık gösterecektir. Bunun sonucu olarak kimi dalga boyları alıcı tarafa ulaşamadan zayıflayacaktır. Bu nedenle kazanç düzleştirme fiber optik yükselteç uygulamalarında çok önemlidir. Ayrıca fiber optik haberleşmede band genişliğinin artmasını sağlayan yoğun dalga boyu bölmeli çoğullama (YDBÇ) gibi uygulamalarda EKFY'nin düz bir kazanca sahip olması büyük önem taşımaktadır (Harun ve ark., 2006) EKFY'nin düz olmayan kazanç spektrumları sistem band genişliğini sınırlamaktadır (Dung ve ark., 1998). Aynı fiberden daha fazla kanal iletmek için düz kazanç ve daha geniş band genişliği gerekmektedir (Yücel ve ark., 2008).

Erbiyum katkısının yanında, tellürit (Yamada ve ark., 1998), fosfor, alüminyum v.b. katkı malzemeleri kullanılarak, EKFY'ler çeşitli konfigürasyonlarda çalıştırılarak (Lu ve ark., 2004), kazanç düzleştirici filtreler (Göktaş ve ark., 2006), (Vallon ve ark., 2003) ve fiber Bragg ızgaralar (Ni ve ark., 2007), (Singh ve ark., 2004) kullanılarak çıkış kazanç spektrumu düzleştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, klasik bir erbiyum katkılı fiberin (EKF) boyu optimize edilerek herhangi bir ek yapı kullanılmadan hangi dalgaboyu aralıklarında düz kazançlı bir yükselteç olarak çalıştığı incelenmiştir.

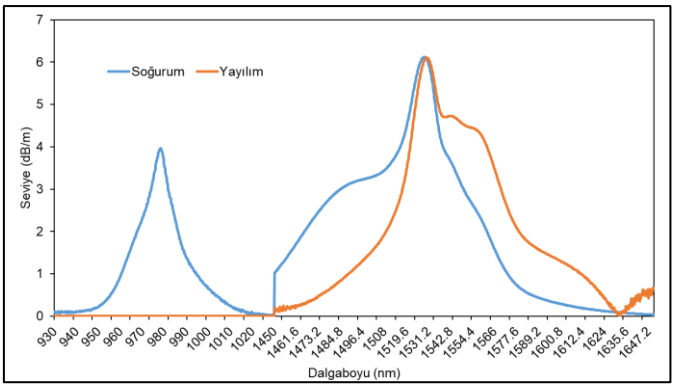
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Simülasyon

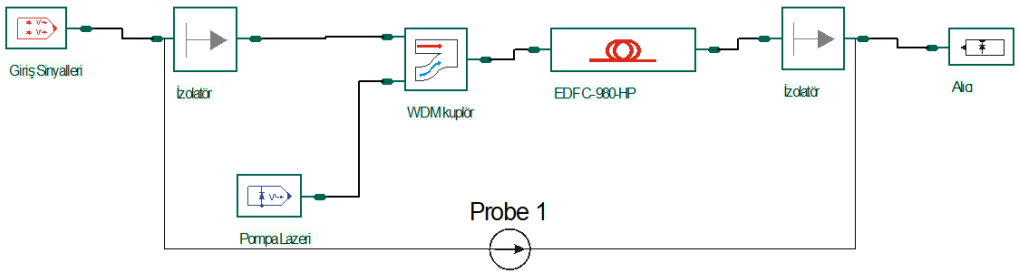
Simülasyon için OptiAmplifier 4.0 yazılımı kullanılmıştır. Yazılıma, EDFC-980-HP erbiyum katkılı fiberin cross-section verileri ".dat" dosyası olarak tanıtılmış ve fiberin kritik parametreleri girilmiştir. Yazılımda kullanılan parametreler Tablo 1'de görülmektedir. Kullanılan fiberin soğurum ve yayılım cross-section grafiği Şekil 1'de görülmektedir. Simülasyon devresi ise Şekil 2'de görülmektedir.

Tablo 1. Kullanılan EKF'nin Parametreleri

Parametreler	**EDFC-980-HP**
Nümerik açıklık	0.23
İyon ömrü (ms)	10
Soğurma (980 nm)(dB/m)	9
Öz yarıçapı (µm)	1.55
Erbiyum yarıçapı (µm)	1.45
İyon yoğunluğu	5e+024 m^{-3}

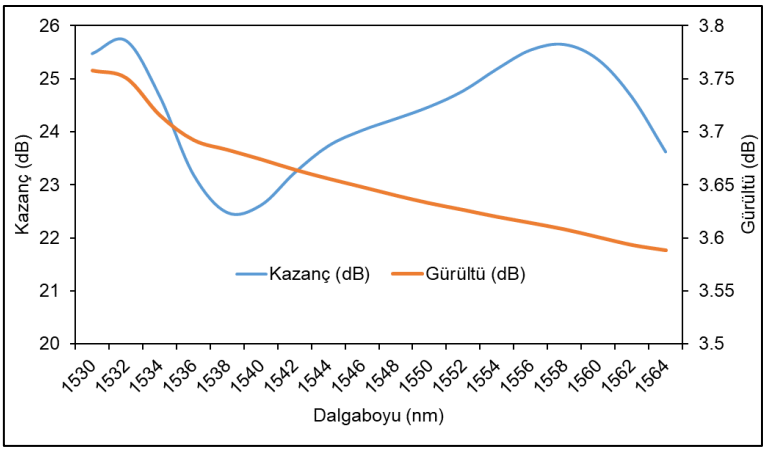


Şekil 1 EKF'nin soğurum ve yayılım kesit alanı grafiği



Şekil 2. Simülasyon düzeneği

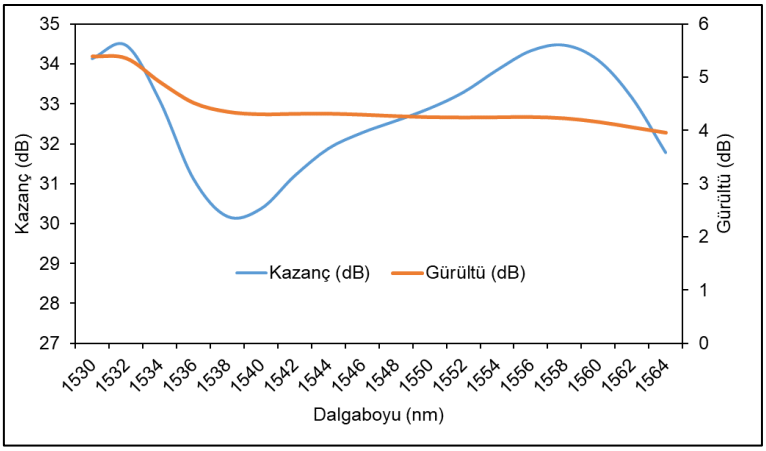
Simülasyon düzeneğinde C band (1530-1564 nm) sinyaller kullanılmıştır. Pompa lazeri olarak, daha düşük gürültü faktörü elde etmek için, 980 nm dalgaboyu ve 100 mW güce sahip lazer seçilmiştir. Fiber boyu ilk olarak; -20 dBm güce sahip giriş sinyalleri ve 100 mW'lık pompa lazeri için en düz çıkış kazanç spektrumunu verecek şekilde optimize edilmiş ve 12.5 m olarak bulunmuştur. Bu değerler için elde edilen çıkış kazanç spektrumu ve gürültü faktörü grafiği Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. -20 dBm giriş sinyal gücü için çıkış kazanç spektrumu ve gürültü faktörü

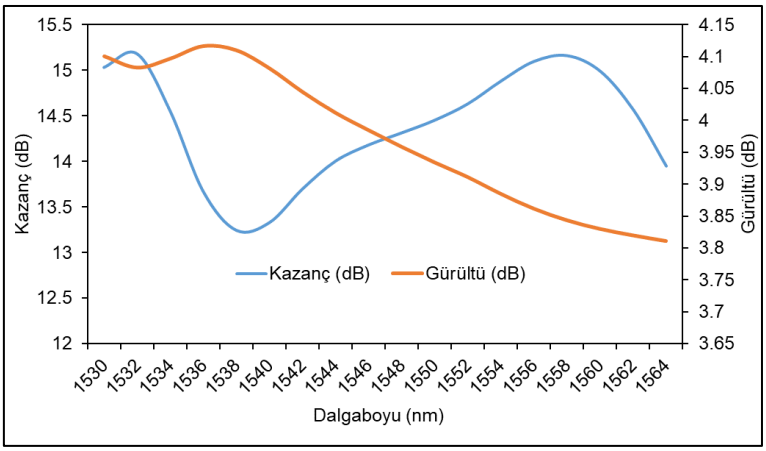
Şekil 3 incelendiğinde ortalama kazanç yaklaşık olarak 25 dB olup, kazanç dalgalanması 3.24 dB'dir. Gürültü ise ortalama olarak 3.75 dB'dir.

Aynı düzenekte giriş sinyal gücü -30 dBm'e düşürüldüğünde Şekil 4'teki sonuçlar alınmıştır.



Şekil 4. -30 dBm giriş sinyal gücü için çıkış kazanç spektrumu ve gürültü faktörü

Fiber boyu 16.8 m olarak optimize edilmiştir. Ortalama güç 34.5 dB ve gürültü 5.38 dB'dir. Kazanç dalgalanması ise 4.29 dB olarak optimize edilmiştir. -10 dBm'lik giriş sinyal gücü için yapılan simülasyon sonuçlarında ise fiber boyu 7.5 m olarak bulunmuştur. Ortalama güç 15 dB ve gürültü 4.1 dB'dir. Kazanç dalgalanması ise 1.93 dB olarak optimize edilmiştir.

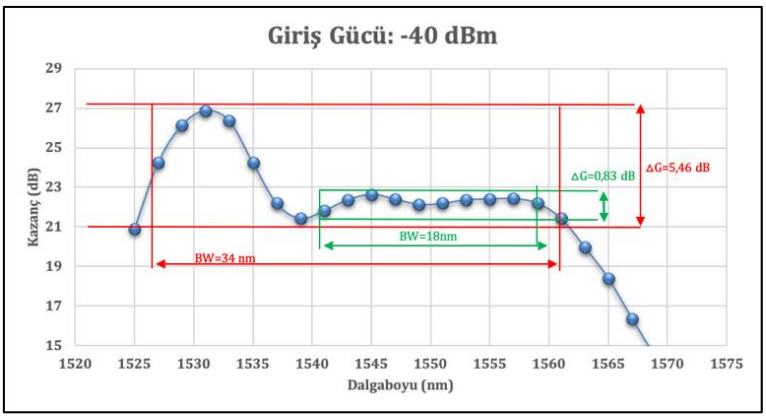


Şekil 5. -10 dBm giriş sinyal gücü için çıkış kazanç spektrumu ve gürültü faktörü

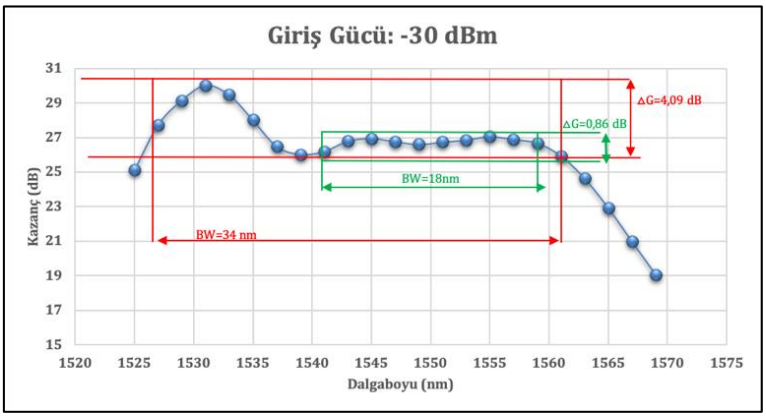
Yapılan simülasyonlar, giriş sinyal gücü düştükçe fiber boyunun yükseldiğini göstermiştir. Ancak pratikte EKFY'lerin girişine uygulanan güç değerleri değişiklik göstereceği için EKF boyunun değiştirilmesi mümkün olmayacaktır. Bu nedenle deneysel kurulumda en yaygın giriş sinyal gücü olarak kullanılan -20 dBm için deneysel kurulum gerçekleştirilmiştir.

2.2. Deneysel Kurulum

Şekil 2'de görülen düzenek deneysel olarak kurulmuştur. Giriş sinyalleri Santec TSL-210V ayarlanabilir lazer kaynağı ile uygulanmıştır. EKF uzunluğu 12.5 m seçilmiştir. 977 nm pompa lazeri pompa akımı 150 mA (100 mW) sabit akım modunda iken kullanılmıştır. Tüm ekler füzyon ek olarak yapılmıştır. Alıcı olarak Anritsu 9710B optik spektrum analizörü kullanılmıştır. Şekil 6-10'da sırasıyla -40 dBm den 0 dBm'e kadar giriş sinyal güçleri için çıkış kazanç spektrumları görülmektedir. Şekiller üzerinde maksimum kazanç dalgalanması ve yaklaşık 1 dB dalgalanma için düz kazanç bölgeleri belirlenmiştir. Şekil 6 için 18 nm'lik bir bölgede 0.83 dB'lik bir dalgalanma elde edilmiştir.

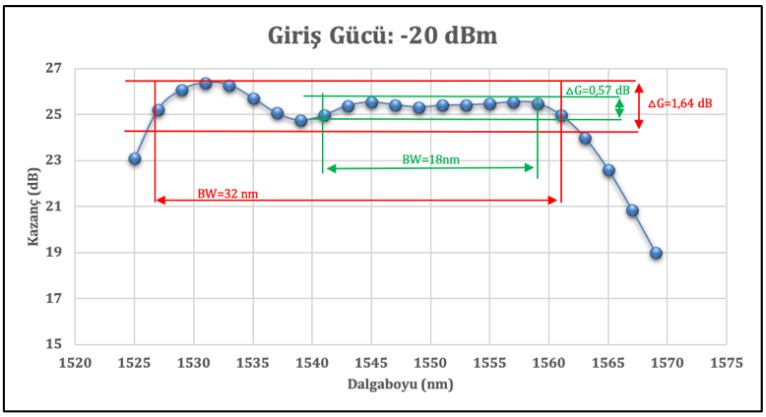


Şekil 6. -40 dBm giriş gücü için kazanç grafiği



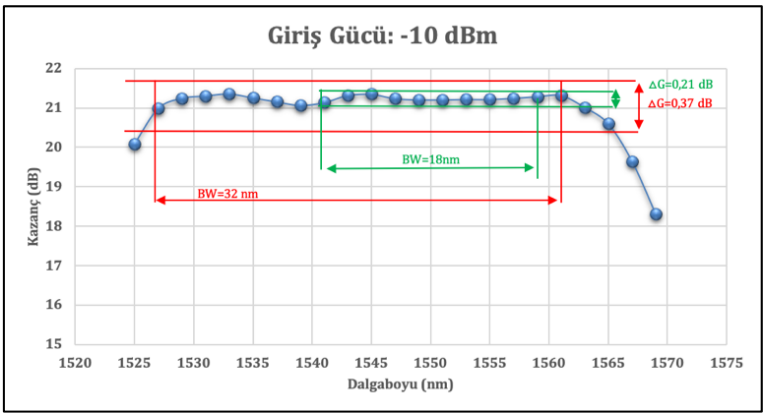
Şekil 7. -30 dBm giriş gücü için kazanç grafiği

Şekil 7 için benzer şekilde18 nm'lik bir bölgede 0.83 dB'lik bir dalgalanma elde edilmiştir. Ancak iki şekil karşılaştırıldığında maksimum dalgalanmanın 5.46 dB'den 4.09 dB'ye düştüğü görülmektedir. Şekil 8'de -20 dBm'lik giriş sinyalleri için elde edilen çıkış kazanç spektrumu görülmektedir. Bu spektrumdan görüleceği üzere 32 nm'lik bir band genişliği için 1.64 dB kazanç dalgalanması elde edilirken, 18 nm'lik band genişliği için bu değer 0.57 dB'ye düşmüştür.

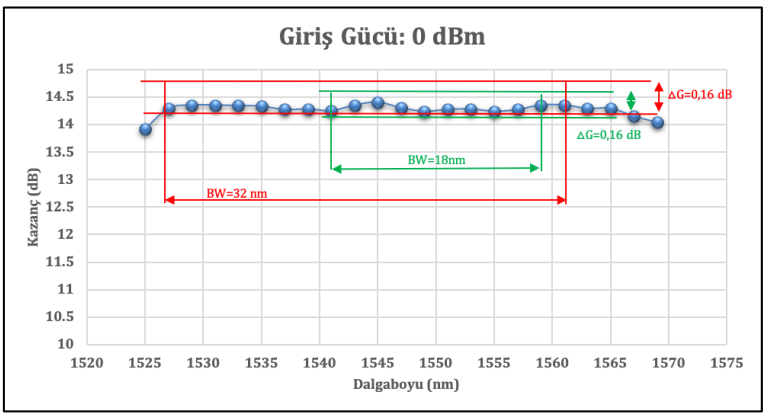


Şekil 8. -20 dBm giriş gücü için kazanç grafiği

Şekil 9'da ise -10 dBm'lik giriş sinyalleri için elde edilen çıkış kazanç spektrumu görülmektedir. Spektrum incelendiğinde 32 nm'lik bir band genişliği için 0.37 dB kazanç dalgalanması elde edilirken, 18 nm'lik band genişliği için bu değer 0.21 dB'ye düşmüştür.



Şekil 9. -10 dBm giriş gücü için kazanç grafiği



Şekil 10. 0 dBm giriş gücü için kazanç grafiği

Şekil 10'da ise 0 dBm'lik giriş sinyalleri için elde edilen çıkış kazanç spektrumu görülmektedir. Kazanç spektrumu analiz edildiğinde 32 nm'lik bir band genişliği için 0.16 dB kazanç dalgalanması elde edilirken, 18 nm'lik band genişliği için bu değer yine 0.16 dB olup tüm bandda düz bir kazanç elde edilmiştir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada EKFY'nin fiber boyu OptiAmplifier 4.0 programı kullanılarak optimize edilmiş ve -40 dBm ile 0 dBm arasında giriş sinyal güçleri için çıkış kazanç spektrumu deneysel olarak analiz

edilmiştir. Bu analizlerde hangi giriş gücü için hangi dalgaboyu aralıklarında daha düz bir kazanç spektrumunun elde edilebileceği gösterilmiştir. Bunun için 1541 nm- 1559 nm aralığındaki 18 nm'lik bölge ve tüm C bandı seçilmiştir. EKF boyu -20 dBm'lik giriş sinyal güçleri için optimize edildiğinden bu giriş gücü veya daha üstündeki giriş sinyal güçlerinde oldukça düz bir kazanç spektrumu elde edilmiştir. Bu değerler -20 dBm için C bandı boyunca 1.64 dB, 18 nm bandı için 0.57 dB'dir. Sonuç olarak, genel amaçlı EKFY'ler en çok karşılaşılabilecek senaryolar değerlendirilerek tasarlanırsa kayda değer bir band genişliğinde ekstra bir filtre, düzenek, v.b. kazanç düzleştirme elemanına gerek kalmadan kullanılabilirler.

4. TARTIŞMA

EKFY'ler günümüz haberleşme sistemlerinde yaygın olarak kullanılırken, üretilmiş oldukları çalışma bandına göre ve EKFY girişine gelen sinyalin güç seviyesine göre çıkışlarında belli bir kazanç oluşturmaktadırlar. Bu çalışma ile geleneksel bir EKFY'nin kullanılan fiber özellikleri, fiber boyu gibi parametrelerin optimize edilmesi sonucunda düz bir kazanç spektrumuna sahip bölgelerinin olabileceği gösterilmiştir. Çalışma bu açıdan bakıldığında basit gözükebilir, ancak sonuçta elde edilen 18 nm ve 0.57 dB'lik düz kazanç spektrumu bölgesini elde etmek için çok daha karmaşık ve maliyetli devreler kullanmak yerine EKFY'nin parametrelerinin tasarımda optimize edilmesi tasarımcıya çok daha verimli bir yükselteç tasarlamasına imkan verecektir.

TEŞEKKÜR

Bildiriye 7160787 nolu proje ile destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

DUNG, S., J.C. CHI, WEN, S. (1998), Gain flattening of erbium- doped fibre amplifier using fibre bragg gratings, *Electronics Letters*, 34(6), 555-556.

GÖKTAŞ, H. H, YÜCEL, M. (2006), İki aşamali c band erbiyum katkili fiber yükselteçlerde (ekfy) kazanç düzleştirici filtre optimizasyonu, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1),10-13.

HARUN, S. W., RAHMAN, F. ABD., DIMYATI, K., AHMAD, H. (2006), An efficient gain-flattened c-band erbium-doped fiber amplifier, *Laser Phys. Letters*, 3(11), 536-538.

LU, Y. B., CHU, P. L., ALPHONES, A., SHUM, P. (2004), A 105- nm ultrawide-band gain-flattened amplifier combining c- and l-band dual-core edfas in a parallel configuration, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 16(7), 1640-1642.

NI, N., CHAN, C.C. TAN, K.M., TJIN, S.C., DONG, X.Y. (2007), Broad-band edfa gain flattening by using an embedded long-period fiber grating filter", *Optics Communications*, 271,377–381.

SINGH, R., SUNANDA, SHARMA, E. K. (2004), Gain flattening by long period gratings in erbium doped fibers", *Optics Communications*, 240,123–132.

VALLON, S., CHEVALLIER, P., GUIZIOU, L., ALIBERT, G., HOW KEE CHUN, L. S., BOOS, N. (2003), 40-band integrated static gain-flattening filter, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 15(4), 554-556.

YAMADA, M., MORI, A., KOBAYASHI, K., ONO, H., KANAMORI, T., OIKAWA, K., NISHIDA, Y., OHISHI, Y. (1998), Gain-flattened telluride-based edfa with a flat amplification bandwidth of 76 nm, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 10(9):1244-1246.

YÜCEL, M., GÖKTAS, H. H. (2008), C band erbium doped fiber amplifier as a flat gain optical amplifier", *2008 IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference*.

AHŞAP LAMİNE KİRİŞLERİN ÇARPMA YÜKLERİ ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Hidayet UYAR
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
hidayetuyar34@gmail.com

Prof. Dr. Özgür ANIL
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
oanil@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, sarıçam (Pinus sylvestris L.) odunundan elde edilen lameller ile oluşturulan ahşap lamine kirişlerin çarpışma yüklemesi etkisi altındaki davranışı masif ahşap kirişler ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Deneysel çalışma kapsamında incelenen temel değişkenler ahşap lamel sayısı ve kalınlığı, yapıştırma yüzeyinde aderansı artırmak ve güçlendirme amacıyla kullanılan ağ türleridir. Deneysel çalışmada 18 mm ve 30 mm lamel kalınlıkları seçilerek, sırasıyla 5 ve 3 adet lamine ile en kesiti 90 x 90 mm olan ahşap kiriş elemanları üretilmiştir. Ayrıca yapışma yüzeyinde aderansı artırmak ve çarpışma yüklemesi etkisindeki davranışı iyileştirmek amacıyla lameller arasına yapışma yüzeylerine güçlendirme malzemesi olarak alüminyum ve çelik tel örgü ağ yerleştirilmiştir. Sarıçam masif ahşap kirişler, lamine ahşap kirişler ve yapışma yüzeyinde güçlendirme ağı kullanılan lamine ahşap kiriş elemanlarının genel çarpışma davranışları ve göçme mekanizmaları yorumlanarak karşılaştırılmıştır. Deney elemanlarına sabit ağırlık düşürme test düzeneği kullanılarak çarpışma yüklemesi uygulanmış ve ivme-zaman, deplasman zaman değişimleri ölçülerek ahşap kirişlerin genel çarpışma davranışları yorumlanmıştır. Tüm dünyada ve ülkemizde eski ahşap taşıyıcı sisteme sahip köprüler, ahşap yapılar kara veya deniz araçlarının çarpması, kaya düşmesi veya heyelan gibi etkiler ile kütle çarpması veya patlama etkisiyle oluşabilecek hava şoku basınç dalgası gibi etkiler sonucunda ani dinamik çarpışma yüklemesi etkisinde kalmaları mümkündür. Yapılan literatür taraması ve incelemeler sonrasında ahşap lamine kirişlerin statik ve dinamik yükler etkisi altında davranışlarının incelendiği çalışmalara rastlanılmış ancak ani dinamik (impulsif) çarpışma yüklemesi etkisindeki davranışlarının incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle deneysel bir çalışma planlanarak bu bildiri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Lamine Kiriş, Çarpma Yüklemesi, Serbest Ağırlık Düşürme Test Düzeneği

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF IMPACT BEHAVIOUR OF GLULAM TIMBER BEAM

Abstract

In this study, behavior of laminated timber beams, manufactured using Pinus sylvestris tree, under impact loading is investigated. The main variables considered in the study are the number and thickness of laminates and types of nets used for the retrofitting of beams. In the experimental study, timber beams with 90 x 90 mm dimensions are manufactured using 5 and 3 laminates with 18 mm and 30 mm thicknesses, respectively. Moreover, in order to enhance the performance of the test specimens under impact loading, (i) aluminium and (ii) steel wire nets are used between the laminates. Performance of massive, laminated and retrofitted timber beams manufactured using Pinus sylvestris tree are compared in terms of general behavior and failure mechanisms under impact loading conditions. The timber beams are tested under impact loading by using the free falling test setup. Acceleration – time, and displacement – time measurements of the test specimens are used to interpret the impact performance of the test specimens. The timber structures such as timber framed bridges and structures may be exposed to dynamic impact loadings: (i) due to mass impacts like vehicle impacts, rock falls, landslides or (ii) due to air pressure shock waves of explosions, in Turkey or in other countries. The performed literature review and inspections showed that although there are studies

focused on the behavior of laminated timber beams subjected to static or dynamic loading conditions, there is no study aimed at evaluating the behavior of laminated timber beams under impulsive loads. In relation to that an experimental study is planned and this paper is proposed.

Keywords: Laminated timber beam, Impact load, Free Falling Test Setup

1. GİRİŞ

Bu çalışmada lamine ahşap kirişlerin çarpışma yüklemesi gibi ani dinamik impulsif yüklemeler etkisi altındaki performansını artırmak için kirişi oluşturan lamine elemanların yapışma yüzeylerinde her iki yapışan lamine arasındaki aderansı güçlendirmek amacıyla alimunyum ve çelik malzemelerinden üretilen ağ elemanlarının kullanılması hedeflenmiştir. Yapılan literatür incelemesinde ahşap lamine kirişlerin daha çok statik monotonik yüklemeler veya deprem yüklemesi gibi dinamik yüklemeler etkisi altındaki davranışlarınnı incelendiği çalışmalara yer almaktadır. Ancak ani dinamik çarpma yüklemesi türündeki etkiler altındaki davranışlarının incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca ek olarak ahşap lamine kirişlerin güçlendirilmesi için dışarıdan yapıştırılan çelik elemanlar, CFRP elemanlar ve çelik öngerme elemanlarının kullanıldığı çalışmalar veya çelik bağlantı elemanlarının eklendiği çalışmalar görülmüştür. Ancak lamine elemanlar arasında yapışma yüzeyinde aderansı artırmak için kullanılan çeşitli malzemelerden üretilen (aliminyum, çelik v.b) ağ elemanlarının kullanıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.Bu amaçla lamine yüzeylerinde ağ elemanları ile güçlendirimiş ahşap lamine kirişlerin ani dinamik çarpışma yüklemesi etkisindeki davranışlarının incelenmesi için deneysel bir çalışma yürütülmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmanın bu konudaki deneysel literatüre bir katkı sağlayacak öncü niteliğindeki bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

Günümüzde ahşap malzemenin doğrudan kullanılması yerine; ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanımı tercih edilmektedir. Yapısal kompozit keresteler, orman kaynaklarının tüketimini azaltmak ve yüksek kaliteli keresteye olan artan talebi karşılayabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Yapısal kompozit kereste, biçilmiş kerestenin göstermiş olduğu değerlerden daha yüksek mühendislik tasarım değerlerinden yararlanmak için çeşitli uygulamalarda ve prefabrik ahşap I-kirişler gibi diğer mühendislik ahşap ürünlerin imalatında kerestenin yerine kullanılmaktadır (Stark et al., 2010). Düz ve eğimli tutkallanmış lamine kerestelere dayalı yapısal sistemler, 100 m'ye kadar açıklığı olan çatılar için geliştirilmiştir. Bugün Tabakalanmış Kaplama Kereste (LVL) ve Paralel Şerit Kereste (PSL) gibi birçok diğer ahşap esaslı ürünler, büyük ölçekli ahşap yapılar için kullanılmaktadır. Bu ürünler, düz tutkallanmış lamine kereste elemanlar gibi benzer bir şekilde daha büyük açıklıklar için uygundur (Thelandersson, 2003). Tutkallanmış lamine keresteler 1800'lerin sonlarında kullanılmaya başlanmış, II. Dünya Savaşı esnasında ve sonrasında büyük ölçüde kullanılmıştır. Tutkallanmış lamine kirişlerin (glulam beam) hem binalarda hem de köprülerde kullanımında artış görülmektedir. Sadece biçilmiş keresteler kullanarak uygulanabilir olmayan yapılar, tutkallanmış lamine kiriş kullanımının pratik ve başarılı olduğunu kanıtlamıştır (Stalnaker and Harris, 1999). Ahşap yapıların da gelişen teknoloji ile boyutları büyümüş ve yapı haricinde köprü, spor tesisleri ve endüstriyel tesisler gibi farklı uygulama alanlarında ahşap yapı elemanlarının kullanımı artmıştır. Ahşap lamine kirişlerin taşıma gücü ve genel davranışını etkileyen en önemli parametrelerin başında kirişi oluşturan lamine elemanlarının birbirleri ile aderansı gelmektedir. Bu konu üzerinde araştırmalar yapılmıştır (Sena-Cruz et al., 2013; Tran et al., 2015; Dietsch and Tannert, 2015). Daha büyük açıklıkların geçilmesi için lamine ahşap kirişlerin çeşitli kompozit malzemeler ile güçlendirilerek tasarımı önem kazanmıştır. Yapılan incelemeler özellikle CFRP gibi kompozit malzemeler ile ahşap lamine kirişlerin güçlendirildiği araştırmaların literatürde yer aldığını göstermiştir (Weidong et al., 2015; Fosetti et al., 2015; Raftery and Rodd, 2015; Raftery and Harte, 2013). Ek olarak çelik elemanlar ile ahşap elemanların desteklendiği (Yang et al., 2016) ya da öngerme verilerek güçlendirildiği çalışmalar da litaratürde bulunmaktadır (Haiman et al., 2010).

Yukarıda ifade edildiği gibi ahşap laminasyon tekniği ile üretilen yapı elemanlarının üstünlükleri nedeniyle çalışma kapsamında bu teknik kullanılarak üretilen kirişlerin ani dinamik çarpışma yüklemesi etkisindeki davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür incelemesi hem çalışmada kullanılan güçlendirme detayı olarak hem de uygulanan yükleme türü olarak planlanan

deneysel çalışmanın yenilikçi bir çalışma olduğunu göstermiştir. Bu konuda herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında, ahşap yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan sarıçam (Pinus sylvestris L.) kerestesi kullanılmıştır. Tablo 1'de sarıçam odununa ait fiziksel ve mekanik özellikler verilmiştir.

Tablo 1. Sarıçama ait fiziksel ve mekanik özellikler

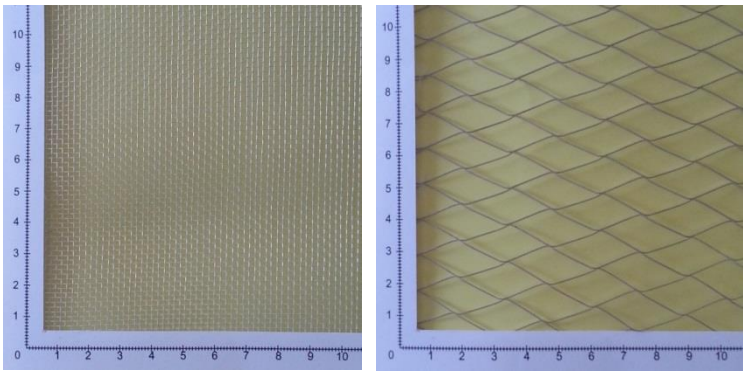
Yoğunluk	D_0	0,49	gr/cm^3
	D_{12}	0,52	gr/cm^3
Daralma yüzdesi	β_r	4,0	%
	β_t	7,7	%
	β_v	12,1	%
E-Modül	E-Mod	117 000	daN/cm^2
Eğilme Direnci	σ_E	980	daN/cm^2
Çekme Direnci	$\sigma_{ç}$//	1020	daN/cm^2
Basınç Direnci	σ_B //	540	daN/cm^2
Dinamik Eğilme Direnci	a	3,9	j/cm^2

Deney elemanlarını hazırlanmasında poliüretan tutkal çeşidi kullanılmıştır. Poliüretan tutkalı, uygun izosiyanat ve çift bağlı alkolden elde edilir. Oldukça elastik olup, kaynar suya, kimyasal maddelere, yağlara ve mikroorganizmalara dayanımı mükemmeldir. Poliüretan tutkalı ile yapıştırılacak malzemenin kuru, toz ve yağdan arındırılmış olmalıdır. Malzeme nem oranı %8-12 olmalıdır. Poliüretan tutkalına ilişkin teknik özellikler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Poliüretan tutkalının teknik özellikleri

Baz	Poliüretan
Renk	Kahverengi
Özgül ağırlık	1.1+ 0,02g/m3
Brookfieldsp 3/20 rpm	1600+ 0,02 m Pa's
Uygulama koşulları	Önerilen çalışma ortam sıcaklığı 20 ^{0}C'dir. Sıcaklığın 5 ^{0}C'nin altına düşmemesi gerekir.
Uygulama miktarı	Malzemeye bağlı olarak 100-200 g/m^2
Açık zaman	Yaklaşık 20^{0}C' de 20 ila 30 dk. Bu periyot havadaki yüksek nem ve sıcaklık oranına göre azalabilir.
Presleme uygulaması	Gerekli pres malzeme cinsi ve boyutuna bağlıdır. İyi bir birleşmeye ulaşmak için minimum pres ağaç laminatlara: 0,6 N/mm²'dir.
Presleme zamanı	Presleme zamanı havadaki nem ve sıcaklık yeterliliğine bağlıdır. 20 ^{0}C de yaklaşık 90 dk. 40 ^{0}C de yaklaşık 40 dk. 60 ^{0}C de yaklaşık 20 dk.

Ahşap lamine kiriş deney elemanlarında güçlendirme amacıyla laminelerin ara yüzeylerine lamine ahşap yapı elemanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini arttırmak amacıyla destek malzemesi olarak; alüminyum tel örgü ve çelik tel örgü kullanılmıştır. Kullanılan ağ türleri Şekil 1'de verilmiştir.



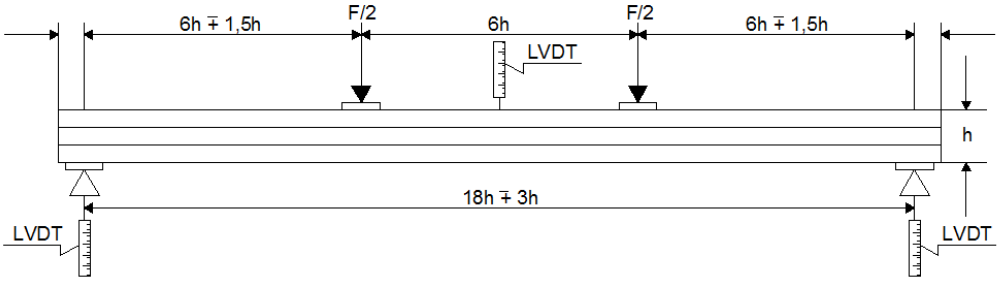
a) Alüminyum tel örgü b) Çelik tel örgü

Şekil 1. Güçlendirme için kullanılan ağ türleri

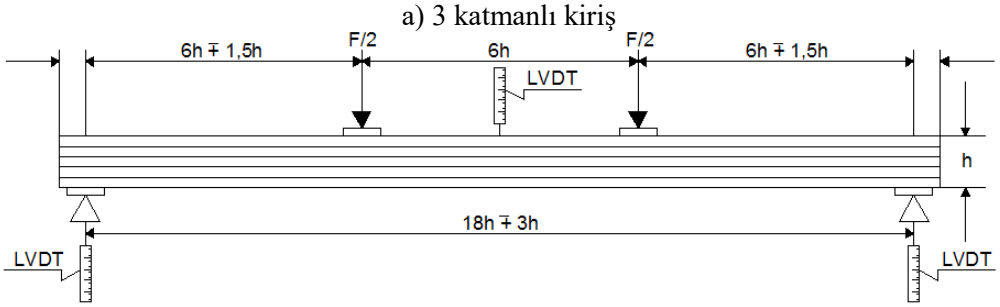
Çalışma kapsamında masif ve lamine ahşap kirişlerden oluşan toplam dört deney elemanından meydana gelen bir grup test edilmiştir. Ahşap kiriş deney elemanlarının boyutları 90x90x1710 mm boyutlarında olup, deney elemanlarına sabit enerjili ani dinamik çarpışma yüklemesi etkitilmiştir. Deney serisinde yer alan deney elemanlarının özellikleri Tablo 3'de verilmiştir. Deney elemanlarının geometrik boyutları Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 3. Deney elemanlarının özellikleri

Deney El. No	Deney Elemanının Tanımlanması
1	Masif tek parça ahşap kiriş
2	3 katmanlı çelik tel katkılı ahşap lamine kiriş
3	3 katmanlı aliminyum tel katkılı ahşap lamine kiriş
4	5 katmanlı çelik tel katkılı ahşap lamine kiriş



a) 3 katmanlı kiriş

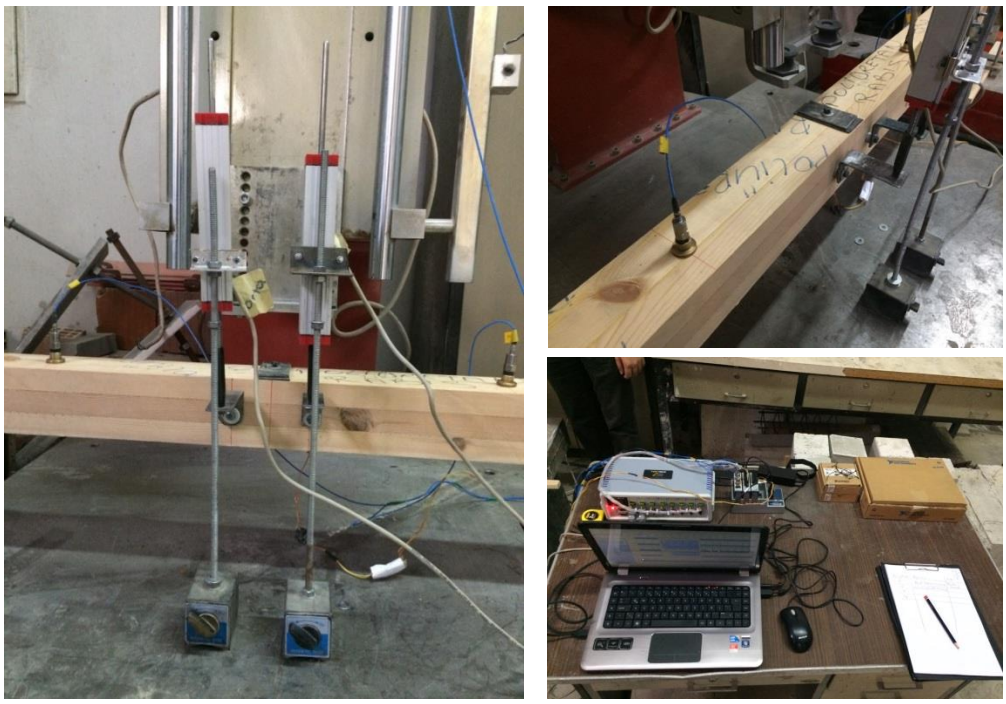


b) 5. Katmanlı kiriş

Şekil 2. Ahşap kiriş deney elemanlarının boyutları

Deneysel çalışmada ani dinamik çarpışma yüklemesi bu amaca yönelik olarak, özel tasarlanmış bir sabit ağırlık düşürme test düzeneği ile uygulanmıştır. Çalışmada deney elemanlarına 10.2 kg ağırlığındaki çekiç 1.0 metre yükseklikten düşürülerek 10.2x9.81x1.0=100.062 Joule sabit enerjili bir çarpışma yüklemesi uygulanmıştır. Deneysel çalışmada yer alan tüm deney elamanlarına aynı enerjili çarpışma yüklemesi uygulanarak deney elemanlarının çarpışma yüklemesi etkisindeki davranışları karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmada çarpışma yüklemesi ahşap kiriş deney elemanlarının tam simetri ekseninden, orta noktasından uygulanmıştır. Testlerde deney elemanlarına uygulanan dinamik

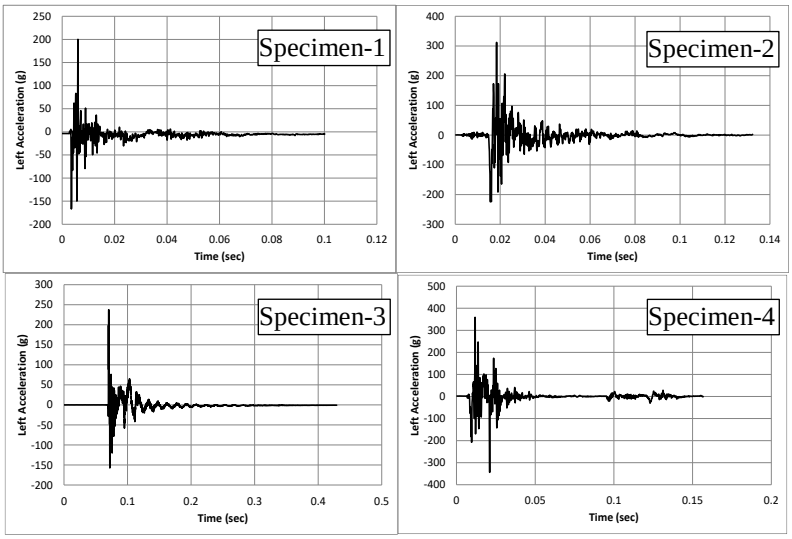
çarpışma yüklemesi, simetri eksenin sol ve sağ taraflarında 50 mm uzaklıkta iki noktadan deplasman-zaman değişimleri, deney elemanı sol ve sağ taraflarından simetri ekseninden 300 mm uzaklıkta iki noktadan ivme-zaman değişimleri ve ahşap kirişlerin alt çekme yüzeyinden tam kiriş orta noktasından ahşap taşıyıcı lif doğrultusundan bir noktadan birim deformasyon-zaman ölçümleri alınmıştır. Alınan tüm ölçümler yorumlanarak ahşap kiriş deney elemanlarının çarpışma yüklemesi etkisindeki davranışları ile ilgili yorumlar yapılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan ani dinamik çarpma yüklemesi deney ve ölçüm düzeneğinden alınan fotoğraflar Şekil 3'de verilmiştir.



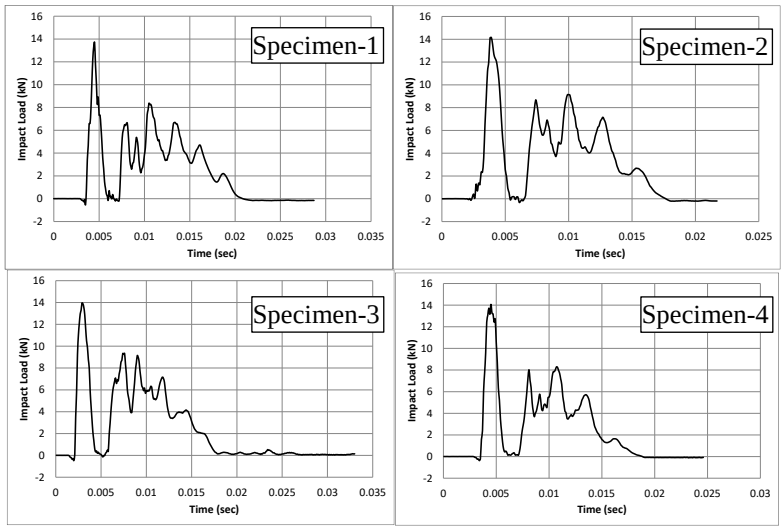
Şekil 3. Ani dinamik çarpma yükleme test ve ölçüm düzeneği

3. DENEY SONUÇLARI

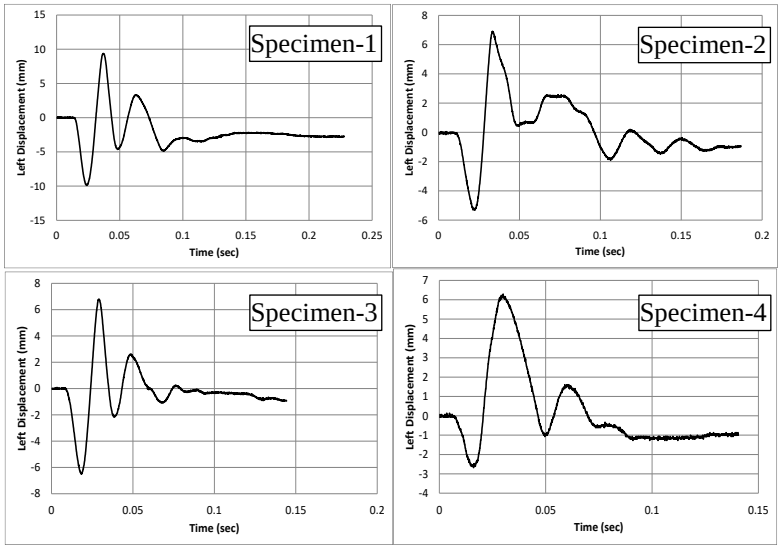
Deneysel çalışmada sırasında çarpışma yüklemesi testlerinde sol ve sağ açıklıktan 2 noktadan ivme-zaman, kiriş orta noktasında yüklemenin uygulandığı noktanın hemen sol ve sağından iki noktadan deplasman-zaman, kirişe yüklemenin uygulanmasında kullanılan çekiçe yerleştirilen dinamik bir yük hücresi ile çarpışma yüklemesi –zaman ve son olarak kirişe çarpma yüklemesinin uygulandığı kiriş orta noktasında, kiriş alt çekme yüzeyinden ahşap taşıyıcı lifler doğrultusunda birim-deformasyon-zaman ölçümleri alınarak yorumlanmıştır. Deney düzeneğinde yer alan optik fotosel sistemi kullanılarak çekicin deney elemanlarına çarpma hızı ortalama 4.18 m/sn olarak hesaplanmıştır. Bu değer tüm deneylerde birbirlerine çok yakın olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerin maksimum değerleri birbirleri ile karşılaştırılarak ahşap kirişlerin çarpışma yüklemesi etkisindeki genel davranışlarının yorumlanması hedeflenmektedir. Deneysel çalışma kapsamında alınan ölçümlerden örnek olarak sol ivme-zaman grafikleri Şekil 4'de, deney elemanlarına uygulanan çarpma yüklemesi-zaman grafikleri Şekil 5'de ve sol deplasman-zaman grafikleri ise Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Deney elemanlarından ölçülen sol ivme-zaman grafikleri



Şekil 5. Deney elemanlarına uygulanan çarpma yüklemesi-zaman grafikleri

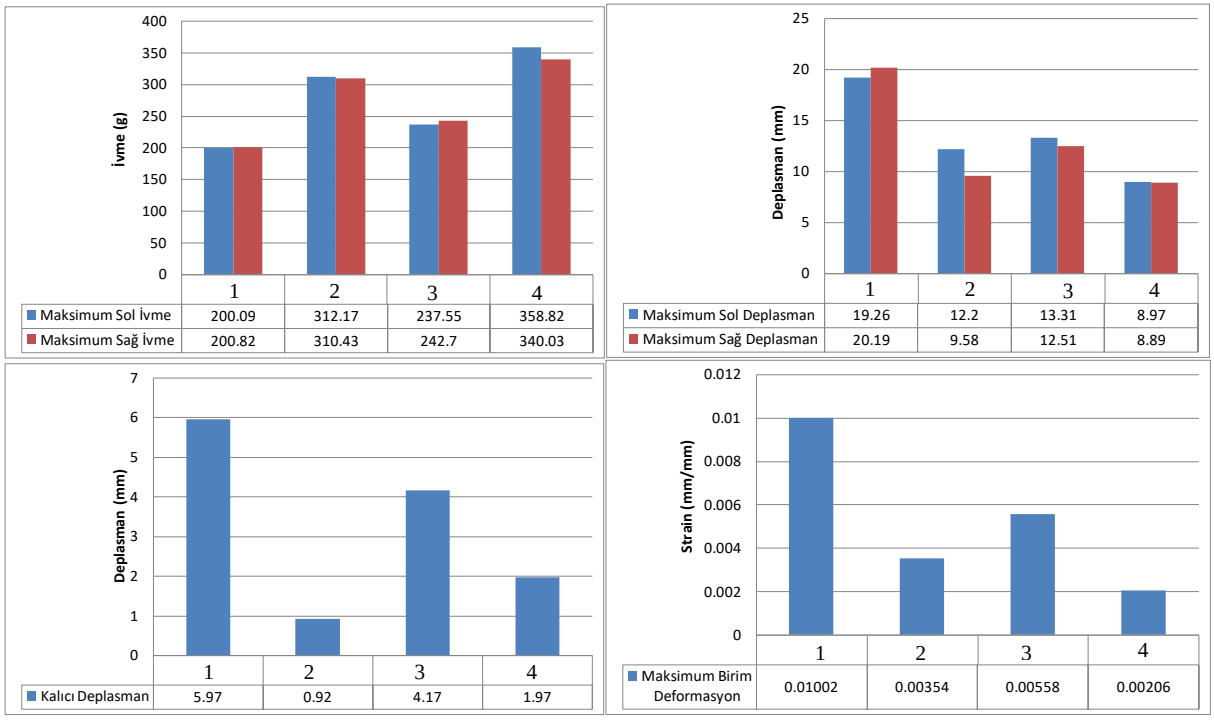


Şekil 6. Deney elemanlarından ölçülen sol deplasman-zaman grafikleri

Yürütülen çalışma kapsamında ahşap masif ve lamine kirişlerin ani dinamik çarpışma yüklemesi etkisindeki genel davranışları incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen değişkenler lamine sayısı ve kalınlığı ile güçlendirme amacıyla lamine yüzeyleri arasında kullanılan ağ tabakası malzemesidir. Çalışmada 1 adedi masif ve 3 adedi ise ağ tabakaları ile güçlendirilmiş lamine ahşap kirişler ani dinamik çarpışma yüklemesi etki altında test edilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Dinamik çarpışma yüklemesi etkisinde test edilen deney elemanlarından elde edilen sonuçlar Tablo 4'de özetlenmiştir. Tablo 4'de sunulan sonuçlar Şekil 7'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 4. Deney Sonuçları

Deney El. No	İvme (g)		Deplasman (mm)		Kalıcı Deplasman (mm)	Çarpışma Yüklemesi (kN)	Birim Deformasyon (mm/mm)
	Sol	Sağ	Sol	Sağ			
1	200.09	200.82	19.26	20.19	5.97	13.68	0.01002
2	312.17	310.43	12.20	9.58	0.92	14.16	0.00354
3	237.55	242.70	13.31	12.51	4.17	13.95	0.00558
4	358.82	340.03	8.97	8.89	1.97	14.07	0.00206



Şekil 7. Deney sonuçlarının karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Elde edilen deney sonuçları incelendiğinde güçlendirme katmanlı ahşap lamine kirişlerin çarpışma davranışının masif tek parça ahşap kirişlere göre daha iyi olduğu görülmektedir. Lamine ahşap kirişlerden ölçülen maksimum ivme değerleri masif tek parça kirişlere göre daha yüksek ölçülmüştür. Lamine kirişlerden ölçülen maksimum deplasman değerleri, kalıcı deplasman değerleri ve maksimum birim deformasyon değerleri ise tek parça ahşap masif kirişlere göre çok daha küçük elde edilmiştir. Ulaşılan bu sonuçlar ahşap lamine kirişlerin carpışma yüklemesi etkisindeki performanslarının masif ahşap kirişlere göre çok daha iyi olduğunu göstermiştir. Lamine kirişler arasında ise en başarılı çarpışma davranışını 5 katmanlı çelik tel katkılı Deney elemanı 4 sergilemiştir. Lamine sayısı artıkça çarpışma yüklemesi etkisi altındaki performans iyileşmiştir. Ayrıca güçlendirme amacıyla lamineler arasına yerleştirilen çelik tel katkısı aliminyum telli deney elemanına göre daha iyi çarpışma performansı sergilemiştir.

4. KAYNAKLAR

Dietsch, P., Tannert, T. (2015).Assessing the integrity of glued-laminated timber elements, Construction and Building Materials 101: 1259–1270.

Fossetti, M., Minafò, G., Papia, M., (2015). Flexural behaviour of glulam timber beams reinforced with FRP cords, Construction and Building Materials 95: 54–64.

Haiman, M., Pavković, K., Baljkas, B. (2010).Application of Glulam Beam Girders With External Pre-Stressing, WTCE, World Conference on Timber Engineering.

Raftery, G.M., Rodd, P.D. (2015). FRP reinforcement of low-grade glulam timber bonded with wood adhesive, Construction and Building Materials 91: 116–125.

Raftery, G.M., Harte, A.M. (2013). Nonlinear numerical modelling of FRP reinforced glued laminated timber, Composites: Part B 52: 40–50.

Sena-Cruz, J., Jorge, M., Branco, J. M., Cunha, V.M.C.F. (2013).Bond between glulam and NSM CFRP laminates. Construction and Building Materials 40: 260–269.

Stark, N. M., Cai, Z. and Carll, C. (2010). Wood-Based Composite Materials, Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. In R. J. Ross (Ed.), Wood handbook—Wood as an engineering material. Madison, WI: U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp. 11-1,11-2,11-17,11-20.

Stalnaker, J. J. and Harris, E. C. (1999). Structural Design in Wood (Second Edition). Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 11-12, 17-18, 157-159,305

Thelandersson, S. (2003). Timber Engineering - General Introduction. In S. Thelandersson and H. J. Larsen (Eds.), Timber Engineering. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., pp. 7

Tran, V.D., Oudjene, M., Méausoone, P.J. (2015).Experimental and numerical analyses of the structural response of adhesively reconstituted beech timber beams, Composite Structures 119: 206–217.

Weidong, L., Ling, Z., Geng, Q., Liu, W., Yang, H., Yue, K. (2015). Study on flexural behaviour of glulam beams reinforced by Near Surface Mounted (NSM) CFRP laminates, Construction and Building Materials 91: 23–31.

Yang, H., Liu, W., Ren, X. (2016). A component method for moment-resistant glulam beam–column connections with glued-in steel rods, Engineering Structures 115: 42–54.

DÖKÜM SEKTÖRÜNDE KULLANILAN TEHLİKELİ KİMYASALLAR

Metalurji ve Malzeme Mühendisi. Okan DUMAN
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı
okndmn@gmail.com

Dr. Öğretim Üyesi. Fatma Oğuz ERDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli MYO/ Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü
foerdogan@gmail.com

Özet

Döküm sektörü Dünya'da 4D (dirty, difficult, dangerous, dusty) olarak adlandırılan kirli, zor, tehlikeli ve tozlu bir sektördür.

Döküm işleminde uygulanan; model hazırlama, maça hazırlama/sertleştirme/boyama, kalıp hazırlama, ergitme ve temizleme temel iş süreçlerinde kullanılan hammaddelerin ve bu süreçte ortaya çıkan kimyasalların (toz, metal buharları vb.) etkilerinden çalışanların sağlığını korumak ve iş kazası ile meslek hastalığı riskine karşın sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak sektörde faaliyet gösteren işverenlerin en önemli yükümlülüklerindendir.

Döküm sektöründe karşılaşılabilecek bazı kimyasallar kurşun, fenoller, formaldehit, dimetiletilamin, trietilamin, silis ve işlemlerde ortaya çıkan CO_2 ve SO_2 gibi tehlikeli ürünlerdir. Silis tozunun teneffüs edilerek alınmasıyla ortaya çıkan silikozis, akciğerde kalıcı hasar oluşumu ile sonuçlanan en eski meslek hastalıklarından bir tanesidir. Ayrıca söz konusu kimyasallardan kaynaklı cilt ve göz rahatsızlıklarına da sektörde sıkça rastlanılmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle sektörde iş sağlığı ve güvenliği bakımından ön plana çıkan kimyasalların tehlike ve zararlarının tanımlanması, mesleki maruziyet sınır değerlerinin ulusal ve uluslararası düzenlemeler dikkate alınarak ortaya konulması ve sağlık üzerindeki etkilerine ilişkin tanı ve takibe yönelik bilgilere yer verilmesi ile sektörde görev yapan iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerine kimyasallara ilişkin risk değerlendirmesinde dikkate alınabilecek güncel verilerin sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Döküm, Tehlikeli Kimyasallar, Meslek Hastalığı, Mesleki Maruziyet Sınır Değeri

HAZARDOUS CHEMICALS USED IN CASTING INDUSTRY

Abstract

The casting sector is a dirty, difficult, dangerous and dusty sector called 4D (dirty, difficult, dangerous, dusty) in the world.

Protecting the health of workers from the chemicals used in pattern preparation, core preparation / hardening / painting, mold preparation, melting and cleaning at basic business processes in foundry and the chemicals (dust, metal vapors, etc.) that occur during the process and providing a safe working environment is one of the most important obligations of employers in the sector.

Some of the chemicals that can be encountered in the casting industry are lead, phenols, formaldehyde, dimethylethylamine, triethylamine, silica and other dangerous products such as CO2 and SO2. Silicosis caused by inhalation of the silica dust is one of the oldest occupational diseases that causes permanent damage to the lung. In addition, skin and eye disorders caused by these chemicals are also frequently encountered in the sector.

The aim of this study is to define the hazards and damages of the chemicals in the occupational health and safety in the sector, to present the exposure limit values by taking into consideration the national

and international regulations and to include the diagnosis and follow-up information on the health effects and to the occupational health and safety professionals working in the sector. it is aimed to provide up-to-date data that can be taken into account in the risk assessment of chemicals.

Keywords: Casting, Hazardous Chemicals, Occupational Disease, Occupational Exposure Limit Value

1. GİRİŞ

Döküm işlemi, demir, demir dışı metallerin ve alaşımların eritilmesi, ürünün şeklini veren kalıp boşluğuna dökülmesi ve katılaşması yoluyla şekillendirilmesi yöntemidir.

Dünyada kimyasal kullanımı her geçen zaman artmaktadır ve bu gelişmeye paralel dökümhanelerde de her geçen zaman daha fazla tehlikeli kimyasal kullanılmaktadır. Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının tesisi için söz konusu tehlikeli kimyasalların kullanımında çalışanları iş kazalarından ve meslek hastalıklarından korumak olmak üzere iki temel amaç vardır. Bu iki temel amacı yerine getirebilmek için tehlikeli kimyasalların yönetimi önem teşkil etmektedir.

İşin doğası gereği ağır endüstriyel işlerin yapıldığı dökümhanelerde, çalışan sağlığını olumsuz yönde etkileyen birçok tehlikeli kimyasal kullanılmaktadır ve bu kimyasalların kullanımdan kaynaklı ciddi riskler ortaya çıkmaktadır. Bu riskleri ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek için tehlikeli kimyasallara ilişkin güncel veriler titizlikte toplanmalı ve kimyasal maruziyeti risk değerlendirmesinde tüm yönleriyle ele alınmalıdır.

2. DÖKÜM SEKTÖRÜNDE TEHLİKELİ KİMYASALLAR

"Tehlikeli Kimyasal Madde" Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik 4 üncü maddesinde tanımlanmıştır ve tehlikeli kimyasal maddelerin aşağıdaki üç alanı kapsadığı ifade edilmiştir:

1- Patlayıcı, oksitleyici, çok kolay alevlenir, kolay alevlenir, alevlenir, toksik, çok toksik, zararlı, aşındırıcı, tahriş edici, alerjik, kanserojen, mutajen, üreme için toksik ve çevre için tehlikeli özelliklerden bir veya birkaçına sahip maddeler ve müstahzarlar

2-Yukarıda sözü edilen sınıflamalara girmemekle beraber kimyasal, fiziko-kimyasal veya toksikolojik özellikleri ve kullanılma veya işyerinde bulundurulma şekli nedeni ile çalışanların sağlık ve güvenliği yönünden risk oluşturabilecek maddeler

3-Mesleki maruziyet sınır değeri belirlenmiş maddeler

Döküm sektöründe prosese ilişkin olarak kullanılan başlıca kimyasal hammaddeler şunlardır:

- Model hazırlama sürecindeki bazı hammaddeler; güçlendirilmiş plastik reçineler, epoksi reçineler ve katalizör olarak kullanılan üretan sistemler (Formaldehit, kalıba yapışmayı önleyen boyalar vb.)
- Maça hazırlama/sertleştirme/boyama sürecindeki bazı hammaddeler; aminler ve formaldehit ve kum bağlayıcı sistem bileşenleri arasında toluen, fenol, furfuril alkol ve izosiyanatlar), maça kumu olarak silis kumu, kromit kumu, olivin kumu ve zirkon kumu, bağlayıcı (sentetik reçineler) sistemler (ester, asit, metil format, karbondioksit, amin gazı ile sertleşen sistemler)
- Kalıp hazırlama sürecindeki bazı hammaddeler; esterler, çözücüler, izosiyanatlar, fenol, formaldehit, furfuril alkol, kalıp bağlayıcılar(bentonit), katalizörler (kükürt dioksit, aminler, asitler) ve silis kumu(kuvars), kömür tozu, seramik filtreler (cürufun süzülmesini sağlar)
- Ergitme sürecindeki bazı hammaddeler; metal için pik, çelik hurda ve döndü gibi hammaddeler ile alaşım elemanları ergitme ocaklarında ergitilir. Karbon, bakır ve kalay dışında kullanılan alaşım elemanlarının bazıları ferro silisyum, ferro mangan, ferro krom ve ferro molibdendir. Metalleri cüruftan eriyik olarak serbest bırakma, ocak refrakter astarlarından cüruf giderilmesine yardımcı olmak amacıyla flaks (çoğunlukla kalsiyum karbonat) ilave yapılmaktadır (Workplace Health And Safety Queensland,2004).

Mezkûr yönetmelikte işveren, kimyasal maddelerle çalışmalarda, çalışanların maruziyetini önlemek, mümkün olmadığı durumlarda en aza indirmek ve bu maddelerin tehlikelerinden korunulması için gerekli tüm önlemleri almakla yükümlü kılınmıştır.

İşveren, bu yükümlülüğünü ulusal mevzuatında da işaret ettiği gibi risk değerlendirmesi yaparak yerine getirmelidir.

2.1. Tehlikeli Kimyasallara İlişkin Risk Değerlendirmesi

Döküm işyerlerinde tehlikeli kimyasal madde varlığını tespit etmek ve varlığı halinde çalışanların sağlık ve güvenliği yönünden tehlike ve zararlarını belirlemek üzere, 29/12/2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği hükümlerine uygun şekilde risk değerlendirmesi yapılması yasal bir zorunluluktur. Bu kapsamda yapılacak risk değerlendirmesinde ise aşağıdaki hususların bilhassa göz önünde tutulması gerekmektedir:

a) Kimyasal maddenin sağlık ve güvenlik yönünden tehlike ve zararları

b) İmalatçı, ithalatçı veya satıcılardan sağlanacak Türkçe malzeme güvenlik bilgi formu

c) Maruziyetin türü, düzeyi ve süresi

ç) Kimyasal maddenin miktarı, kullanma şartları ve kullanım sıklığı

d) Bu Yönetmelik eklerinde verilen mesleki maruziyet sınır değerleri ve biyolojik sınır değerleri

e) Alınan ya da alınması gereken önleyici tedbirlerin etkisi

f) Varsa, daha önce yapılmış olan sağlık gözetimlerinin sonuçları

g) Birden fazla kimyasal madde ile çalışılan işlerde, bu maddelerin her biri ve birbirleri ile etkileşimleri

Risk değerlendirmesinin ilk ve en önemli adımı olan "tehlikelerin tanımlanması" aşamasında kullanılan kimyasalların envanteri çıkarılmalı ve bu kapsamda güvenlik bilgi formları eksiksiz temin edilmelidir daha sonra belirlenen kimyasallara ilişkin gerekli ortam ve kişisel maruziyet ölçümlerine risk değerlendirmesi ekibi tarafından karar verilmelidir.

2.2. Tehlikeli Kimyasallara İlişkin Mesleki Maruziyet

Tehlikeli kimyasal maddelere maruziyete ilişkin temel risk değerlendirmesi kriteri olarak "mesleki maruziyet sınır değeri" Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelikte tanımlanmıştır. Buna göre, "mesleki maruziyet sınır değeri" başka şekilde belirtilmedikçe, 8 saatlik sürede, çalışanların solunum bölgesindeki havada bulunan kimyasal madde konsantrasyonunun zaman ağırlıklı ortalamasının üst sınırını belirtir. Söz konusu sınır değeri ilgili yönetmeliğin ekinde yer alan 125 kimyasal maddeye ilişkin TWA (Time Weighted Average) değeri belirtilmiştir.

Söz konusu mesleki maruziyete ilişkin yönetmelikte tanımlanan bir başka ölçüt ise "STEL (Short-term exposure limit)" değeridir ve başka bir süre belirtilmedikçe, 15 dakikalık bir süre için aşılmaması gereken maruziyet üst sınır değerini ifade etmektedir.

Yönetmelikte mesleki maruziyete ilişkin TWA ve STEL olarak iki ölçü yer almasına karşın dünyada mesleki maruziyete ilişkin çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları şunlardır:

- LC50 (Medyan letal konsantrasyon)➔Solunum yolu ile organizmaya girerek etki gösteren gaz halindeki kimyasal bileşiklerin akut toksisite ölçüsüdür.
- MAK (Maximum Allowed Concentration) ➔Maksimum Müsaade Edilir Konsantrasyon
- TLV-TWA (Threshold Limit Value) Eşik Limit Değer➔Havada bulunmasına izin verilen, zararlı etkisi olmayan günlük ortalama konsantrasyon
- TLV-STEL (Short term exposure limit)➔Kısa bir zaman süresince müsaade edilen düzey (genellikle 15 dakika)

- TLV-C (Ceiling)➔Kısa süreyle de olsa aşılmaması gereken düzey
- PEL (Permissible Exposure Limit)➔ İzin verilen maruziyet seviyesi
- REL (Recomended Exposure Limit)➔ Önerilen maruziyet seviyesi
- (IOELVs) (Indicative Occupational Exposure Limit Values)➔Gösterge Niteliğinde Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri
- (BOELVs) Binding Occupational Exposure Limit Values➔Bağlayıcı Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri

Döküm sektöründe açığa çıkan tozlar ve ağır metallere ilişkin ülkemizde ve dünyada uygulanan sınır değerler ile sağlık etkileri Tablo 1'de, toksik gazlar için Tablo 2'de, çözücüler ve diğer tehlikeli kimyasallar için ise tehlike ve zararlar Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Dökümhanelerde Bulunan Toz ve Ağır Metallerin Sınır Değerleri ve Etki Şekilleri (Yavuz,2016)

Madde	A. OSHA Standardı PEL (TWA) B. NIOSH Standardı REL (TWA) C. ACGIH (TWA) D. HSE WEL (TWA)	Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik	Tozla Mücadele Yönetmeliği	Bulunduğu Bölüm	Etki biçimi
Solunabilir toz (inert ya da istenmeyen toz)	A. - B. 5 mg/m³ C. 3 mg/m³ D. 4 mg/m³	-	5 mg/m³	Bütün döküm işlemlerinde görülmektedir.	Alerjiden akciğer kanserine kadar uzanan farklı türlerde hastalıklar
Siliskristal:kuvars, kristobalit, doğal toprak	A. ESD: 10mg/m3 %SiO2+2 B. 0,1 mg/m³ C. 0,05 mg/m³	-	Eşik Sınır değer (ESD):10mg/ m3:%SiO2+2	Kum nakil hatları, karıştırıcı çevresi, maça makinaları çevresi, kum temizlemebölgesi, kum geri kazanma sistemi	Silikozis, akciğer kanseri
Demiroksit (aerosol)	A. 10 mg/m3 B. 5 mg/m3 C. 5 mg/m	-	-	Döküm hattı, taşlama	Siderosis, burun ve akciğerde iritasyon

Tablo 1(devamı)					
Alumiyum metal ve oksidi (Al ve Al2O2 olarak)	A. 5 mg/m³ B. 5 mg/m³ C. 5 mg/m³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Fibrozis, Shaver hastalığı ve solunum iritanı
Nikel metal (Ni olarak)	A. 1 mg/m³ B. 0,015 mg/m³ C. 0,1 mg/m³		-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Göz, burun ve boğaz iritasyonu ile dermatit ve akciğer rahatsızlıkları. Kanserojen (Grup 1)
Metalik Krom, İnorganik Krom(II) ve Krom (III) bileşikleri	A. 0,5 mg/m B. 0,5 mg/m³ C. 0,5 mg/m³	2 mg/m³	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Akciğer kanseri riski, deri iritasyonu
Kadmiyum Oksitler	A. 0,005 mg/m³ B. 9 mg/m³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Solunum sistemi iritasyon, boğaz ağrısı, göğüs ağrısı ve solunum güçlüğü, böbrek rahatsızlığı
Bakır	A. 1 mg/m³ B. 1 mg/m³ C. 1 mg/m³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Göz, burun ve boğaz iritasyonu, bulantı ve Metal Dumanı Ateşi
Manganez	A. 5 mg/m³ B. 1 mg/m3 C. 0,1 mg/m3	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Metal Dumanı Ateşi ve merkezi sinir sistemi

Tablo 2. Dökümhanelerde Bulunan Toksik Gazların Sınır Değerleri ve Etki Şekilleri

Madde	**OSHA**		**EU**		**Türkiye**		**Bulunduğu bölüm**	**Etki biçimi**
	ppm	*mg/m³*	*ppm*	*mg/m³*	*ppm*	*mg/m³*		
Amonyak (NH3)	50	35	20	14	20	14	Kaplanmış kum ile maça yapımı,sıcak kutu maça yapımı	Solunum yolu irritasyonu ve ülserleri
Formaldehit (HCHO)	0,75 ppm (2 /15 dk)		EU:- FR: 0,5 ppm ALM: 0,3 ppm		-	-	Sıcak kutu maça yapımı, maça stok alanı, döküm hattı	Karsinojen (Grup I),Deri tahrişi, göz tahrişi ve konjuktivit, solunum yolları tahrişi, kemik hastalıkları
Karbondioksit	5000	9000	5000	9000	5000	9000	Maça yapımında silikat bağlayıcı prosesde	Boğucu
Dimetilamin	10	18	2	3,8	2	3,8	Soğuk kutu maça bağlayıcılarda katalizör	Yangın, patlama, alevlenir, toksik gaz; Cilt tahrişi, kornea ödemi, halkalar görme, iltihaplanma
HCN	10	11	0,9	1	-	-	Döküm hattı	Tiroid bezi fonksiyonlarında bozukluk, kanın oksijen taşıma kapasitesinde düşüş, nefes yolları tahrişi
Fenol (deri)	5	19	2	8	2	8	Karıştırıcı çevresi	Deride tahriş, gözde tahriş, karaciğer ve böbrek fonksiyonlarında bozukluk
Karbonmonoksit (CO)	50	55	20	23	-	-	Sıcak kutu maça yapım alanı, döküm hattı, metal ergitme ocakları çevresi	CO'in kandaki hemoglobine bağlanarak karboksihemoglobin oluşturması, kan zehirlenmesi ile ölüm

Demir (III) oksit (aerosol)	-	10	UK: 5 *mg/m³* *SW: 3 mg/m³*		-	-	Döküm hattı	Siderosis, maden dumanı humması
Kükürtdioksit (SO2)	5	13	0,5	1,3	-	-	Döküm hattı	Gözlerde, bronşlarda ve boğazda iltihap, bronşit, amfizem oluşumu
Alumiyum metal ve oksidi (Al ve Al2O2)	Toz olarak belirlenmiş.		FR: 10 *mg/m³* *UK: 4 mg/m³* *AL:1,5 mg/m³*		-	-	Metal ergitme, potalar çevresi	Fibrozis, Shaver hastalığı
NOx (özellikle NO2)	5 (15 dk)	9 (15 dk)	0,5	0,96	-	-	Döküm hattı, sıcak kutu ve kaplanmış kum maça yapım ve stok alanları	Dizlerde erozyon, solunum yollarında tahriş, nitrozamin ile kanser riski

Tablo 3. Dökümhanelerdeki Çözücüler ve Diğer Tehlikeli Kimyasalların Tehlike ve Zararları (Kısa,2016) (Victorian Workcover Authority, 2008)

Madde	**Bulunduğu Yer**	**Tehlikeleri ve Zararları**
Alüminyum curufu	Ergitme prosesi sonucu ortaya çıkar.	Suyla temasında ısı ve hidrojen ve yanıcı ve amonyak gibi toksik gazlar ortaya çıkar, solunum tahrişi ve akciğer fibrosise sebep olabilir. Gazdan dolayı periferal nöropati olayları ve kavramada bozukluk.
Sıvı Alüminyum	Ergimiş metal	Yanma ve patlama riski
Klor	Ferro olmayan alaşımlarda gaz giderici ajan olarak	Havadan ağır toksik, korozif gaz, basınç altında depolanma. Göz, burun ve boğazda ciddi tahriş. Astım ve bronşlar kötüleşebilir. Akut maruziyet solunum durmasına neden olabilir.
Furfuril alkol	Kalıp yapımında üre formaldehit sistemlere eklenir.	Toksik, tutuşabilir sıvı. Gözlerin yaşarması, bronşlarda alerjik iltihaplanma. İnsanda kanserojen olduğundan şüpheleniyor. (Grup 2B)
Metil format	Maça/kalıp yapımında bağlayıcı	Çok alevlenir, düşük kaynama noktası, kaynama noktası üzerinde depolandığı zaman kaplarda çatlamalar meydana gelebilir. Solunumda rahatsızlık ve akciğer tahrişine bağlı ölüm.
Oksijen	Ocağa enjekte edilir.	Oksitleyici gaz, tutuşmayı hızlandırıcı
Fosforik asit	Furan reçinesi katalizör	Korozif
Toluen	Maça yıkamada solvent	Alevlenebilir sıvı
Trietilamin	Katalizör	Çok alevlenir, korozif sıvı
Ksilen	Maça yıkamada solvent	Alevlenebilir sıvı
Asitler	Amine nötralize edici olarak kullanılır. Bazı kum bağlayıcılarda katalizör olarak kullanılır	Cilt, göz ve solunum yollarda tahriş
Akrolin	Maça fırınlarında ayrıştırılarak üretilir. Döküm ve çalkalama sırasında kum kalıp kullanıldığında dışarı çıkar.	Göz, burun ve boğazda tahriş, göz yaşarması, akciğer ödemi
Tablo 3 (devamı)		
Benzen	Maça temizlenmesinde kullanılan solventlerde bulunur.	Uzun dönem maruziyeti lösemiye giden ilik tahribatına neden olabilir. Akut maruziyet merkezi sinir sisteminde bulantı, baş ağrısı, baş dönmesi gibi etkilere sebebiyet verebilir.
Karbon	Grafit	Solunum ve gözlerde hassasiyet

Kromyum III	Kaynak, termal kesim, taşlama ve döküm	Göz ve cilt hassasiyeti, kanserojen madde olarak tahmin ediliyor.
Siklohekzan	Kalıp maçası üretiminde kullanılır.	Akut solunum baş ağrısı, mide bulantısı, baş dönmesi ve yoğunlaşma güçlüğüne sebep olabilir. Yüksek doz bilinç kaybı ve ölüme neden olabilir.
Difenilmetan	Üreten bağlayıcılarda bağlayıcı bileşiktir.	Göz, solunum sisteminde tahriş, bronşit hastalıkları, mide bulantısı, kusma, karın ağrısı, mesleki astım. İnsana kanserojen olduğu düşünülmektedir.
Hidrojen klorit	Demir dışı alaşımların gazdan ayırma ve eritme esnasında ortaya çıkar.	Solunum tahrişi, yanık
Hidrojen sülfit	Çeliğe su verme işleminde ortaya çıkar.	Göz ve solunumda tahriş, sinir sisteminde değişiklikler, solunum felci
Magnezyum oksit	Maça yıkayıcı reflektörüdür.	Ateşlenme, bayılma, ağrılar ve ağızda metalik tat
Metan	Döküm ve maça parçalanması esnasında fırınlar ve ocaklarda dışarı atılır.	Bilinç kaybı ve ölüm
Molibden, sülfat/trioksit	Eritme, döküm	İnsana kanserojen olduğu şüpheleniyor.(GR2) Göz ve solunum siteminde tahriş

2.3. Tehlikeli Kimyasallara İlişkin Tanı ve Takip

Döküm sektöründe kimyasallara özgü olarak tanı ve takibin yapılması önem teşkil etmektedir. Özellikle metal zehirlenmeleri ve toz maruziyete ilişkin akciğer radyografisi ve solunum fonksiyon testleri gibi periyodik tetkiklerin süresi işyeri hekimi tarafından uluslararası düzenlemeler de dikkate alınarak belirlenmelidir. Kuvars tozuna maruziyeti bulunan çalışanların ise akciğer radyografilerinin ILO Uluslararası Pnömokonyoz Radyografi Sınıflandırılmasına göre değerlendirilmesi Tozla Mücadele Yönetmeliğine göre zorunluluk arz etmektedir.

Talyum, alkil kurşun, nikel, arsenik ve berilyum gibi metallerin deri yolu ile emilimi de önemlidir.

Kurşuna ilişkin ilgili yönetmelikteki biyolojik sınır değer: 70 µg Pb/100 ml kan olarak belirlenmiştir ancak aynı yönetmelikte herhangi bir çalışanın kanındaki kurşun seviyesi 40 µg Pb/100 ml kandan fazla tıbbi gözetim yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Diğer tehlikeli kimyasallara ilişkin olarak da; idrarda fenol ve hippürik asit, karaciğer fonksiyon testleri, sedim testi periyodik olarak yapılmalıdır.

Dökümhanelerin karbonmonoksit zehirlenmesi bakımından riskli olduğu da göz önüne alınarak hem maruz kalınan seviyeler ile oluşturdukları sağlık riskleri hem de kan içerisindeki COHb yüzdesi ile takibi yapılmalıdır.

3. SONUÇ

Döküm sektöründe kimyasallar iş sağlığı ve güvenliği yönünden önemli bir risk etmeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda çalışanların ocaklarda/potalarda oluşan gazlara, kalıp ve maça kumlarında kullanılan organik uçuculara ve kalıp ve maça kumundan dolayı ortama yayılan tozlara maruziyetinin kontrolü kapsamında yapılacak çalışmalar önem teşkil etmektedir. Söz konusu maruziyetin kontrolüne ise yapılacak risk değerlendirmesinde kullanılmak üzere öncelikte bahsi geçen tehlikeli kimyasallara ilişkin ulusal ve uluslararası düzenlemeler dikkate alınarak güncel verilerin toplanması ile başlanılabilecektir. Bu bağlamda güvenlik bilgi formları ve mesleki maruziyet sınır değerleri yol gösterici nitelik taşımaktadır.

Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu gösterge ve bağlayıcı nitelikteki mesleki maruziyet sınır değerlerinin tamamı ulusal mevzuatımıza bağlayıcı mesleki maruziyet sınır değeri olarak aktarılmıştır. Ancak Avrupa Birliği'nin üye ülkelerin kendine özgü koşulları dikkate alarak belirlemesi için üye ülkelerin takdirine bıraktığı ilave düzenlemeler kapsamında üye ülkelerce belirlenen sınır değer ölçütleri yahut dünyada uygulanan ve bazıları yukarıda belirtilen ölçütlere ilişkin mevzuatımızda ayrıca ilave bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu ilave düzenlemeler kimyasala ilişkin öldürücü toksik, anlık doz vb. ölçütleri içerebilmektedir ki bu bağlamda kimyasallara ilişkin nitelikli bir kontrol mekanizması kurulabilmesi için söz konusu ölçütlerin de risk değerlendirmesinde dikkate alınması önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada dökümhanelerdeki tehlikeli kimyasallara ilişkin ülkemizde ve dünyadaki mesleki maruziyet sınır değerlerine ilişkin veriler ortaya konulmuş ve söz konusu kimyasalların çalışanların sağlığı üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

KAYNAKLAR

KISA, Y. (2014), *Döküm Atölyelerindeki İş Sağlığı ve Güvenliği Koşullarının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Değerlendirilmesi*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.

VİCTORİAN WORKCOVER AUTHORITY (2008), *Compliance Code – Foundries*.
WORKPLACE HEALTH AND SAFETY QUEENSLAND (2004), *Foundry Code of Practice*

YAVUZ, F. G. (2016), *Demir Dökümhanelerinde Çalışanların Toz, Silis Ve Ağır Metal Maruziyetlerinin Değerlendirilmesi*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.

4D BIM TABANLI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINDA SANAL GERÇEKLİK VE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ YERİ

Muhammed GENÇ
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü/ İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı
gencmuhammed@gmail.com

Doç. Dr. Süheyla YEREL KANDEMİR
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/ Endüstri Mühendisliği Bölümü
suheyla.yerel@bilecik.edu.tr

Özet

İnşaat Endüstrisi tasarım, planlama, koordinasyon gibi süreçlerde bilgi ve iletişim teknolojilerinden etkin şekilde faydalanmaktadır. Yazılım teknolojilerinin artan kapasitesi, 4D BIM uygulamalarının mühendislik tasarımlarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır. 2000'li yılların başlarından itibaren BIM (Yapı Bilgi Modelleme) tabanlı uygulama platformları geleneksel yöntemlerin yerini almaya başlamış ve inşaat mühendisliğinde yenilikçi bir sistem olmuştur. 4D BIM ile simülatif ve görsel teknolojiler iş sağlığı ve güvenliğinde yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir. Sanal gerçeklik kullanarak karmaşık tasarımlar ve planlamalar simüle edilebilir ve analiz edilebilir. Güvenlik Tasarımı için BIM ve VR-AR, tasarımcı için sanal olarak oluşturulmuş bir ortamda kullanıcı güvenliğini derinden tecrübe etmek için faydalı çalışmalar devam etmektedir. Tasarım sürecinin karmaşıklığından dolayı, kullanıcı merkezli tasarım güvenliğinde yoğun deney ve simülasyon yapmaya ihtiyaç vardır. Tasarlanan yapilarda güvenliğe donük öngörülemeyen tehlike unsurları sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile BİM tabanlı çalışmalarda ele alınmaktadır. Bu çalışmada; kaza, yaralanma, ölüm v.b. risk faktörleri gibi dünyada inşaat sektöründe büyük bir endişe kaynağı olan güvenlik yönetimi üzerine 4D BIM tabanlı iş güvenliği çalışmaları incelenmiş ve irdelenmiştir. BIM tabanlı iş güvenliği uygulamaları üzerine yapılmış çalışmalar bakımından araştırma eğiliminin ne yönde geliştiği hangi yönlerde yoğunlaşıp hangi yönlerde zayıflığın bulunduğunun belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen Literatür taramasının sonuçları meta analiz yöntemiyle incelenmiştir. İnşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği planlamasında yerleşik eğilimlerin barındırdığı risklere karşın 4D BIM teknolojileri iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına ve yönetimine dönük çalışmalarla katkı sunması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, 4D teknolojiler, 4D BIM, iş sağlığı ve güvenliği

VIRTUAL REALITY AND AUGMENTED REALITY PRACTICES IN 4D BIM BASED OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PRACTICES.

Abstract

The construction industry uses information and communication technologies effectively in design, planning and coordination processes. The increasing capacity of software technologies enables the development of engineering designs of 4D BIM applications. Since the early 2000s, BIM (Building Information Modeling) based application platforms have begun to replace traditional methods and have become an innovative system in civil engineering. 4D BIM simulatory and visual technologies are developing new approaches in occupational health and safety. Using virtual reality, complex designs and plans can be simulated and analyzed. Efficient work is underway to deeply experience user safety in a virtual environment created for the designer for BIM and VR for the Security Design. Due to the complexity of the design process, there is a need for intensive experimentation and simulation in user-centered design security. The user is addressed in BIM-based studies with virtual reality applications of unpredictable hazard elements of design security. In this study; Safety management, 4D BIM-based work safety studies, which are a major source of concern in the construction sector in the world such as mortality rates and risk factors, have been examined and examined. The results of the literature survey conducted in order to determine the direction in which research trend is developed in terms of BIM-based occupational safety practices and in which

direction weaknesses are examined are examined with content analysis method. 4D BIM technologies are intended to contribute to work health and safety practices and management, despite the risks inherent in occupational health and safety planning in the construction sector

Keywords: Construction industry, 4D technologies, VR-AR, 4D BIM, occupational health and safety

1. GİRİŞ

Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling) inşaat sektöründe, projelerin tüm evrelerini kapsayan, bütün verilerin paydaşlar arasında paylaşım imkanını sağlayarak iletişimi ileri taşıyan, yenilikçi bir teknolojidir (Ofluoğlu, 2017). İnşaat sektörünün geleneksel eğilimleri nedeniyle güvenlik gereksinimleri göz ardı edilebilmektedir. Göz ardı edilen güvenlik prosedürleri kaza istatistiklerine temel olmaktadır. İyi bir güvenlik planlaması uygulanmadan inşaat imalatlarında hedeflenen zaman, maliyet ve kalite hedeflerine de ulaşılmaz. 4D BIM farklı zamanlarda gerekli olacak güvenlik özelliklerini tanımlamak için bir görselleştirme aracı olarak alternatif yaklaşımlarla kullanılabilir. Güvenlik açısından BIM, ekibin güvenlik bilincini yükseltmeye yardım eder (Benjaoran ve Bhokha, 2010). İş uygulamalarındaki değişiklikler nedeniyle oluşabilecek olası çatışmaları ve riskleri 4D modellemeler ile analiz eder (Guo ve ark., 2017). Yapı Bilgi Modellemesi ile tasarlanmış model ile, bir yapı modeli otomatik olarak analiz edebilir ve inşaat başlamadan önce gerekli önleyici güvenlik önlemlerini önerebilir (Melzner ve ark., 2013). Yapı Bilgi Modelleme destekli uygulamalar, tasarımın güvenlik gereksinimlerini karşıladığından emin olmak için ilk aşamasında önerilen tasarımı değerlendirmelerini sağlar (Teo ve ark., 2016). 4D BIM ile simülatif ve görsel teknolojiler iş sağlığı ve güvenliğinde yeni modelleme teknikleri geliştirilmektedir Sanal gerçeklik kullanarak karmaşık tasarımlar ve planlamalar simüle edilebilir ve analiz edilebilir. Güvenlik Tasarımı için BIM ve VR-AR, tasarımcı için sanal olarak oluşturulmuş bir ortamda kullanıcı güvenliğini derinden tecrübe etmek için faydalı çalışmalar devam etmektedir.

Simülasyon kullanımı ve sanal tasarım yöntemleri, BIM'in yaygınlaşmasından daha önce gelişim göstermiştir. İnşaat Sektöründe iş sağlığı ve güvenliğine yönelik dönük uygulanan yenilikçi teknolojiler olan; Sanal Gerçeklik-Artırılmış Gerçeklik, 4D CAD, RFID, GIS vb. tarzı bu teknolojiler simülasyon ve modelleme araçlarıdır. Bu simülasyonlar ile potansiyel tehlikeleri önleme, Güvenliğe dönük eğitim vb uygulamalar gerçekleştirilebilir. Güvenli proje teslimi için analiz yöntemleri üzerine yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhou ve ark., 2012). 1992 yılında Yamazaki daha sonra 1999 yılında Jung ve ark. "İnşaatta Bilgisayar Entegrasyonu" kavramını geliştirmiş, Güvenlik Prosedürlerinin Bilgisayar ortamında düzenlenmesi ve geliştirilmesine dönük kavramsal temelleri atmışlardır. Görselleştirme teknolojilerinin inşaat güvenliğine uygulanmasının güvenlik eğitiminde etkili olacağı, iş tehlikesi alanı tanımlamasını ve kaza önlenmesini görsel, etkileşimli ve işbirliğine dayalı bir şekilde kolaylaştırdığını tespit eder (Guo ve ark., 2012).

Sanal Gerçeklik - Artırılmış Gerçeklik ve oyun teknolojilerinde son yıllarda yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştı (Park ve Kim. 2013). 4D görselleştirme 1990'ların sonlarından beri yaygın bir şekilde uygulanmakta ve giderek yaygın bir uygulama haline gelmektedir. İnşaat Mühendisliğinde maliyet yaklaşımları ile 5D, tesis-yaşam döngüsü yaklaşımları ile 6D adı altında yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bütün 4D-BIM araçları bu nitelikere sahip olasa da 4D BIM teknolojileri adıyla kullanımı artmaktadır. 4D BİM ile gerçekleştirilen siimülatif uygulamaların; Sanal Prototiplendirme çalışmalarında kullanılmıştır (Guo ve ark., 2013). Sahada işçi sağlığına yönelik sensor bazlı uyulamalarla- RFID, GIS türü konum tabanlı çalışmalarda yararlanılmıştır (Hammad ve ark., 2009). BIM ve simülasyonları, İnşaat projelerinde tasarımsal hataları en aza indirecek riskleri tahmin edebilen bir aktif bir araç olarak kullanılacak şekilde birleştirilmiştir (Cheng ve Teizer, 2012).

Bu çalışmada, BIM tabanlı iş güvenliği uygulamaları üzerine yapılmış çalışmalar araştırma eğiliminin ne yönde geliştiği hangi yönlerde yoğunlaşıp hangi yönlerde zayıflığın bulunduğunun belirlenmesi amaçlanmış ve bu yönte çalışmalar yapılmıştır.

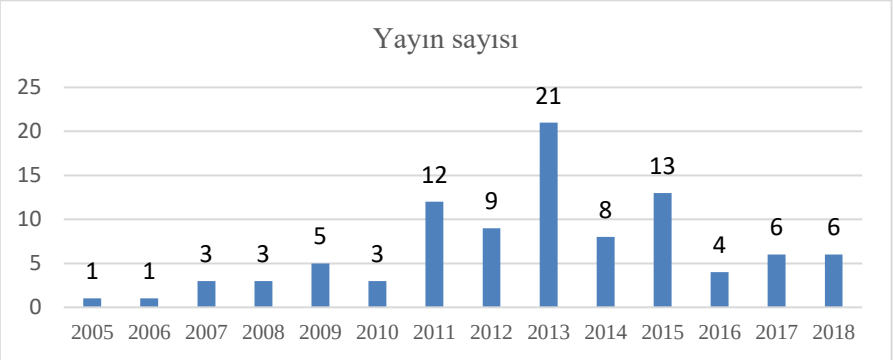
2. YÖNTEM

Etkili bir araştırma yöntemi olan meta analiz, özel bir konu hakkında yapılmış çalışmaları son dönem çalışmalara yönelik sentez elde etme amacı taşıyan bir araştırma yöntemidir (Üstün ve Eryılmaz, 2014). Meta analiz yöntemi tarihsel olarak Karl Pearson' un 20. Yy başındaki çalışmalarına dayanmaktadır. Meta-analiz yöntemi ile araştırma kapsamında incelenen çalışmaların, farklı alt-kategorilerde etki büyüklüklerinin karşılaştırılması ve aralarındaki değişkenliğin analiz edilmesi hedeflenmektedir (Huedo ve ark., 2006). Bu çalışma kapsamında konu dahilinde mevcut çalışmala irdelenerek elde edilen veriler analiz edilmiştir. Bim tabanlı İş Sağlığı ve ggvenliğine yönelik görselleştirme ve 4D modelleme çalışmalarında Sanal ve Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının yeri araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu çalışma, 2005-2018 yılları arasında BIM tabanlı Bim tabanlı İş Sağlığı ve güvenliğine yönelik görselleştirme ve 4D modelleme tekniklerinin etki düzeyi ve incelenme yoğunlukları araştırılmıştır. ilgili çalışmalar yayın türü, yöntem, veri tarama araçları ve araştırma konularına göre incelenmiştir. Bu teknikler; AR-VR sistemleri ile birlikte GIS- Coğrafi Bilgi Sistemi, GPS- Küresel Konumlama Sistemi, RFID-Radyo Frekansı ile Tanımlama Sistemleri, AR+VR- Karma Gerçeklik sistemleri ile diğer sümulatif teknikler üzerine yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Çalışma kapsamında Kategorik olarak Veri, İçerik, Amaç ve Sonuç kategorileri şeklinde inceleme yapılmıştır. Kategoriler farklı alt kategorilerde de irdelenmiştir.

3. ANALİZ

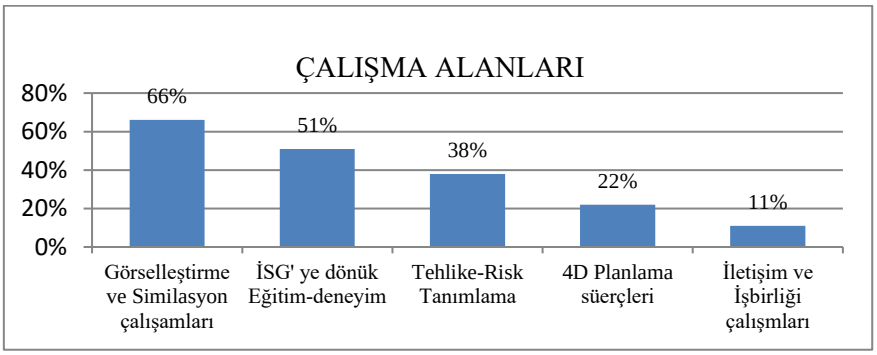
Araştırma için kullanılan ve yayınlara erişim sağlayan elektronik veri tabanları, "Veri Tabanı" alt-kategorisinde incelenmiştir. Google Scholar, ICONDA CIB Library, Academic Search Complete, Current Contents, Web of Science, SCOPUS, ScienceDirect, Oxford Journals, SciELO - Scientific Electronic Library Online, SpringerLink, Wiley Online Library, SAGE Journals, CE Database (ASCE), IEEE Xplore, Informaworld (Taylor and Francis), ScienceDirect, SIAM ve ITcon akademik veri tabanları kullanılmıştır. En çok yayına ASCE ve Science Direct veritabanlarından erişim sağlanmıştır.

Yayınlarda kullanılan anahtar kelimeler, "Anahtar Kelimeler" alt-kategorisinde listelenmiştir. En sık kullanılan anahtar kelimeler sırasıyla, Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modellemesi), Building Information Model (Yapı Bilgi Modeli), Safety & Health, Construction Safety, Construction Safety Knowledge, Construction Site Safety, Safety Desing, Visualition/ Simulaiton, 4D BİM, Virtual Reality, Augmented Reality, Visualization of Construction, Simulation of construction, Safety Monitoring, Virtual Modelling olarak çalışmalarda yer almıştır. Anahtar kelimeler incelendiğinde, yayınların mimarlık, inşaat, işletme, bilgisayar bilimi vb. gibi birçok profesyonel paydaşı kapsadığı görülmüştür. Yayınların seçiminde, ilgi düzeyi, çalışma alan ve yöntemi, sonuç ilişkileri gözetilmiştir. Şekil 1' de görüleceği üzere, Bim destekli İş Sağlığı ve güvenliğine yönelik yayınlarda 4D görselleştirme çalışmaları her ne kadar 2005 yılı itibariyle başlamış olsa da çalışmalarda 2011 yılı ve sonrasında belirgin bir artış söz konusudur (Zou ve ark., 2017).

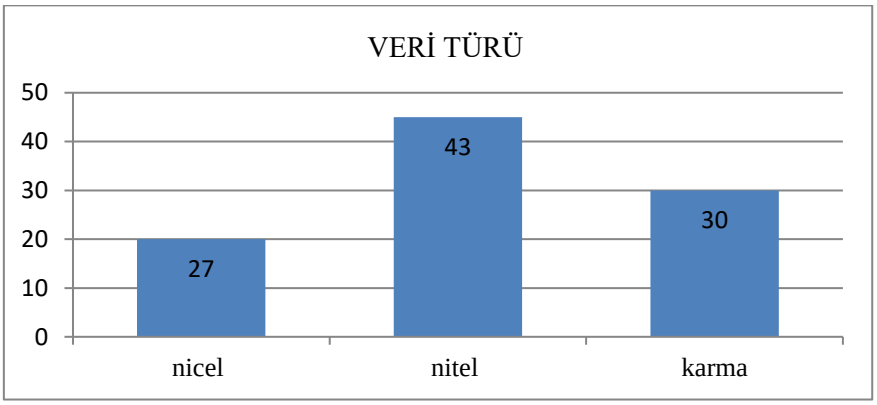


Şekil 1. Yıllara Göre Yayın Sayısı Dağılımı

Çalışmaların çoğunlukla İSG yönelik Simülasyon ve Görselleştirme çalışmalarına dönüktür (%66), İSG'de eğitim-deneyimleme çalışmaları üzerine çalışmalar en yoğun diğer çalışma alanıdır (%51). Ayrıca; Tehlike-risk analiz çalışmalarında (%38), 4D planlama süreçleri (%22) ve iletişim işbirliği çalışmalarında (%8) olmak üzere bir dağılım olduğu görülmektedir (Şekil 2).



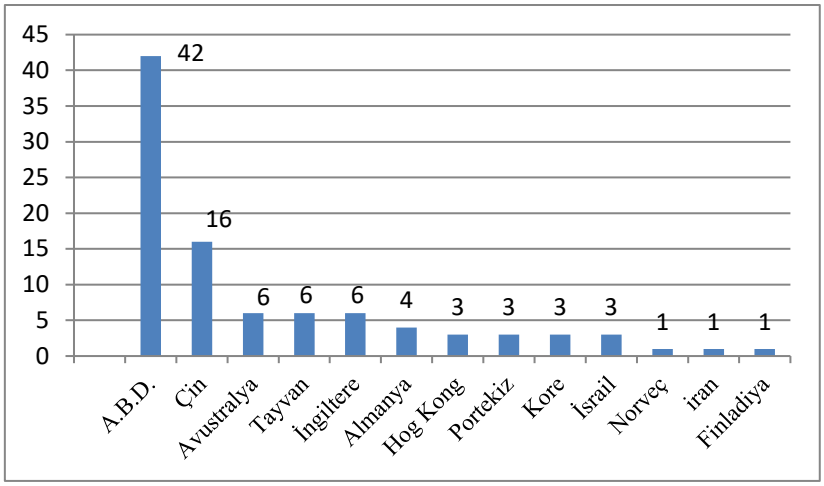
Şekil 2. İSG' ye yönelik Bim Modelleme Çalışma Alanları



Şekil. 3 İnceleme kapsamında incelenen veri türü

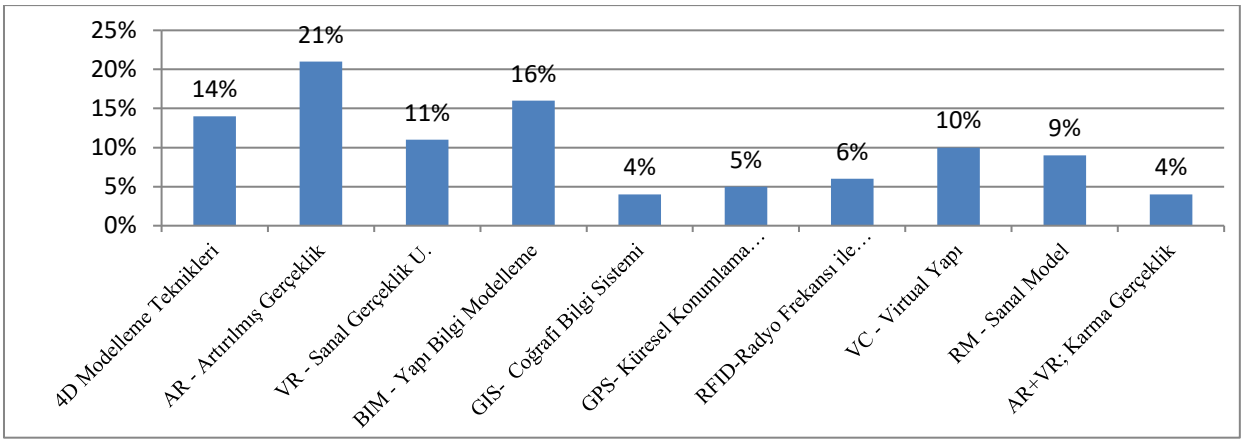
Yayınların %27'sinde Nicel verilerin kullanıldığı görülmüştür. Yayınların %30 'unda Nicel-Nitel veri türleri birlikte kullanılmış, %30'ünde ise sadece Nitel veri türünden yararlanılmıştır. Nitel veri türüne yönelik çalışmalarda ise; Kural tabanlı algoritmalara dayalı geliştirilen vaka çalışmaları ile şantiyede işçi güvenliğine dönük çalışmalar yer almıştır (Şekil 3). Bu çalışmalar ayrıca, inşaat imalatları öncesi tasarım süreçlerini de içeren risk analiz yöntemi ve tehlike tanımlama uygulamalarını içeren çalışmaları içermektedir. Risk analizi ve tehlike tanıma ve önleme odaklı geliştirilen çalışmalar ağırlıklı olarak karma veri türünde ele alınmıştır. Bu tür yayınlarda çoğunlukla BIM tabanlı güvenlik modellerinin geliştirildiği prototipler üzerinde çalışılmıştır.

Ayrıca güvenlik tasarım kriterleri, bulut teknolojileri, bim tabanlı otomatik kontrole dayalı bir bilgi modeli önerisi vb. gibi model oluşturma önerileri sunulmuştur. Model oluşturma çalışmalarında ağırlıklı olarak Revit ve Solibri BIM yazılım araçlarının kullanıldığı görülmüştür.



Şekil 4. Meta Analiz Kapsamında İncelenen Yayınların Ülkelere Göre Yayın Dağılımı

Yapılan yayınların ülkelere göre dağılımına baktığımızda, en fazla yayının yapıldığı ABD, Çin ve ABD-Çin ortaklığında gerçekleştirilen çalışmalardır (Şekil 4). İngiltere Avustralya, Almanya Tayvan gibi ülkelerde çalışmalara dönük ilgi düzeyi de artmaktadır. Yayınların %25'inde kullanılan Vaka Analizi yöntemidir. Yayınların %43'ü uygulamaya dönüktür. Kalan %16' sında Teorik, %11'inde Anket yöntemleri kullanılmıştır. İncelenen yayınlardaki Vaka Analizi yöntemi genel olarak BIM tabanlı güvenlik uygulamaları üzerine vaka yayınlarıdır. İncelenen yayınlardaki Vaka Analizi yöntemi genel olarak BIM tabanlı güvenlik uygulamaları üzerine vaka yayınlarıdır. BIM tabanlı kural algoritmalarına göre geliştirilen yayınlarının incelenmesi ve sınıflandırılması, inşaat sektöründe BIM tabanlı güvenilk uygulamalarını sınırlayan faktörlerin belirlenmesi içeren türde yayınlara da tarama sürecinde yer verilmiştir. Anket yöntemi, BIM teknolojisine yönelik farkındalık, kabul edilme eğilimlerinin gözlenmesi geliştirilen iletişim ve planlama odaklı çalışmalarda yer almıştır. Yayınların %43' ünde görülen Sistem Geliştirme' yöneliktir. Yayınların %21'inde Genel Değerlendirme yapılmış, %36'sında model geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Model Oluşturma çalışmalarında BIM tabanlı güvenlik modelinin tasarımına yönelik; BIM modeline göre geliştirilen güvenlik yazılımların ile uygulamalarının ve yaygın modellerin geliştirilmesi yönünde olduğu görülmüştür. Proaktif tehlike önleyici sistem geliştirme uygulamalarına yönelik BIM tabanlı protokol geliştirilmesi yönünde çalışmalar bulunmaktadır.



Şekil. 5 Bim Tabanlı İsg'ye Yönelik Kullanılan 4d Modellemede kullanılan teknikler.

Kullanılan 4D modelleme tekniklerinden AR+VR uygulamlar bütün uygulamarın içinde % 36 oranında yoğunlukta bulunmaktadır (Şekil 5). Son dömnem modelleme çalışmalarında yoğun eğilimin

AR- VR modelleme teknikleri olduğu görülürken, en az olan %5 ile GIS -Coğrafi bilgi sistemi ile geliştirilen çalışmalardır (Behzadan ve ark., 2015). BIM tabanlı uygulamalarda Rfid, Gis araçların kullanımı yaygınlaşmamıştır (Zhang ve ark., 2013). Sanal Gerçeklik ve Artırılmış gerçeklik uygulamları 4D Güvenlik süreçlerinde kullanımı etkin şekilde artmaktadır (Bhoir ve Esmaeili, 2015). 2011 yılına kadar yayınlar Sanal Gerçeklik Tabanlı gerçeklşeitirilen uygulamalarda nispeten fazla olsa da 2011 yılı itibariyle gelişen yazılım ve teknolojilerin etksiyle Artırılmış Gerçeklik tabanlı uygulamalara yönelik eğilim artmış, trendin yönü değişmiştir.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ:

Literatür taramasından elde edilen sonuçlar "Meta Analiz" yöntemi ile değerlendirilmiştir. Litaratür taraması 2005–2018 tarih aralığındaki yayınları kapsamaktadır. Sadece İngilizce yayınlar incelemeye dâhil edilmiştir. İngilizce yayınların değerlendirmeye alındığı çalışma kapsamında, Literatür taraması sonucu 95 yayın üzerinde inceleme yapılmış ve bu yayınlar referanslar kısmında verilmiştir. Çalışmaların genelinde VR ve AR ile beraber GPS, GIS, RFID tabanlı çalışmaları da yoğunlukta yer almaktadır. Sanal ve Artırılmış gerçeklik, simülasyon ve modelleme çalışmaları ise diğer çalışmalara göre daha fazladır. Çalışmaların geneli BİM tabanlı yeni bir model oluşturmaya yöneliktir. Bim tabanlı İSG yönelik VR-AR çalışmaları; yoğun olarak İşçi Güvenliği üzerine dönüktür. Literatürde BIM tabanlı güvenlik kontrolü uygulmasına dönük henüz çalışma bulunmamaktadır. Bim tabanlı çalışmaların ülkemizde geç başladığı görülmektedir. ABD, Çin, İngiletere, Finlandiya gibi ülkelerde 4D destekli simülatif olarak yapılmasına ilişkin çalışmalar erken tarihlerde başlamıştır. Standartlar ve protokoller geliştirilmiş ve konu alanındaki prototip geliştirme çalışmaları uzun süredir devam etmektedir. Sanal - Artırılmış Gerçeklik ile BIM'e inşaat endüstrisi için önemli bir yeniliktir. Büyük Konsept Projelerde daha yüksek verimlilik elde etmede faydalı olacağı öngörülmektedir. Bim tabanlı çalışmaların ülkemizde geç başlanıldığı gibi henüz İş sağlığı ve güvenliğine yönelik AR-VR modelle teknikleri kullanılarak geliştirilen prototip uygulamalar henüz bulunmamaktadır. Ülkemizde Bim üzerine yoğun bir ilgi olmasa da çalışmalar sınırlıdır. Bim ve Bim tabanlı uygulamaların İş sağlığı ve güvenliği bilincinin yerleşmesine olumlu katkıların olacağı öngörülmektedir. Bu nedenlerle BIM çalışmalarına katkıda bulunacak; teknolojik, bilgi ve paydaşlar arası işbirliğine yönelik çalışmalara yönelimin teşvik edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

BEHZADAN, A. H., DONG, S., KAMAT, V. R. (2015). *Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications.* Advanced Engineering Informatics, 29(2), 252-267.

BENJAORAN V., S. BHOKHA,(2010) *An integrated safety management with construction management using 4D CAD model*, Safety Science 48 (3)

BHOIR, S., ESMAEILI, B. (2015). *State-of-the-art review of virtual reality environment applications in construction safety.* AEI 2015, 24-27.

CHENG, T., TEIZER, J. (2012). *Modeling tower crane operator visibility to minimize the risk of limited situational awareness. Journal of Computing in Civil Engineering*, 28(3).

GUO, H., LI, H., CHAN, G., SKITMORE, M. (2012). *Using game technologies to improve the safety of construction plant operations. Accident Analysis Prevention*, 48, 204-213.

GUO, H. L., LI, H., LI, V. (2013). *VP-based safety management in large-scale construction projects: A conceptual framework.* Automation in Construction, 34, 16-24.

GUO, H., YU, Y., SKITMORE, M. (2017). *Visualization technology-based construction safety management: A review. Automation in Construction*, 73, 135-144.

HAMMAD, A., WANG, H., MUDUR, S. P. (2009). *Distributed augmented reality for visualizing collaborative construction tasks.* Journal of computing in civil engineering, 23(6), 418-427.

HUEDO-MEDINA, T. B., SÁNCHEZ-MECA, J., MARÍN-MARTÍNEZ, F., & BOTELLA, J. (2006). *Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I² index?. Psychological methods*, 11(2), 193.

MELZNER, J., ZHANG, S., TEIZER, J., BARGSTÄDT, H. J. (2013). *A case study on automated safety compliance checking to assist fall protection design and planning in building information models.* Construction Management and Economics, 31(6), 661-674.

OFLUOĞLU, S. (2017), *BIM-enabled Sustainable Architectural Design Education. A+ Arch Design International Journal of Architecture and Design*, 3.1.

PARK, C. S., KIM, H. J. (2013). *A framework for construction safety management and visualization system. Automation in Construction*, 33, 95-103.

TEO, A. L. E., OFORI, G., TJANDRA, I. K., KIM, H. (2016). *Design for safety: theoretical framework of the safety aspect of BIM system to determine the safety index*. Construction Economics and Building, 16(4), 1-1.

ÜSTÜN, U., & ERYILMAZ, A. (2014). *Etkili araştırma sentezleri yapabilmek için bir araştırma yöntemi: Meta-analiz.* Eğitim ve Bilim, 39(174).

ZHANG, C., HAMMAD, A., CHEN, J., YANG, Y. (2013). *Experimental investigation of using RFID integrated BIM model for safety and facility management*. In Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality.

ZHOU, W., WHYTE, J., SACKS, R. (2012). *Construction safety and digital design: A review.* Automation in Construction, 22, 102-111.

ZOU, Y., KIVINIEMI, A., JONES, S. W. (2017). *A review of risk management through BIM and BIM-related technologies.* Safety science, 97, 88-98.

HEKZAMETOKSİMETİL MELAMİNİN ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE GÖSTERMESİ İÇİN TERSİYER AMİN İLE MODİFİYE EDİLMESİ

Emre Erol
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli
emre.erol89@gmail.com

Prof. Dr. Reinhard Lorenz
Fachhochschule Münster, Chemical Engineering Department, Münster-Almanya

Doç. Dr. Başar Uyar
Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli

Özet
Günümüzde bir yüzeydeki veya ortamdaki mikroorganizmaları yok etmek için çoğunlukla kimyasallar kullanılmaktadır, bu işleme dezenfeksiyon denir. Bunun yanında, mikrooganizmaların yüzeye tutunmasını önleyen veya tutunmadan önce ölmesini sağlayan yüzeyler de oluşturulabilmektedir. Bu çalışmada, bilinen bir kaplama malzemesi kullanılarak antimikrobiyal bir yüzey elde edilmesi araştırılmıştır.

Melamin; laminasyon, kaplama, yapı elemanları, mutfak eşyaları ve yapıştırıcı olarak geniş kullanım alanına sahip bir malzemedir. Heksametoksimetil melamin (HMMM) de boya ve kaplama sanayisinde kullanılan bir çeşit melamin reçinesidir. Bazı amin bileşiklerinin antimikrobiyal özellik sağladığı bilinmektedir. Bunlardan birisi de N-tersiyerbütil etanolamindir (TBDEA). Burada, HMMM ve TBDEA kimyasal olarak birbirine bağlanmış, daha sonra oluşan yeni bileşik birbiri ile çapraz bağlanmıştır. Bu son ürün FTIR ve DSC ile karakterize edilip, çapraz bağlanmış HMMM ile kıyas edilmiş; JIS Z 2801 standardına göre yüzeydeki mikroorganizma faaliyetine dair deneyler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal yüzeyler, melamin reçinesi, tersiyer amin, HMMM

Abstract
Conventionally, chemicals are currently being used to remove microorganisms from an environment or a surface; this process is called disinfection. Besides, it can be created antimicrobial surfaces to prevent microorganisms adhering onto the surface. In this study, it is investigated to create a kind of antimicrobial surface using a common coating material, which is killing microorganism before adhering to surface.

Melamine (2,4,6-Triamino-1,3,5-triazine) is used in a wide range of products, mainly for coating, laminating, producing kitchenware, construction elements and as adhesives. Hexamethoxymethyl melamine (HMMM) is a type of melamine resin used in the paint and coating industry. Some amine compounds are known to provide antimicrobial properties. One of these is N-tertiarybutylethanolamine (TBDEA). Here, the HMMM and TBDEA are chemically bonded together, respectively this new compound is crosslinked. This final product was characterized by FTIR and DSC, compared with pure crosslinked HMMM. Experiments on microorganism activity on the surface have been performed according to JIS Z 2801 standard.

Keywords: Antimicrobial surfaces, melamine resin, tertiary amine, HMMM

1. GİRİŞ

Termoset polimerler veya termoset reçineler çapraz bağlanma reaksiyonu sonucu kalıcı şekil değiştirdiği için termoplastik polimerler gibi tekrar işlenemez ve dönüştürülemezler. Bu çapraz bağlanmış ağ yapısından dolayı genellikle termoplastiklerden daha iyi fiziksel, kimyasal ve termal özelliklere sahip olur (PAC, 2004).

Hekzametoksimetil melamin (HMMM) bu termoset reçinelerden biridir, boya ve yüzey kaplama endüstrisinde uygulanan reçetelerde sıklıkla kullanılmaktadır (Yahkind ve ark., 2010). Düşük molekül ağırlığı sayesinde reçetelerde iyi uyum ve çeşitli avantajlar sağlar (Vincentz, 2006). HMMM ayrıca hidroksil, karboksil ve amid grupları arasında iyi bir çapraz bağlayıcı ajandır(Athawale ve Joshi, 2004).

HMMM'nin endüstride formülasyonlarının ve uygulamalarının iyi bilinmesinden dolayı antimikrobiyal bir madde ile reaksiyona sokularak elde edilecek yeni antimikrobiyal kaplama malzemesinin de uygulamaları görece aynı şekilde kolay olacaktır.

Protonlanmış primer ve sekonder aminlerin, tersiyer ve kuaterner aminlerin antimikrobiyal özellik gösterdiği halihazırda bilinmektedir (Timofeeva ve Kleshcheva, 2011)(*Siedenbiedel ve Tiller, 2012*). Bu çalışmada bir tersiyer amin türevi olan N-tersiyer bütil dietanolamin (TBDEA) kullanılmıştır.

Literatürde melamine veya melamin formaldehit reçinesine fiziksel yolla tutturulmuş veya kimyasal bağ ile bağlanmış antimikrobiyal maddelerle antimiktobiyal yüzey elde etme çalışmaları bulunmasına karşın HMMM ile yapılan bir çalışma bulunamamıştır. HMMM formaldehit içermemesinden, su bazlı uygulama yapılabildiğinden dolayı da ayrıca tercih edilmiştir.

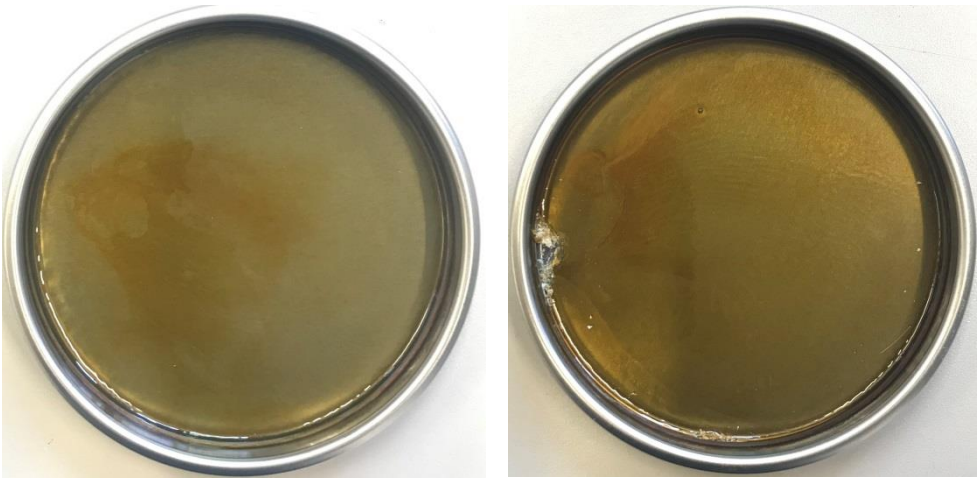
Bu çalışmada, HMMM ve TBDEA'nın kimyasal reaksiyon sonucu bir antimikrobiyal monomer oluşturup çapraz bağlanacağı öngörülmüş, buna bağlı reçeteler hazırlanmış ve elde edilen çapraz bağlanmış son ürün karakterize edilmiştir.

HMMM kendi başına çapraz bağlanabilmektedir. Buradaki beklenti HMMM kendi başına çapraz bağlanmadan önce TBDEA ile bir bileşik oluşturmasıdır. Denklem ve olası kimyasal yapı şu Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

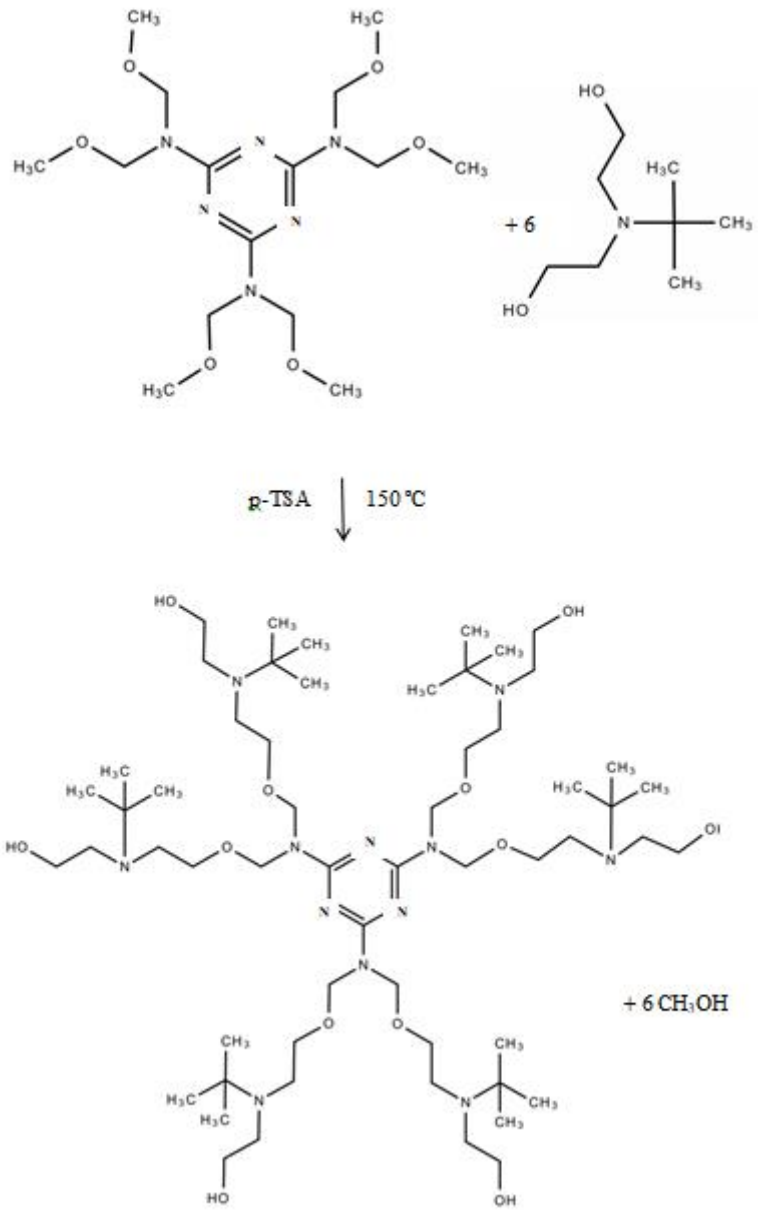
2. MATERYAL VE METOD

Tüm denemeler hekzametoksimetil melamin (HMMM) reçinesi, antimikrobiyal özellik gösteren N-tersiyer bütil dietanolamin (TBDEA) ve katalizör olarak paratoluensülfonik asit (p-TSA) kullanılarak hazırlanmıştır. Çeşitli katalizör miktarları ve molar oranlardaki reaktanlar mekanik olarak iyice karıştırılmış, 10 cm çapındaki metal bir tabağa yaklaşık 2 mm kalınlığında dökülerek vakumlu fırında 150°C sıcaklıkta kürlenmiştir.

Yüzey dağılımı en iyi ve pürüzsüz görünen Şekil 2.1'deki EE050 ve EE051 kodlu numuneler seçilmiş ve karakterize edilmiştir.



Şekil 2.21 Nihai Numuneler EE050 ve EE051



Şekil 1.1 HMMM ve TBDEA İdeal Tepkimesi

Reaksiyonlara ait temel reçete şu şekildedir:

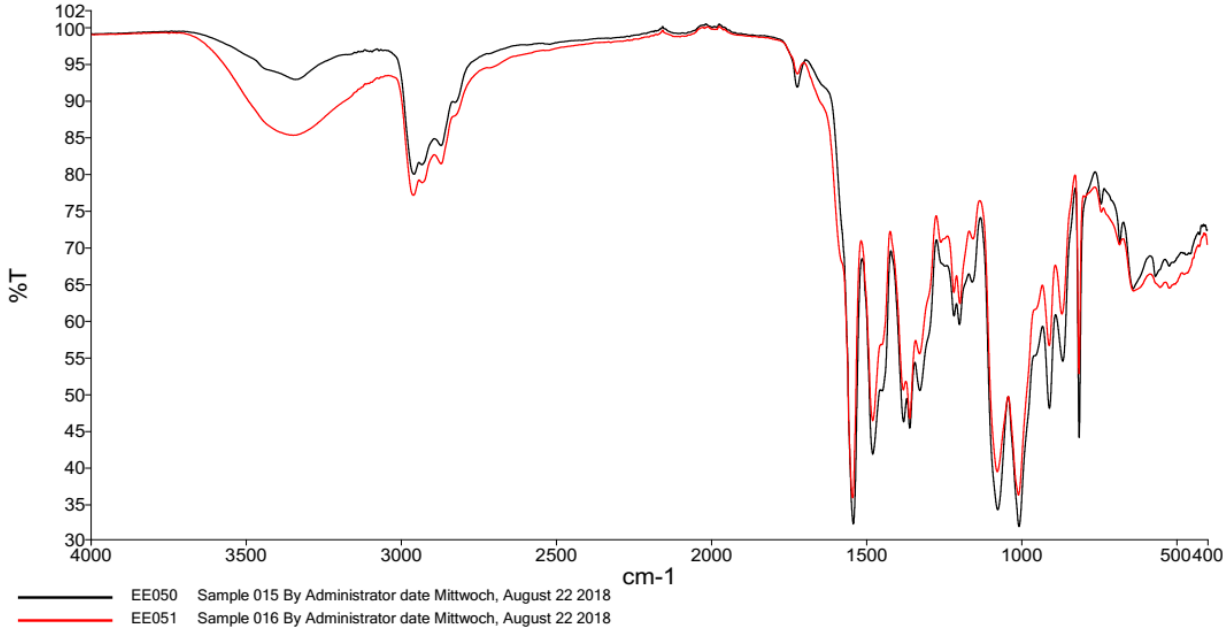
HMMM + 6 TBDEA $\longrightarrow$ HMMM-TBDEA + 6 CH_3OH

3. SONUÇ

3.1. FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi) Analizi

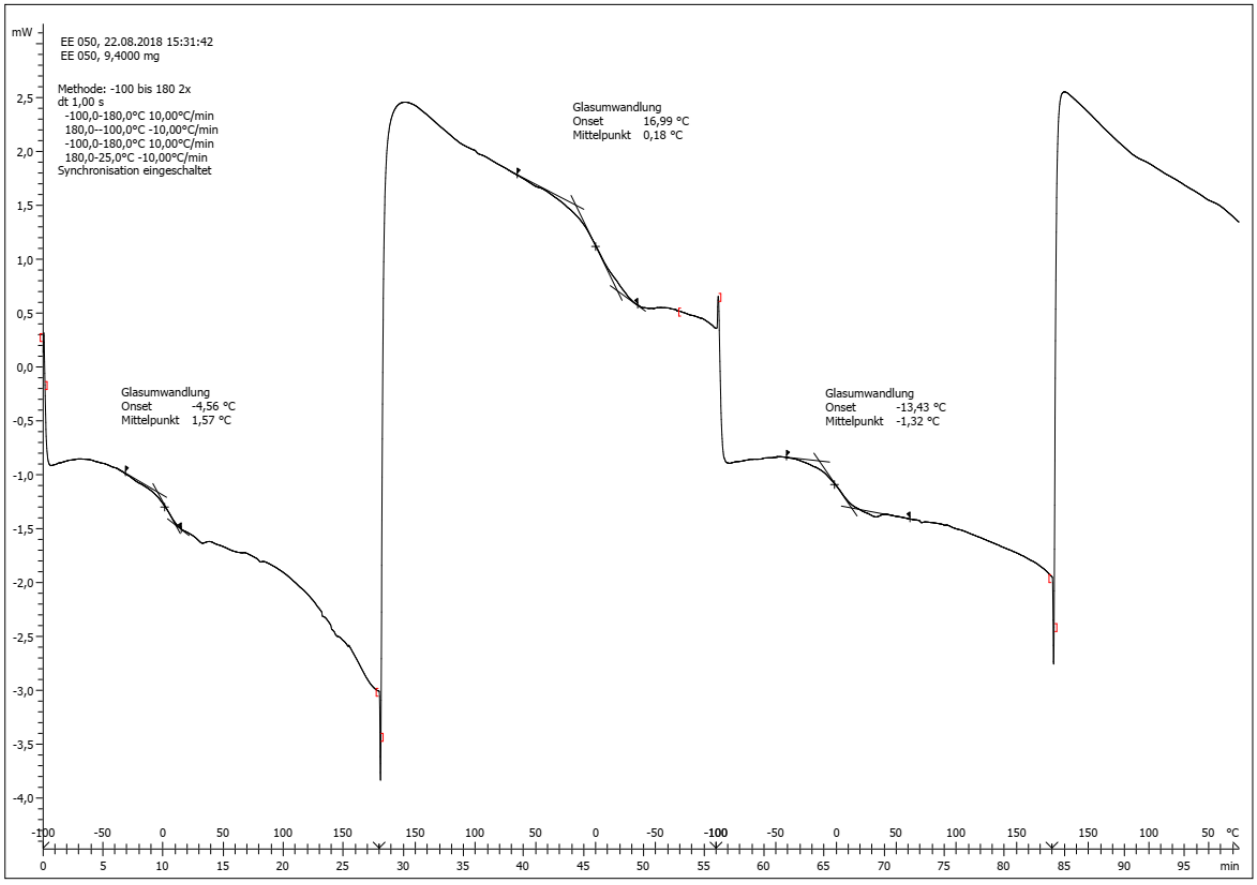
Seçilen iki numuneye ait FTIR analizleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Her iki numune de benzer bir desen ortaya çıkarmıştır. 3343 cm-1'deki pikler TBDEA'dan kaynaklı –OH grubunu; 2960, 2928 ve 2874 cm-1'deki pikler alifatik C-H bağlarını; 1723 cm-1'deki küçük pik TBDEA-formik asit kompleksindeki C-O çift bağlarını; 1380 ve 1360 cm-1'deki asimetrik çift pik ise TBDEA'daki tersiyer bütil yapıyı göstermektedir.

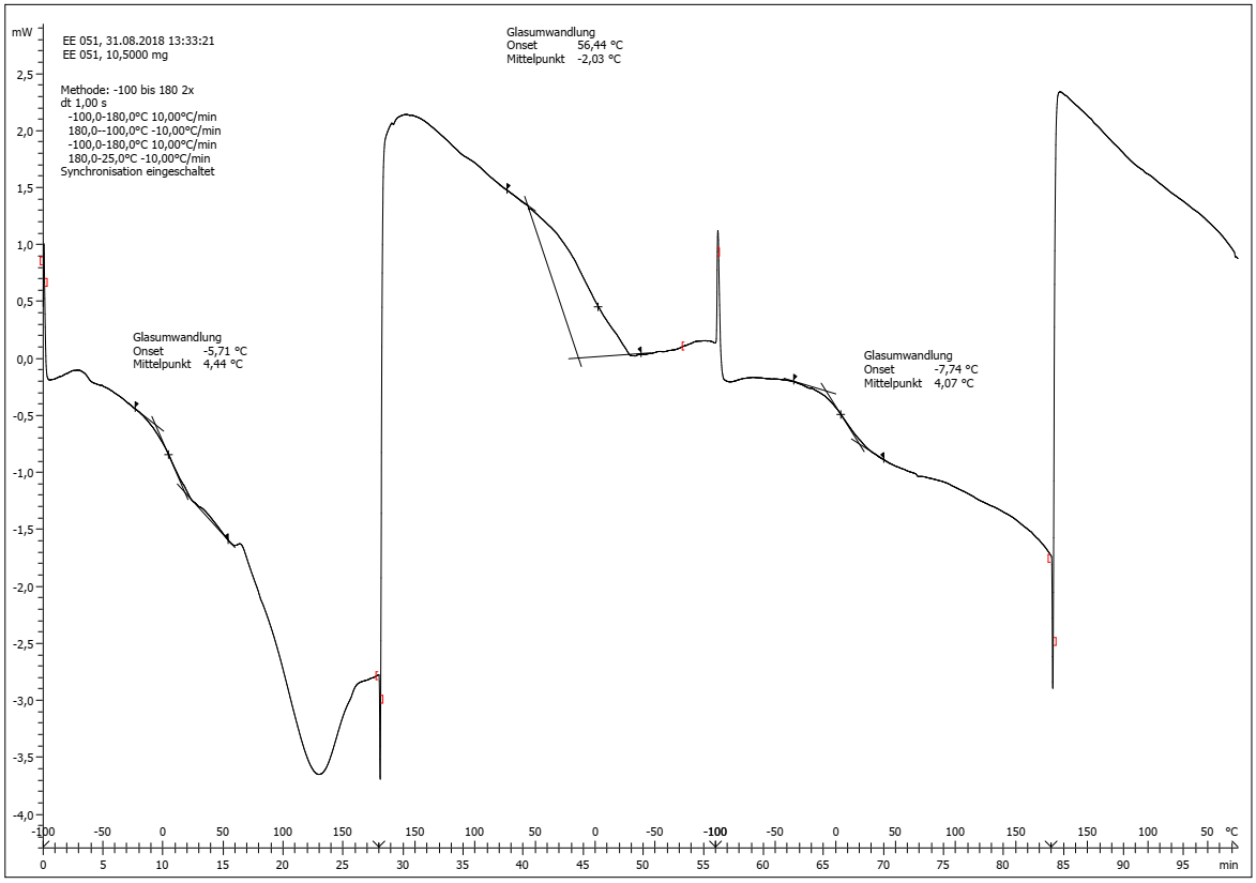


Şekil 22.1 FTIR Analiz Sonuçları

3.2. DSC (Difransiyel Taramalı Kalorimetre) Analizi



Şekil 3.2 EE050 için DSC sonuçları



Şekil 3.3 EE051 için DSC sonuçları

Her iki numuneye ait DSC sonuçlarında camsı geçiş sıcaklıkları (T_g) benzer olarak EE050 için yaklaşık 2 °C, EE051 için ise 4 °C çıkmaktadır.

3.3 Mikrobiyal Testler

Numunelerin antimikrobiyal özelliğini test etmek için ‘’JIS Z 2801 Antimicrobial products - Test for antimicrobial activity’’ standardı baz alınmıştır. Standarda göre mikroorganizma olarak *Staphylococcus aureus* veya *Escherichia coli* kullanılmaktadır. Numunelerin testi için DSM 799 kodlu *Staphylococcus aureus* türü kullanılmıştır.

Staphylococcus aureus 36 °C sıcaklıkta ve %90 bağıl nem koşullarında 24 saat boyunca Şekil 2.23‘deki numunelerin yüzeyinde inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol grubu olarak boş tepkime kabı ve sadece HMMM’in bulunduğu numuneler kullanılmıştır.

Sonuç olarak EE050 ve EE051 kodlu numunelerin yüzeyinde mikroorganizma gelişimi gerçekleşmemiştir.

4. TARTIŞMA

Malzeme antimikrobiyal özellik göstermesine karşın camsı geçiş sıcaklığının düşmesi mekanik ve termal dayanımı için olumsuz bir etkidir. Camsı geçiş sıcaklığının arttırılması için yine uygun dolgular kullanılabilir, çapraz bağlanma sayısının artması için yüksek basınçta kürlenme gerçekleştirilebilir.

Kaplama malzemesi olarak kullanılacağı için şeffaf hammaddenin tepkime sonucu sararması görsel açıdan olumsuzdur. Sararmanın, azotun oksitlenmesi sonucu gerçekleştiği, farklı antioksidanlar ve/veya dolgularla sararmanın önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Athawale V. and Joshi K., "The Effect of HMMM Crosslinker on the Coating Properties of Chemoenzymatically Synthesized Aliphatic Urethane Oil," *www.pcimag.com Paint And Coatings Industry*, no. October, 2004.

PAC, "Definitions of terms relating to reactions of polymers and to functional polymeric materials (IUPAC Recommendations 2003))," *PAC*, vol. 79, no. 889, p. 898, 2004.

Siedenbiedel F. and Tiller J. C., "Antimicrobial Polymers in Solution and on Surfaces: Overview and Functional Principles," *Polymers*, no. 4, pp. 46-71, 2012.

Timofeeva L. and Kleshcheva N., "Antimicrobial polymers: mechanism of action, factors of activity, and applications," *Appl Microbiol Biotechnol*, no. 89, p. 475–492, 2011.

Vincentz, "Vincentz Network Strategies," *European Coatings Journal* , no. 40, 2006.

Yahkind A.L., Paquet Jr. D.A., Parekh D.V., Stine C.L., van der Ven L.G.J., Polyols based on isocyanates and melamines and their applications in 1K and 2K Coatings, *Prog. Org. Coat.* 68 (2010) 28–36.

ÇEŞİTLİ GÖZENEKLİ ADSORBENTLER ÜZERİNE KARBONDİOKSİTİN ADSORPSİYONU İÇİN ADSORPSİYON İZOTERM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Fatma OĞUZ ERDOĞAN
Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli Meslek Yüksekokulu / Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü
foerdogan@gmail.com

Özet

Zeolit, 4A zeolit, amonyum-Y zeolit, sodyum-Y zeolit, mezogözenekli silika (MCM-41), keçi boynuzu kökenli aktif karbon ve mürdüm eriği kökenli aktif karbonların karbondioksit (CO_2) adsorpsiyonu, 25 °C ve 900 mmHg basınca kadar gerçekleştirilmiş ve denge verilerinin Langmuir, Freundlich, Temkin, Dubinin-Radushkevich (DR) ve Harkins-Jura (HJ) izoterm modelleriyle değerlendirildiği bir araştırma yapılmıştır.

Bu çalışmada yazar, farklı doku, yüzey alanı ve gözenekliliğe sahip on tipik adsorbent üzerinde CO_2'nin adsorpsiyon izotermi parametrelerini belirlemiştir. Langmuir izoterm modelinden hesaplanan tek tabaka adsorpsiyon kapasiteleri (W_m) 4AZ, AYZ, MCM-41, Zeolit, SYZ, DAC400, DAC600, DAC700, DAC500 ve CAC örnekleri için sırasıyla 0.469, 4.866, 5.696, 6.205, 6.546, 0.487, 3.743, 4.074, 4.095 ve 9.101 mmol/g olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: CO_2 adsorpsiyonu, izoterm parametreleri, zeolit, aktif karbon, MCM-41.

DETERMINATION OF ADSORPTION ISOTHERM PARAMETERS FOR THE ADSORPTION OF CARBON DIOXIDE ON VARIOUS POROUS ADSORBENTS

Abstract

Carbon dioxide (CO_2) adsorption of zeolite, 4A zeolite, ammonium Y zeolite, sodium Y zeolite, mesoporous silica (MCM-41), carob stones based activated carbon and Damson plum stones based activated carbons at 25 °C and pressures up to 900 mmHg was investigated, during which the adsorption process was evaluated by the Langmuir, Freundlich, Temkin, Dubinin-Radushkevich (DR) and Harkins-Jura (HJ) isotherm models.

In this study, the author has investigated the adsorption isotherm parameters for CO_2 on ten typical adsorbents with different texture, surface area and porosity. Langmuir adsorption isotherm constants related to adsorption capacity, W_m were found as 0.469, 4.866, 5.696, 6.205, 6.546, 0.487, 3.743, 4.074, 4.095 and 9.101 mmol/g for 4AZ, AYZ, MCM-41, Zeolite, SYZ, DAC400, DAC600, DAC700, DAC500 and CAC, respectively.

Keywords: CO_2 adsorption, isotherm parameters, zeolite, activated carbon, MCM-41.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği artan karbondioksit ve diğer sera gazlarının (CH_4, N_2O, F_6 gibi) emisyonlarının sonucu ortaya çıkar ve dünyadaki ortalama yüzey sıcaklığındaki artışı ifade eder. Son yıllarda karbondioksitin uzaklaştırılması için absorpsiyon, kriyojenik ayırma, membrane ayırma ve adsorpsiyon gibi yöntemler kullanılarak iklim değişikliği üzerindeki etkisi azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemlerin her birinin bazı dezavantajları vardır. Adsorpsiyon yöntemi düşük maliyet, düşük

enerji gereksinimi ve yüksek adsorpsiyon kapasitesi nedeniyle CO_2'in yakalanması ve ayrılması için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Goel ve ark., 2016; Liu ve ark., 2015; Erdogan, 2019a). CO_2 adsorpsiyonu için aktif karbonlar, zeolitler, metal organik çerçeveler (MOF'lar), karbon nanotüpler, TiO_2 nanotüpleri ve mezo-gözenekli MCM-41 gibi adsorbentler yaygın olarak kullanılmaktadır (Boyjoo ve ark., 2017; Chen ve ark., 2011; Gholipour ve Mofarahi, 2016; Girimonte ve ark., 2017; Gui ve ark., 2013; Hsu ve ark., 2010; Khelifa ve ark., 2004; Koronaki ve ark., 2016; Panek ve ark., 2017; Song ve ark., 2013; Tari ve ark., 2016; Thang ve ark., 2014). Literatürde çeşitli zeolitler (NaKA, 4A, 5A, 13X) CO_2 tutma kabiliyetleri için çalışılmıştır (Chatti ve ark., 2009; Cheung ve ark., 2009; Siriwardane ve ark., 2005). Ramli ve arkadaşları (2014) MCM-41 üzerine CO_2'nin adsorpsiyonuna basıncın ve sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Belmabkhout ve arkadaşları (2011) tri amin ile MCM-41'in gözenek yapısını geliştirmiş ve bu adsorbentin 55 °C'de CO_2 adsorpsiyon kapasitesinin 1.55 mmol/g olduğunu belirtmişlerdir. Boyjoo ve arkadaşları (2017) CO_2 adsorpsiyonu için KOH ve ZnCl2 kullanarak Coca Cola'dan aktif karbon üretmişler ve en yüksek adsorpsiyon kapasitesinin 5.22 mmol/g olduğunu belirtmişlerdir. Ogungbenro ve arkadaşları (2017) CO_2 yakalaması için hurmadan farklı karbonizasyon sıcaklıklarında (600-900 °C) aktif karbon üretmişlerdir ve en yüksek adsorpsiyon kapasitesini 141.14 mg/g olarak bulmuşlardır. Önceki bir çalışmamızda, kızılcık çekirdeklerinden KOH ve NaOH kullanarak aktif karbonlar hazırlayıp CO_2 adsorpsiyonu kapasiteleri incelenmiştir. Bu aktif karbonların CO_2 adsorpsiyonu kapasiteleri sırasıyla % 15.057 ve % 13.685 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada çeşitli zeolitler, ticari aktif karbon, çok duvarlı karbon nanotüp ve MCM-41'in CO_2 adsorpsiyonu kapasiteleri karşılaştırılmıştır (Erdogan, 2019a).

Bu çalışmada çeşitli zeolitler (zeolit, 4A zeolite, amonyum-Y zeolite, sodium-Y zeolite), MCM-41, keçi boynuzu çekirdeklerinden elde edilmiş aktif karbon (CAC) ve mürdüm eriği çekirdeklerinden farklı sıcaklıklarda elde edilmiş aktif karbonların (DAC400, DAC500, DAC600 ve DAC700) CO_2 adsorpsiyonu çeşitli adsorpsiyon izoterm modelleri (Freundlich, Langmuir, Temkin, DR ve Harkins-Jura) ile incelenmiştir. Her bir izotermin parametreleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

2.1 Materyal

Bu çalışmada, zeolitler ve MCM-41 Sigma-Aldrich firmasından satın alınmıştır. Keçi boynuzu ve mürdüm erkleri sırasıyla Antalya ve Kocaeli ilinden alınmıştır. Bu başlangıç maddelerinden aktif karbon elde edilmesi ve CO_2 adsorpsiyonu kapasiteleri önceki çalışmalarımızda belirtilmiştir (Erdogan, 2018a; 2019b).

2.2 CO_2 Adsorpsiyonu

Tüm adsorbentlerin 25 °C'de CO_2 adsorpsiyon-desorpsiyon izotermleri statik volumetrik bir cihaz olan Micromeritics TriStar II 3020 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. CO_2 adsorpsiyon kapasiteleri (ağırlıkça %), 900 mmHg basıncında adsorbe edilen miktarlar kullanılarak belirlenmiştir. Adsorpsiyon verilerinin Freundlich, Langmuir, Temkin, DR ve Harkins-Jura izoterm grafikleri çizilmiş ve izoterm parametreleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır (Erdogan, 2018; 2019a; 2019b).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

25 °C'de bu 10 gözenekli adsorbentin Adsorpsiyon izotermleri elde edilmiştir. Adsorpsiyon verileri Freundlich, Langmuir, Temkin, DR ve Harkins-Jura izoterm modellerine uygulanmıştır. Tablo 1'de seçilen adsorpsiyon modeli denklemleri gösterilmiştir. Freundlich izotermi heterojen adsorbentler için adsorpsiyon özelliklerini tanımlar. Freundlich denkleminde; K_F adsorpsiyon kapasitesinin (mmol/g) $(1/mmHg)^{1/n}$, 1/n ise adsorpsiyon yoğunluğunun göstergesi olan parametrelerdir. Langmuir

izoterminde; W ve W_m sırasıyla adsorplananın nispi basınçtaki ağırlığı ve tek tabakadaki ağırlığıdır. K_L ise adsorpsiyon enerjisi ile ilgili sabittir. DR denkleminde; Q_{DR} mikro gözenek hacmini temsil eder, E adsorpsiyonun karakteristik enerjisidir ve ε ise izoterm katsayısıdır. Harkins-Jura modeli çok katmanlı adsorpsiyona uygundur ve heterojen gözenek dağılımının varlığı ile açıklanabilir. Bu denklemde A çok katmanlı adsorpsiyon ve heterojen gözenek dağılımının varlığını açıklar. B ise izoterm Harkins-Jura izoterm sabitidir. Temkin izotermi, tabakadaki tüm moleküllerin adsorpsiyon ısısının, adsorbent-adsorplanan etkileşimlerinden dolayı logaritmik olarak değil yüzey kaplamasıyla doğrusal olarak azaldığını varsayar. Bu denklemde b (J/mol) adsorpsiyon ısısına bağlı Temkin sabiti, A (1/mmHg) denge bağlanma sabitidir.

Tablo 1. Adsorpsiyon denge izotermlerini tanımlayan denklemler

Freundlich $lnW = lnK_F + {}^{1}/_{n}\, lnP$	Langmuir $\frac{P}{W} = \frac{1}{K_L W_m} + \frac{P}{W_m}$
DR $lnW = lnV_0 - \left(\frac{RT}{\beta E_0}\right)^2 ln\left(\frac{1}{P}\right)^2$	Harkins-Jura $lnP = A - \frac{B}{W^2}$
Temkin $W = B_1 lnA + B_1 lnP$	

Adsorpsiyon izotermleri CO_2 ile bu 10 gözenekli adsorbent arasındaki etkileşimi tarif eder. Aktif karbon örnekleri için seçilen beş izoterm modelinden elde edilen parametreler Tablo 2'de yer almıştır. Tablo 2'de gösterildiği gibi, Freundlich izoterm modeli için hesaplanan korelasyon katsayıları 0.982-0.997 aralığındadır, bu durum aktif karbonlar üzerine CO_2 adsorpsiyonu için deneysel verilerin Freundlich izoterm modeline uygun olduğunu ortaya koymuştur. Adsorpsiyon kapasitesini hesaplamak ve adsorpsiyon işleminin uygunluğunu araştırmak için Freundlich izoterm sabiti 1/n kullanılabilir. Tüm aktif karbonlar için 1/n değerleri sıfır ile bir aralığında olduğu için aktif karbonlar üzerine CO_2 adsorpsiyonunun uygun olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar aktif karbon örnekleri üzerine CO2 adsorpsiyonunun Freundlich izoterm modeline uygun olduğunu ve adsorpsiyonun heterojen yüzeyde meydana geldiğini kanıtlamaktadır.

Langmuir izoterm modeli için Tablo 2'de R^2 değerlerinin 0.951-0.987 aralığında olduğu görülmektedir. Bu da aktif karbonlar üzerine CO_2 adsorpsiyonunun Langmuir izoterm modeline uygun olduğunu göstermektedir. Bu izoterm modelinden hesaplanan tek tabaka adsorpsiyon kapasiteleri (W_m) DAC400, DAC600, DAC700, DAC500 ve CAC örnekleri için sırasıyla 0.487, 3.743, 4.074, 4.095 ve 9.101 mmol/g olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında en yüksek Wm değerinin keçi boynuzu çekirdeklerinden elde edilen aktif karbon örneğinde (CAC) gözlemlendiği belirlenmiştir. Temkin izoterm modeli için R^2 değerleri 0.831-0.941 aralığındadır. Elde edilen adsorpsiyon enerjileri (b) tüm aktif karbonlar için pozitiftir ve 2.50-30.56 kJ/mol aralığındadır. DR izotermi için korelasyon katsayılarının ilk üç izoterm modeline göre daha düşük ve 0.765-0.795 aralığında olduğu Tablo 2'de görülmektedir. DR izotermine göre, E değeri 8000 J/mol değerinden düşük ise adsorpsiyonun fiziksel adsorpsiyon olduğu düşünülmektedir. Aktif karbon örnekleri üzerine CO_2 adsorpsiyonuna ait E değerleri 11.901-15.931 J/mol aralığındadır ve bu nedenle gerçekleşen adsorpsiyon işleminin fiziksel adsorpsiyon olduğu düşünülmektedir. Harkins-Jura izoterm modeli için korelasyon katsayıları 0.675-0.868 aralığınadır. Bu değerler Langmuir izoterm modelinden elde edilen değerler ile karşılaştırılınca çok daha düşüktür. Bu nedenle aktif karbonlar üzerine CO_2 adsorpsiyonunun çok tabakalı adsorpsiyona karşı olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Aktif karbon örnekleri üzerine CO_2 adsorpsiyonu için Freundlich, Langmuir, Temkin, DR ve Harkins-Jura izoterm parametreleri

Parameters	Adsorbents				
Freundlich	CAC	DAC400	DAC500	DAC600	DAC700
Freundlich isotherm model					
K_F (mmol/g)(1/mmHg)$^{1/n}$	0.0138	3.83E-3	0.0170	0.0648	0.0150
1/n	0.842	0.675	0.738	0.577	0.752
R^2	0.997	0.986	0.997	0.982	0.997
Langmuir isotherm model					
W_m (mmol/g)	9.101	0.487	4.095	3.743	4.074
K_L (1/mmHg)	8.24E-4	2.34E-3	1.46E-3	3.64E-3	1.39E-3
R^2	0.972	0.983	0.951	0.987	0.953
Temkin isotherm model					
A (1/mmHg)	0.0312	0.048	0.0376	0.0638	0.0380
b (kJ/mol)	2.50	30.56	4.207	3.640	4.362
R^2	0.831	0.903	0.855	0.941	0.850
DR isotherm model					
Q_{DR} (mmol/g)	2.987	0.281	1.888	2.514	1.819
K_{DR} (mol^2/J^2)	0.0035	0.0026	0.0031	0.0020	0.0030
E (J/mol)	11.901	13.788	12.680	15.931	12.825
R^2	0.773	0.795	0.773	0.791	0.765
Harkins-Jura isotherm model					
A	6.281	6.708	6.349	6.486	6.326
B	0.591	0.026	0.384	1.503	0.323
R^2	0.675	0.868	0.723	0.765	0.710

Zeolit örnekleri ve MCM-41 için seçilen beş izoterm modelinden elde edilen parametreler Tablo 3'de yer almıştır. Tablo 3'de gösterildiği gibi, Freundlich izoterm modeli için hesaplanan korelasyon katsayıları 0.944-0.999 aralığındadır, bu durum zeolitler ve MCM-41 üzerine CO_2 adsorpsiyonu için deneysel verilerin Freundlich izoterm modeline uygun olduğunu ortaya koymuştur. Tüm zeolit örnekleri için 1/n değerleri sıfır ile bir aralığında olduğu için zeolit örnekleri üzerine CO_2 adsorpsiyonunun uygun olduğu söylenebilir. MCM-41 adsorbenti için bu değer 1'e diğer adsorbentlerden daha yakın çıkmıştır. Bu sonuçlar zeolit örnekleri ve MCM-41 üzerine CO2 adsorpsiyonunun Freundlich izoterm modeline uygun olduğunu ve adsorpsiyonun heterojen yüzeyde meydana geldiğini kanıtlamaktadır.

Zeolit örnekleri üzerine CO_2 adsorpsiyonunda Langmuir izoterm modeli için Tablo 3'de R^2 değerlerinin 0.977-0.999 aralığında olduğu görülmektedir. Bu da zeolit örnekleri üzerine CO_2 adsorpsiyonunun Langmuir izoterm modeline uygun olduğunu göstermektedir. MCM-41 adsorbenti için korelasyon katsayısının (0.618) zeolit örneklerinden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu izoterm modelinden hesaplanan tek tabaka adsorpsiyon kapasiteleri (W_m) 4AZ, AYZ, MCM-41, Zeolit ve SYZ için sırasıyla 0.469, 4.866, 5.696, 6.205 ve 6.546 mmol/g olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında en yüksek Wm değerinin sodyum-Y zeolite örneğinde (SYZ) gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu değer CAC örneğinin adsorpladığı CO_2 miktarından (9.101 mmol/g) düşüktür. Temkin izoterm modeli için R^2 değerleri 0.772-0.981 aralığındadır. Elde edilen adsorpsiyon enerjileri (b) tüm zeolit örnekleri için pozitiftir ve 1.98-4.67 kJ/mol aralığındadır. Bu enerjinin en yüksek değeri MCM-41 örneği için 16.88 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. DR izotermi için korelasyon katsayıları 0.730-0.860 aralığındadır. Zeolit örnekleri ve MCM-41 üzerine CO_2 adsorpsiyonuna ait E değerleri 12.163-18.506 J/mol aralığındadır ve bu nedenle gerçekleşen adsorpsiyon işleminin fiziksel adsorpsiyon olduğu

düşünülmektedir. Tablo 3'den görüldüğü gibi, Harkins-Jura izoterm modeli için korelasyon katsayıları 0.665-0.944 aralığınadır. Bu değerler aktif karbon örneklerinde olduğu gibi, Langmuir izoterm modelinden elde edilen değerler ile karşılaştırılınca çok daha düşüktür. Bu nedenle zeolit örnekleri ve MCM-41 üzerine CO_2 adsorpsiyonunun çok tabakalı adsorpsiyona karşı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3. Zeolit örnekleri ve MCM-41 üzerine CO_2 adsorpsiyonu için Freundlich, Langmuir, Temkin, DR ve Harkins-Jura izoterm parametreleri

Parameters	Adsorbents				
Freundlich	Zeolit	AYZ	SYZ	4AZ	MCM-41
Freundlich isotherm model					
K_F (mmol/g)(1/mmHg)$^{1/n}$	0.0239	7.21E-3	0.185	0.0405	7.84E-4
1/n	0.753	0.849	0.526	0.341	0.977
R^2	0.994	0.996	0.944	0.999	0.999
Langmuir isotherm model					
W_m (mmol/g)	6.205	4.866	6.546	0.469	5.696
K_L (1/mmHg)	1.51E-3	8.45E-4	6.07E-3	6.18E-3	1.28E-4
R^2	0.977	0.992	0.999	0.977	0.618
Temkin isotherm model					
A (1/mmHg)	0.0384	0.0325	0.0947	0.155	0.0250
b (kJ/mol)	2.75	4.67	1.98	3.15	16.88
R^2	0.872	0.839	0.981	0.933	0.772
DR isotherm model					
Q_{DR} (mmol/g)	2.837	1.618	5.095	0.360	1.819
K_{DR} (mol^2/J^2)	0.0026	0.0034	0.0015	0.0015	0.0030
E (J/mol)	14.003	12.163	18.506	18.380	12.825
R^2	0.755	0.781	0.860	0.730	0.765
Harkins-Jura isotherm model					
A	6.308	6.254	6.571	7.075	6.247
B	0.781	0.151	8.766	0.092	0.006
R^2	0.705	0.809	0.739	0.944	0.665

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı yüzey tiplerine ve yüzey alanlarına sahip 10 tane adsorbent (4 farklı zeolit, MCM-41 ve 5 farklı aktif karbon) üzerine CO_2 adsorpsiyonuna ait izoterm parametreleri incelenmiştir. Adsorpsiyon kapasitesi ile ilişkili Langmuir izotermi tek tabaka adsorpsiyon kapasitesinin en yüksek değeri keçi boynuzu çekirdeklerinden elde edilen aktif karbon örneğinde (CAC) 9.101 mmol/g olarak gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu aktif karbon KOH kullanılarak kimyasal yöntemle elde edilmiştir. Bu 10 farklı adsorbentler arasında en yüksek BET yüzey alanına sahip (1480.96 m^2/g) adsorbenttir. Zeolit örnekleri üzerine CO_2 adsorpsiyonu Freundlich, Langmuir ve Temkin izoterm modellerine uyumlu olmuştur. Tüm adsorbentler için Temkin izoterm modelinden hesaplanan adsorpsiyon ısıları 1.98-30.56 kJ/mol aralığında değişmiştir. DR izoterni için hesaplanan adsorpsiyon karakteristik enerjileri tüm adsorbentler için 11.901-18.506 J/mol aralığındaydı ve bu değerlere bakıldığında adsorpsiyonun fiziksel adsorpsiyon olabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Boyjoo, Y., Cheng, Y., Zhong, H., Tian, H., Pan, J., Pareek, V.K., Jiang, S.P., Lamonier, J.F., Jaroniec, M., Liu, J., 2017. From waste Coca Cola® to activated carbons with impressive capabilities for CO_2 adsorption and supercapacitors. Carbon 116, 490-499.

Chatti, R., Bansiwal, A.K., Thote, J.A., Kumar, V., Jadhav, P., Lokhande, S.K., Biniwale, R.B., Labhsetwar, N.K., Rayalu, S.S., 2009. Amine loaded zeolites for carbon dioxide capture: Amine loading and adsorption studies. Microporous and Mesoporous Materials 121, 1-3, 84-89.

Chen, C., Kim, J., Yang, D.A., Ahn, W.S., 2011. Carbon dioxide adsorption over zeolite-like metal organic frameworks (ZMOFs) having a sod topology: Structure and ion-exchange effect. Chemical Engineering Journal 168, 3, 21134-21139.

Cheung, O., Bacsik, Z., Liu, Q.L., Mace, A., Hedin, N., 2013. Adsorption kinetics for CO_2 on highly selective zeolites NaKA and nano-NaKA. Applied Energy 112, 1326-1336.

Erdogan, F.O., 2018. Adsorption studies of N_2, CO_2 and CH_4 on activated carbons produced from Damson plum stones by chemical activation with $ZnCl_2$. Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Blilimleri Dergisi 14, 1-10.

Erdogan, F.O., 2019a. Freundlich, Langmuir, Temkin, DR and Harkins-Jura isotherms studies on the adsorption of CO_2 on various porous adsorbents. International Journal of Chemical Reactor Engineering, In Press.

Erdogan, F.O., 2019b. A comparative study of various porous adsorbents for CO2 adsorption. The Online Journal of Science and Technology 9 (1), 12-16.

Gholipour, F., Mofarahi, M., 2016. Adsorption equilibrium of methane and carbon dioxide on zeolite 13X: Experimental and thermodynamic modeling. Journal of Supercritical Fluids 111, 47-54.

Girimonte, R., Formisani, B., Testa, F., 2017. Adsorption of CO_2 on a confined fluidized bed of pelletized 13X zeolite. Powder Technology 311, 9-17.

Goel, C., Kaur, H., Bhunia, H., Bajpai, P.K., 2016. Carbon dioxide adsorption on nitrogen enriched carbon adsorbents: Experimental, kinetics, isothermal and thermodynamic studies. Journal of CO_2 Utilization 16, 50-63.

Gui, M.M., Yap, Y.X., Chai, S.P., Mohamed, A.R., 2013. Multi-walled carbon nanotubes modified with (3-aminopropyl) triethoxysilane for effective carbon dioxide adsorption. International Journal of Greenhouse Gas Control 14, 65-73.

Hsu, S.C., Lu, C.S., Su, F.S., Zeng, W.T., Chen, W.F., 2010. Thermodynamics and regeneration studies of CO_2 adsorption on multiwalled carbon nanotubes. Chemical Engineering Science 65, 4, 1354-1361.

Khelifa, A., Benchehida, L., Derriche, Z., 2004. Adsorption of carbon dioxide by X zeolites exchanged with Ni^{2+} and Cr^{3+} : isotherms and isosteric heat. Journal of Colloid and Interface Science 278, 1, 9-17.

Koronaki, I.P., Nitsas, M.T., Vallianos, C.A., 2016. Enhancement of carbon dioxide absorption using carbon nanotubes - A numerical approach. Applied Thermal Engineering 99, 1246-1253.

Liu, Z.S., Peng, Y.H., Huang, C.Y., Hung, M.J., 2015. Application of thermogravimetry and differential scanning calorimetry for the evaluation of CO_2 adsorption on chemically modified adsorbents. Thermochimica Acta 602, 8-14.

Ogungbenro, A.E., Quang, D.V., Al-Ali, K., Abu-Zahra, M.R.M., 2017. Activated carbon from date seeds for CO2 capture applications, in 13th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Ghgt-13, T. Dixon, L. Laloui, and S. Twinning, Editors. 2313-2321.

Panek, R., Wdowin, M., Franus, W., Czarna, D., Stevens, L.A., Deng, H., Liu, J., Sun, C., Liu, H., Snape, C.E., 2017. Fly ash-derived MCM-41 as a low-cost silica support for polyethyleneimine in post-combustion CO_2 capture. Journal of CO_2 Utilization 22, 81-90.

Ramli, A., Sohail, A., Suzana, Y., 2014. Adsorption behaviour of Si-MCM-41 for CO_2: Effect of pressure and temperature on adsorption. Chemical Engineering Transactions 39, 271-276.

Siriwardane, R.V., Shen, M.S., Fisher, E.P., 2005. Adsorption of CO_2 on zeolites at moderate temperatures. Energy & Fuels 19, 3, 1153-1159.

Song, F.J., Zhao, Y.X., Zhong, Q., 2013. Adsorption of carbon dioxide on amine-modified TiO_2 nanotubes. Journal of Environmental Sciences, 25, 3, 554-560.

Tari, N.E., Tadjarodi, A., Tamnanloo, J., Fatemi, S., 2016. One pot microwave synthesis of MCM-41/Cu based MOF composite with improved CO_2 adsorption and selectivity. Microporous and Mesoporous Materials 231, 154-162.

Thang, H.V., Grajciar, L., Nachtigall, P., Bludský, O., Areán, C.O., Frýdová, E., Bulánek, R., 2014. Adsorption of CO_2 in FAU zeolites: Effect of zeolite composition. Catalysis Today 227, 50-56.

OSMANGAZİ KÖPRÜSÜ İLE TRAFİKTEN ÇEKİLEN TAŞIT SAYISININ KOCAELİ İLİ'NDE HAVA KALİTESİNE YAPTIĞI ETKİNİN BELİRLENMESİ

Oğuzhan Altuntaş[1*], Şenay Ç. Doğruparmak [2]

[1*]Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı, Kocaeli, Türkiye
[2]Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Bölümü, Kocaeli, Türkiye
oguzhan.altnts@hotmail.com

Özet

Hızla artmakta olan hava kirliliğinin önemli bir bölümünü, motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar oluşturmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların türü ve miktarları kullanılan taşıta, harcanan yakıtın türüne, havanın sıcaklığına, bölgenin fiziki özelliklerine, trafik yoğunluğuna, trafik ışıkları sinyalizasyonu gibi sebeplere göre değişmektedir. 2016 yılının Temmuz ayında hizmete açılan, Gebze – İzmir Otoyolu Projesi dahilinde Marmara Denizi'nin doğusunda İzmit Körfezi'nin Dilovası Dil Burnu ile Altınova'nın Hersek Burnu'nu bağlayan, orta açıklığı 1550 metre ve toplam uzunluğu ise 2682 metre olan Osman Gazi Köprüsü, Kocaeli İli Dilovası İlçesi ile Yalova İli Altınova İlçesi istikametinde deniz yoluna yeni bir alternatif yol olmuştur. Körfez geçişini 2 saatten 6 dakikaya düşürmüştür. Bu çalışmada, Osmangazi Köprüsü ile Kocaeli İli Dilovası İlçesi - Yalova İli Altınova İlçesi istikametindeki D100 Devlet yolu ve Otoyolda trafikten çekilen taşıt sayısının Kocaeli İli'nde hava kalitesine yaptığı etkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla köprünün hizmete açılmasından öncesi (2015 yılı) ve sonrası (2017 yılı) için, trafik kaynaklı emisyonların envanteri çıkarılmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen emisyonlar NO_X, SO_2, CO, CO_2, PM ve NMVOC emisyonlarıdır. Envanterleme için kullanılan metot, elde edilebilecek veriler de göz önünde bulundurularak Tier 1 metodu olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 2015 yılından 2017 yılına gelindiğinde D100 Devlet yolundaki taşıt sayılarındaki artışın otoyoldan daha fazla olduğu buna bağlı olarak da emisyonların Kocaeli İli'nde D100 Devlet yolunda beklenildiği kadar azalmadığı gözlenmiştir. Kocaeli İli Dilovası İlçesi ile Yalova İli Altınova İlçesi istikametindeki bölgede Osmangazi Köprüsünün emisyon değerlerinde azalma sebebi olabilmesinin köprünün ancak daha etkin bir şekilde kullanılması ile mümkün olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kalitesi, Taşıt Kaynaklı Emisyonlar, Envanterleme

Abstract

An important part of the rapidly increasing air pollution is the emissions from motor vehicles. The type and amount of emissions from motor vehicles varies according to the type of the fuel used, the type of fuel spent, the temperature of the air, the physical characteristics of the region, the traffic density and the traffic light signaling. The Osman Gazi Bridge, which connects the Dilovası with Altınova to Hersek in the east of the Sea of Marmara, the middle of the openness of 1550 meters and the total length of which is 2682 meters, connects the Dilek Dilu Point with Altınova to the east of the Marmara Sea in July 2016. It has been a new alternative route to the sea route in the direction of Altınova District of Kocaeli Province and Dilovası District of Yalova Province. It has reduced the Gulf crossing from 2 hours to 6 minutes. In this study, it was aimed to determine the effect of the number of vehicles withdrawn from the traffic on the D100 State Road and Highway in the direction of Altınova District of Kocaeli Province with the Osmangazi Bridge in the province of Dilovası, Yalova. For this purpose, an inventory of the emissions from traffic was derived before (2015) and after (2017). The emissions evaluated within the scope of the study are NOX, SO2, CO, CO2, PM and NMVOC emissions. The method used for inventory was determined as Tier 1 method considering the available data. As a result of the study, it was observed that the increase in the number of vehicles on the D100 State road by 2015 was higher than the motorway by 2017 and accordingly the emissions were not decreased as expected in the D100 State road in Kocaeli Province. It is thought that the reason for the decrease in the emission values of Osmangazi Bridge in the region which is in the

direction of Altınova District of the Kocaeli Province and Dilovası District and Yalova Province can only be possible with the more efficient use of the bridge.

Keywords: Air Quality, Emissions from Vehicles, Emission Inventory.

1. GİRİŞ

Yapılan araştırmalar hava kirliliğinin %50'ye yakınının motorlu taşıtlardan kaynaklandığını göstermektedir. Hava kirliliğinin önemli nedenlerinden biri olan motorlu taşıtların egzoz emisyonları; ağırlıklı olarak; azot oksitler (NO_X), karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonlar (HC), partikül madde (PM), kükürt oksitler (SO_X) içermektedir (Yıldırım 2010). Taşıt emisyonları; yakıt deposundan buharlaşma, karter kaçakları, yakıt sisteminde buharlaşma ve egzoz emisyonları olarak dört farklı noktada oluşmaktadır (Akay, 2008). TÜİK verilerine göre ülkemizde 2002 yılında 8.665.170 olan toplam motorlu kara taşıtı sayısı 2017 yılında 21.556.827'e kadar artmıştır (Url-1). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2015 yılı verilerine göre ülkemizde ortalama 1000 kişiye düşen araç sayısı 134'dür (Url-2). Seyir halindeki taşıtlar yol şartlarına göre; soğuk ilk hareket, hızlanma-yavaşlama, bekleme ve normal sürüş şartlarında çalışırlar ve bu şartlara göre; yakıt sarfiyatları, attıkları kirleticilerin miktarı ve çeşitleri değişir. Yüksek hızlı seyirlerde NO_X artarken, kavşaklardaki beklemelerde; CH_4 ve CO emisyonları, duruş-kalkış hareketlerinde de; CO, HC, NO_x ve VOC emisyonları artmaktadır (Akay, 2008). Benzinli motorlarda karbonmoksit (CO) ve yanmadan kalan hidrokarbonlar (HC), dizel motorlarda ise azotoksitler (NO_X) ve partikül maddeler (PM) en önemli yeri tutmaktadır (Alkaya ve Yıldırım, 2000).

Bu çalışmada 2016 yılında faaliyete geçen Osmangazi Köprüsü'nün, Kocaeli İli'nde motorlu taşıtlardan kaynaklı hava kirliliğine etkisini değerlendirmek amacıyla 2015 ve 2017 yılı için emisyon envaterlemesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen emisyonlar; karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO_2), partiküler madde (PM), kükürt dioksit (SO_2), azot oksit (NO_X) ve metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC)'dir. Envanterleme için kullanılan emisyon hesaplama metodu, elde edilebilecek veriler de göz önünde bulundurularak Tier 1 metodu olarak belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı

Adını 1320 yılında İzmit yöresini fetheden Akça Koca'dan alan Kocaeli İli 2018 itibarıyla 1.906.391 kişilik nüfusa sahiptir. 3.505 km^2 yüzölçümüne sahip olan il, Asya ile Avrupa arasında önemli bir kavşakta yer almaktadır. Km^2'ye düşen nüfus miktarının 398 kişi olması ile İstanbul'dan sonra ülkenin en yoğun ili olmuştur (Url-3).

2016 yılının Temmuz ayında Gebze – İzmir Otoyolu Projesi dahilinde Marmara Denizi'nin doğusunda İzmit Körfezi'nin Dilovası Dil Burnu ile Altınova'nın Hersek Burnu'nu bağlayan, orta açıklığı 1550 metre ve toplam uzunluğu ise 2682 metre olan Osman Gazi Köprüsü, Kocaeli İli Dilovası İlçesi ile Yalova İli Altınova İlçesi istikametinde Körfez geçişini 6 dakikada mümkün hale getirmesiyle deniz yoluna yeni bir alternatif oluşturmuştur (Url-4).

Kocaeli İli'nin ana trafiğini oluşturan Devlet Yolları (D-100), Otoyollar ve Osmangazi Köprüsü verileri çalışmaya dahil edilmiş ve çalışma alanına ait harita Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmaya dahil olan yolara ait uzunluk ve kategorilerine göre taşıt geçiş sayıları Tablo 1, Tablo 2a, Tablo 2b ve Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı (Url-5)

Tablo 1. 2015 ve 2017 yılları Otoyolların uzunluk ve taşıt sayıları (Url-6)

	Güzergah	Uzunluk (km)	2015		2017	
			Hafif Taşıt (taşıt/gün)	Ağır Taşıt (taşıt/gün)	Hafif Taşıt (taşıt/gün)	Ağır Taşıt (taşıt/gün)
OTOYOL	Orhanlı-Şekerpınarı	4,3	76.452	34.540	73.713	27.689
	Şekerpınarı-Gebze	10,2	52.552	26.354	57.536	24.723
	Gebze-Dilovası	6,2	53.718	25.451	58.232	22.143
	Dilovası-Batı Hereke	6,1	53.042	25.619	54.176	21.492
	Batı Hereke-Doğu Hereke	2,4	51.719	24.318	52.681	20.292
	Doğu Hereke-Körfez	13,4	52.316	24.831	53.243	20.820
	Körfez-Batı İzmit	7,2	49.853	25.709	50.743	21.581

Tablo 2.a. 2015 Yılı D-100 yolları uzunlukları ve taşıt sayıları (Url-6)

	Güzergah	Uzunluk (km)	Otomobil (taşıt/gün)	Orta Yüklü Ticari Taşıt (taşıt/gün)	Otobüs (taşıt/gün)	Kamyon (taşıt/gün)	Tır (taşıt/gün)
DEVLET YOLU (D-100)	Çayırova-Gebze	6	61686	4271	1061	7594	4135
	Gebze-Dilovası	14	35346	2515	212	5664	5886
	Dilovası	1	17586	1243	223	2662	3688
	Dilovası-Körfez	20	21241	1498	308	3294	3796
	Körfez-Derince	10	42089	2363	255	3907	2529
	İzmit	11	44000	3154	208	5155	3020
	İzmit-Başiskele	10	47526	2503	693	5104	4667
	Başiskele-Gölcük	8	18813	887	556	2325	3329
	Gölcük-Karamürsel	18	21936	1520	525	2741	2406
	Karamürsel-Altınova	10	*	*	*	*	*
	Altınova-Yalova	21	21905	1520	524	2718	2675

***** Karamürsel-Altınova Yolu 2015 yılında henüz aktif olmadığından verileri yoktur.

Tablo 2.b. 2017 Yılı D-100 yolları uzunlukları ve taşıt sayıları (Url-6)

	Güzergah	Uzunluk (km)	Otomobil (taşıt/gün)	Orta Yüklü Ticari Taşıt (taşıt/gün)	Otobüs (taşıt/gün)	Kamyon (taşıt/gün)	Tır (taşıt/gün)
DEVLET YOLU (D-100)	Çayırova-Gebze	6	76793	7572	643	6442	4861
	Gebze-Dilovası	14	44002	4459	128	5141	6919
	Dilovası	1	22027	2484	317	2880	4081
	Dilovası-Körfez	20	26149	2632	348	3089	4186
	Körfez-Derince	10	50830	3816	411	3699	3198
	İzmit	11	52961	4682	338	5120	3724
	İzmit-Başiskele	10	51503	3516	715	3912	4118
	Başiskele-Gölcük	8	18098	1171	518	1617	2495
	Gölcük-Karamürsel	18	21103	2007	489	1738	1803
	Karamürsel-Altınova	10	16286	1945	335	2079	2327
	Altınova-Yalova	21	23865	2341	318	3175	3211

Tablo 3. 2017 Yılı Osmangazi Köprüsü uzunluk ve taşıt sayıları (Url-6)

OSMANGAZİ KÖPRÜSÜ	Uzunluk (km)	1.Sınıf	2.Sınıf	3.Sınıf	4.Sınıf	5.Sınıf	6.Sınıf
	2682	5683333*	643082*	139465*	222740*	3476*	13049*

* Yıllık toplam taşıt geçişlerini göstermektedir.

2.2. Emisyonların Hesaplanması

Çalışmada, "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016"isimli veri tabanında yer alan emisyon faktörleri kullanılmıştır (EEA, 2017). Emisyon hesaplamalarında elde edilebilecek veriler de göz önünde bulundurularak Tier 1 metodu kullanılmıştır. Tier 1'e göre verilen emisyon faktörleri Tablo 4a,4b,4c,4d'de, araç kategorisine göre kilometre başına tipik yakıt tüketim verileri ise Tablo 5'de verilmiştir. Emisyon miktarının belirlenmesi için (1) denklemi kullanılmıştır.

$$E_i = \Sigma\,(V_{ehj} \times D_j) \times E_{i,j,km} \quad (1)$$

E_i : emisyon miktarı (i)
V_{ehj} : araç tipine bağlı araç sayısı (j)
D_j : aracın kat ettiği mesafe (j)
$E_{i,j,km}$: araç tipi (j) ve hıza (km) bağlı emisyon faktörü (i)

Tablo 4a. CO ve NMVOC' ler için Tier 1 emisyon faktörleri (EEA, 2017)

Kategori	Yakıt	CO (g/kg yakıt)			NMVOC (g/kg yakıt)		
		Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.
Binek Otomobil	Benzin	84.7	49.0	269.5	10.05	5.55	34.42
	Dizel	3.33	2.05	8.19	0.7	0.41	1.88
	LPG	84.7	38.7	117.0	13.64	6.10	25.66
Hafif Ticari Taşıt	Benzin	152.3	68.7	238.3	14.59	3.91	26.08
	Dizel	7.40	6.37	11.71	1.54	1.29	1.96
Ağır Ticari Taşıt	Dizel	7.58	5.73	10.57	1.92	1.33	3.77
	CNG	5.70	2.20	15.00	0.26	0.10	0.67
İki Tekerli	Benzin	497.7	331.2	664.5	131.4	30.0	364.8

Tablo 4b. NO_X ve PM' ler için Tier 1 emisyon faktörleri (EEA, 2017)

Kategori	Yakıt	NO_X (g/kg yakıt)			PM (g/kg yakıt)		
		Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.
Binek Otomobil	Benzin	8.73	4.48	29.89	0.03	0.02	0.04
	Dizel	12.96	11.20	13.88	1.10	0.80	2.64
	LPG	15.20	4.18	34.30	0.00	0.00	0.00
Hafif Ticari Taşıt	Benzin	13.22	3.24	25.46	0.02	0.02	0.03
	Dizel	14.91	13.36	18.43	1.52	1.10	2.99
Ağır Ticari Taşıt	Dizel	33.37	28.34	38.29	0.94	0.61	1.57
	CNG	13.00	5.50	30.00	0.02	0.01	0.04
İki Tekerli	Benzin	6.64	1.99	10.73	2.20	0.55	6.02

Tablo 4c. Farklı karayolu ulaşımı fosil yakıtları için Tier 1 CO_2 emisyon faktörleri (EEA, 2017)

Taşıt Sınıfı	Yakıt Türü	Kg yakıt başına Kg CO_2*
Tüm Taşıt Türleri	Benzin	3.180
Tüm Taşıt Türleri	Dizel	3.140
Tüm Taşıt Türleri	LPG**	3.017

* CO_2 emisyon faktörlerinde yakıtın karbon içeriği temel alınmıştır ve yakıttaki karbonun %100'nün oksitlendiği varsayılmıştır (maksimum CO_2).
** LPG'nin %50'sinin bütan, %50'sinin ise propan olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 4d. Tier 1 için yakıtın tipik kükürt oranı (1 ppm = 10^{-6} g/g yakıt) (EEA, 2017)

Yakıt Türü	Temel Yakıt 1996	Yakıt 200	Yakıt 2005	Yakıt 2009
Benzin	165 ppm	130 ppm	40 ppm	40 ppm
Dizel	400 ppm	300 ppm	40 ppm	8 ppm

Her m tipi yakıt için SO_2 emisyonları, yaktın içindeki tüm kükürdün tamamen SO_2'ye dönüştüğü kabul edilerek (2) denkleminden hesaplanmıştır;

$$\mathbf{E_{SO2,m} = 2 \times k_{S,m} \times FC_m} \quad (2)$$

$E_{SO2,m}$ = m yakıtı başına SO2 emisyonları (g)
$k_{S,m}$ = m yakıtı içindeki kükürdün kütlesel oranı (g/g yakıt)
FC_m = m tipi yakıtın yakıt tüketimi (g)

Tablo 5. Her bir taşıt kategorisi için km başına Tier 1 tipik yakıt tüketimi (EEA, 2017)

Taşıt Kategorisi	Yakıt	Karakteristik Yakıt Tüketimi (g/km)
Binek Otomobiller	Benzin	70
	Dizel	60
	LPG	57.5
	E85	86.5
	CNG	62.6
Hafif Ticari Taşıtlar	Benzin	100
	Dizel	80
Ağır Ticari Taşıtlar	Dizel	240
	CNG (otobüsler)	500
İki Tekerlekli Taşıtlar	Benzin	35

3. SONUÇ

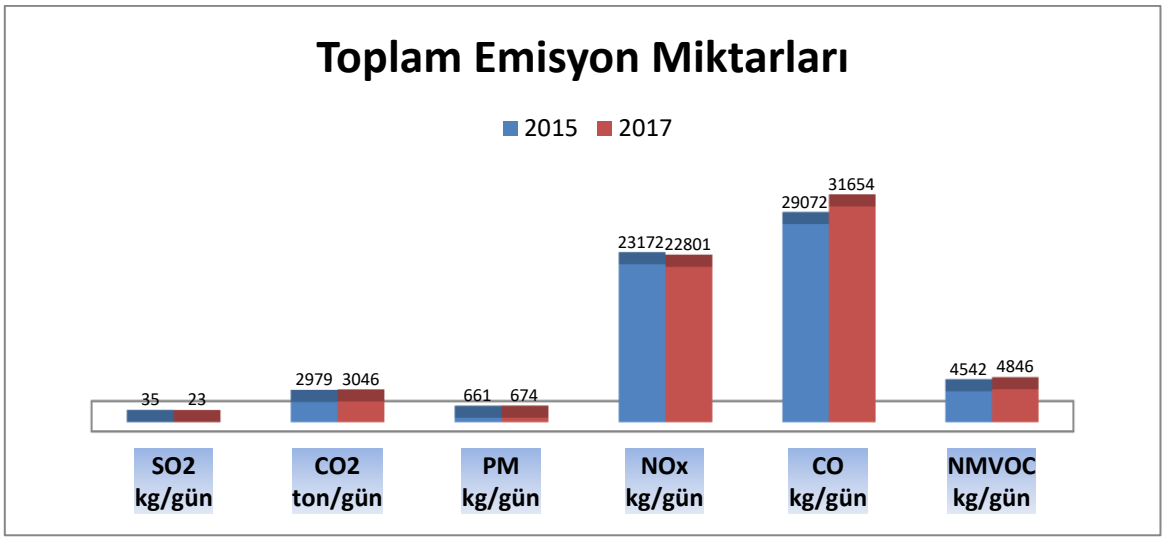
SO_2, CO_2, PM, NOX, CO ve NMVOC emisyonlarının 2015 ve 2017 yılları için yollara göre ve toplamdaki miktarları Tablo 6' da gösterilmiştir.

Tablo 6. 2015 ve 2017 Yılı toplam emisyon miktarları

Kirletici	2015 Yılı			2017 Yılı			
	D-100	Otoyol	Toplam*	D-100	Otoyol	Osmangazi Köprüsü	Toplam**
SO_2 (kg/gün)	25	10	35	13	9	0	23
CO_2 (ton/gün)	1477	1502	2979	1655	1381	10	3046
PM (kg/gün)	308	353	661	352	320	2	674
NO_X (kg/gün)	10626	12546	23172	11596	11146	60	22801
CO (kg/gün)	16785	12287	29072	19693	11779	182	31654
NMVOC (kg/gün)	2523	2019	4542	2908	1913	26	4846

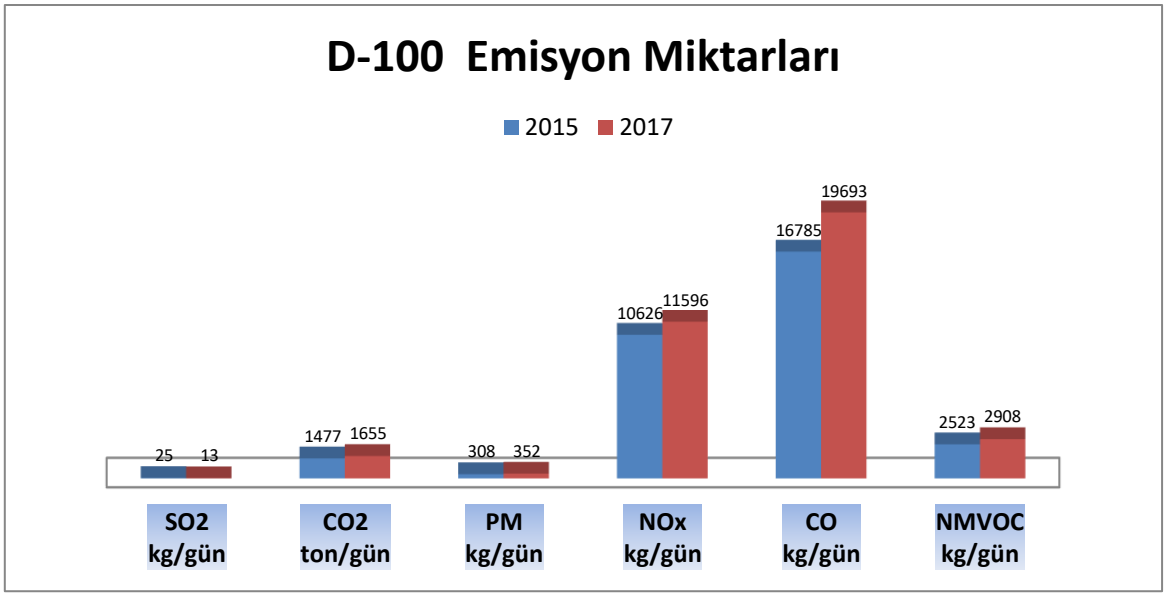
*D-100 ile Otoyol değerlerinin toplamını ifade eder
**D-100,Otoyol ve Osmangazi Köprüsü değerlerinin toplamını ifade eder

2017 yılı çalışmaya dahil edilen yolların toplamında motorlu kara taşıtları kaynaklı emisyon miktarları 2015 yılı miktarlarına göre kıyaslandığında CO_2' de %2.25, PM' de %1.97, CO' de %8.88, NMVOC'de %6.69 artış ; SO_2' de %34.29, NO_X' de %1.6 azalma olduğu görülmüş ve Şekil 2'de grafik olarak gösterilmiştir.



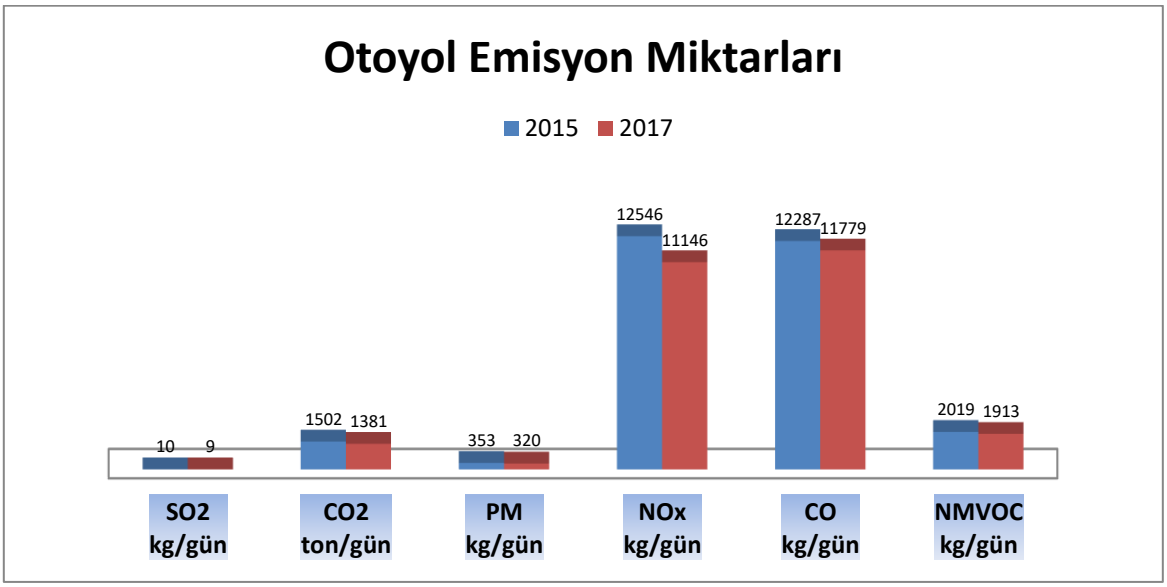
Şekil 2. 2015 ve 2017 yılı toplam emisyon miktarlarının karşılaştırılması

2017 yılı D-100 toplamında motorlu kara taşıtları kaynaklı emisyon miktarları 2015 yılı miktarlarına göre kıyaslandığında CO_2' de %12.05, PM' de %14.29, NO_X' de %9.13, CO' de %17.32, NMVOC' de %15.26 artış ; SO_2' de %48 azalma olduğu görülmüş ve Şekil 3'de grafik olarak verilmiştir.



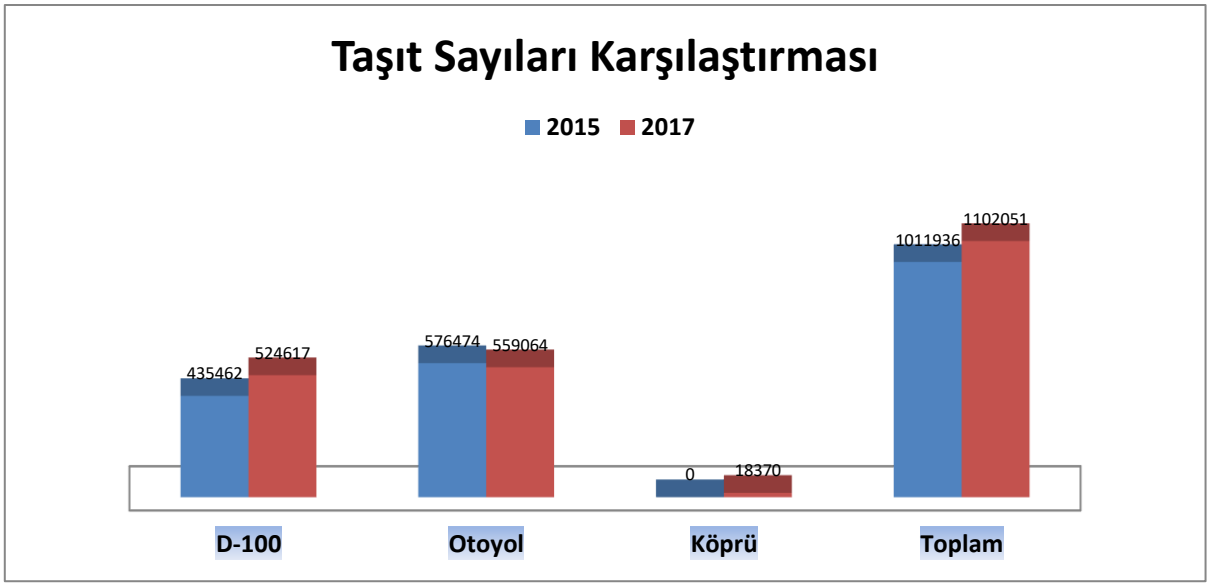
Şekil 3. 2015 ve 2017 yılı D-100 emisyon miktarları karşılaştırması

2017 yılı Otoyol toplamında motorlu kara taşıtları kaynaklı emisyon miktarları 2015 yılı miktarlarına göre kıyaslandığında SO_2' de %10, CO_2' de %8.06, PM' de %9.35, NO_X' de %11.16, CO' de %4.13, NMVOC' de %5.25 azalma olduğu görülmüş ve Şekil 4'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4. 2015 ve 2017 yılı Otoyol emisyon miktarlarının karşılaştırması

2017 yılı taşıt sayıları 2015 yılı sayılarına göre kıyaslandığında toplam günlük ortalama taşıt sayısında 90115 taşıt arttığı görülmüştür. D-100' de 89155 taşıt artışı olmuşken, Otoyolda 17410 taşıt azalması olduğu görülmüştür. Yollara göre taşıt sayılarının karşılaştırıldığı grafik Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. 2015 ve 2017 taşıt sayılarının karşılaştırılması

4. TARTIŞMA

Toplamda ve kullanılan yollar ayrı ayrı incelendiğinde SO_2 ve NO_X hariç toplam taşıt sayısındaki değişimlere paralel emisyon miktarlarında değişme olduğu tespit edilmiştir. SO_2 ve NO_X'deki tersi değişim tercih edilen yakıt türünün değişmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin benzinli araçlarda daha fazla oluşan SO_2 emisyonunun taşıt sayısındaki artışa rağmen azalması, 2017 yılına gelindiğinde dizel yakıt tercih oranının artmasından dolayıdır. Dizel yakıtlarda daha fazla oluşması beklenen NO_X emisyonun toplamdaki miktarının düşmesi başta çok fazla emisyon oluşumuna neden olan ağır taşıt grubuna giren araç sayılarındaki -%9,5'luk değişim olmak üzere yakıt tercihinin değişmesine bağlıdır. D-100'den kaynaklanan emisyon miktarlarında artış, otoyoldan kaynaklı emisyon miktarlarında düşüş olduğu bu değişimlerin taşıt sayılarındaki değişime paralel gerçekleştiği tespit edilmiştir. Köprü yapımının, Körfez bölgesi üzerindeki emisyon miktarının azaltılması yönünde etki göstermesi için gerçekleşen durumun tersine köprü bağlantı yolları olan otoyolların kullanımının artması gerekmektedir. Otoyol kullanımının azalması ve köprü kullanımının beklenen yoğunlukta olmamasının kullanma bedellerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Gerekli teşvikler sağlanarak otoyol ve köprü kullanımının özendirildiği ve taşıt sayısın arttığı hallerde Körfez bölgesinde motorlu kara taşıtları kaynaklı emisyon miktarlarında azalma, köprünün olduğu bölgede ise artış tahmin edilmektedir. Bu etkinin tam olarak değerlendirilmesi ve yorumlanması için bölgenin fiziksel özellikleri ve meteorolojik şartlar da dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır. Bu durum için Modelleme programından faydalanılmalıdır.

KAYNAKLAR

AKAY, M.E. (2008), Taşıt Emisyonlarının Azaltılmasında Trafik Işıklarının Senkronizasyon Etkisinin Modellenmesi, *Politeknik Dergisi*, 11(1), 51-56.

ALKAYA, B., YILDIRIM M. (2000), Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri, *ÇEV-KOR Ekoloji Dergisi*, 9(34), 15-20.

YILDIRIM, G. (2010), Boğaziçi Köprüsünün Taşıt Kaynaklı Kirleticilerinin Modellenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi.

Url-1, 18 Nisan 2019 tarihinde www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24600 adresinden alındı.

Url-2, 18 Nisan 2019 tarihinde cevreselgostergeler.csb.gov.tr/motorlu-kara-tasiti-sayisi-i-85797 adresinden alındı.

Url-3, 18 Nisan 2019 tarihinde http://www.kocaeli.bel.tr/tr adresinden alındı.

Url-4, 18 Nisan 2019 tarihinde http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root /default.aspx adresinden alındı.

Url-5, 25 Şubat 2019 tarihinde Google Earht'dan temin edilmiştir.

(Url-6), 25 Şubat 2019 tarihinde http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/ TrafikveUlasimBilgileri.aspx adresinden alındı.

EEA (2017), *Air Pollutant Emission İnventory Guidebook 2016–Last Update June 2017*, 13 Şubat 2019 tarihinde https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016 adresinden alındı.

SAĞLIK BAKIM HİZMETİ ÇALIŞANLARININ TÜKENMİŞLİK ALGILARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Doç. Dr. Cemal SEZER
Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi/ Sağlık Yönetimi Bölümü
csezer@sakarya.edu.tr

Arş. Gör. Ayhan DURMUŞ
Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi/ Sağlık Yönetimi Bölümü
ayhandurmus@sakarya.edu.tr

Uz. Ayşe GEÇİT
Sakarya Hendek Devlet Hastanesi.
yusufum80@hotmail.com

Özet
Bu çalışmanın amacı, sağlık bakım hizmetlerinde çalışanların tükenmişlik algılarının belirlenmesidir. Çalışma, Sakarya Hendek Devlet Hastanesinde çalışan hemşireleri kapsamaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak iki bölümden oluşan soru formu (anket) kullanılmıştır. Soru formunun ilk bölümünde çalışanların sosyo-demografik özellikleriyle ilgili sorulara yer verilmiştir. İkinci bölümde ise, çalışanların tükenmişlik düzeylerini belirlemeye yönelik sorular yer almıştır. Bunun için Maslach Tükenmişlik Ölçeği kullanılmıştır. Elde edilen veriler SPSS ortamına aktarılarak analize tabi tutulmuştur. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemler, parametrik ve non-parametrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Veriler %95 güven aralığında (p=0,05) analiz edilmiştir. Çalışmada ulaşılan bulgulara göre, katılımcıların *orta düzey* tükenmişlik algısına sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak katılımcıların tükenmişlik düzeyleri ile sosyo demografik özellikleri arasında farklık olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sağlık, Sağlık-bakım, Hemşire, Tükenmişlik

A STUDY ON BURNOUT PERCEPTIONS OF HEALTH CARE WORKERS

Abstract
The aim of this study is to determine burnout perceptions of health care workers. In the study, a questionnaire consisting of two parts was used as data collection tool. In the first part of the questionnaire, questions about the socio-demographic characteristics of the employees were included. In the second part, questions were asked to determine the burnout levels of the employees. Maslach Burnout Inventory was used for this purpose. The data obtained were analyzed by transferring to SPSS environment. Descriptive statistical methods, parametric and non-parametric analysis methods were used for data analysis. Data were analyzed at 95% confidence interval (p = 0.05). According to the findings of the study, it was determined that the participants had *moderate* perception of burnout. It was observed that there was no difference between the burnout levels and the socio - demographic characteristics of the participants.

Key Words: Health, Health-care, Nurse, Burnout

1. GİRİŞ

Tükenmişlik kavramı, Türk Dil Kurumu Büyük Türkçe Sözlükte, "gücünü yitirmiş olma, çaba göstermeme durumu" olarak açıklanmaktadır (www.tdk.gov.tr). Kavram ilk kez Freudenberger (1974) tarafından "başarısız olma, yıpranma, enerji ve gücün azalması veya tatmin edilemeyen istekler sonucunda bireyin kendi iç kaynaklarında meydana gelen tükenme durumu" şeklinde tanımlanmıştır. Tükenmişliğin en yaygın ve kabul gören tanımı, modeli ve ölçeği Maslach (1981) tarafından geliştirilmiştir. Yazar, tükenmişliği yaygın olarak insanlarla yüz yüze çalışan mesleklerdeki kişilerin, duygusal olarak kendilerini tükenmiş/ bitik hissetmeleri, çalışırken insanlara karşı duyarsızlaşma,

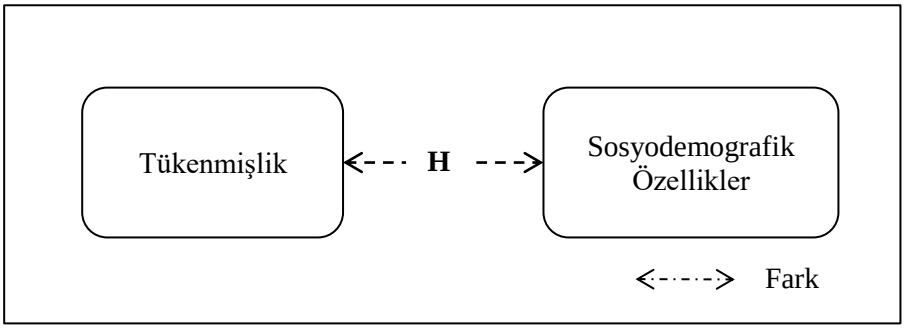
kişisel başarı ve yeterlilik duygularında azalma şeklinde gelişen bir sendrom olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, tükenmişliğin sadece sağlık mesleklerine özgü olmadığını, eğitim ve personel işleri gibi insan hizmetini içeren, insanların çalıştığı her meslek için potansiyel bir tehlike olduğunu da belirtmektedir. Söz konusu tanımlamaya göre tükenmişliğin üç alt boyutu bulunmaktadır. Bu boyutlar; duygusal tükenme, duyarsızlaşma ve kişisel başarısızlık duygusudur. (1) Duygusal tükenme *(emotional exhaustion)* boyutu; kişisel stresi, bireyin duygusal ve fiziksel kaynaklarındaki azalışı ifade etmektedir. (2) Duyarsızlaşma *(depersonalization)* boyutu; kişilerarası davranışla ilgili olup, müşterilere yönelik olumsuz ve katı tutum ile çalışanın kendi işine karşı tepkisizliğini ifade etmektedir. (3) Kişisel başarıda azalma *(personal accomplishment)* duygusu ise, çalışanın kendini olumsuz değerlendirme eğiliminde olmasını ifade eder (Maslach, Jackson, 1981: 100; Maslach ve Jackson, 1982: 228).

Tükenmişlik hem çalışanlar hem de örgütler açısından tehdit edici bir unsurdur. Çünkü çalışanların ve örgütlerin görevlerini yerine getirmelerine engel olabilmektedir (Arı ve Bal, 2008: 143). Yukarıda ifade edildiği üzere tükenmişlik, yaygın olarak insanlarla yüz yüze çalışma durumu olan mesleklerde görülmektedir. İnsanlarla yoğun yüz yüze ilişkileri gerektiren sağlık hizmet sunucusu olarak, sağlık çalışanları, özellikle hemşireler tükenmişlik riskiyle karşı karşıyadırlar. Diğer mesleklerde olduğu gibi hemşirelik mesleğinde de tükenmişliğe bireysel, sosyal, iş ve örgütle ilgili faktörler neden olmaktadır (Uçar ve ark. 2016; Arı ve Bal, 2008: 136). Hemşirelikte tükenmişliği etkileyen sosyodemografik ve kurumsal pek çok etken bulunmaktadır. Yaş, cinsiyet, kişilik, eğitim düzeyi, medeni durum, aile yapısı, meslek, gelir düzeyi, çalışma yeri, kıdem, çalışma süresi, iş yükü, çalışma zamanı vb. faktörler bunlardan bazılarıdır.

2. METERYAL ve METOD

Çalışmanın amacı, sağlık bakım hizmetlerinde çalışan hemşirelerin tükenmişlik düzeylerinin belirlenmesidir. Çalışmanın örneklemini Sakarya Hendek Devlet hastanesinde çalışan 93 hemşire oluşturmaktadır. Çalışmada veri toplama aracı olarak iki bölümden oluşan anket formu kullanılmıştır. İlk kısımda çalışanların sosyo demografik özelliklerini yönelik tanıtıcı bilgi formu kullanılmıştır. İkinci kısımda ise, çalışanların tükenmişlik düzeylerini belirlemek amacıyla Maslach Tükenmişlik Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek, duygusal tükenmişlik (9 madde), kişisel başarı (8 madde) ve duyarsızlaşma (5 madde) olmak üzere 3 alt boyuttan (toplam 22 madde) oluşmaktadır. Maslach ve Jackson tarafından 1981 yılında geliştirilmiş; Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Ergin (1992) tarafından yapılmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemler, parametrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Veriler %95 güven aralığında (p=0,05) analiz edilmiştir. Çalışmanın sadece tek bir hastanede yapılmış olması araştırmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

Çalışmada, hemşirelerin tükenmişlik düzeyleri ile sosyo demografik değişkenleri arasındaki farklılığı tespit etmek amacıyla Şekil 1'deki araştırma modeli oluşturulmuştur



Şekil 1: Araştırma Modeli

Araştırma modeli esas alınarak aşağıdaki hipotez geliştirilmiştir:

H_1: Hemşirelerin tükenmişlik düzeyleri ile sosyo demografik değişkenleri arasında fark vardır.

3. BULGULAR

Tablo 1'de Maslach Tükenmişlik Ölçeğinin güvenilirlik analizi değerleri yer almaktadır. Tükenmişlik Ölçeğinin Cronbach's Alpha değeri 0,78'dir. Duygusal Tükenme boyutunun Cronbach's Alpha değeri 0,88, Kişisel Başarı için 0,79 ve Duyarsızlaşma boyutu için 0,76 bulunmuştur. Ölçeğin Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışmasında Ergin (1992) duygusal tükenme alt ölçeği için 0.83, duyarsızlaşma alt ölçeği için 0.72 ve kişisel başarı için 0.67 olarak güvenilirlik değerini saptamıştır. Buna göre ölçek Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışmasındaki bulgularla aynı sonucu verdiğini ve güvenilir olduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 1. Ölçeğin Güvenilirlik Analizi

	Soru Sayısı	Cronbach's Alpha
Duygusal Tükenmişlik	9	0,88
Kişisel Başarı	8	0,79
Duyarsızlaşma	5	0,76
Tükenmişlik	22	0,78

Tablo 2' de katılımcıların sosyo demografik özelliklerine göre dağılımları görülmektedir. Buna göre, katılımcıların 87 sini kadınlar ve 64' ünü ise evliler oluşturmaktadır. 93 hemşire katılımcının 57 si lisans eğitimi mezunudur ve yaş ortalamaları 34,17'dir. Katılımcıların 52 si 11 yıl ve üstü kıdem yılına sahipken, kurumda çalışma süresi olarak 48 hemşire 5 yıl ve alt süredir.

Tablo 2. Katılımcılara Ait Demografik Özelliklere İlişkin Dağılımlar

Cinsiyet	Erkek	6	6,5	Eğitim Durumu	Lise	13	14,0
	Kadın	87	93,5		Ön lisan	23	24,7
Medeni Durum	Bekar	29	31,2		Lisans	57	61,3
	Evli	64	68,8	Kıdem Yılı	≤10 yıl	41	44,1
Yaş	≤33 yaş	45	48,4		≥11 yıl	52	55,9
	≥34 yaş	48	51,6	Kurumda Çalışma Süresi	≤5 yıl	48	51,6
Katılımcıların yaş ort. 34,17; Kıdem yıllı ort. 3,78 ve Kurumda çalışma yıllı ort ise 2,95'tir.					≥6 yıl	45	48,4

Sosyo demografik değişkenler ile tükenmiş arasında farklılığı tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen bağımsız örneklem t testi analizi bulguları tablo 3' yer almaktadır. Buna göre, katılımcıların sosyo demografik değişkenleri ile tükenmiş düzeyleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. H_1 hipotezi reddedilmiştir

Tablo 3. Bağımsız Örneklem t Testi Bulguları

Tükenmişlik		n	Ort.	S.S.	t	p
Medeni Durum	Bekar	29	3,16	0,41	,17	,87
	Evli	64	3,18	0,45		
Yaş	≤33 yaş	45	3,16	0,39	-,24	,81
	≥34 yaş	48	3,19	0,47		
Kıdem Yılı	≤10 yıl	41	3,14	0,37	-,69	,49
	≥11 yıl	52	3,20	0,48		
Kurumda Çalışma Süresi	≤5 yıl	48	3,18	0,37	,18	,86
	≥6 yıl	45	3,17	0,49		

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmanın sonucuna göre, hemşirelerin tükenmişlik düzeyleri orta düzeyde saptanmıştır. Aynı zamanda hemşirelerin tükenmişlik düzeyi ile sosyo demografik değişkenler arasında farklık tespit edilmemiştir. Bu sebeple H_1 hipotezi reddedilmiştir. Bu çalışmayı destekler nitelikte çalışmalara literatürde rastlanmaktadır (Özyiğit Hocaoğlu, 2018; Uçar vd., 2016; Raftopoulos ve ark. 2012). Bulunan sonuçlara göre; tükenmişlik gibi bir sorunun çözümü için öncelikle kişilerin ne hissettiklerini, ne durumda olduklarını fark etmeleri gerekmektedir. Çünkü, hemşirelerin, çalıştıkları kurumun oluşturduğu kurallara ya da beraber çalıştığı ekip üyelerinin beklentilerine uygun hareket etmesi, duygularını kontrol edebilmesi, hizmeti verecekleri bireylere yeterince zaman harcaması tükenmişliğin azaltılmasında yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

Sağlam-Arı, G. ve Çına-Bal, E. 2008. Tükenmişlik Kavramı: Birey ve Örgütler Açısından Önemi, Yönetim ve Ekonomi, 15(1): 131-148.

Freudenberger, H. J. 1974. staff burnout, journal of social issues, 30(1), 159-165.

Maslach, C. & Jackson, S. E. 1981. *Manual of Maslach Burnout Inventory*. Second Ed., Consulting Psychologists Press, California:1-17.

Maslach, C. & Jackson, S. E. 1982. Burnout in Health Professions: A Social Psychological Analysis. In: Social Psychology of Health and Ilness, Edt. G. S. Sanders & J. Suls. Lawrence Erlbaum Assoc. Publishers, Hillsdale, NJ.

Ergin, C. (1992). Doktor ve hemşirelerde tükenmişlik ve Maslach tükenmişlik ölçeğinin uyarlanması. VII. Ulusal Psikoloji Kongresi, 22th September 1992 Ankara (Turkey).

Özyiğit Hocaoğlu, N. (2018). Duygusal Zekâ Beceri Eğitiminin Hemşirelerin Tükenmişlik Ve Stres Düzeylerine Etkisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, SBE, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

Raftopoulos V., Charalambous, A. & Talias M. 2012. The factors associated with the burnout syndrome and fatigue in Cypriot Nurses: a Census Report, BMC Public Health,1:457.

Torun, A. 1995. Tükenmişlik. Aile Yapısı ve Sosyal Destek İlişkileri Üzerine Bir İnceleme.Yayınlanmamış Doktora Tezi,

Uçar, N, Aygin D. ve Uzun E. 2016. Yoğun Bakım Ünitelerinde Çalışan Hemşirelerin Tükenmişlik Ve İş Doyumunun Değerlendirilmesi. *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi*, Cilt 1, Sayı 4: 18-37.

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON LABORATUVARLARINDA KULLANILMAK ÜZERE PLC, HMI KONTROLLÜ EĞİTİM MODÜLÜ TASARIMI VE UYGULAMASI

[1*]Alpaslan DEMİRCİ
[1*]Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
ademirci@yildiz.edu.tr

[2]Onur AKAR
[2]İstanbul Gedik Üniversitesi, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Mekatronik Programı, İstanbul, Türkiye
onur.akar@gedik.edu.tr

[3]Zafer ÖZTÜRK
[3]Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
zafer14034@ogr.duzce.edu.tr

[4]Ümit Kemalettin TERZİ
[4]Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
terzi@marmara.edu.tr

Özet

Teknolojinin hızla gelişmekte olduğu dünyamızda otomatik kontrol sistemleri de hızla gelişmektedir. Buna paralel olarak ülkemizde de hemen hemen her alanda kullanılmakta olan otomatik kontrol sistemleri hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada; Üniversitelerin Mühendislik ve Teknoloji Fakültelerinin ilgili bölümlerindeki Endüstriyel Otomasyon Laboratuarında kullanılmak üzere oluşturulan deney düzeneği ile öğrencilerin teorik olarak aldıkları bilgileri uygulamalarla birleştirerek öğrenme süreçlerini tamamlayıcı bir model tasarlanıp oluşturulmuştur. Oluşturulan Eğitim modülü ile PLC, Operatör Panel, İnvertör, Sensör vb. devre elemanları kullanılarak uygulamalar gerçekleştirilebilecektir. Tasarlanan eğitim düzeneğine ek olarak prototip konveyör bant modülü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Otomasyonunu gerçekleştireceğimiz konveyör bandın kontrolü Siemens S7-200 CPU224 XP PLC ve Weintek MT506L HMI aracılığı ile İnverter üzerinden programlanıp sağlanmıştır. Öğrenciler programlamayı Step7-Micro/WIN yazılımı ve görsel arayüzü ise EasyBuilder Pro yazılımı üzerinden gerçekleştirebileceklerdir. Oluşan laboratuar ortamında yapılan uygulamalarla eğitimdeki kalite artacaktır. Bu ve benzeri çalışmalar piyasada sürekli ihtiyaç duyulan kalifiye eleman sıkıntısını çözmeye yönelik adımlar olarak gerçekleşecektir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Otomasyon, Plc, Operatör Panel, İnverter, Step7-Micro/WIN

Abstract

In our world where technology is rapidly developing, automatic control systems are also developing rapidly. In parallel, automatic control systems are being used in almost every field in our country and are rapidly developing and expanding. In this study; With the experimental setup created for use in the Industrial Automation Laboratory in the relevant departments of the Faculties of Engineering and Technology, a model has been designed and formed by integrating the theoretical information received by the students with the applications. With the created Training module, PLC, Operator Panel, Inverter, Sensor etc. applications can be realized by using circuit elements. In addition to the designed

training device, portable conveyor belt module design has been realized. The control of the conveyor belt, which we will perform automation, has been programmed and provided via the inverter via Siemens S7-200 CPU224 XP PLC and Weintek MT506L HMI. Students will be able to program Step7-Micro / WIN software and visual interface via EasyBuilder Pro software. The quality of the training will increase with the applications in the laboratory environment. This and similar studies will be carried out as steps towards solving the shortage of qualified personnel who are constantly needed in the market.

Keywords: Industrial Automation, Plc, Operator Panel, Inverter, Step7-Micro / WIN.

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmekte olduğu dünyamızda endüstriyel otomasyon sistemleri de hızla gelişmektedir. Bu gelişmelere paralel olarak ülkemizde de hemen hemen her alanda kullanılmakta olan otomatik kontrol sistemleri gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Günümüzde imalat sektörü, inşaat sektörü, elektrik sektörü, enerji sektörü ve bilişim sektörü başta olmak üzere birçok alanda otomasyon sistemleri kullanılmaktadır (Bayındır ve ark., 2011).

Operatör panel (HMI), Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) gibi endüstriyel otomasyon düzenekleri; fabrika otomasyonu ve modernizasyonlarında, bina ve mağaza otomasyonlarında, ısıtma, soğutma ve iklimlendirme otomasyonlarında, hayvancılık, tarım ve sanayi gibi birçok alanda sıklıkla kullanılan kontrol sistemleridir. Endüstriyel otomasyon sistemleri, istenilen prosese uygun sistemlerin çalışmasını sağladığı gibi, bu sistemler arasındaki haberleşmeyi sağlayarak ,istenildiği takdirde oluşturulan bilgi tabanı sayesinde üst düzey yönetim ve planlama yeteneğine de sahiptir (Köse ve ark., 2012). PLC tabanlı endüstriyel otomasyon sistemleri üretim maliyetlerini azaltması, kalite ve güvenirliği artırıcı etkisi nedeniyle sanayinin birçok alanında kullanılmaktadır (Bailey ve Wright, 2003). Sanayide üretim proseslerinde kaliteyi artırma ve üretim maliyetlerini azaltma hedefleri doğrultusunda endüstriyel otomasyon sistemleri dinamik olarak gelişip yenilenmektedir. Bu gelişim süreci beraberinde maksimum verim ve minimum hata değerlerini yakalamayı sağlayacak kontrol sistemlerini getirmiştir. Teknolojik bu gelişim süreci üretim maliyetleri ve ürün kalite çıktı değerlerini artırmanın yanı sıra, arıza önleme ve giderme gibi birçok farklı süreç yönetiminin otomasyon sistemleri kontrolünde minimum hata çıktısı ile gerçekleşmesini sağlayacaktır.(Üstünsoy ve Sayan, 2018).

Otomatik kontrol sistemler, sektörde çalışan personelin duyusal ve zihinsel yetenekleri ile gerçekleştirdikleri üretim ve kontrol süreçlerini sensör ve aktüatörler ile gerçekleştirmektedir (Siraz ve ark., 2016). Üreticiler, bu sistemleri kontrol edecek elemanların hem kaliteli, hem ucuz, hem de istenilen vazifeyi tam olarak karşılamasını istemektedirler. İşletmelerdeki tesislerden maksimum verimlilikte yararlanabilmek için idareci ve teknik personelin işletme ve üretim süreçlerine tam olarak hâkim olması gereklidir. Otomatik kontrol sistemlerindeki gelişmeleri takip eden şirketler sahip oldukları teknolojik altyapı ve bilgi birikimi sayesinde bu sürece hızlı bir şekilde uyum sağlayarak müşterilerin taleplerini istenilen kalite ve sürede oluşturabileceklerdir. (Bağcı, E., 2018). Gelişmiş ülkelerin teknoloji gelişimini yönlendirmeyi hedefleyen politikaları nedeniyle, sanayileşme sürecini henüz tamamlayamamış ülkelerin teknoloji süreç yönetim ve uygulamaları kritik bir öneme sahiptir (Çelik, 2009). Bu bağlamda teknoloji çağının gerekliliklerini algılayarak dinamik yapısına uyum sağlayabilecek mühendis ve teknik elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstrinin bu ihtiyacını karşılamak üzere eğitim kurumlarımızda belirtilen bilgi ve becerilerin kazandırılması için uygun uygulama alanlarının oluşturulması gereklidir.

Çalışmamız olan PLC, HMI kontrollü deney seti ile, endüstriyel otomasyon laboratuarında öğrencilerin uygulamalı gerekli bilgi ve becerilerin verilerek piyasa şartlarına hazır hale gelmeleri sağlanacaktır. Bu ve benzeri tasarlanan eğitim platformları ile öğrencilerin endüstriyel otomasyon sistemlerinin tasarım ve uygulama süreçlerini kolay bir şekilde öğrenmeleri sağlanarak öğrenme süreçleri pekiştirilecektir.

2. LABORATUVAR İÇİ EĞİTİM SETLERİNİN TASARLANMASI

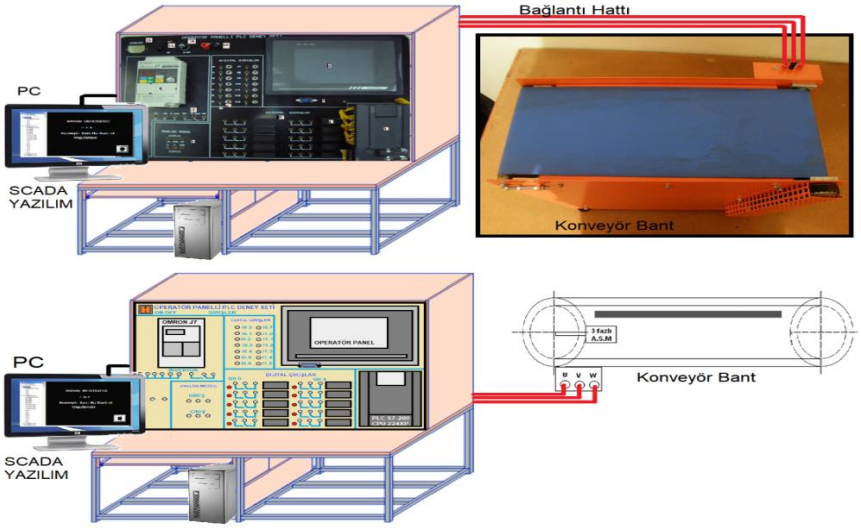
Eğitim setinin tasarımı yapılmadan önce fakültemizin endüstriyel otomasyon laboratuarında öğrencilerin yapacağı uygulamalar saptanarak gerekli malzemeler belirlenmiştir. Gerekli incelemelerden sonra oluşturulacak deney setinde PLC, Operatör panel, invertör, sensörler, enkoder ve anahtarlar başta olmak üzere birçok kontrolör ihtiyacı tespit edilmiştir. Aynı zamanda oluşturulacak deney setinin çıkışlarından aldığımız kontrol sinyalleri ile kumanda edebileceğimiz prototip konveyör bant tasarımı gerçekleştirilerek öğrencilerin farklı konveyör bant otomasyon uygulamarı yapmaları hedeflenmiştir.

Konveyör bant sistemleri, malzeme taşıma ve paketleme endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda hızlı ve verimli üretim prosesi sağlamaktadır. Bu nedenle uygulama faaliyeti için konveyör bant modülü geliştirilmiştir (Rampradesh ve ark., 2012). Eğitim setinin tasarlanması surecinde dikkat edilen en önemli husus piyasada yapılabilecek birçok uygulamanın gerçekleştirilebilmesidir. Yine aynı şekilde eğitim setinin üzerinde kullanılan malzemeler farklı markalardan seçilerek öğrencilerin endüstride uygulama yaparken karşılaşabilecekleri haberleşme problemleri hakkında da daha önceden deneyim sahibi olmaları düşünülmüştür. Sonuç olarak, endüstrideki otomasyon sistemlerinin sürekli değişim ve gelişimine uyum sağlayan öğretici faaliyetlerin devreye girmesi ile bu eğitim sürecinden geçen öğrenciler piyasada fazlasıyla talep görecektir. (Nehete ve ark., 2012)

2.1. Operatör Panelli Eğitim Setinin Tasarlanması

Deney setinin oluşturulmasına öncelikle setin yapılacağı masanın autocad programında tasarlanması ile başlanmıştır. Daha sonra özel tasarladığımız masanın kontrol kısmının monte edileceği hazneye gerekli elektriksel bağlantı yapılmıştır. Ardından autocad programında kontrol panelinin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan kontrol paneli lazer kesim ile 4 mm kalınlığında pleksiglas üzerine çizilerek malzemelerin montaj edileceği alanlar oluşturulmuştur. Nihai olarak lazer kesim ve çizimi yapılan pleksiglas levha üzerine HMI, PLC, invertör gibi devre elemanlarının montajları ve bağlantıları gerçekleştirilmiştir.

Tasarım ve montaj işlemleri gerçekleştirildikten sonra setin monte edileceği özel tasarım deney masamızın üzerine montaj aparatları yerleştirilmiş ve setimiz deney masamızın üzerine monte edilmiştir. Son olarak MT506L Panel, PLC, PC arasındaki haberleşmeyi sağlayacak özel haberleşme kabloları tasarlanarak bağlantılar gerçekleştirilmiş ve şekil 1' de görülen deney seti masamızın prototip görünümü elde edilmiştir.



Şekil 1. Eğitim seti prototip görünümü

Deney setinde bulunan devre elemanları şöyledir;

1. MT506L HMI,

2. Weintek MT506L HMI' nin 9 pin portu,

3. Siemens S7-200 CPU 224XP PLC,

4. Rölelerin (PLC çıkışları) aktif olduğunu belirten kırmızı LED' ler,

5. PLC girişlerine bağlanan anahtarlar ve soketler,

6. Anahtarlar(PLC girişleri) aktif olduğunda yanan yeşil LED' ler,

7. OMRON J7 İnvertör, Enkoder,

8. PLC' ye ait analog modüldeki giriş/çıkışlar,

9. İnvertör' ün motoru besleyen R-S-T uçları,

10. İnvertör' ün dijital girişleri,

11. İnvertör' ün dijital çıkışları.

2.2. Operatör Panelli Deney Setleriyle Oluşturulan Örnek Devreler

Oluşturulan deney seti ile endüstride karşılaşabileceğimiz birçok probleme pratik çözümler üretmeye yönelik uygulamalar gerçekleştirilebilecektir. Eğitim setimizde bulunan PLC, HMI, invertör, sensör v.b. elemanlar kullanılarak birçok örnek uygulama yapılabilecektir. Deney setinde uygulamalar yapılırken PLC, HMI, invertör özelliklerinin vurgulandığı ayrı ayrı uygulamalar yapılabileceği gibi hepsinin birlikte kullanıldığı örnek uygulamalarda gerçekleştirilebilecektir.

Gerçekleştirdiğimiz eğitim setimiz sayesinde öğrenciler otomasyon kontrol sistemlerinde kullanılan malzemelerin teknik özelliklerini ve kontrolünü öğrendikleri gibi edinecekleri uygulama tecrübeleri ile endüstride karşılaşılabilecekleri problemlere pratik çözümler üretebileceklerdir.

3. METODOLOJİ

3.1. Konveyör Bant Otomasyonu

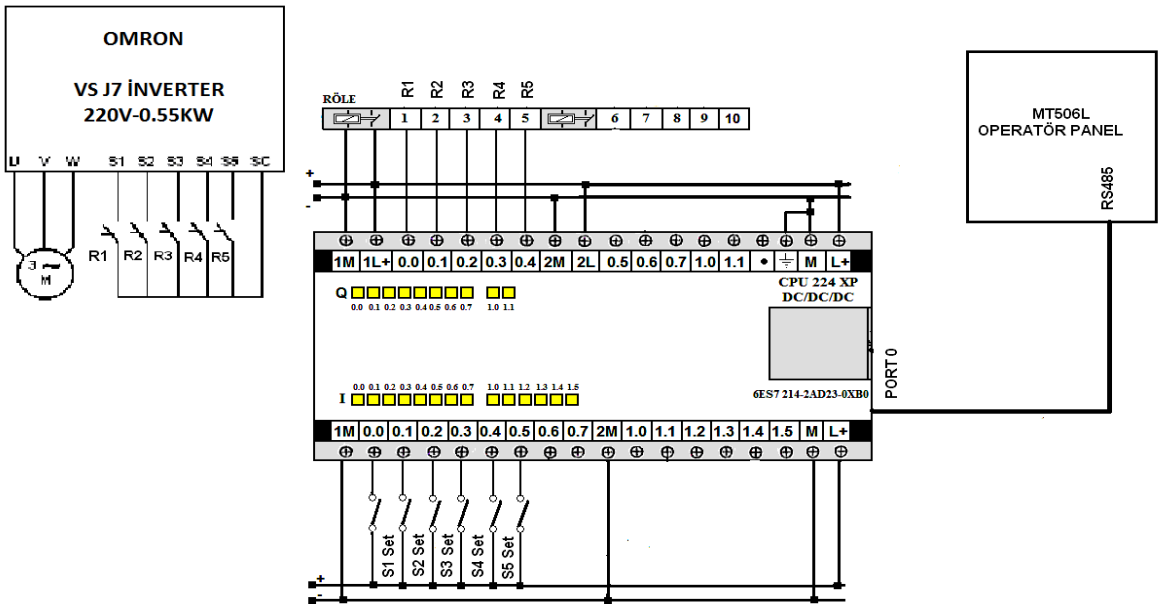
PLC, HMI, İNVERTOR vb. cihazları kullanarak konveyör bandı farklı hız kademelerinde ileri geri çalıştırma işlemi yapılacaktır.

3.2. Kullanılan Araç – Gereçler

- S7-200 / 224XP CPU PLC ve Step7-Mikro/WIN4.0 yazılımı
- EasyView 506L HMI ve EasyBuilder 5.00 yazılımı
- Omron, VS mini J7 tip, 0,55kW 220V 1 faz invertör
- TEM 0,25kW 2800 d/dk Δ-üçgen- 230V 1,85A (yıldız 400V 1,25A)
- Cosφ=0,6 3 faz asenkron motor
- Omron, VS J7 tip, 0,55kW 220V 1 faz invertör
- Bağlantı kabloları
- PC ile OP arasındaki bağlantı kablosu
- OP ile PLC arasındaki bağlantı kablosu

3.3. Sistem Çalışması ve Elektriksel Bağlantı Şeması

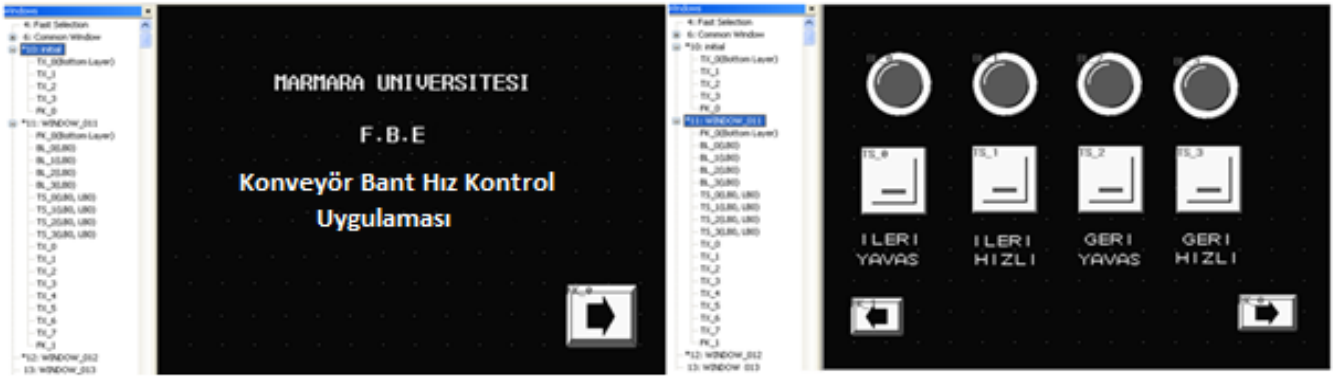
Uygulama çalışmamızda konveyör bant modülümüzün invertör üzerinden farklı frekanslarda çalıştırılması hedeflenmektedir. Şekil 2' de konveyör bant sisteminin elektriksel bağlantı şeması görülmektedir. Şekil 4' de görülen Ladder Diyagramı Step7-Mikro/WIN4.0 yazılımında oluşturulup simülatör programı üzerinde test edildikten sonra S7 200 CPU 224 XP PLC' mize yüklenmiştir. I02-I03-I04 dijital girişlerine sinyal girişi yaptığımızda Q02-Q03-Q04 çıkışlarımızdan elde ettiğimiz sinyaller ile OMRON VS J7 invertörümüzün girişlerini anahtarlamak üzere kullanılan R3-R4-R5 röleleri aktif hale getirilebilecektir. S3-S4-S5 invertör girişlerimizi daha önce farklı frekanslarda motoru sürmek üzere set ettiğimiz için PLC' nin Q02-Q03-Q04 çıkışlarından almış olduğumuz komut çıktısı ile asenkron motorumuzu dolayısıyla konveyör bant modülümüzün farklı hızlarda kontrolü gerçekleştirilebilmiştir. Yine Şekil 3' de görüldüğü gibi sistemimize entegre MT506L operatör panelimiz üzerinde arayüz program tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ve nihai olarak Operatör panelimiz ile PLC arasındaki haberleşme ayarları gerçekleştirildikten sonra arayüz ekranımız üzerinden sistem kontrolü gerçekleştirilmiş ve istenen kontrol çıktıları elde edilmiştir.



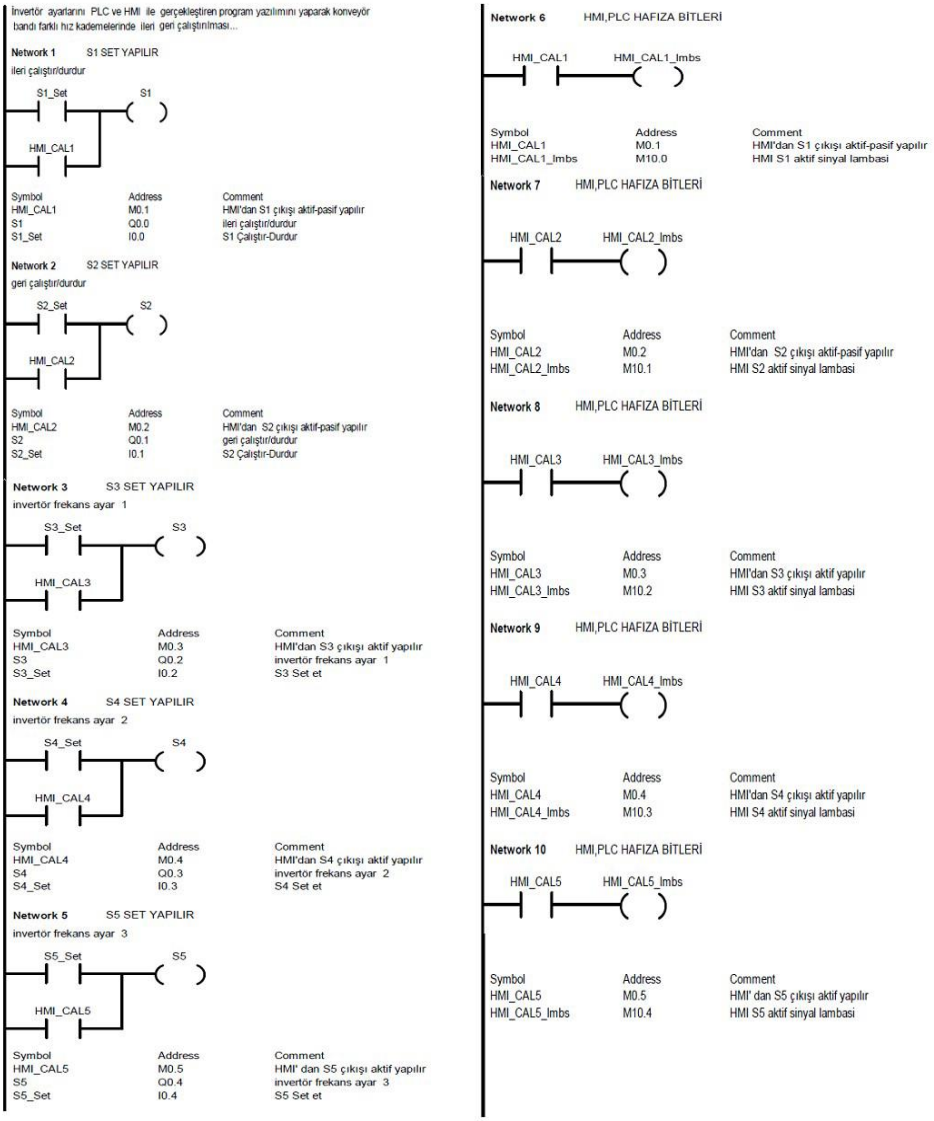
Symbol	Address	Comment	Symbol	Address	Comment
HMI_CAL5	M0.5	HMI' dan S5 çıkışı aktif yapılır	S1	Q0.0	ileri çalıştır/durdur
HMI_CAL4	M0.4	HMI'dan S4 çıkışı aktif yapılır	S2	Q0.1	geri çalıştır/durdur
HMI_CAL3	M0.3	HMI'dan S3 çıkışı aktif yapılır	S3	Q0.2	invertör frekans ayar 1
HMI_CAL2	M0.2	HMI'dan S2 çıkışı aktif-pasif yapılır	S4	Q0.3	invertör frekans ayar 2
HMI_CAL1	M0.1	HMI'dan S1 çıkışı aktif-pasif yapılır	S5	Q0.4	invertör frekans ayar 3
S1_Set	I0.0	S1 Çalıştır-Durdur	HMI_CAL1_Imbs	M10.0	HMI S1 aktif sinyal lambasi
S2_Set	I0.1	S2 Çalıştır-Durdur	HMI_CAL2_Imbs	M10.1	HMI S2 aktif sinyal lambasi
S3_Set	I0.2	S3 Set et	HMI_CAL3_Imbs	M10.2	HMI S3 aktif sinyal lambasi
S4_Set	I0.3	S4 Set et	HMI_CAL4_Imbs	M10.3	HMI S4 aktif sinyal lambasi
S5_Set	I0.4	S5 Set et	HMI_CAL5_Imbs	M10.4	HMI S5 aktif sinyal lambasi

Şekil 2. Konveyör bant sisteminin elektriksel bağlantı şeması

(NOT: INV. ve HMI 24V beslemeleri dahili olarak yapılmıştır.)



Şekil 3. HMI ekranı görüntüsü ve komutları



Şekil 4. Konveyör bant sisteminin STEP-7/MicroWIN deki Ladder Diyagramı

4. SONUÇ

Gelişmiş ülkelerin teknoloji gelişimini yönlendirmeyi hedefleyen politikaları nedeniyle, sanayileşme sürecini henüz tamamlayamamış ülkelerin teknoloji süreç yönetim ve uygulamaları kritik bir öneme sahiptir. Konveyör bant sistemleri, malzeme taşıma ve paketleme endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda hızlı ve verimli üretim prosesi sağlamaktadır. Yaptığımız deney düzeneği ve konveyör bant modülü ile öğrencilerimiz PLC ve HMI simülasyon programları üzerinden yapmış oldukları programları Simülatör programları üzerinde test etme imkanı bulmakla beraber ilgili eğitim düzeneğimiz üzerinden programlayarak gerçek zamanlı olarak invertör üzerinden farklı frekans ve senaryolarda konveyör bant sistem kontrolünü gerçekleştirebileceklerdir. Endüstrideki otomasyon sistemlerinin sürekli değişim ve gelişimine uyum sağlayan öğretici faaliyetlerin devreye girmesi ile bu eğitim sürecinden geçen öğrenciler piyasada fazlasıyla talep görecektir.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımda desteğini ve güler yüzünü hiçbir zaman esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Fuat BÜYÜKTÜMTÜRK hocamı rahmetle anar minnetimi bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Bayındır, R., Kaplan, O., Bayyiğit, C., Sarıkaya, Y., Hallaçlıpğlu, M. (2011), PLC ve SCADA kullanılarak bir endüstriyel sistemin otomasyonu, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 107-115

Bailey, D., Wright, E. (2003), Practical SCADA for Industry, Newnes, Avustralya, Temmuz.

Bağcı, E. (2018), Endüstri 4.0: Yeni Üretim Tarzını Anlamak, Gümüşhane Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, *Endüstriyel Elektronik Dergisi,* Cilt 9, Sayı 24

Çelik, N. (2009), Gelişmekte Olan Ülkelerin Sanayileşme Süreçlerinde Teknolojik Öğrenme Deneyimleri: Güney Kore Örneği ve Çin'in "Yetişme" Çabaları*", Elektronik ve Sosyal Bilimler Dergisi*, C.8, S.28, Bahar, 91-109.

Demirci, A. (2012), Laboratuvar Ortamında SCADA'nın PLC Tabanlı Deney Setlerinde Uygulanması", Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Köse, E., Korkmaz, H., Bulut, A., Özer, M., Uzunoğlu, M., Tumlukoğlu, S. (2012), Otomatik Konumlanabilen Konveyör Sistemi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(1), 15-24

Nehete,M.,M., Tadmalle, A.,P. (2012), Design and Fabrication of PLC Based Conveyor System, International Engineering Research Journal Page, ME-MT-023-11, No 2058-2063

Rampradesh ,T., Bhavadharani, R. Divya, V., Kumari, M.D. (2018), Implementatıon of Programmable Relay For Control And Trackıng of Conveyor Belts, *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Volume 119 No. 14, 655-660

Siraz, M., Narayan, Y.,S. (2016), PLC based Design and Fabrication of a Carousel Automated Bottling System Controlled by Allen Bradley Software, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT),* NCARMS 2016 Conference Proceedings, India, Vol. 4, Issue 26

Üstünsoy, F., Sayan, H.H. (2018), PLC Destekli SCADA ile Enerji Yönetimi İçin Örnek Laboratuvar Çalışması", *Journal of Polytechnic*, 21 (4), 1007-1014

ADSORPTION OF DISPERSE YELLOW 211 DYE ONTO ZEOLITE

Asst. Prof. Dr. Fatma Oğuz Erdoğan
Kocaeli University / Kocaeli Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies

Abstract

The capability of zeolite as a microporous adsorbent for the adsorption of DY 211 textile dye from aqueous phase has been studied. The experimental equilibrium data have been analyzed using the three isotherm models such as Temkin, Freundlich and Langmuir. The adsorption of yellow 211 dye onto zeolite include both equilibrium adsorption isotherms and kinetics. The kinetic of adsorption was investigated using pseudo first order (pfo) and pseudo second order (pso) kinetic models. Thermodynamic parameters such as entalpy, entropy and Gibbs free energy changes were established. The values of this free energy are negative for the temperature range between 303 and 313 K, approving that adsorption of DY 211 onto zeolite is spontaneous and thermodynamically favorable. This paper has revealed that commercial zeolite can be used as an efficient microporous adsorbent for removal of disperse yellow 211 textile dye from aqueous phase.

Keywords: Dye adsorption, isotherm parameters, zeolite, dispers yellow 211, kinetic, thermodynamic.

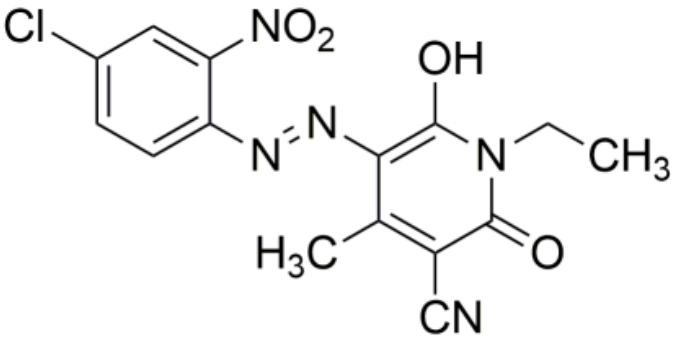
1. INTRODUCTION

Zeolites are porous and crystalline aluminium silicates that are used as adsorbents in many chemical reactions. These microporous adsorbents have negative charge and a three dimensional structure. Zeolites with different pore structure would have different BET surface area, which would affect their adsorptive properties (Badeenezhad et al., 2019; Huang et al., 2019; Mahmoodi and Saffar-Dastgerdi, 2019). They showed high affinity for dyes, heavy metals, ammonia, arsenic, phenolic pollutants and gases. Most of the dyes used to give color to several products in food, textile, plastic and automotive industries, can accumulate in the environment and have high toxicity to human health. The discharge of colored water from these industries (especially textile industry) causes many environmental problems. Many methods have been employed to remove textile dyes from aqueous phase, such as adsorption, chemical oxidation, membrane fibration, ozonation and ion-exchange. Among these methods, adsorption method is economical, efficient and successful (Erdogan and Erdogan 2016; Mahmoudi et al., 2019; Wongcharee et al., 2019). This work conducted a study of disperse yellow 211 dye removal from aqueous phase using commercial zeolite. The thermodynamic, equilibrium, and kinetic parameters were used to describe the adsorption of DY 211 onto commercial zeolite.

2. MATERIALS and METHODS

2.1 Adsorbate

Disperse yellow 211 (DY 211) dye was obtained from Setas, Turkey. The chemical structure of DY 211 ($C_{15}H_{12}ClN_5O_4$, molecular weight 361.5 g/mol, λ_{max}=491 nm, C.I. 12755) is shown in Scheme 1 (Erdoğan 2017a; 2017b).



Scheme 1. Chemical structure of DY 211 dye.

2.2 Batch equilibrium studies for adsorption of DY 211 onto zeolite

To study the effect of parameters such as zeolite dose, solution temperature and contact time for the adsorption of disperse yellow 211 textile dye on zeolite, the experiments were performed in a set of 60 mL flasks. They were kept in a water bath shaker at a constant speed of 150 rpm and different temperatures (303, 308 and 313 K). After adsorption, the sample solutions in flasks were filtered and the concentrations of yellow 211 in the supernatant were determined by spectrophotometry at 491 nm.

3. RESULTS AND DİSCUSSİON

3.1 Effects of adsorbent dosage and contact time on adsorption of DY 211 onto zeolite

In this adsorption studies of DY 211 onto zeolite, determination of the optimal zeolite dose is one of the important factors. The results presented in Figure 1, increasing the zeolite dose from 0.01 to 0.03 g increased the adsorption of the DY 211 dye from 54.44% to 99.74% at 35 °C. In contrast, it was monitored that the adsorption capacities at equilibrium (q_e) decreased with an increase in the amount of zeolite from 0.01 to 0.03 g.

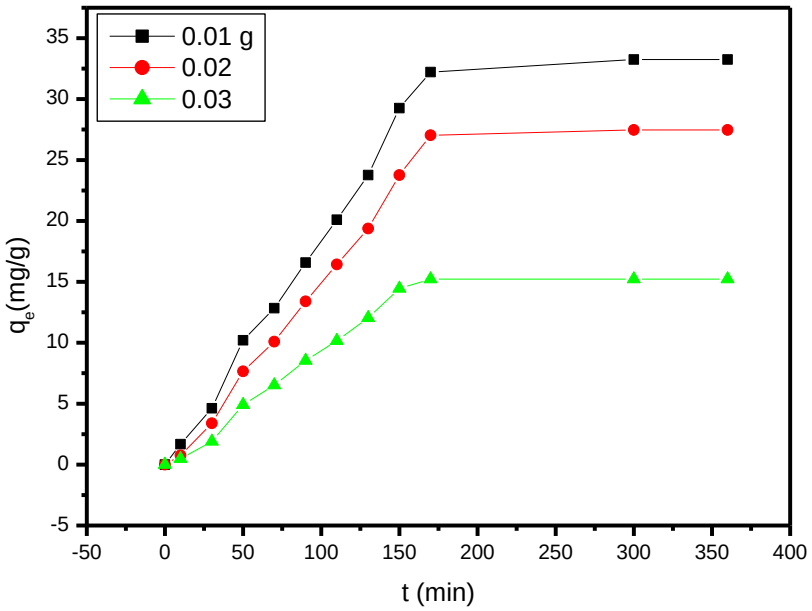


Figure 1. Effect of contact time and zeolite dosage on the adsorption of DY 211 textile dye onto zeolite.

Another parameter on the removal of DY 211 dye onto zeolite is the contact time. For study the effect of the time on q_e (mg/g), the adsorption system was studied at contact times from 5 to 360 min. Fig. 1 also shows the results interest in effect of time on the adsorption of DY 211 dye onto zeolite. The adsorption of DY 211 dye onto zeolite achieved to equilibrium in 170 min and there was no important change in q_e (mg/g) after 170 min.

3.2 Effects of the solution temperature on DY 211 dye adsorption

The influence of the solution temperature on the removal of DY 211 using zeolite was determined in three different temperatures (303, 308 and 313 K) at the optimal values of the adsorbent dosage and reaction time. Figure 2 presents the adsorption capacity of DY 211 dye onto zeolite at temperatures from 30 to 40 °C. The result shows that the q_e (mg/g) decreased while increasing the solution temperature from 30 to 40 °C. This decrease may be owing to weakening of the bonds between the active sites of zeolite and the DY 211 molecules.

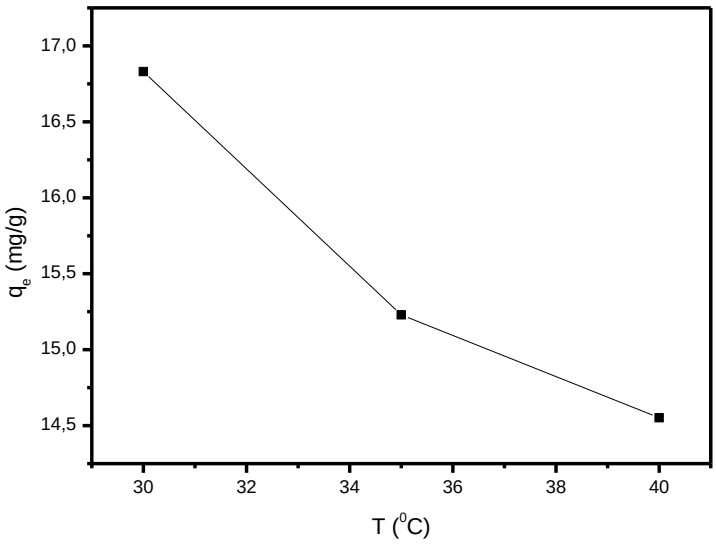


Figure 2. Effect of solution temperature on the removal of the DY 211 textile dye onto zeolite.

3.3 The adsorption isotherm studies for DY 211 adsorption

In this paper, three fundamental isotherms such as Langmuir (L), Freundlich (F) and Temkin (T) isotherm models, were utilized to find the adsorption capacity of zeolite. The constant parameters of these isotherm models were calculated. The parameters related to these models and the correlation coefficients (R^2) are shown in Table 1.

The R^2 value obtained from the L isotherm model DY 211 dye adsorption onto zeolite was calculated to be 0.952. This R^2 value is higher than the R^2 value obtained from the T and F isotherm models, which it illustrates that the equilibrium data are better defined by the L isotherm model and it indicates that the DY 211 dyes adsorption onto zeolite was a monolayer adsorption. In Temkin isotherm, R^2 value was found as 0.861. The adsorption energy, b was obtained as 289.76 J/mol.

Table 1. Adsorption Isotherm Models Constants for Adsorption of DY 211 onto zeolite at 30 °C.

Isotherm Models	Constants		
F	K_F (mg/g)(L/mg)$^{1/n}$	1/n	R^2
	28.086	0.369	0.780
L	Q_0 (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2
	58.309	1.324	0.952
T	A (L/g)	b (J/mol)	R^2
	15.125	289.76	0.861

3.4 The adsorption kinetic studies for DY 211 adsorption

In this paper, pseudo-first-order kinetic model and pseudo-second-order kinetic model were applied. The calculated kinetic parameters of these kinetic models are presented in Table 2. As shown in this table, the highest correlation coefficient values were obtained for the pfo kinetic model and the experimental q_e values matched well with the calculated q_e values. For this reason, it can be said that the pso model is not suitable to explain the adsorption of DY 211 onto zeolite accurately. Parallel results have been reported for the adsorption kinetics of various dyes onto various adsorbents such as activated carbons, nanotubes, MCM-41, cherry stones and apricot stones in literature (Erdogan 2018a; 2018b; 2019; Erdogan and Erdogan 2018).

Table 2. Pfo and pso kinetic model parameters for the adsorption of DY 211 onto zeolite at different adsorbent dosage at 40 °C.

Adsorption Conditions			Pfo			Pso		
T(°C)	m_{ads} (g)	$q_{e,exp}$(mg/g)	k_1(min)^1	$q_{e,cal}$(mg/g)	R^2	k_2(g/mgmin)	$q_{e,cal}$(mg/g)	R^2
40	0.01	35.960	8.57E-3	41.750	0.960	3.69E-5	73.746	0.856
	0.02	27.867	7.14E-3	30.380	0.975	4.19E-5	58.893	0.902
	0.03	14.551	9.95E-3	19.248	0.864	3.98E-7	367.65	8.9E-3

3.5 Adsorption Thermodynamics

In explaining the thermodynamic behavior of the adsorption of disperse yellow 211 textile dye onto zeolite, thermodynamic parameters (ΔG°, ΔH° and ΔS°) were calculated. Negative ΔG° values showed that the adsorption of disperse yellow 211 textile dye is feasible and spontaneous. With the temperature increases from 303 K to 313 K, the ΔG value decreases, reporting less driving force and hence resulting in lesser adsorption capacity at higher temperatures (Giraldo and Moreno-Piraján, 2014). The value of ΔH° is negative (-39.12 kJ/mol), showing that adsorption of DY 211 onto commercial zeolite is exothermic in nature. The low ΔH° values such as ΔH° < 20.90 kJ/mol show that physical adsorption is involved in the adsorption systems (Erdoğan, 2017a). But the calculated value of ΔH° for the present disperse yellow 211-zeolite system was greater than 20.90 kJ/mol. Therefore, the adsorption of DY 211 textile dye onto zeolite may be a spontaneous adsorption mechanism, such as ion exchange where chemical bonds are not of strong energies (80-200 kJ/mol). The negative value of ΔS° (-123.7 J/mol) indicates the stability of adsorption of DY 211 textile dye onto zeolite with no structural change at adsorbent-liquid interface.

Table 3. Thermodynamic parameters for the sorption of disperse yellow 211 on zeolite

T (K)	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (J/mol)	R^2
303	-1.69	-39.12	-123.7	0.978
308	-0.92			
313	-0.46			

4. CONCLUSİON

The results obtained show that the zeolite can be used for the DY 211 textile dye from aqueous phase. The equilibrium data were fitted to the three isotherm models (L, F and T) and the equilibrium data were best defined by the L isotherm model. The Q_0 of disperse yellow 211 dye onto zeolite was 58.309 mg g^{-1} at 30 °C. The thermodynamic parameters showed the exothermic, feasibility, and spontaneous nature of the adsorption of DY 211 textile on zeolite 303-313 K. The kinetics of the adsorption of DY 211 dye onto zeolite was found to follow the pfo kinetic model with a multi-step diffusion process.

REFERENCES

Badeenezhad A, Azhdarpoor A, Bahrami S, Yousefinejad S. 2019. Removal of methylene blue dye from aqueous solutions by natural clinoptilolite and clinoptilolite modified by iron oxide nanoparticles. Molecular Simulation 45, 564-571.

Erdogan FO. 2017a. Comparison of textile dye adsorption properties of low-cost biowaste adsorbents. Journal of Textiles and Engineer 24 (107), 181-187.

Erdogan FO. 2017b. Düşük maliyetli adsorbentler üzerine dispers sarı 211 tekstil boyasının adsorpsiyonu. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 17 031202, 889-898.

Erdogan FO. 2018a. Comparative study of sunset yellow dye adsorption onto cornelian cherry stones-based activated carbon and carbon nanotubes. Bulgarian Chemical Communications 50, 4, 592-601.

Erdogan FO. 2018b. Preparation and characterization of activated carbon from Turkish green plum stones by chemical activation with LiOH for allura red dye adsorption. Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 13, 60-72.

Erdogan FO. 2019. Comparison of activated carbon produced from carob stones with 4A zeolite for allura red AC dye adsorption. The Online Journal of Science and Technology 9 (1), 75-79.

Erdogan T, Erdogan FO. 2016. Characterization of the adsorption of disperse yellow 211 on activated carbon from cherry stones following microwaveiassisted phosphoric acid treatment. Analytical Letters 49, 7, 917-928.

Erdogan FO, Erdogan T. 2018. Adsorption of sunset yellow FCF onto MCM-41. The Online Journal of Science and Technology 8 (1), 16-20.

Giraldo L, Moreno-Piraján JC. 2014. Study of adsorption of phenol on activated carbons obtained from eggshells. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 106, 41-47.

Huang T, Yan M, He K, Huang Z, Zeng G, Chen A, Peng M, Li H, Yuan L, Chen G. 2019. Efficient removal of methylene blue from aqueous solutions using magnetic graphene oxide modified zeolite. Journal of Colloid and Interface Science 543, 43-51.

Mahmoodi NM, Saffar-Dastgerdi MH. 2019. Zeolite nanoparticle as a superior adsorbent with high capacity: Synthesis, surface modification and pollutant adsorption ability from wastewater. Microchemical Journal 145, 74-83.

Mahmoudi MM, Nadali A, Arezoomand HRS, Mahvi AH. 2019. Adsorption of cationic dye textile wastewater using clinoptilolite: isotherm and kinetic study. The Journal of the Textile Institute 110 (1), 74-80.

Wongcharee S, Aravinthan V, Erdei L. 2019. Mesoporous activated carbon-zeolite composite prepared from waste macadamia nut shell and synthetic faujasite. Chinese Journal of Chemical Engineering 27, 226-236.

KESİKLİ REAKTÖRDE HİDROFİLİK MEMBRAN KATKISI İLE DİETİL MALEAT SENTEZİ

Prof. Dr. Nilüfer Hilmioğlu*
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
niluferh@kocaeli.edu.tr

Kimya Yüksek Mühendisi Nazlı Yenihan Yüzer
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
nazliyenihan@gmail.com

Özet

Günümüz kimya endüstrisinde sıklıkla gerçekleştirilen reaksiyonların başında esterleşme reaksiyonları gelmektedir. Esterleşme reaksiyonları basit olarak; bir karboksilik asit ile bir alkolün uygun şartlarda tepkimeye sokulması ve ürün olarak ester; yan ürün olarak su oluşturulması olarak tanımlanabilir. Esterler, tıp ve eczacılıkta ilaç ham maddesi; gıda ve içecek endüstrisinde aroma ve tat verici; kozmetik endüstrisinde hoş koku; boya endüstrisinde ise çözücü ve inceltici olarak farklı alanlarda çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Esterleşme reaksiyonu gibi tersinir reaksiyonlarda dönüşümü arttırmak için iki yöntem uygulanır. Birinci yöntem reaktan fazlası kullanılması iken ikinci yöntem yan ürünün reaktörden sürekli olarak çekilmesidir. Dietil maleat; etil alkol ve maleik asitin uygun koşullarda tepkimesiyle oluşan; tıp, eczacılıkta ve kozmetik sanayinde kullanılan aromatik kokuya sahip kıymetli bir esterdir. Dietil maleat plastik, pigment, ecza ve gıda ürünlerinde katkı ve ara madde olarak, Diels-alder reaksiyonlarında dienophile olarak kullanılır. Dietil maleat lateks emülsiyon polimerlerinin, termoplast ve termoset plastiklerinin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir hammaddedir.

Bu çalışmada; etanol ve maleik asidin esterleşmesi ile dietil maleat sentezi kesikli reaktörde gerçekleştirilmiştir. Katalizör olarak Amberlyst 36 ve Sülfosüksinik asit kullanılmış ve performansları değerlendilimiştir. Reaksiyon sırasında hidrofilitesi yüksek Polivinil Alkol (PVA) membran reaksiyon sistemine eklenmiş ve reaksiyon sırasında oluşan yan ürün suyu tutarak asit dönüşüm değerini arttırması hedeflenmiştir. Reaksiyon koşulları; asit/alkol molar oranı 1:5; reaksiyon sıcaklığı 80 °C ve katalizör yüklemesi Amberlyst 36 için %1 ve %8; Sülfosüksinik asit için %1 olarak seçilmiştir. Dietil maleat sentezinde hammadde olan etanolün reaktan olarak fazlasının kullanılması yerine reaksiyonda oluşan yan ürün suyun PVA membran kullanılarak çekilmesi ile dönüşüm arttırılmıştır. Reaktöre PVA katkısının etkisinin dönüşümün yükselmesi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Esterleşme, Dietil maleat, Polivinil Alkol.

DIETHYL MALEATE SYNTHESIS WITH HYDROPHILIC MEMBRANE ADDITIVE IN THE BATCH REACTOR

Abstract

In today's chemical industry esterification reactions are often carried out. The esterification reactions are simple; reaction of a carboxylic acid with an alcohol under suitable conditions and ester is product while water is by product. Esters are used such as pharmaceutical and pharmaceutical raw materials; flavor in the food and beverage industry; pleasant smell in cosmetic industry; in the paint industry, solvent and thinner in a wide range of applications.In reversible reactions, such as the esterification reaction, two methods are used to increase the conversion. The first method is the use of excess reactant while the second method is the continuous withdrawal of the by-product from the reactor. Diethyl maleate is formed using ethyl alcohol and maleic acid under appropriate conditions; It is a valuable ester with aromatic odor used in medicine, pharmacy and cosmetics industry. Diethyl maleate is used as dienophile in Diels-alder reactions, additives and intermediates in plastic, pigment,

pharmaceutical and food products. Diethyl maleate is a raw material widely used in the production of latex emulsion polymers, thermoplasts and thermoset plastics.

In this study; synthesis of diethyl maleate using ethanol with maleic acid was carried out in a batch reactor. Amberlyst 36 and sulfosuccinic acid were used as catalysts and their performance was evaluated. During the reaction, the hydrophilic Polyvinyl Alcohol (PVA) membrane was added to the reaction system and it was aimed to increase the acid conversion value by sorption of by-product water formed during the reaction. Reaction conditions; acid / alcohol molar ratio 1:5; reaction temperature 80°C and catalyst loading Amberlyst 36 to 8%; for sulfosuccinic acid to 1%. In diethyl maleate synthesis, the conversion was increased by removing water as by product using PVA addition to the reactor instead of the excess of ethanol as the reactant. It was observed the higher conversion by adding PVA to the reactor.

Keywords: Esterification, Diethyl maleate, Polyvinyl Alcohol.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, düşük enerji tüketimi ile verimli çalışan süreçler, çeşitli kimya endüstrilerinde büyük ilgi çekmeye başlamıştır. Özellikle, birlikte reaksiyon ve ayrılmayı içeren bir hibrit işlem, esterleştirme işleminin etkinliğini arttırmak için sıklıkla kullanılmıştır. Bu anlamda da, pervaporasyon membran reaktörü, reaksiyon ve ayırmayı tek bir ünitede birleştirmesinden dolayı büyük ilgi görmüştür.
(Bolto B. ve diğ., (2011), Chandane S.ve Ajit P., (2016))

Membran reaktörleri düşük enerji tüketimi ve verimli çalışması ile son on yıl boyunca ilgi odağı haline gelmiştir, Membran reaktörleri temel olarak ürün seçiciliği için ve denge sınırlı reaksiyonlarda dönüşümü arttırmak için kullanılan sistemlerdir.(Lipnizki F. ve diğ. (1999), Mulder M. (1996))
Pervaporasyon koşullarında çalışan membran reaktörleri ise, ayırma verimliliği, seçici ayırma, uygun bir membran ile reaksiyon sıcaklığında çalışması gibi özelliklerinin yanısıra enerji tüketimi geleneksel distilasyona göre daha düşüktür.(Norkobilov A. ve diğ. (2017))

Pervaporasyon, suyu reaksiyon karışımından seçici olarak ayirma kabiliyetinden dolayı esterifikasyon reaksiyonunun dönüşümünü arttırmak için en umut verici yaklaşımlardan biridir.(Van der Bruggen B., (2010), Wasewar K., ve diğ. (2009)) Esterleşme reaksiyonları karboksilik asit ve alkolün uygun şartlarda reaksiyona girmesi sonucu gerçekleşir ve ürün olarak ester ve yan ürün olarak su açığa çıkar. Genel olarak, esterifikasyon reaksiyonları termodinamik denge ile sınırlıdır (Chandane V.S. ve diğ. (2016), Korkmaz S. ve diğ. (2009) Esterleşme reaksiyonlarında ileri reaksiyon hızını azaltan yan ürün olarak su üretilir. Dolayısıyla, esterifikasyon reaksiyonları, reaksiyonun termodinamiği tarafından ortaya konan problemler nedeniyle düşük dönüşümlerle karşılaşır. Bir pervaporasyon işleminin geleneksel esterleştirme işlemi ile birleşimi çekicidir, çünkü reaksiyon karışımından suyu çıkararak dengeyi ester üretimine doğru sürekli termodinamik dengenin ötesine kaydırma imkanı sunar. Pervaporasyon ayrıca, azeotropik, ısıya duyarlı ve yakın kaynama noktası olan karışımları, çalışma koşullarına bağlı olarak çevreye sıfır emisyon ve besleme akışına ilave türlerin gerekmediği için ayırma avantajına sahiptir. Birçok çalışma suyu uzaklaştırmak ve böylece ester verimini arttırmak için hidrofilik bir membran kullanarak pervaporasyonun uygulandığını göstermektedir.(Yu C.Y. ve diğ. (2009), Dittmeyer R. ve Bortolotto L., (2011), Mulder M. (1996))

Bu çalışmada ester üretiminde oluşan yan ürün suyu sorplaması için hazirlanan hidrofilik membran kesikli reaktöre eklenerek dietil maleat sentezinin pervaporasyon membran reaktörde uygulanabilirliği incelenmiştir. Dietil maleat ise etil alkol ve maleik asidin reksiyonu sonucu oluşur. Dietil maleat, lateks emülsiyon polimerleri, termoplast ve termoset plastiklerin üretiminde yaygın olarak kullanılan önemli bir ara maddedir. Bu çalışmada dietil maleat sentezi polimerik Amberlyst-36 katalizörü ve çevreci Sülfosüksinik asit (SSA) katalizörü ile sentezlenmiştir. Katalizörlerin yanı sıra ayrıca hidrofilik özellikteki Poli(vinil alkol)(PVA) membranı reaksiyon sistemine dahil edilerek reaksiyon

sonucu oluşan yan ürün suyun tutulmasını ve sistemden uzaklaştırması ve dönüşümün yükselmesi sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyaller

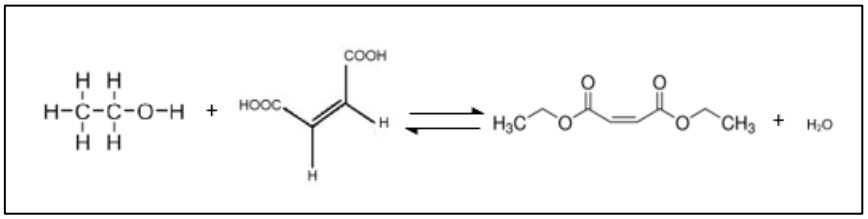
Esterleşme reaksiyonu için kullanılan etil alkol (≥%99.9 saflıkta) Merck firmasından ve maleik asit (≥ %99 saflıkta) Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Membran hazırlamada kullanılacak PVA katısı (Mw~125.000) Sigma-Aldrich fırmasından temin edilmiştir.

2.2. Membran Çözeltisi Hazırlama Yöntemi

Membran çözeltisi kütlece %5'lik PVA ve deiyonize su ile hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti dört saat süre ile 400 rpm devirde ve 80 °C'de karıştırılarak homojen bir yapı elde edilmiştir. Çapraz bağlama işleminden sonra çözeltiden döküm tekniği ile üretilen membran 70°C'de 12 saat kurutulmuştur.

2.3. Esterleşme Reaksiyonu ve Kesikli Reaktörde Uygulanması

Etanol ile Maleik asitin esterleşme reaksiyonu Şekil 1 de görülmektedir. Bu reaksiyon karboksilik asit ve alkolün asit katalizli olarak oluşan reaksiyonudur.

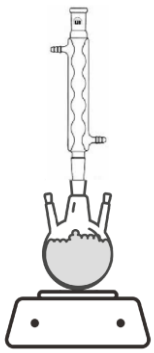


Şekil 1. Dietil Maleat Sentezi

Bu reaksiyonda asit:alkol başlangıç molar oranları 1:5 olarak seçilmiştir. Reaksiyon süresi dört saat ve reaksiyon sıcaklığı 80°C olarak belirlenmiştir. Sisteme 1:5 asit:alkol beslemesi yapıldıktan sonra sistem istenen sıcaklığa ulaşınca katalizör eklemesi yapılmıştır ayrıca aynı koşullarda PVA membran parçaları da eklenmiştir. Reaksiyon sisteminde geri soğutma ünitesi reaksiyon süresi boyunca aktif olarak kullanılmıştır. Geri soğutucu sisteminin kullanılmasının en önemli noktası ise sistemde buhar faza geçen komponentlerde herhangi kayıp yaşanmamasıdır.

2.4. Reaksiyon Sistemi ve Koşulları

Dietil maleat sentezi kesikli reaktörde gerçekleştirilmiştir. Kesikli reaktör sistemi Şekil 2'de görülmektedir. Alkol:asit molar oranı 5:1 ve reaksiyon sıcaklığı 80°C' de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Kesikli Reaktör Sistemi

Reaksiyon iki farklı katalizör eşliğinde ikişer farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk iki uygulamada reaksiyonda kullanılan Amberlyst-36 ve SSA katalizörü reaksiyon ortamına serbest olarak eklenerek gerçekleştirilmiştir. İkinci iki uygulamada ise serbest katalizörlerin yanı sıra hidrofilitesi yüksek PVA membran parçaları reaksiyon sistemine eklenmiştir. Tablo 1.'de reaksiyon koşulları ve çalışma yöntemi özetlemiştir.

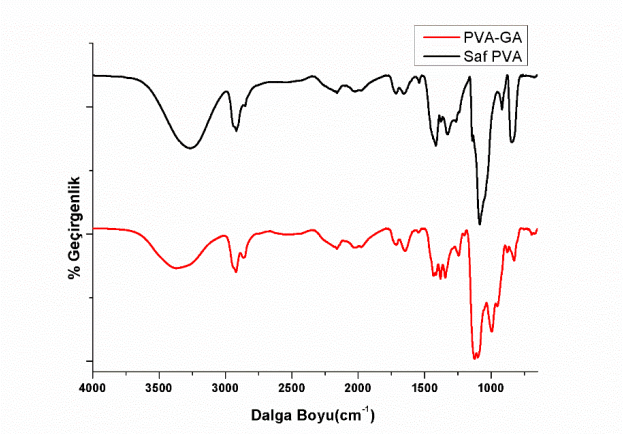
Tablo 1. Reaksiyon Koşulları

Reaksiyon Koşulları	***Maleik Asit + Etil Alkol***	***Maleik Asit + Etil Alkol***
Molar Oran	1:5	1:5
Sıcaklık	80°C	80°C
Katalizör	Amberlyst-36 ve Amberlyst-36+PVA Membran Parçaları	SSA ve SSA+PVA Membran Parçaları

3. SONUÇLAR

3.1. FT-IR Karakterizasyonu

Şekil 3'de görülen PVA membranın içindeki bağların ve çapraz bağlanmanın karakteristik pik değerlerini FT-IR analizi tespit etmek mümkündür. 3200 cm^{-1} bölgesindeki pik PVA'nın içindeki OH^- gruplarının yoğunluğunu göstermektedir. Guluteraldehit ile çapraz bağlı PVA membran da ise 3250 cm^{-1} bölgesine doğru azalmaktadır. PVA ile Guluteraldehit arasında oluşan reaksiyon sonucunda oluşan C-O-C piki ise 1100 cm^{-1} bölgesinde görülmektedir.

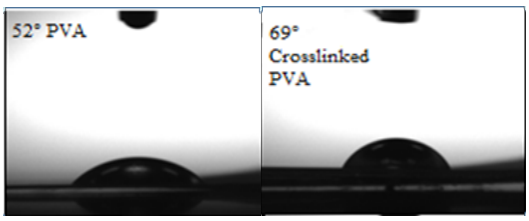


Şekil 3. Saf ve GA ile Çapraz Bağlı PVA Membranın FT-IR Analizleri

3.2. Temas Açısı (Contact Angle) Verileri

Şekil 4'de verilen Temas açı değerlerine göre saf PVA'nın temas açısı değeri 52°, guluteraldehit ile çapraz bağlı PVA membranın temas açısı değeri ise 69° 'dir. hidrofilik membranların reaksiyon

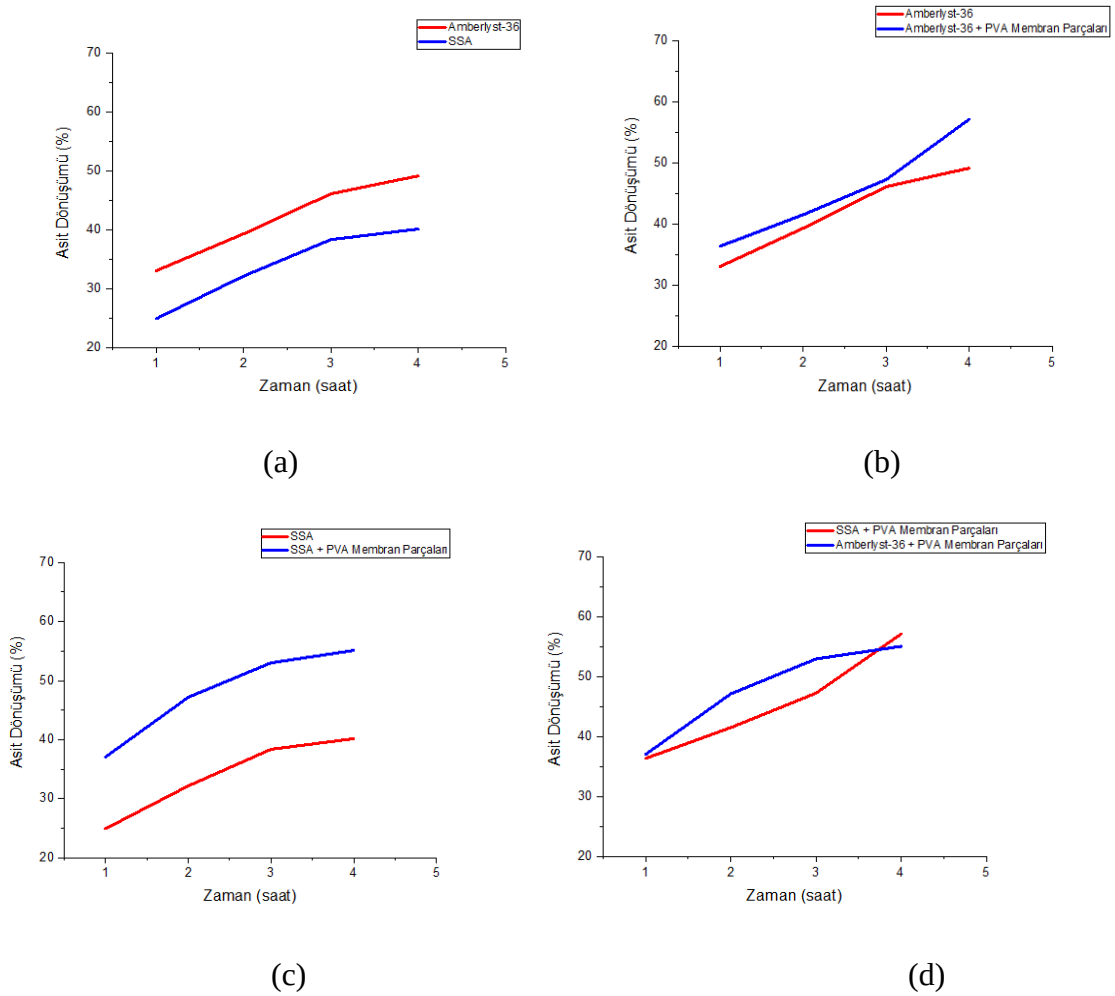
ortamına dayanımı arttırmak ve çözünmesini önlemek adına gerçekleştirilen çapraz bağlamanın temas açısı derecesini arttırdığı ve böylelikle hidrofilite ile uyumluluğun devam ettiği görülmüştür.



Şekil 4. Saf ve GA ile Çapraz Bağlı PVA Membranın Temas Açısı Analizleri

3.3. Reaksiyon Koşullarının Asit Dönüşüm Değerlerine Etkisi

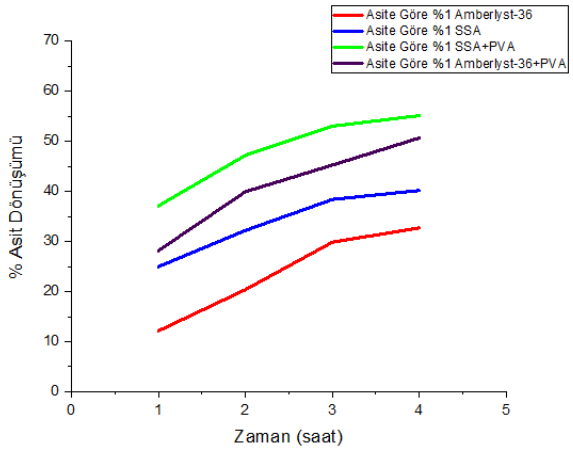
Şekil 5'de heterojen katalizör Amberlyst -36 ile homojen yeşil katalizör SSA' nın zamanla dönüşüme olan etkileri, sadece saf katalizörün serbest kullanılması ve katalizör ile PVA membranın birlikte kullanılması halinde elde edilen dönüşüm değerleri görülmektedir.



Şekil 5. Farklı Uygulamaların Asit Dönüşümüne Etkisi; Alkol:Asit M=5:1; 80°C; Amberlyst-36 katalizör asite göre %8; SSA katalizörü Asite göre %1; (a) Serbest SSA ve Amberlyst-36 katalizörlerinin asit dönüşümüne etkisi; (b) Serbest Amberlyst-36 ve Amberlyst-36+PVA membran parçalarının asit dönüşümüne etkisi; (c) Serbest SSA ve SSA+PVA membran parçalarının asit dönüşümüne etkisi; (d) SSA +PVA membran parçaları ve Amberlyst-36+PVA membran parçaları.

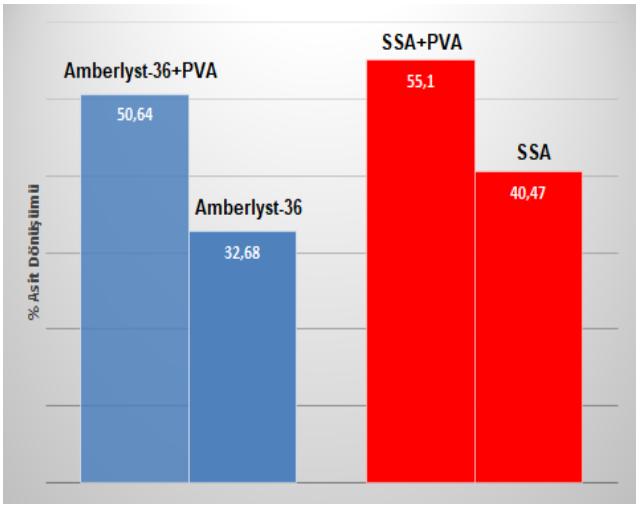
Reaksiyon sonuçlarının karşılaştırıldığı grafikler incelendiğinde hidrofilik özellikteki PVA membranın reaksiyon sisteminde oluşan suyu tutarak asit dönüşümü değerini her iki katalizörde de arttırdığı görülmüştür. Katalizörlerde ayrıca kendi içlerinde değerlendirildiğinde çevreci ve yeşil kimya prensiblerine uygun olan sülfosüksinik asit katalizörü ile gerçekleştirilen reaksiyonların asit dönüşüm değerleri Amberlyst -36 katalizörü ile gerçekleştirilen reaksiyondaki asit dönüşüm değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 5'de Amberlyst -36 miktarı maleik asitin %8'i iken ssa miktarı maleik asitin %1'i kadar alınmışken dahi membran katkısı ile reaksiyonun dördüncü saatinde yeşil katalizör SSA ile daha yüksek dönüşüm elde edilmiştir.

Şekil 6'da ise her iki katalizörün de aynı miktarlarda maleik asitin %1'i oranında kullanılması ile zamanla elde edilen dönüşüm değerleri verilmiştir. Bu durumda da SSA katalizörü, hem serbest kullanımda hem de membran katkılı kullanımda diğer katalizöre göre yüksek dönüşüm değeri vermiştir.



Şekil 6. Farklı Uygulamaların Asit Dönüşümüne Etkisi; Alkol:Asit M=5:1; 80°C; Amberlyst-36 katalizör asite göre %1; SSA katalizörü Asite göre %1; Serbest SSA ile Amberlyst-36 ve SSA+PVA ile Amberlyst-36+PVA'nın asit dönüşümüne etkisi

Şekil 7' de reaksiyonun sonunda katalizörlerin serbest kullanımı ve serbest kullanımın yanında membran katkılı kullanımı ile ulaşılan dönüşüm değerleri görülmektedir.



Şekil 7. Serbest katalizörler ve PVA membran parçaları eklenerek gerçekleştirilmiş reaksiyonlardaki asit dönüşüm değerleri; Alkol:Asit M=5:1; 80°C; Amberlyst-36 katalizör asite göre %1; SSA katalizörü Asite göre %1

Yapılan deneyler neticesinde serbest katalizörün reaksiyondaki asit dönüşüm değeri PVA membran ilave edilerek gerçekleştirilen reaksiyonlardaki asit dönüşüm değerine göre daha düşüktür. PVA membranı yüksek hidrofilitesi ile esterleşme reaksiyonu sonucu oluşan yan ürün suyu sorplayarak asit dönüşüm değerini arttırmıştır. Katalizörler kendi aralarında değerlendirildiklerinde ise çevreci katalizör SSA'nın polimerik yapılı Amberlyst-36'ya göre daha etkin olduğu ve reaksiyonu daha yüksek asit dönüşüm değerine ulaştırdığı görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, maleik asit ve etil alkolün esterleşme reaksiyonu katalizör olarak Amberlyst-36 ve sülfosüksinik asit varlığında gerçekleştirilmiştir. Hem sülfosüksinik asit hem de Amberlyst-36 katalizörü ile gerçekleştirilen reaksiyonlar ayrıca reaksiyon sistemine PVA membran parçaları eklenerek de yapılmıştır. Reaksiyon sonuçları karşılaştırıldığında hidrofilik özellikteki PVA membranın reaksiyon sisteminde oluşan suyu tutarak asit dönüşümü değerini her iki katalizörde de arttırdığı görülmüştür. Katalizörler ayrıca kendi içlerinde değerlendirildiğinde çevreci ve yeşil kimya prensiblerine uygun olan sülfosüksinik asit katalizörü ile gerçekleştirilen reaksiyonların asit dönüşüm değerleri Amberlyst-36 katalizörü ile gerçekleştirilen reaksiyondaki asit dönüşüm değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kesikli reaktörde dietil maleat sentezinde hidrofilik membran PVA parçalarının katılması, reaksiyon dönüşümüne pozitif etki göstermiş ve bu sentezin yan ürün suyun devamlı çekildiği pervaporasyon memran reaktörde yapılabileceğini kanıtlamıştır.

KAYNAKLAR

Bolto B., Hoang M., Xie Z., (2011). A review of membrane selection for the dehydration of aqueous ethanol by pervaporation, Chemical Engineering and Processing, Vol.50, pp 227–235.

Chandane S., Ajit P., (2016). Enhancement of esterification conversion using pervaporation membrane reactor. Vishal Resource-Efficient Technologies 2, S47–S52

Chandane V.S., Rathod A.P., Wasewar K.L., (2016). Enhancement of esterification conversion using pervaporation membrane reactor. Resource Technology 2, 47–52.

Dittmeyer R., Bortolotto L., (2011). Modification of the catalytic properties of a Pd membrane catalyst for direct hydroxylation of benzene to phenol in a double membrane reactor by sputtering of different catalyst systems. Applied Catalysis A-General 391, 311–318.

Korkmaz S., Salt Y., Hasanoğlu A.M., Özkan S., Salt İ., Dinçer S. (2009). Pervaporation membrane reactor study for the esterification of acetic acid and isobutanol using polydimethylsiloxane membran. APPLIED CATALYSIS A-GENERAL, Vol.366, pp 102-107.

Lipnizki F., Field R.W., Ten P., (1999). Pervaporation-based hybrid process: a review of process design, applications and economics, Journal of Membrane Science, Vol. 153, pp 183-210.

Mulder M. (1996). Basic Principles of Membrane Technology. *KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS*, pp 14-18 Netherlands.

Norkobilov A., Gorri D., Ortiz I., (2017). Comparative study of conventional, reactive-distillation and pervaporation integrated hybrid process for ethyl tert-butyl ether production, Chem. Eng. Process. Process Intensif. 122, 434–446.

Wasewar K., Patidar S., Agarwal V.K., (2009). Esterification of lactic acid with ethanol in a pervaporation reactor: modeling and performance study, Dermatol. Surg. 243, 305–313.

Van der Bruggen B., (2010). Pervaporation Membrane Reactors Comprehensive. Membrane Science and Engineering Volume 3, Pages 135-163.

Yu C.Y., Lee D.W., Park S.J., Lee K.Y., Lee K.H., (2009). Study on a catalytic membrane reactor for hydrogen production from ethanol steam reforming. Int. J. Hydrogen Energy 34, 2947–2954.

TOZ METALURJİK YÖNTEMLER İLE NANO SİC TAKVİYELİ Tİ KOMPOZİT ÜRETİMİ

Erdinç Efendi
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
erdinc.efendi@kocaeli.edu.tr

Rıdvan Yamanoğlu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
ryamanoglu@kocaeli.edu.tr

Özet

Titanyum ve alaşımları sahip oldukları üstün mekanik özellikler, düşük yoğunluk ve yüksek korozyon direnci gibi özellikleri sayesinde havacılık, otomotiv, biyomedikal ve denizcilik gibi pek çok sektörde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak zayıf aşınma dirençleri, titanyum alaşımlarının kullanımını sınırlamaktadır. Bu doğrultuda bu çalışmada, havacılık alanında kullanılan Ti-5Al-2.5Sn alaşımının toz metalurjisi ile üretimi ve özelliklerinin nanopartikül takviyesi ile geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada Ti-5Al-2.5Sn toz karışımı içerisine nano SiC partikülleri ilave edilmiş ve homojen bir dağılım oluşana kadar bilyeli değirmen ile karıştırılmıştır. Ardından vakum altında sıcak pres ile kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim sonrası elde edilen numunelere sertlik, eğme ve aşınma testleri uygulanmıştır. Ayrıca aşınma sonrası yüzeylerin SEM görüntüleri alınmış ve numune kesitinden elementel dağılım analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatür ile ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ti-5Al2.5Sn, Nanokompozit, Toz metalurjisi, Sıcak Pres

NANO SiC REINFORCED Ti COMPOSITE PRODUCTION BY POWDER METALLURGICAL METHODS

Abstract

Titanium and its alloys are frequently used in many sectors such as aerospace, automotive, biomedical and marine due to their superior mechanical properties, low density and high corrosion resistance. However, low wear behavior limits the use of titanium alloys. In this study, it is aimed to produce the Ti-5Al-2.5Sn alloy used in aerospace by powder metallurgical method and to improve the properties with nanoparticle reinforcement.

In this study, nano SiC particles were added to the Ti-5Al-2.5Sn powder mixture and mixed with the ball mill until a homogeneous dispersion occured. Then the composite material was produced by hot press under vacuum atmosphere. After production process hardness, bending and abrasion tests were applied to the samples. In addition, the SEM images of the surfaces were taken and the elemental mapping analysis was performed in the sample. The results were evaluated in relation to the literature.

Keywords: Ti-5Al2.5Sn, Nanocomposite, Powder Metallurgy, Hot Press

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla farklı malzeme grubunun makro boyutta bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş yeni nesil mühendislik malzemeleri olarak tarif edilmektedir. Matris malzemesi metal, polimer veya seramik olabilmekte ve her bir matrisin kendine has üstün özellikleri bulunmaktadır (Suryanarayana ve Aqeeli, 2013). Özellikle metal matrisli kompozit malzemeler sahip oldukları hafiflik, üstün mekanik ve termal özellikler, yüksek sıcaklıklarda mukavemetini koruyabilme gibi özelliklerinden dolayı havacılık, otomotiv, uzay vb. birçok endüstride yeni nesil mühendislik

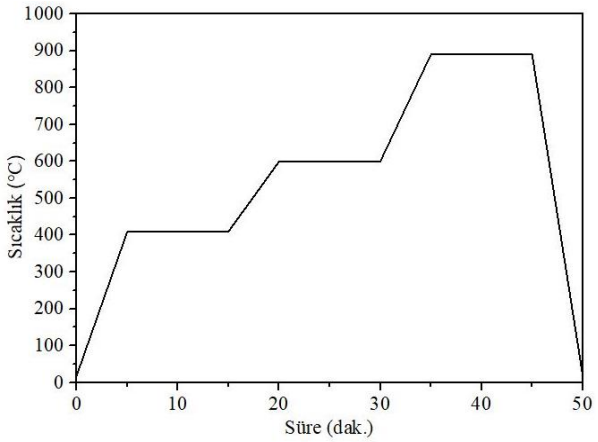
malzemeleri olarak kullanılmaktadır (Munir ve ark., 2014). Matris malzemesi olarak genellikle hafif metaller sınıfına giren Al, Ti, Mg ve alaşımları tercih edilirken, takviye malzemeleri ise fiber, whisker ve partikül şeklinde olabilmektedir (Yamanoğlu ve ark., 2013). Metal matrisli partikül takviyeli kompozit malzemelerin kullanımını sınırlayan en büyük neden, partiküllerin yapıdaki sünekliği düşürerek matris gevrekliğine sebep olmasıdır. Bu sebeple partikül takviyesinin boyutunun mümkün olduğunca düşürülmesi istenmektedir (Wang ve ark., 2016).

Toz metalurjik yöntemler ile üretilen Ti matrisli kompozit malzemeler yeni nesil kompozit malzemelerde gelecek vaat eden mühendislik malzemeleri arasında gösterilmektedir. Ancak Ti ve alaşımlarının sahip olduğu düşük tribolojik özellikler, geniş ölçekli endüstriyel uygulamaları sınırlamaktadır (Candel ve ark., 2010). Bu sebeple Ti matrisli kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Özellikle nanopartikül takviyeli Ti matrisli kompozitler matris sünekliğini düşürmeden mekanik özelliklerde artışın olmasına sebep olmaktadırlar (Liu ve ark., 2017).

Bu çalışmada Ti-5Al-2.5Sn alaşımı içerisine farklı oranlarda nano SiC takviyesi yapılarak aşınma ve sertlik özelliklerinde elde edilen değişim incelenmiştir. Toz metalurjik üretim yöntemleri ile üretilen numunelere ayrıca SEM ve EDX analizi de yapılarak mekanik test sonuçları ile olan ilişkisi ortaya konmuştur.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada matris malzemesi olarak Ti-5Al-2.5Sn alaşımı kullanılmıştır. Alaşım içerisine % 0.25, 0.5 ve 1 nano SiC partikülleri ilave edilmiştir. Nanopartiküller öncelikle %2.5Sn içerisine ilave edilmiş ve ardından cam kavanoz içerisinde, 5 mm çapında zirkonya bilyeler vasıtasıyla 3 saat, 300rpm'de mekanik karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen bu toz karışımına %5 Al ilavesi yapılmış ve 30 dak. karıştırma işlemi devam ettirilmiştir. Son olarak da bu toz karışımına %97.5 Ti (kalan) ilave edilmiş ve 30 dak. daha karıştırma işlemi uygulanmıştır. Sonrasında farklı nano SiC oranlarına sahip Ti-5Al-2.5Sn-x nano SiC karışım tozları sıcak pres ile sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. Sinterleme profili Şekil 1'de gösterildiği gibidir.

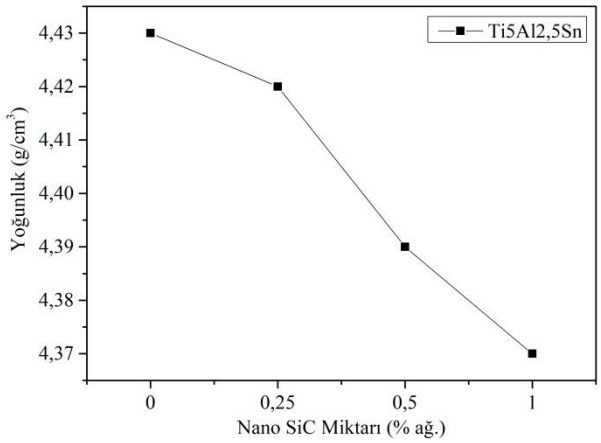


Şekil 1. Sinterleme çevrimi

Sıcak pres ile sinterleme işlemi 10^{-4} mbar vakum atmosferinde yapılmıştır. Sıcak pres sonrası Ti-5Al-2.5Sn-x nano SiC (x: 0.25, 0.5 ve 1 nano SiC) bileşimine sahip olacak şekilde 3 tane numune üretilmiştir. Ayrıca referans oluşturmak için de Ti-5Al-2.5Sn bileşimine sahip bir numune de üretilmiştir. Üretilen tüm numuneler metalografik işlemlerden geçirilerek SEM ile EDX yapılmıştır. Ayrıca her bir numuneye Vickers sertlik, Arşimet yoğunluk ve Ball-on disc aşınma testi uygulanmıştır. Sertlik testi 10 kgf yük altında 10s süre ile uygulanmıştır. Ball-on disc aşınma testi ise 20 N yük altında 250 m mesafe ile 150 rpm devirde yapılmıştır.

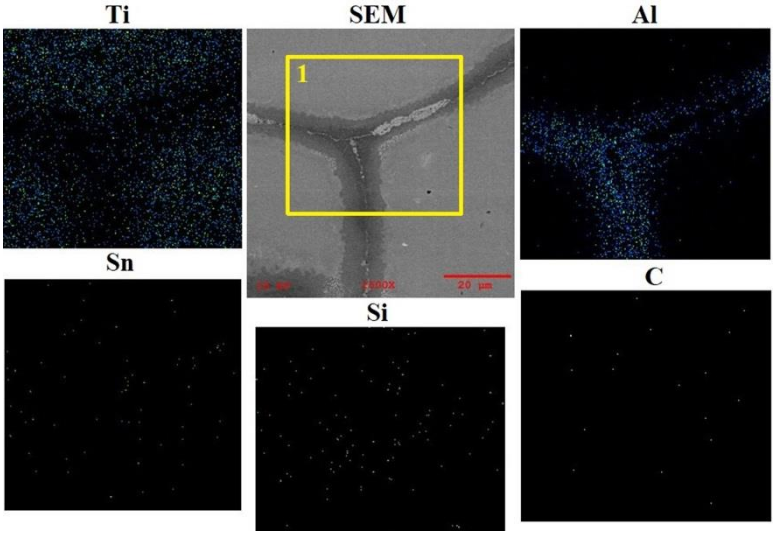
3. SONUÇ

Üretim sonrası elde edilen numunelerin ilk olarak yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Şekil 2'de üretim sonrası elde edilen numunelere ait yoğunluklar verilmiştir. Matris malzemesine ilave edilen nano SiC miktarının artması ile numunelerin yoğunluklarında azalma gözlenmiştir. Bunun sebebi, SiC'ün yoğunluğunun ana matris yoğunluğundan daha düşük olması sonucu nihai yoğunluğu düşürmesinden kaynaklanmaktadır. Numunelere ait relatif yoğunluklar ise %1'e kadar olan nano SiC ilaveli numunelerde %98; %1 nano SiC ilaveli numunede ise %97 olarak ölçülmüştür. Sinterleme açısından bakıldığında bu değerler oldukça yüksek kabul edilebilir. Benzer sonuçlar (Sivakumar ve ark., 2017) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir. Araştırmacılar artan nano SiC miktarı ile yoğunlukta azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu sonucu artan nanopartikül miktarının yapı içerisinde porozite oluşturmasına dayandırmışlardır.



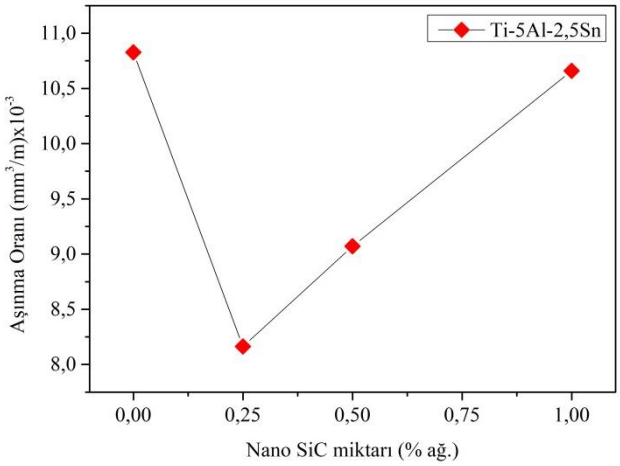
Şekil 2. SiC içeriği ile yoğunlukta meydana gelen değişim

Numunelere ait SEM ve elementel dağılım analizi sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekilde Ti piklerinin oldukça homojen bir dağılım sergilediği gözükmektedir. Si ve C piklerine ait dağılımların da oldukça homojen olduğu gözükmektedir. Al'a ait piklerin ise daha çok Ti partikülleri arasında kümelendiği görülmektedir. Elementel dağılım analizinden alınan sonuçlara göre yapının homojen dağılmış olması mekanik özelliklerde beklenen iyileşmeleri de beraberinde getirmektedir.



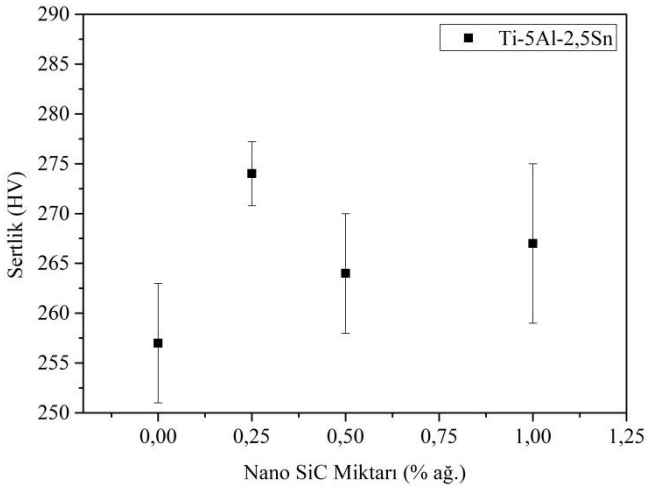
Şekil 3. Ti-5Al-2.5Sn-0,25 nano SiC numunesine ait elementel dağılım analizi

Ball-on disc aşınma sonucu elde edilen aşınma oranı sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. Ti-5Al-2.5Sn matris alaşımına yapılan %0.25 nano SiC ilavesi aşınma oranında önemli bir düşüşe sebep olmuştur. Artan takviye miktarlarında aşınma oranı yeniden artmaya başlamıştır. %1 nano SiC ilaveli numunedeki aşınma oranı ise referans numune ile aynı değere ulaşmıştır. Benzer sonuçlara (Topçu ve ark.,2018) yaptıkları çalışmada da rastlanmıştır. Çalışmada Ti-6Al-4V içerisine farklı oranlarda (%0,5-5) karbon nanotüp takviyesi yapılmış ve takviye miktarının aşınma davranışına olan etkisi incelenmiştir. Yapılan pin-on disc aşınma sonucunda, matris malzemesine %4'e kadar yapılan karbon nanotüp takviyesinin aşınma özelliklerini geliştirdiği ancak artan oranlarda aşınma özelliklerinde kötüleşmeye sebep olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. Aşınma oranı sonuçları

Şekil 5'te elde edilen numunelerin sertlik değerleri verilmiştir. Test sonuçları aşınma sonuçları ile oldukça benzerlik göstermiştir. Aşınma oranı en düşük olan Ti-5Al-2.5Sn-0.25 numunesi, sertlik testinde en yüksek değeri vermiştir. Artan nanopartikül takviye oranlarında ise matris sertliğinde düşüş gözlenmiştir. Yüksek oranlarda yapılan nanopartikül takviyesinin matris içinde çeşitli bölgelerde kümelenerek titanyum matrisini oluşturan partiküllerin difüzyon kabiliyetini engellemiş, boyun oluşumları kısıtlanmış ve matris sertliğinin düşmesine neden olmuştur. Benzer sonuçlar (Sivakumar ve ark., 2017) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir. Kritik bir nanopartikül takviyesine kadar (%5) sertlik artmış, artan nano SiC takviyesinde ise matris sertliğinde düşme gözlenmiştir.



Şekil 5. Sertlik testi sonuçları

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Ti-5Al-2.5Sn içerisine 0.25, 0.5 ve 1 (% ağ.) nano SiC partikülleri ilave edilmiş ve toz metalurjik bir proses olan sıcak pres tekniği ile üretilmiştir. Çalışma sonucunda mekanik özelliklerde elde edilen optimum değer 0.25 nano SiC takviyeli numunede ortaya çıkmıştır. Matrise yapılan takviye miktarının artışı ile topaklanma artmış ve mekanik özelliklerde düşüş görülmüştür. Üstün mekanik özelliklerin ortaya çıkması için nano partiküllerin matris içerisinde homojen dağılması gerekmektedir. Daha yüksek takviye oranlarında mekanik özelliklerde düşme olmaması için üretim parametrelerinde değişiklik yapılmalıdır. Daha uzun karıştırma süresi, daha uzun sinterleme süresi veya daha yüksek sinterleme sıcaklığı seçilerek üretim parametreleri daha yüksek takviye oranları için optimize edilmesi üzerine çalışmalar önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi BAP koordinasyon birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

SURYANARAYANA, C., AL-AQEELI, N. (2013), Mechanically alloyed nanocomposites, *Progress in Materials Science*, 58(4), 383-502.

SIVAKUMAR, G., ANANTHİ, V., RAMANATHAN, S. (2017), Production and mechanical properties of nano SiC particle reinforced Ti-6Al-4V matrix composite, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 27, 82-90.

TOPCU, İ., GÜLLÜOĞLU, A.N., BİLİCİ, M.K., GÜLSOY, H.Ö. (2018), Karbon nanotüp takviyeli Ti-6Al-4V/KNT kompozitlerin aşınma davranışlarının incelenmesi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 18-2.

WANG, J. LI, L., TAO, W. (2016), Crack initiation and propagation behavior of WC particles reinforced Fe-based metal matrix composite produced by laser melting deposition, *Optics & Laser Technology*, 82, 170-182.

CANDEL, J.J. AMİGO, V., RAMOS, J.A., BUSQUETS, D. (2010), Sliding wear resistance of TiCp reinforced titanium composite coating produced by laser cladding, *Surface & Coating Technology*, 204, 3161-3166.

MUNİR, K.S. KİNGSHOTT, P., WEN, C. (2015), Carbon Nanotube Reinforced Titanium Metal Matrix Composites Prepared by Powder Metallurgy—A Review, *Critical Reviews in Solid State and Material Sciences*, 40(1), 38-55.

YAMANOĞLU, R. KARAKULAK, E., ZEREN, A., ZEREN, M. (2013), Effect of heat treatment on the tribological properties of Al–Cu–Mg/nanoSiC composites, *Materials and Design*, 49, 820-825.

LIU, S. (2017), Mechanical properties of titanium metal matrix nanocomposites reinforced with multiwalled carbon nanotubes, graphene and nanodiamonds prepared by spark plasma sintering, *21st International Conference on Composite Materials*, 20-25th August 2017.

MOF YÜKLÜ KARIŞIK MATRİS MEMBRAN HAZIRLANMASI VE İZOPROPANOL-SU KARIŞIMLARININ PERVAPORASYONLA AYRILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Nazlı Hilal Çavlu[1], Nilüfer Durmaz Hilmioğlu[1*]
[1]Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye
*niluferhilmiuglu3@gmail.com

Özet

Literatürde karışık matrisli membranlarla ilgili yapılan çalışmalarda birçok ilerleme kaydedilmiş fakat henüz beklenen yüksek performansa sahip membranlar üretilememiştir. Bunun temel nedeni olarak farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip polimer ve dolgu malzemelerinin biraraya geldiklerinde aralarında bir uyum sorunu olmasıdır ve bu sorunun giderilebilmesi için membran formulasyonuna polimer/dolgu malzemesi arası uyumu arttıracak bir katkı maddesinin eklenmesi denenmiştir.

Karışık matrisli membran formulasyonunda kullanılma potansiyeline sahip Metal Organik Kafes (MOF) malzemeleri konusundaki çalışmalar 1998 yılından beri yaygınlaşarak devam etmektedir. Bu malzemeler oldukça fazla gözenek hacmine sahip, kristal yapıları zeolite benzeyen ancak organik temelli kristallerdir. MOF'ları meydana getiren moleküler bağların sağlamlığı, MOF' lara geometrik ve kristalik olarak iyi bir şekilde tarif edilebilme özelliği sağlamaktadır. Birçok MOF yapısı, gözeneklerin içine giren misafir moleküllerin tahliye edilebilmesine dayanacak kadar kuvvetlidir.

Metal-organik çerçeveler (MOFler) / polimer karışık matris membranlar (MMM'ler), MOF'lerin ve polimer matrisi arasındaki uyumun yanı sıra, MOF'lerin tasarım ve modifikasyonunun kolaylığına bağlı olarak pervaporasyon ayrımında büyük bir potansiyele sahiptir.

Zeolitik Imidazolat Kafesler MOF' ların bir alt sınıfını oluşturmakta olup, bu çalışmada kullanılan ZIF-8 bu sınıfa dâhildir. Zeolitik imidazolat çerçeveleri (ZIF'ler), mükemmel kimyasal ve termal stabilite ile birlikte zeolitlerle benzer gözenek topolojilerini paylaşan bir MOF sınıfıdır. ZIF-8, 2-metilimidazolat bağlayıcılar ile bağlı ZnN_4 tetrahedra'ya sahiptir ve yapı üç ay suda stabildir.

Bu çalışmada MOF yüklü karışık matris membran hazırlanmıştır ve pervaporasyon uygulaması incelenmiştir. MOF olarak Zıf-8 sentezlenmiştir. Polimer olarak kitosan tercih edilmiştir. Kitosana belirli oranlarda ZIF-8 katılarak hazırlanan membranların karakterizasyonu yapılmıştır. Hazırlanan membranların izopropanol/su karışımlarının ayrılmasında kullanımını araştırmak amacıyla farklı konsantrasyonlardaki izopropanol/su karışımları için sorpsiyon testleri yapılarak, şişme yüzdelerinin zamanla ilişkisi belirlenmiştir. Çevre ve enerji dostu bir membran prosesi olan pervaporasyondaki taşınım mekanizması çözünme difüzyon modeline göre, membranın tercihen sorpladığı bileşeni tercihen geçireceği bilindiğinden; sorpsiyon çalışmaları sonucunda izopropanal/su karışımlarının pervaporasyonla ayrımında kullanılabilecek en uygun membran tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karışık Matris Membran, Zeolit, Pervaporasyon

Abstract

In the literature, many progress has been made in the studies on mixed matrix membranes, but the expected high performance membranes have not been produced. The main reason for this is that the polymer and filler materials with different chemical and physical properties have a compatibility problem, and in order to eliminate this problem, it has been tried to add an additive which will increase the compatibility between the polymer / filler material to the membrane formulation.

The studies on Metal Organic Frames (MOF) materials, which have the potential to be used in mixed matrix membrane formulation, have been widespread since 1998. These materials have very high pore volume, their crystal structure is similar to zeolite but is organic based crystals. The strength of the molecular bonds that form MOFs provides the ability to describe MOFs geometrically and

crystallically well. Many MOF structures are strong enough to withstand the ability to evacuate guest molecules entering the pores.

Metal-organic frames (MOFs) / polymer mixed matrix membranes (MMMs) have great potential for differentiating pervaporation due to the compatibility between MOFs and polymer matrix as well as the ease of design and modification of MOFs.

Zeolite Imidazolate Cages form a subclass of MOFs and the ZIF-8 used in this study is included in this class. The zeolitic imidazolate frames (ZIFs) are a class of MOF that share pore topologies similar to zeolites with excellent chemical and thermal stability. ZIF-8 has ZnN4 tetrahedra bound with 2-methylimidazolate binders and the structure is stable in water for three months.

In this study, a mixed matrix membrane with MOF was prepared and pervaporation application was investigated. ZIF-8 was synthesized as MOF. Chitosan is preferred as the polymer. Membranes prepared by adding ZIF-8 in certain proportions have been characterized. In order to investigate the use of prepared membranes in the separation of isopropanol / water mixtures, sorption tests were carried out for isopronal / water mixtures at different concentrations and the relationship of swelling percentages over time was determined. The transport mechanism in pervaporation, an environmentally friendly and energy-friendly membrane process, according to the dissolution diffusion model, is preferably known to impart the preferably preferred component of the membrane; As a result of sorption studies, the most suitable membrane for the separation of isopropanal / water mixtures by pervaporation was determined.

Keywords: Mıxed Matrıx Membrane, Zeolite, Pervaporasion

1. GİRİŞ

Enerji güvenliği ve küresel ısınma endişelerine odaklanan kimya endüstrileri için hem enerji tasarrufu hem de çevre dostu süreçler geliştirmek ve değiştirmek için ciddi bir gereksinim vardır. Damıtma ve moleküler elek adsorpsiyonu, sıvı karışımları ayırmak için uygulanan olağan işlemlerdir. Ancak, bu işlemler genellikle yüksek enerji gerektirir.

Membran ayırma teknolojisi, enerji tasarrufu sağlayan bir ayırma işlemidir. Pervaporasyon (PV), solvent dehidrasyonu ve organik karışımların ayrılması gibi birçok uygulama ile bir membran ayırma işlemi türüdür. Ayrıca, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha kolay kullanım ve daha düşük enerji tüketimi gibi birçok avantaja sahiptir. 1984'ten 1996'ya kadar, 22 ünite 63 PV işlem sistemi, endüstriyel etanol dehidrasyonu için ticarileştirildi (Fazlifard S, 2017).

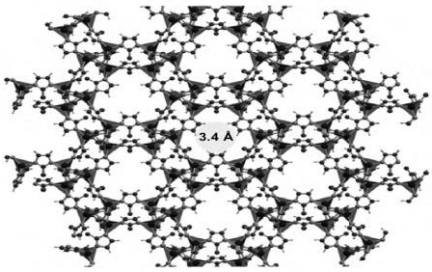
Polimerik membranlar PV işlemlerinde yaygın olarak uygulanır. Yüksek performanslı homojen veya heterojen polimerik membranları değiştirmek için birçok araştırma yapılmıştır. Karışık matris membranlar (MMM) üretmek için polimerik matrislere adsorptif materyaller eklemek 1987'den beri araştırılmaktadır. Polimer matrislere gömülü dolgular, polimerik malzemelere kıyasla membranların performansını artırabilir çünkü bu tip membranlar polimerlerin işlem kabiliyetlerini dolgunların iyi taşıma özellikleriyle birleştirir.

Karışık yapılı kompozit polimerik membranlarda sürekli faz polimerdir, polimer matrisi içine dağılmış katkı maddesi olarak da literatürde genellikle zeolit, silisyum oksit, karbon moleküler elekler, ve metal organik kafesler(MOF) kullanılmaktadır.

Karışık matrisli membran formulasyonunda kullanılma potansiyeline sahip MOF malzemeleri; oldukça fazla gözenek hacmine sahip ve kristal yapıları zeolite benzeyen ancak organik temelli kristallerdir.

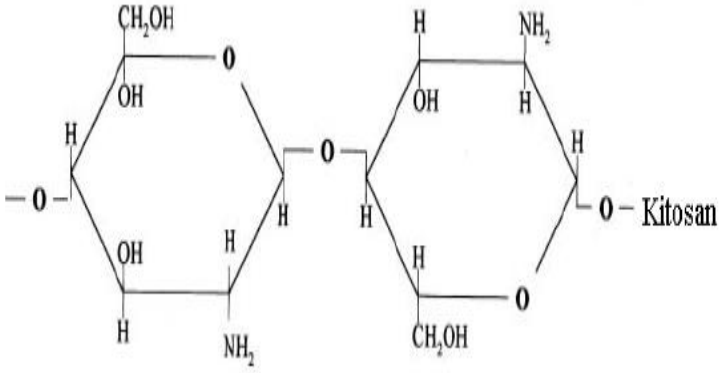
MOF seçiminde; kararlılık, hidrofobiklik / hidrofiliklik, yüzey fonksiyonel yapı, parçacık morfolojisi, gözenek boyutu gibi göz önünde bulundurulması gereken özellikler vardır. Zeolitik Imidazolat Kafesler MOF' ların bir alt sınıfını oluşturmaktadır. İnorganik malzemeler arasındaki zeolitler; moleküler elek olabilme, iyon değiştirebilme, seçici adsorpsiyon yapabilme, katalizör olabilme gibi özelliklerinden dolayı yüksek performanslı bir membran için en önemli adaylardan biri haline gelmiştir. ZIF bileşiklerinin kafes yapıları zeolitlerinkine benzerlik göstermektedir. ZIF'ler,

mükemmel kimyasal ve termal stabiliteye sahiptir. ZIF-8 , 2-metilimidazolat bağlayıcılar ile bağlı ZnN_4 hekzahidrata sahiptir ve yapı 3 ay suda stabildir (Jia Z, 2016).



Şekil 1. ZIF-8 yapısı

Kitosan, poli(β-1,4)–2–amino–deoksi–D-glukopiranoz olarak adlandırılan ve kitinden amino gruplarının deasetillenmesi ile hazırlanan doğal bir biyopolimerdir (Chapmana P,2008).



Şekil 2. Kitosan yapısı

Kitosan; doğal, toksik olmayan, biyobozunur, yüksek moleküler ağırlıklı, polikatyonik bir polimerdir. Çok fonksiyonlu bir polimer olarak bilinir. Yapısında onu hidrofilik malzeme yapan hidroksil gruplarla birlikte çok sayıda reaktif amin grupları içerir. Bu hidrofilik gruplar kitosan membrandan suyun difüzyonu ve sorpsiyonunda önemli rol oynar. Kitosan iyi film oluşum özelliklerine, kimyasal dirence ve yüksek su seçiciliğine sahiptir. Kitosan membranlar alkollerin ve diğer endüstriyel çözücülerin dehidrasyonunda kullanılmaktadır. Zayıf fiziksel/mekanik özellikler ve sulu sistemlerde kitosanın yüksek şişme derecesi pratik uygulamaları sınırlar. Bu sınırlamaların üstesinden gelmenin en etkili ve elverişli yolu kimyasal çapraz bağlamadır. Sık sık kullanılan çapraz bağlayıcı ajanları; glutaraldehit, epiklorohidrin, sülfürik asit, dialdehit nişasta, vb.dir (Chen J,2007).

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Materyaller

ZIF-8 sentezi için kullanılan metanol Merck firmasından temin edilmiştir. 2- metilimidazol ve çinko nitrat hegzahidrat Sigma- Aldrich firmasından temin edilmiştir. Membran hazırlamada kullanılacak kitosan Sigma- Aldrich firmasından, asetik asit Merck firmasında temin edilmiştir. Nötralize işlemleri için NaOH Merck firmasından temin edilmiştir. Çapraz bağlama için sülfirik asit ve gluteraldehit Merck firmasından temin edilmiştir.

2.2. ZIF-8 Sentezi

ZIF-8 kristallerinin sentezi, çinko nitrat hekzahidrat [$Zn(NO^3)^2 \cdot 6H^2O$], 2-metilimidazol (H-MeIM), Metanol (MeOH) kullanılarak yapılmıştır. 90.4 g metanol içinde çözünen 2.4 gr çinko nitrat hekzahidrat ile yine 90.4 g metanol içinde çözünen 5.28 g 2-metilimidazol aynı kapta toplanıp 1 saat

karıştırılmıştır. Sentez sonucu 5 dakikalık bir santrifüj (6000rpm) ile toplanan katı MeOH kullanılarak iki defa yıkanmış ve gece boyu 80ºC'lik fırında kurutulmuştur.. Kuruyan ürünler dairesel hareketlerle havanda ezilip iyice toz haline getirilmiştir(N. Keser Demir, 2014-I. Ayas, 2014).

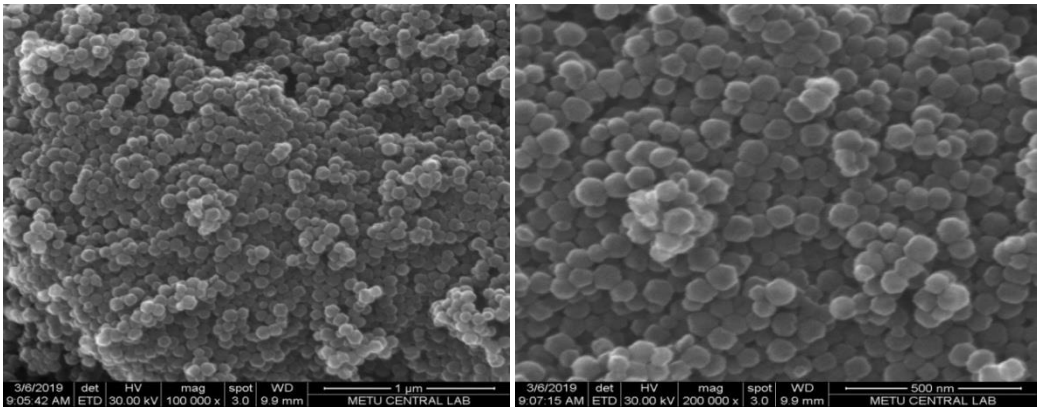
2.3. Membran Çözeltisi Hazırlama Yöntemleri

Dört farklı yöntemle membran çözeltisi hazırlanmıştır.

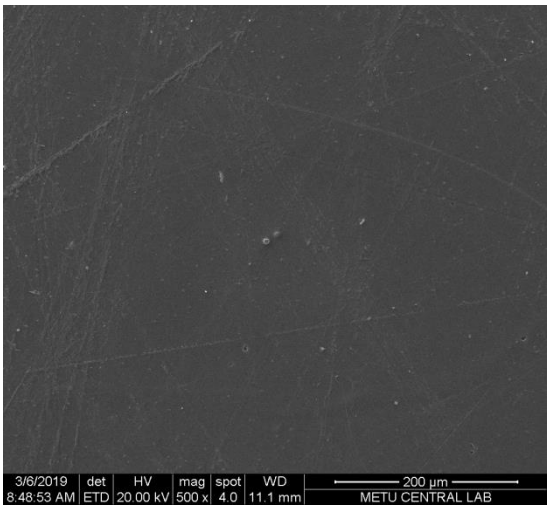
1. İlk olarak saf membran hazırlamak için ağırlıkça %1 kitosan 0,1 N HCl' de 24 saat boyunca karıştırıldı ve daha sonra ağırlıkça %10,20 ve 30 oranında ZIF-8 katıldı. Çapraz bağ aracı olarak farklı oranlarda gluteraldehit kullanıldı. Fakat sorpsiyon analizi sırasında membranlar eridi ve çatladı (Romdhane,2011- Bergera,2004).
2. Ağırlıkça %1 kitosan, 97 mL distile su, 2mL asetik asit 24 saat boyunca karıştırıldı. Bu membrana %1lik gluteraldehit ile çapraz bağ yapıldı. Sorpsiyon sırasında eridi (Chiou, 2004- Hung T, 2003- Yin Y, 2000).
3. Ağırlıkça %1 kitosan, 97 mL distile su, 2mL asetik asit 24 saat boyunca karıştırıldı. Daha sonra 48 saat boyunca kurumaya bırakıldı. Kuruyan kitosan membran tabakta üzerine 0,8 M NaOH hacimce %50 etanol su çözeltisi döküldü ve 24 saat bekletildi. 24 saat NaOH-EtOH-Su çözeltisinde bekleyen membran saf su ile iyice yıkandı ve kurutulmak üzere teflon tepsiye alındı. Membran kuruduktan sonra çapraz bağlamak için 0,005 M sülfürik asit hacimce %50 aseton su çözeltisinde 5 dakika bekletildi ve saf su ile yıkanarak teflon tepside kurumaya bırakıldı (Cui Z, 2008).
4. Ağırlıkça %1 kitosan %1 asetik asit içeren çözelti100 mL distile suda çözündü. Kitosan çözünmesi tamamlandıktan sonra 24 saat kurumaya bırakıldı. Sonra 60C etüvde 2 saat daha kurutuldu. Asitlerin uzaklaştırılması için 2 M NaOH çözeltisine daldırıldı. Ph 7 olana kadar su ile yıkandı ve daha sonra 0.02 M H2SO4 ile çapraz bağ yapıldı (Won W, 2003).

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

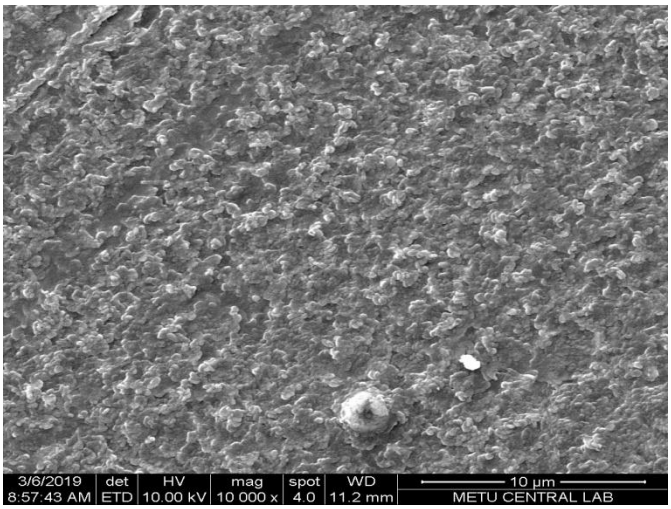
3.1. SEM ANALİZİ



Şekil 3a. Farklı boyutlarda ZIF-8 sem görüntüleri



Şekil 3b. Kitosan membran sem yüzey görüntüsü



Şekil 3c. ZIF-8/kitosan matriks membran sem yüzey görüntüsü

Şekil 3 a da ZIF-8 e ait Şekil 3 b de kitosan membrana ait Şekil 3 c de MMM lara ait SEM analizleri verilmiştir.

Şekil 3a'da farklı boyutlarda ZIF-8 SEM görüntüleri gösterilmiştir. Gözlendiği gibi kristallerin MOF' ların bir alt sınıfını oluşturan Zeolitik Imidazolat Kafeslerden ZIF -8 kristalleridir. Kitosana ait görüntüler homojen bir yapı gösterir. MMM ların SEM fotoğrafları incelendiğinde ZİF 8 in kitosanla uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

3.2. SORPSİYON TESTLERİ

Bir membran prosesi olan pervaporasyondaki taşınım mekanizması çözünme difüzyon modeline göre, membranın tercihen sorpladığı bileşeni tercihen geçireceği bilinmektedir. Bu çalışmada pervaporasyon öncesinde sorpsiyon çalışmaları yapılarak izopropanal/su karışımlarının pervaporasyonla ayrılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla dört farklı yöntemle hazırlanan kitosan membranlarda İPA/su karışımının PV ile ayrılabilirliği sorpsiyon testleri ile belirlenmiştir. Öncelikle İPA/su karışımında çözünmeyen bir polimerik membrane hazırlanmış ve şişme derecelerine bakılmıştır.

Kuru membran parçalarının ağırlığı ölçüldükten sonra saf maddeler su ve İPA ile bunların karışımından oluşan çözeltilerin içine konmuş, belli bir sure bekledikten sonra çıkarıp kurulanıp tartılmıştır.

Sorpsiyon testleri %0, %10,%30,%50,%70 %100 su içeren IPA/su karışımlarında birer saat ara ile toplamda 6 saat tartım yapılarak gerçekleşmiştir. Şişme dereceleri her saat sonunda hesaplanmıştır. Eşitlik 1 de şişme derecesi hesabında kullanılan formül verilmiştir.

$$(Ws-Wd)/Wd\ x\ 100 \qquad (1)$$

Bu eşitlikteWs şişmiş membran ağırlığını, Wd kuru membran ağırlığını göstermektedir.

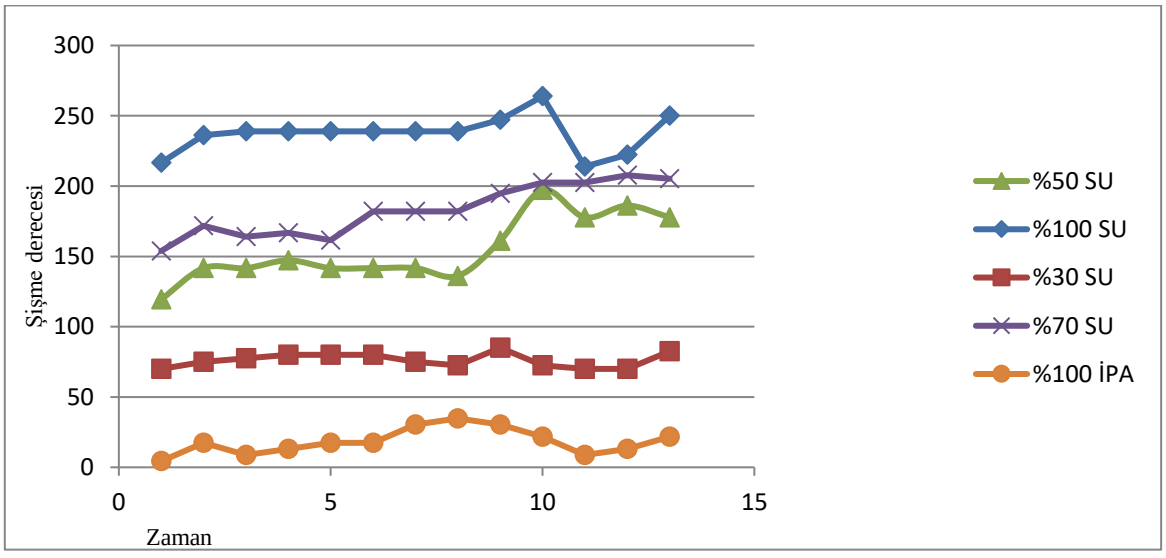
Asetik asitle hazırlanan saf kitosan membrana farklı oranlarda sorpsiton testleri yapılmıştır.

Şekil 4 de 3.yöntemle hazırlanan membrana ait su konsantrasyonu ile şişme derecelerinin zamanla değişimi verilmiştir.

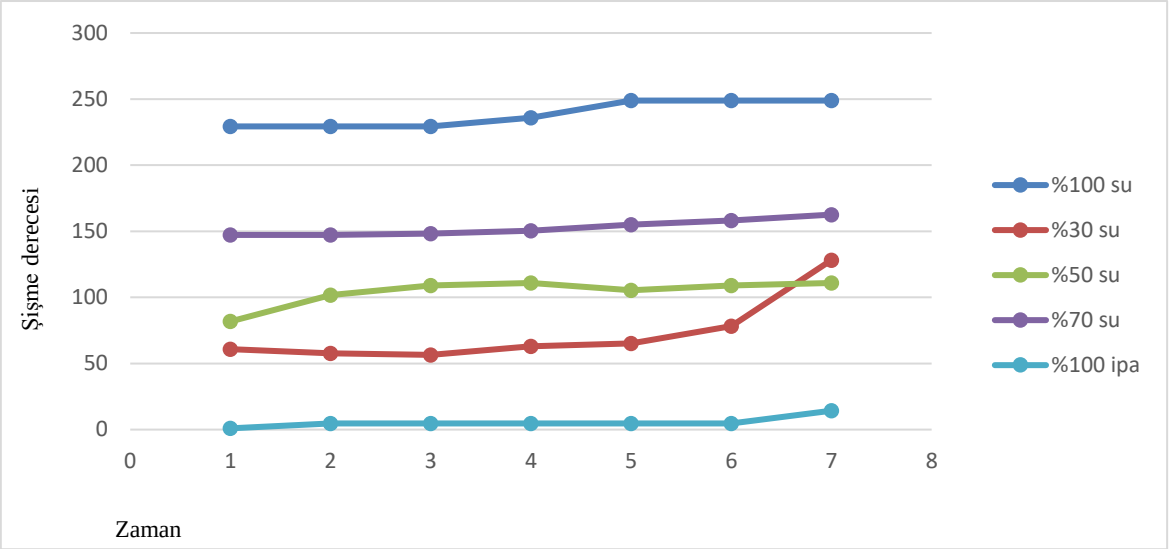
Şekil 5 de 4.yöntemle hazırlanan membrana ait su konsantrasyonu ile şişme derecelerinin zamanla değişimi verilmiştir

Her iki yöntemle hazırlanan membranlarda besleme karışımında su konsantrasyonunun artışıyla şişme derecelerinin arttığı görülmüştür. Membranların su seçici olduğu İPA yı seçmediği belirlenmiştir.

4. yöntemle hazırlanan membranların PV uygulamasında kullanıma daha uygun olduğu görülmüştür. Bu membranlara ZİF 8 katılmasıyla hazırlanacak olan MMM lar, İPA/su karışımlarının PV ile ayrılmasında tercihen suyu geçirerek, İPA/su azeotropik karışımının ekonomik bir şekilde ayrılmasını sağlayacaktır.



Şekil 4. 3.yöntemle hazırlanan membran için yapılan sorpsiyon testi



Şekil 5. 4.yöntemle hazırlanan membran için yapılan sorpsiyon testi

TARTIŞMA

Bu çalışmada PV öncesinde sorpsiyon çalışmaları yapılarak izopropanol/su karışımlarının PV ile ayrılabilirliği incelenmiştir.

Bu amaçla dört farklı yöntemle hazırlanan kitosan membranlarda İPA/su karışımının PV ile ayrılabilirliği sorpsiyon testleri ile belirlenmiştir. Pervaporasyon enerji ve çevre dostu bir membran prosesi olup azeotrop karışımların ayrılmasında ekonomik bir uygulamadır.

Öncelikle İPA/su karışımında çözünmeyen bir polimerik membran hazırlanmış ve şişme derecelerine bakılmıştır. İPA/su azeotrop karışımların ayrılmasında kitosan membranın kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Membranın fiziksel ve kimyasal dayanımının artması, seçici geçirgenliğin belirlenmesi için ZIF-8 katılan MMMlarda daha iyi sonuçlar elde edileceği öngörülmektedir.

Yapılan sorpsiyon testleri sonuçlarına göre 4. yöntemle hazırlanan membran çözeltilerine ağırlıkça %10,20,30 oranlarında ZIF-8 katılarak farklı sıcaklıklarda ve farklı çözelti konsantrasyonlarında PV testleri yapılacaktır.

KAYNAKLAR

Chapmana P. D., Oliveirab T., Livingstona A. G., Lia K., Membranes for the dehydration of solvents by pervaporation, *Journal of Membrane Science*, 2008, **318**, 5-37.

Chen J. H., Liu Q. L., Zhang X. H., Zhang Q. G., Pervaporation and characterization of chitosan membranes cross-linked by 3-aminopropyltriethoxysilane, *Journal of Membrane Science*, 2007, **292**, 125– 132.

Fazlifard S, Mohammadil T, Bakhtiari O, Chitosan/ZIF-8 Mixed-Matrix Membranes for Pervaporation Dehydration of Isopropanol, Chemical Engineering Technology, 2017, 648-655.

Jia Z, Wu G, Metal-organic frameworks based mixed matrix membranes for Pervaporation, Microporous and Mesoporous Materials, 2016, **235**, 151-159.

Romdhane I B B, Romdhane Z B, Gargouri A, Belghith H, Esterificicationactivityandstability of talaromycesthermophiluslipaseimmobilizedontochitosan, Journal of MolecularCatalysis B: Enzymatic, 2011,68, 230-239.

J. Bergera, M. Reista, J.M. Mayera,, O. Feltb, N.A. Peppasc, R. Gurnyb, Structureandinteractions in covalentlyandionicallycrosslinkedchitosanhydrogelsforbiomedicalapplications, EuropeanJournal of PharmaceuticsandBiopharmaceutics 57 (2004) 19–34

Chiou S C, Wu W T, Immobilization of Candidarugosalipase on chitosanactivation of hydroxylgroups, Biomaterials, 2004, 25, 197-204.

Hung T C, Giridhar R, Chiou SH, Wu W T , BinaryImmobilization of Candidarugosalipase on chitosan, Journal of MolecularCatalysis B: Enzymatic, 2003, 26, 69-78.

YU JI YIN, FENG ZHAO, XUE FENG SONG, KANG DE YAO, WILLIAM W. LU, J. CHIYAN LEONG, PreparationandCharacterization of Hydroxyapatite/Chitosan–Gelatin Network Composite, Journal of AppliedPolymerScience, Vol. 77, 2929–2938 (2000)

Zheng Cui, Yan Xiang ,Jiangju Si, Meng Yang, Qi Zhang, Tao Zhang, Ionic interactions between sulfuric acid and chitosan membranes,Carbohydrate Polymers 73 (2008) 111–116.

Wooyoung Won, XiansheFeng,, Darren Lawless, Separation of dimethyl carbonate/methanol/water mixtures by pervaporation using crosslinked chitosan membranes, Separation and Purification Technology 31 (2003) 129-140.

N. Keser Demir, B. Topuz, L. Yilmaz, H. Kalipcilar, Synthesis of ZIF-8 from recycled mother liquors, Microporous Mesoporous Mater. 198 (2014) 291–300. doi:10.1016/j.micromeso.2014.07.052.

I. Ayas, Effect of the Particle Size of Zif-8 on the Separation Performance of ZIF-8/PNA/PES Membranes, METU, 2014.

SELECTIVE SEPARATION AND RECOVERY OF CR(VI) FROM AN AQUEOUS SOLUTION

Canan Onac*, Hamza Korkmaz Alpoguz
Pamukkale University, Faculty of Science and Art, Department of Chemistry, Denizli, Turkey
conac@pau.edu.tr

Absract
Chromium (VI) is one of the major toxic elements found in environmental samples. In this study, chromium (VI) which has great damages for environment and human health has been studied. It has been ensured that Cr (VI), which has a potential toxicity to chromium, especially Cr (III), is selectively and efficiently separated from aqueous media. For this reason, the transport of Cr (VI) in our study was carried out with this method because of its high efficiency and selectivity, rapid transport and long term stability. Calix[4]arene was used as a carrier of the polymer inclusion membrane for the transport of Cr (VI) from donor phase to accepter phase that contains acetic acid / ammonium acetate at pH 6. The prepared PIMs were characterized by contact angle measurements as well as Atomic Force Microscopy and FT-IR spectroscopy. The parameters affecting the transport efficiency of Cr (VI) during PIM were investigated and kinetic parameters such as rate constant (k), permeability coefficient (P) and flux (J) were investigated. The transport efficiency of Cr (VI) was 98.61% after 10 hours under optimum conditions. The results show that PIM is effective for long-term separation and the transport efficiency of PIM is repeatable.

Keywords: Kinetic, transport, toxic

1. INTRODUCTION

The polymer-containing membranes (PIM) contain the carrier, commonly referred to as the main polymer and the extraction agent, for the extraction or transport of chemical species (ions or molecules) from aqueous solutions. They also contain the "plasticizer" which generally improves the membrane properties. The membranes with polymer content are thin, flexible and stable film structure and the basic polymer, carrier and plasticizer are prepared in a suitable solvent and then by evaporating the solvent slowly. In polymer-containing membranes, the carrier is usually complexing or ion exchange agents with a chemical interaction with the species in the aqueous solution. Polypropylene membranes have higher diffusion coefficient, higher selectivity, lower cost and lower energy requirements than other types of liquid membranes. Besides these advantages, high chemical stability and high mechanical resistance of polymer-containing membranes compared to other types of liquid membranes are also desirable in separation processes (Kozlowski et. all 2005). In conventional filtration porous membranes, separation is used only in components of the same size, whereas in polymer-containing membranes, a high selectivity of a single target component is provided from the mixtures. For this reason, polymer-containing membranes have started to gain importance with respect to their high selectivity, stability and other separation technologies due to their transport efficiency in removing toxic components from aqueous environments or recovering precious metals from waste waters.

The rate of metal ion transport in PIM is probably a factor in the commercialization of this technology. To date, this is a very important parameter in most of the existing PIM studies.

Calixarenes have the property of complexing with cation, anion and neutral compounds in both solid phase and solution since their structure has gaps in which different guest molecules can settle. Therefore, it is widely used as a molecule and ion transporter (Asfari et al., 2001). In order to achieve complex stability and selectivity, the ring cavity must be of sufficient size to carry the metal cation and there must be a sufficient number of donor atoms in the ligand. Complex formation occurs as follows; first, donor atoms are bound by the calixarene molecule with limited flexibility in the appropriate position, equivalent to the coordination sphere. The classical complexing mechanism in the Calixarenes are the combination of chelate and donor groups in a molecule by ion exchange or by forming an ion pair. It is possible to connect different chelate groups on the calixarene molecule. Thus

chelate and macrocyclic effect are combined. However, chelating groups increase the flexibility of the ligand, which may reduce selectivity (Alpoguz 2002 and Alpoguz et al. 2002). Alkyl groups may be attached to the phenyl rings to avoid crystalline membrane phases and for high hydrophobicity.
Chromium causes cancer in case of prolonged contact. In studies conducted on chromate and chrome production workers, it was found that bronchitis cancer increased in workers working in the production and isolation of ore dichromates ($Cr_2O_7^{2-}$). Although the mechanism of cancer formation is not known, Cr (VI) is considered to be bound by double-stranded deoxyribonucleic acid (DNA). Therefore, Cr (VI) changes gene copying, repair and duplication. Some researchers have shown that the calix[4]arene is a protonated form of the alkyl ammonium derivative which is effective in transporting the chromate and dichromate anions from the aqueous phase to the chloroform phase.
In this study, the efficiency of Cr(VI) transport through the PIM was investigated by studying the effects of carrier concentration on the membrane phase as well as by measuring some parameters. The kinetic parameters were calculated as rate constant (k), permeability coefficient (P) and flux (J). The transport efficiency of Cr(VI) was observed to be 98.61% after 10 h under optimized conditions. The results suggest that the transport efficiency of the PIM was reproducible and that a PIM is effective for long-term separation processes.

2. MATERIAL AND METHOD

Polymer inclusion membrane was prepared same as in our previous reports. It was used UV-Visible spectrophotometer (Shimadzu UV-1201 V) for the determination of Cr(VI). It was used calix[4]arene derivative that is in the literature as a carrier in PIM transport studies. The experimental setup is a two-chamber device specially designed from Teflon. Each section has a capacity of 45 mL. The membrane containing the polymer is placed between the rings. In order to prevent leakage, rubber was placed between the compartments and compressed with gaskets.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Transport Mechanism

The study carried out; the transport of Cr (VI) metal cation was investigated according to various parameters. The transport mechanism for the transport of Cr (VI) metal cation is presented in Fig 1.

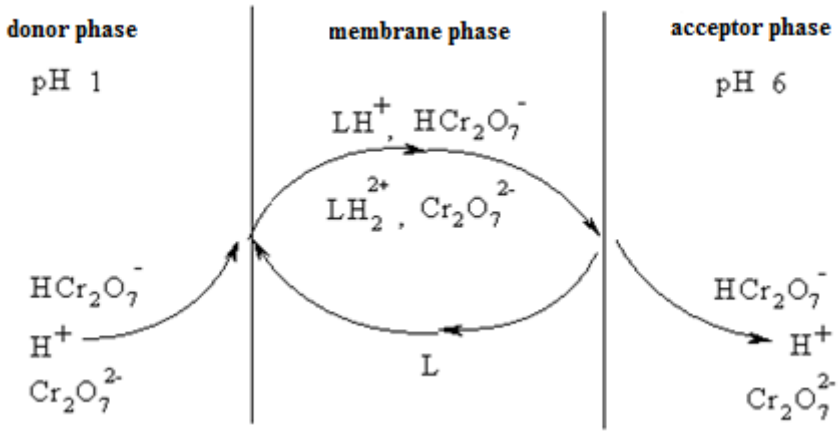


Figure1. Transport mechanism

As defined in the Figure 1, the dichromate Cr (VI) ion diffuses into the p-tert-butyl calix [4] arene amine derivative in the membrane phase in the acidic medium and is then removed by the acceptor phase containing the weak acidic solution and the transport is complete. Dichromate ions are bound to amine derivatives at low pH values and removed at higher pH values. Therefore, in order to achieve efficient and efficient transport of dichromate ions, the pH of the acceptor phase should be kept higher than the pH of the donor phase.

3.2. Carrier Effect

The effect of the carrier concentration in the membrane phase on the transport rate is very important in polymer transport membrane transport studies. Therefore, we calculated rate constant (k), permeability (P), flux (J) and recovery values (RF) for the transport of Cr (VI) metal cation at different constant carrier concentrations (0.4, 0.5, 0.6, 0.7 and 0.8 M).

Table 1. Kinetic datas at different carrier concentrations.

Carrier Concentration	$k.10^5$ (s^{-1})	$P.10^6$ (m/s)	$J.10^6$ ($mol/m^2.s$)	RF (%)
0.4 M	2.69	1.33	0.13	61.84
0.5 M	3.25	1.61	0.16	68.92
0.6 M	11.75	5,82	0.58	98.61
0.7 M	5.33	2,64	0.26	81.23
0.8 M	1.02	0,50	0.05	32.92

The transport efficiency of the calix [4] arene derivative carrier used for the transport of the Cr (VI) metal cation via PIM increases up to 0.6 M, while it decreases after 0.6 M. This can be explained by increased membrane phase viscosity as the carrier concentration increases. Firstly, as the carrier concentration increases, the extraction of Cr (VI) metal cation to the membrane phase takes place very quickly. The high viscosity in the membrane phase then limits the diffusion of the Cr (VI) -carrier complex occurring in the membrane phase. Therefore, the transport in the membrane phase decreases after a certain limit value. As a result, the carrier concentration was reduced to 0.6 M after 0.6 M.

3.3. Plasticizer Effect

One of the factors affecting the transport rate in polymer membrane processes is the effect of plasticizer and its amount. Plasticizers have polar and hydrophobic structures which are used as plasticizers in polymer transport membrane transport studies. Particularly in recent years, 2-nitrophenyloxyleter (2-NPOE), which is a nitrophenyl alkyl ether derivative, is widely used in PIM studies. In order to investigate the effect of the amount of plasticizer when synthesizing the polymer-containing membranes, the amount of support material, carrier concentration and other optimum parameters were kept constant. For this, the amount of ether to be used for each 1 gram of CTA was determined when preparing the membrane.

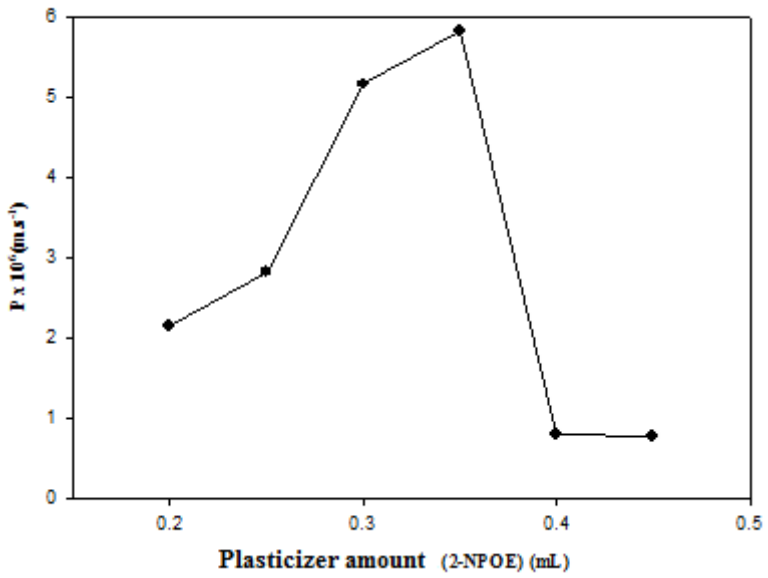


Figure 2. Effect of plasticizer amount on permeability

PIM studies performed with six different 2-NPOE amounts, permeability increased steadily as seen from the Figure 2 in the range of 1-1.75 mL. This phenomenon is undesirable because the low

plasticizer concentration in the PIM studies causes the prepared membrane to be hard and brittle. Therefore, the increase in the amount of 2-NPOE kinetic data is expected to increase. However, after reaching the optimum level (2-NPOE amount 1.75 mL / 1 g CTA), there was a decrease in kinetic data. A decrease in transport efficiency was observed as the increase in the amount of 2-NPOE after the optimum level would increase membrane thickness and thus membrane viscosity. Consequently, the amounts of materials used as plasticizers in transport studies carried out for Cr (VI) metal cation via PIM using calix [4] arene amine derivative are very important. Membrane thickness and viscosity play an effective role in determining the amount of plasticizer. Based on these results, in the transport of Cr (VI) metal cation by polymer-containing membranes in the other parameters (the effect of carrier ligand concentration, the acid effect of the donor phase, the pH effect of the acceptor phase, membrane thickness, the stability of the membrane) the amount of optimum plasticizer was determined as 1.75 mL.

3.4. Membrane Characterization

Under the optimum conditions, a superficial photograph of the membrane composite was prepared. In order to see the differentiation of the calix[4]arene derivative that carries the transport of the polymeric membrane along the membrane surface, the membrane is created at the optimum conditions without adding carriers. Figure 3 shows the AFM image of the CTA + 2-NPOE polymeric membrane before binding to the calix[4]arene derivative. Figure 4 shows the AFM image of the CTA + 2-NPOE + calix [4] arene derivative polymeric membrane formed by the addition of a calix [4] arene derivative carrier. The AFM images given in both of the three dimensions are 50 µm x 50 µm in size.

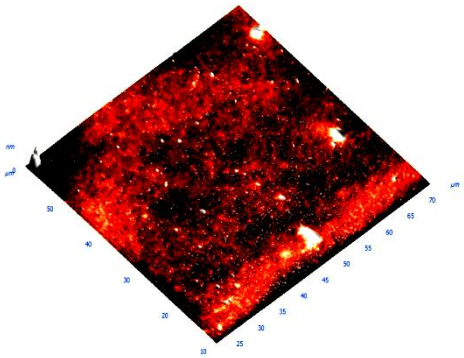


Figure 3. AFM image of CTA+2-NPOE

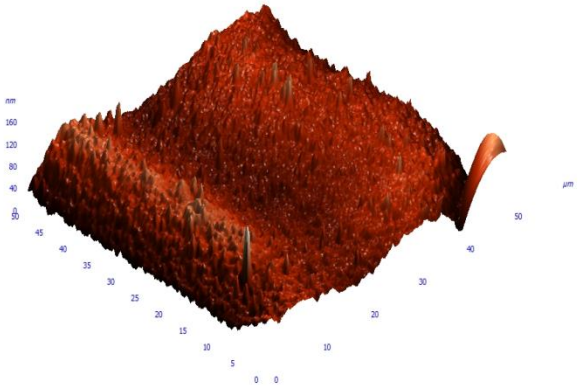


Figure 4. AMF image of CTA+2-NPOE+ calix[4]aren

As can be seen from the AFM images of the CTA + 2-NPOE polymeric membrane, the bright regions in the shade intensities in the vertical profile show the highest points and the dark regions show the pores. The CTA + 2-NPOE membrane with no carrier is non-porous and the surface roughness is negligible due to the different solvent evaporation rate. The difference between the polymeric membranes in Fig 3 and Fig 4 is also evident by the addition of the calix[4]arene derivative carrier. This event also confirms the numerical values of the roughness (Ra) given by the AFM device. The Ra value of the CTA + 2-NPOE + carrier membrane formed after the calix [4] arene derivative carrier was bound while the Ra value of the CTA + 2-NPOE membrane before the carrier binding was 2.722 nm was 13.65 nm. This difference is due to the binding of the calix [4] arene derivative carrier to the CTA + 2-NPOE membrane, as mentioned above.

4. CONCLUSION

Selective separation and removal of toxic metals due to damages to the environment and human health has gained much importance nowadays. For this reason, we have worked on the transport of Cr (VI) metal cation which is a toxic metal. We believe that efficient and efficient separation of Cr (VI) metal cation by the study will make a great contribution to the literature on polymer-containing membrane transport studies.

REFERENCES

Akyıldırım O, Yüksek H, Saral H, Ermiş İ, Eren T, Yola ML, 2016. Platinum nanoparticles supported on nitrogen and sulfur-doped reduced graphene oxide nanomaterial as highly active electrocatalysts for methanol oxidation. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 27, 8559-8566.

Alpoguz, H.K., Memon, S., Ersöz, M. and Yılmaz, M., 2002. Transport of metals through a liquid membrane containing calix[4]arene derivatives as carrier, Separation Science and Technology, 37(9), 2201-2213.

Alpoguz, H. K., 2002. Sıvı membranlarda makrosiklik bileşikler kullanılarak bazı katyonların transport özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 91s

Atar N, Yola ML, Eren T, 2016. Sensitive determination of citrinin based on molecular imprinted electrochemical sensor. Applied Surface Science, 362, 315.

Eren T, Atar N, Yola ML, Karimi-Maleh H, Çolak A.T, Olgun A, 2015. Facile and green fabrication of silver nanoparticles on a polyoxometalate for Li-ion battery. Ionics, 21, 2193.

Kozlowski, C. A. and Walkowiak, W., 2004. Transport of Cr(VI), Zn(II), and Cd(II) ions across polymer inclusion membranes with tridecyl(pyridine) oxide and tri-n-octylamine, Sep. Sci. Technol., 39(13), 3127–3141.

Kozlowski, C. A. and Walkowiak, W., 2005. Applicability of liquid membranes in chromium(VI) transport with amines as ion carriers, J. Membr. Sci., 226(1/2), 143–150

Kozlowski, C. A., and Walkowiak, W., 2002. Removal of chromium(VI) from aqueous solutions by polymer inclusion membranes, Water Res., 36(19), 4870–4876.

Kozlowski, C. A., Ulewicz, M. and Walkowiak, W., 2000. Separation of zinc and cadmium ions from aqueous chloride solutions by ion flotation and liquid membranes, Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 34, 141–151.

Kozlowski, C. A., Girek, T., Walkowiak, W. and Koziol, J. J., 2005. Application of hydrophobic [beta]-cyclodextrin polymer in separation of metal ions by plasticized membranes, Sep. Purif. Technol., 46(3), 136–144.

Kozlowski CA and Walkowiak W, 2005. Applicability of liquid membranes in chromium(VI) transport with amines as ion carriers. J Membr Sci 266:143-150.

Sun X, Dong S and Wang E, 2004. One-Step Preparation and Characterization of Poly(propyleneimine) Dendrimer-Protected Silver Nanoclusters. Macromolecules 37(19) 7105–7108.

Yola ML, Eren T, Atar N, Saral H, Ermiş İ, 2016. Direct-methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-metallic and Bi-metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation. Electroanalysis, 28, 570-579.

Yola ML, Eren T, Atar N, 2015. A sensitive molecular imprinted electrochemical sensor based on gold nanoparticles decorated graphene oxide: Application to selective determination of tyrosine in milk. Sensors and Actuators B: Chemical 210:149-157.

ETANOL FUMİGASYONUNUN DI DİZEL MOTORUNDA MOTOR PERFORMANS, NO VE İS EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Adem TÜYLÜ
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
adem.tuylu1@ogr.sakarya.edu.tr

Doç. Dr. Vezir AYHAN
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi /Makine Mühendisliği Bölümü
vayhan@subu.edu.tr

Doç. Dr. İdris CESUR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi /Makine Mühendisliği Bölümü
icesur@subu.edu.tr

Özet

Teknolojinin gelişmesi ve enerji talebinin artmasıyla birlikte alternatif yakıtların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu yakıtların fosil yakıtlara göre en önemli üstünlüğü yenilenebilir olmasıdır. Etanol yenilenebilir alternatif yakıtların en yaygın kullanılanlarındandır. Dizel motorlarında silindire gönderilen etanol yakıtı belirli oranlarına kadar, motorda önemli bir değişiklik gerektirmeden kullanılabilmektedir. Etanol kullanımı ile performans verilerinde kayda değer bir değişim yaşanmaz iken atmosfere salınan zehirli emisyonlarda belirgin bir azalma sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu, doğal emişli bir dizel motorunda farklı oranlarda etanol fumigasyonunun (EF'nun) motor performans parametreleri, NO ve is emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Motora standart durumda gönderilen yakıtın %10 ve %20 kütlesel oranlarında etanol fumigasyonu yapılmıştır. Deney adımları tekrarlı bir şekilde gerçekleştirilmiş olup her bir motor devri için kayıt altına alınan verilerin ortalama değerleri hesaplanmıştır. Fumigasyon uygulaması sonucunda elde edilen motor performans, NO ve is emisyon verilerinin, standart dizel yakıtı verileri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dizel motor, Etanol fumigasyonu, Motor performansı, NO emisyonu

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ETHANOL FUMIGATION ON ENGINE PERFORMANCE, NO AND SMOKE EMISSIONS IN DI DIESEL ENGINE

Abstract

The use of alternative fuels is becoming widespread with the development of technology and the increase in energy demand. The most important advantage of these fuels over fossil fuels is that they are renewable. Ethanol is one of the most widely used renewable alternative fuels. In diesel engines, up to certain ratios of ethanol fuel sent to the cylinder can be used without requiring any significant changes in the engine. While there is no significant change in the performance data with using ethanol, a noticeable reduction in toxic emissions, released to the atmosphere, can be achieved. In this study, the effects of different proportions of ethanol fumigation (EF) on engine performance parameters, NO and smoke emissions were investigated experimentally in a direct injection, natural aspirated diesel engine. Ethanol fumigation was carried out at a rate of 10% and 20% by weight of the fuel injected to the engine in standard condition. The experimental steps were done repetitively and recorded data for each engine speed were calculated mean of values. Engine performance, NO and smoke emission data obtained as a result of fumigation were compared with standard diesel fuel data.

Keywords: Diesel engine, Ethanol fumigation, Engine performance, NO emission

1. GİRİŞ

Dizel motorları, yüksek sıkıştırma oranı ile çalışmaları nedeni ile buji ateşlemeli motorlara göre çok daha yüksek termik verime sahiptir. Yakıt sarfiyatlarının da düşük olması dizel motorlarını cazip hale

getirmektedir ve günümüzde bir çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak dizel motorlarının bazı emisyon değerleri (NO ve İs emisyonları) buji ateşlemeli motorlara göre oldukça yüksektir. Bu emisyonların azaltılması için kullanılan pek çok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerden biri motorda alternatif yakıt kullanımıdır. Yenilenebilir alternatif yakıtlardan biri de etanoldür. Etanol, Brezilya, A.B.D. başta olmak üzere, birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Etanol dizel motorlarında yakıta emülsife şeklinde karıştırılarak veya emme manifolduna fumigasyon yapılarak kullanılmaktadır. Faz ayrışması nedeni ile karışım olarak kullanımında bazı ilave tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı fumigasyon şeklinde kullanım çok daha avantajlı olmaktadır. Etanolün petrol kökenli yakıtlara göre gizli buharlaşma sıcaklıklarının yüksek olması ve oksijen içeriği volümetrik verim artışı ve yanma veriminde artışın olmasına katkı sağlamaktadır. Bundan dolayı fumigasyon kullanımlarında belirli bir orana kadar performans parametrelerinde iyileşmeler sağlamaktadır.

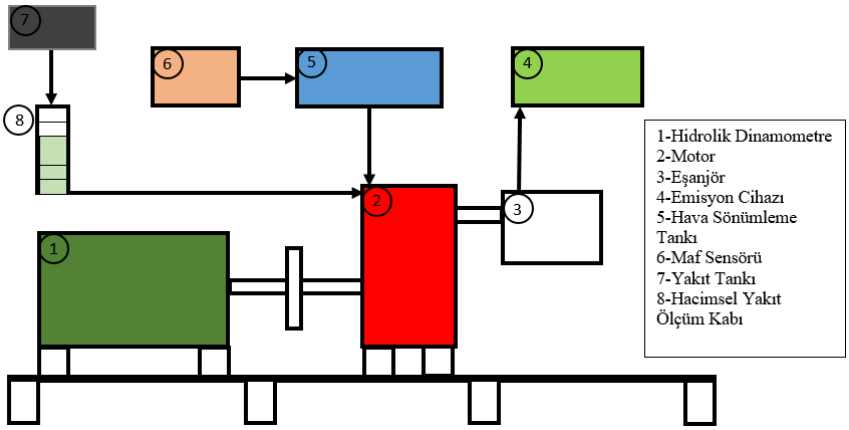
Weidmann ve Menard, bir dizel motorunda etanol-dizel ve metanol-dizel karışımlarının motor performans parametrelerine etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneylere başlamadan önce motor yakıt sistemini alkol kullanımına uygun bir şekilde modifiye etmişlerdir. Alkol-dizel karışımlarının motorda yakıt olarak kullanmaları sonucunda, standart motora göre HC ve CO emisyonlarında artmalar, NOx emisyonlarında ise azalmaların olduğunu tespit etmişlerdir. Abu Quadis ve arkadaşları (2000), farklı oranlarda etanol fumigasyonunu ve etanol-dizel karışımını tek silindirli bir dizel motorunun performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneysel çalışma sonuçlarına göre; Etanol fumigasyonu için optimum oranı % 20 olarak belirlemişler ve bu oranın fren termal verimini % 7,5, CO emisyonunu % 55 ve HC emisyonunu % 36 arttırdığını; is emisyonunu ise % 55 azalttığını gözlemlemişlerdir. Özer ve ark. Bir dizel motorunda yakıt olarak dizel ve dizel-etanol karışımlarını yakıt olarak kullanmışlardır. Hacimsel olarak Dizel yakıta % 10 ve % 15 oranlarda etanol eklenmesiyle elde edilen yakıtları ön yanma odalı turbo dolduruculu bir dizel motorunun emisyonlarına etkilerini farklı yük ve devir sayılarında araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda etanol kullanımı durumunda motor gücünde azalmanın, NOx emisyonlarının artmaların olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, tek silindirli bir dizel motoruna emme periyodunda emme manifolduna (emme supabı arkasına) elektronik kontrollü olarak, motor devri ve yük koşularına göre motor yakıt sarfiyatının %10 ve %20 oranlarında etanol püskürtülmesinin (fumigasyonunun) motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar standart motor verileri ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Tablo 1'de deneysel çalışmalarımızı gerçekleştirmiş olduğumuz direkt enjeksiyonlu, atmosferik motora ait teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 1. Deney Motoru Teknik Özellikleri

Motor Tipi	Super Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm^3]	0,92
Güç, 2400 d/d, [kW]	12
Enjektör Açma Basıncı [bar]	225
Püskürtme Avansı [KMA]	29
Maksimum Devir [d/d]	2800
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direkt Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak



Şekil 1. Deney Düzeneği

Tablo 2. Dizel ve Etanol Yakıtlarının Bazı Özellikleri

Özellikler	Dizel	Etanol
Yoğunluk (kg/L)	0,83	0,79
Kinematik Viskozite (mm^2/s), (40°C)	2,5 – 4	1,20
Alt Isıl Değer [MJ/kg]	43,8	26,7
Setan Sayısı	40 – 55	5 – 8
Oksijen İçeriği (% kütlesel)	-	34,7

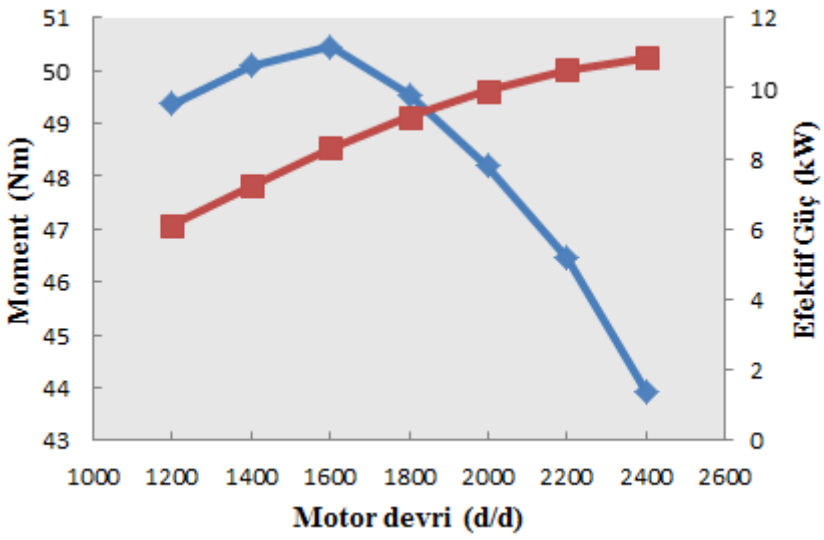
Deneylerde kullanılan yakıtlara ait birkaç önemli özellik Tablo 2'de verilmiştir. Deneylere başlanmadan önce, deney düzeneğinde ölçüm aletlerinin gerekli kontrol ve kalibrasyon işlemleri yapılmıştır. Motor başlangıçta yüksük bir halde, kararlı çalışma rejimine erişene denk çalıştırılmıştır. STD dizel yakıtı ile motor tam yük şartlarında çalıştırılır iken motor performans verileri, motor efektif gücü hidrolik tip dinamometre ile yakıt sarfiyatı 25 cm^3'lük bölmelerden oluşan hacimsel ölçüm kabı ile NO ve is emisyonları emisyon ölçüm cihazları ile ölçülmüştür. Deney süresince motor soğutma suyu sıcaklığı ve yağ sıcaklığı 85 – 90 ℃ sıcaklık değerleri arasında tutulmuştur. Motorun STD dizel yakıtı ile çalıştırılırken tüm devirler için ölçülen yakıt sarfiyatının %10 ve %20 oranları hesaplanmıştır. Her bir motor devri için hesaplanan yakıt miktarları, püskürtme karakteristiği enjektör test kontrol ünitesi ile ayarlanabilen, motor emme supabının arkasına konumlandırılmış bir enjektör ile uygulanmıştır.



Şekil 2. Enjektör Kontrol Ünitesi

3. DENEY SONUÇLARI

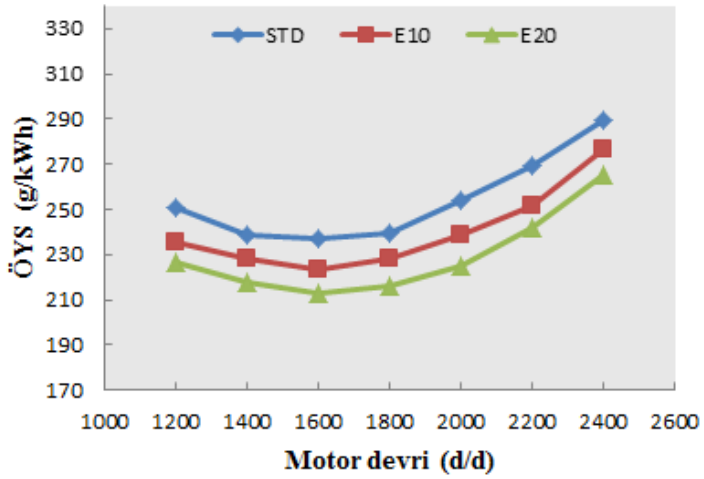
Dizel yakıtı ile motora %10 ve %20 oranında etanol püskürtülmesi durumunda motor momenti ve efektif güç değeri Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Deney motorunun döndürme momenti ve efektif gücü

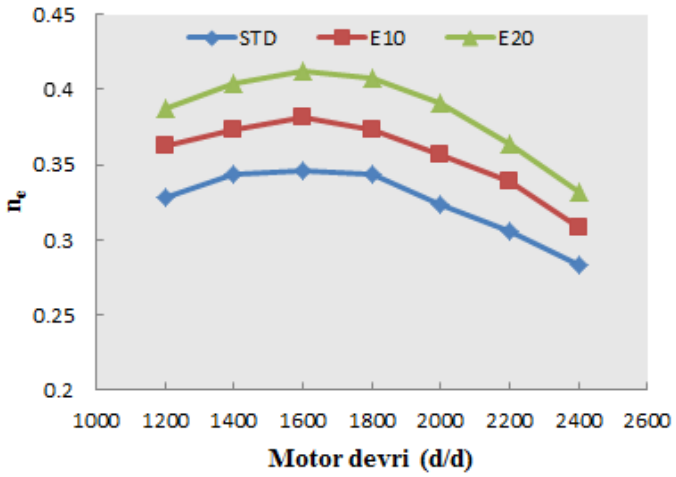
Motora farklı oranında etanol fumigasyonu durumunda aynı güç ve torku verecek şekilde dizel yakıtı kısıldığı için motor aynı güç ve moment değerini vermektedir.

Motorda yakıt olarak dizel ve E10 ve E20 yakıtlarının kullanılması durumunda elde edilen özgül yakıt sarfiyatındaki (ÖYS) değişimler Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi motorda E10 ve E20 yakıtları kullanılması durumunda standart motor verilerine göre özgül yakıt sarfiyatında tüm devirlerde azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Etanolün oksijen içeriğinin yüksek olması yanma veriminde iyileşmelerin olmasına sebep olmuştur. Ayrıca buharlaşma gizli ısısının yüksek olması doğal emişli olan deney motorunun volümetrik veriminde artmalara olanak sağlamaktadır. Bu nedenle motorda etanol yakıtı kullanılması durumunda ÖYS azalmaktadır.



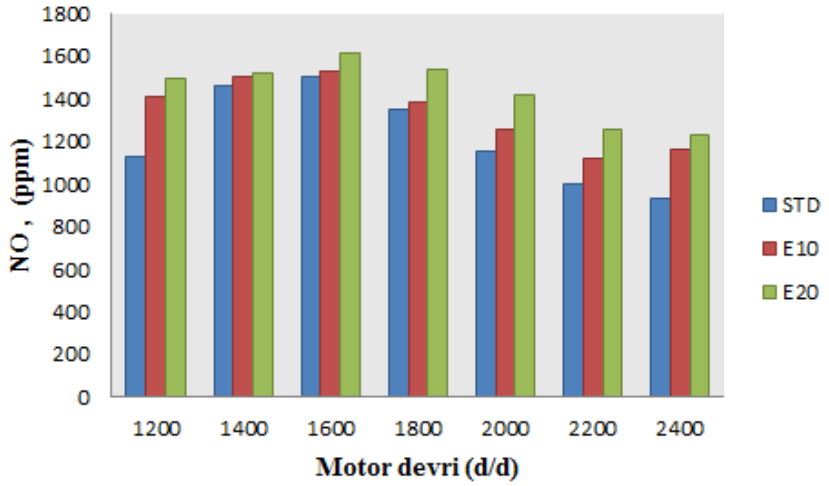
Şekil 2. STD, E10 ve E20 yakıtları için özgül yakıt sarfiyatı değişimi

Şekil 3'de standart motora ile farklı oranlarda etanol fumigasyonu sonucu elde edilen efektif verim değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Motorda E10 ve E20 yakıtları kullanılması durumunda STD duruma göre tüm devir aralıklarında efektif verimde artmalar saptanmıştır.



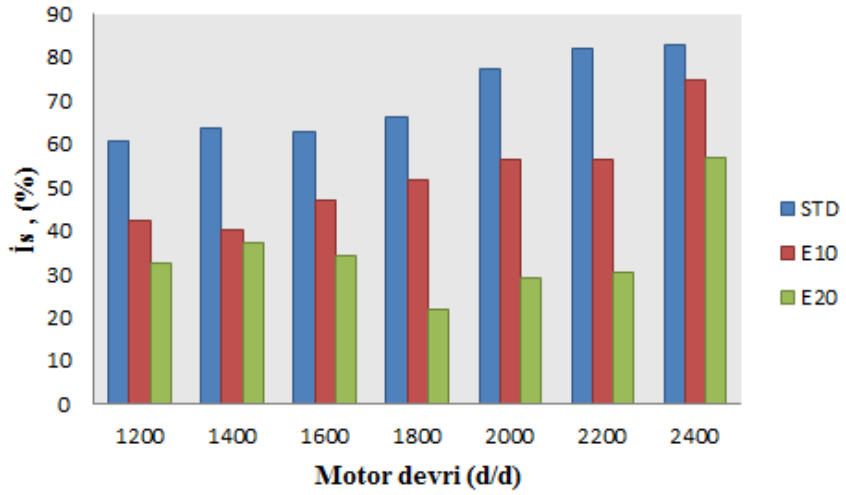
Şekil 3. STD, E10 ve E20 yakıtları için efektif verim değişimi

Motorda, dizel, E10 ve E20 yakıtları kullanılması durumunda elde edilen NO değerleri Şekil 4' de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, E10 ve E20 yakıtları motorda kullanıldığında standart duruma göre NO emisyonlarında artmaların meydana geldiği görülmektedir. NO emisyonlarında artmaların nedeni; etanolün oksijen içeriğinin fazla olması yanma verimini iyileştirmektedir. Artan yanma verimi yanma odası sıcaklıkları artırmasından dolayı NO emisyonlarını artırmaktadır.



Şekil 4. STD, E10 ve E20 yakıtları için NO emisyonu değişimi

Motorda, dizel, E10 ve E20 yakıtları kullanılması durumunda elde edilen is emisyon değerleri Şekil 5'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, E10 ve E20 yakıtları motorda kullanıldığında standart duruma göre is emisyonlarında azalmalar meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 5. STD, E10 ve E20 yakıtları için is emisyonu değişimi

4. DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu, doğal emişli bir dizel motorunda farklı oranlarda etanol fumigasyonunun (EF'nun) motor performans parametreleri, NO ve is emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Fumigasyon uygulamasının devrede olduğu ve olmadığı durumlarda, motor moment, güç değerleri, gaz kolu konumu ile oynanarak sabit tutulmuştur. E10 ve E20 oranlarında etanol fumigasyonu gerçekleştirilmesi ile standart duruma göre;

- Motor performans parametreleri olan özgül yakıt sarfiyatı ve efektif verimde iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir.
- NO emisyon değerlerinde tüm motor devirlerinde artış yaşanmıştır.
- İs emisyon değerlerinde tüm motor devirlerinde yaklaşık %50 azalmalar saptanmıştır.

KAYNAKLAR

AYHAN, V, Bir Dizel Motora Metanol Fumigasyonunun Performans ve Emisyonlara Etkisi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 13, No: 4, 2016 (65-76)

SALMAN, M. S., SÜMER, M., Buji Ateşlemeli Motorlarda Etanol ve Etanol-Benzin Karışımlarının Motor Performansına Etkileri, Politeknik Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 2, S. 27-35, 1999.

WEİDMANN K, MENARD H. Fleet test, performance and emissions of diesel engine using different alcohol fuel blends, SAE Paper No. 841331, 1984.

ABU-QUADİS M., HADDAD O., QUDAİSAT M., The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions, Energy Conversion & Management 41 (2000) 389–399.

CAN, Ö., ÇELİKTEN, İ., USTA, N., Etanol karişimli motorin yakitin diesel motoru egzoz emisyonlarina etkisi Pamukkale Univ Muh Bilim Derg. 2005; 11(2): 219-224

SAĞLIK BAKIM ÇALIŞANLARININ KESİCİ-DELİCİ ALET YARALANMALARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Doç. Dr. Cemal SEZER
Sakarya Üniversitesi/ İşletme Fakültesi/ Sağlık Yönetimi Bölümü.
csezer@sakarya.edu.tr

Arş. Gör. Ayhan DURMUŞ
Sakarya Üniversitesi/ İşletme Fakültesi/ Sağlık Yönetimi Bölümü.
ayhandurmus@sakarya.edu.tr

Uz. Ayşe GEÇİT
Sakarya Hendek Devlet Hastanesi
yusufum80@hotmail.com

Özet
Bu çalışma, sağlık bakım çalışanlarının maruz kaldığı kesici-delici alet yaralanmaları ile ilgilidir. Araştırma, Sakarya Hendek Devlet Hastanesinde görev yapmakta olan hemşireleri kapsamaktadır (N=93; n=93). Bu çalışmada verilerin toplanmasında soru formu yöntemi kullanılmıştır. Soru formunun birinci bölümünde katılımcıların sosyodemografik durumlarına ilişkin sorular yer almıştır. İkinci bölümde ise, katılımcıların kesici-delici alet yaralanmalarıyla ilgili sorular sorulmuştur. Elde edilen veriler SPSS ortamına aktarılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, iş yaşamı boyunca keskin nesne yaralanması maruz kaldığını ifade eden katılımcıların oranı %57'dir. Bu yaralanmaların %66'sı ilaç-ampulü kırarken ve %34'ü ise enjeksiyon yaparken meydana gelmiştir. Katılımcıların %80'i başka bir meslektaşının yaralanmasına tanık olduğunu belirtmiştir. Katılımcıların %95,7'si ise, müdahale yöntemleri konusunda meslektaşlarının bilgili olduğu inancındadır.

Anahtar Kavramlar: Sağlık çalışanı, hemşire, kesici-delici alet, yaralanma.

A STUDY ON SHARP OBJECT INJURIES OF HEALTH CARE WORKERS

Abstract
This study deals with sharp object injuries to healthcare workers. The study included nurses working at the Sakarya Hendek State Hospital (N=93/ n=93). In this study, questionnaire form was used to collect data. In the first part of the questionnaire, there were questions about the socio-demographic status of the participants. In the second part, the participants were asked about the sharp object injuries. The data were analyzed by transferring to SPSS media. According to the findings, 57% of the participants stated that they were exposed to sharp object injury during their work life. Of these injuries, 66% occurred while breaking the medicament-ampoule and 34% injecting. 80% of the participants stated that they witnessed the injury of another colleague. 95.7% of the participants believe that their colleagues are knowledgeable about the intervention methods.

Keywords: Healthcare worker, nurse, sharp object, injury.

1. GİRİŞ

İnsanların sağlık hizmeti ihtiyacını karşılamakla görevli sağlık çalışanlarının kendileri de doğal olarak genel sağlık, iş sağlığı ve iş güvenliği konusunda çeşitli risklerle karşı karşıyadır. Dolayısıyla bütün sektörlerde olduğu gibi sağlık sektörü çalışanlarının da iş sağlığı ve güvenliği önem ve öncelik arz etmektedir. Sağlık yönetimi kapsamında insan kaynakları yönetiminin bir fonksiyonu olan iş sağlığı ve güvenliği konusu, sağlık çalışanlarının meslek hastalıklarından ve iş kazalarından korunması için, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması ve sağlanması faaliyetlerini içermektedir. Bu bağlamda sağlık kurum ve kuruluşlarında bütüncül bir iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin amacı; sağlık çalışanlarını, sağlık hizmetinin sunulduğu çalışma ortamını (sağlık iş yerini) ve sağlık hizmeti sunumunu/ üretimini korumaktır. Bu amacın gerçekleşmesi için, sağlık kurum ve kuruluşlarında

öncelikle gerekli yapısal ve işlevsel önlemlerin alınması, alınan önlemlere rağmen meydana gelen iş kazalarına anında müdahale edilmesi ve doğabilecek zararların önceden tahmin edilip bertaraf edilmesi gerekir. İş kazalarında çalışanlara bağlı nedenler yanında, fiziksel ve mekanik çevre şartlarına bağlı faktörler de etkili olmaktadır (Camkurt, 2007). Her iş yerinde olduğu gibi sağlık hizmeti sunulan iş yerlerinde de, kullanılan makineler, araç-gereçler ve çeşitli aletler, çalışma ortamında kullanılan maddeler, uygun olmayan iş yapış tarzları gibi çeşitli faktörler mesleki tehlikeleri beraberinde getirmekte; fiziksel, kimyasal, psikolojik, toplumsal ve ekonomik nitelikleri ile çalışanların sağlığını etkilemektedir. Bu etkiler yaralanma, ağrı, iş göremezlik, iş gücü kaybı, sakatlık, uzuv kayıpları ve hatta ölüme neden olabilmektedir. Başka bir ifade ile sağlık çalışanları da en az diğer sektörlerdeki ağır işlerde çalışanlar kadar meslek hastalığı ve iş kazası riski ile karşı karşıyadırlar. İş kazası Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından, önceden planlanmamış, kişisel yaralanmalara, araç ve gereçlerin zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan olay olarak tanımlamaktadır (Akbulut, 1994 ve 2001; Dirican, 1993; www.who.int/en/2).

Sağlık hizmeti sunumu sürecinde sağlık çalışanlarının karşılaşabileceği çeşitli meslek hastalıkları ve iş kazası riskleri bulunmaktadır. Bu risklerden birisi de kesici-delici alet yaralanmalardır. Azap ve arkadaşlarınca (2005), 500 hemşire ve 152 hemşire yardımcısının yer aldığı ve toplam 988 sağlık çalışanı üzerinde yapılan bir çalışmada, katılımcıların (% 64) profesyonel yaşamlarında en az bir kez kan ve vücut sıvılarına maruz kaldığı, kesici-delici alet yaralanmaların en sık iğneyi geri çekerken (% 45) yaşandığı belirlenmiştir. Günümüzdeki teknolojik gelişmelere rağmen kesici-delici alet yaralanmaları sağlık çalışanları için hala önemli bir sorun olup, hastalık bulaştırma riski taşımaya ve bu riski artırmaya devam etmektedir. Bu sorunla karşılaşma durumu yaşayan sağlık çalışanları içinde hemşireler ilk sırayı işgal etmektedir. Hemşire sayısının yeterli olmayışı, yoğun ve uzun çalışma saatleri, buna bağlı yorgunluk ve dikkatsizlik gibi nedenler çeşitli mesleki risklerin yanında kesici-delici alet yaralanmalarını da beraberinde getirmektedir (Korkmaz, 2008; Omaç, 2005). Hastalıklı vücut sıvıları ve kana temas nedeniyle hemşireler, hastalık ve ölüme sebep olabilen bulaşıcı hastalıklara yakalanma açısından yüksek risk altındadır. Bu risk, mukokütanöz yaralanmalara oranla perkütan yaralanmalarda daha yüksektir (Köşgeroğlu ve ark. 2003). Bozkurt ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan bir çalışmada kesici-delici alet yaralanmasına maruz kalma oranı hemşirelerde %40 olarak belirlenmiştir. Bu oran temizlik personelinde %35 ve hekimlerde %7.5 düzeyindedir. Kliniklere göre ise, cerrahi klinikler kesici-delici alet yaralanmalarında (%30) ilk sıradadır. Bu oran dâhili klinikler %17.5, ameliyathane %12.5 ve yoğun bakım %12.5'dir. Mangırlı ve Özşaker'in (2014) Cerrahi kliniklerde görev yapan 71 hemşire üzerinde yaptığı bir çalışmada ise, hemşirelerin % 71.8'inin kesici-delici aletlerle yaralandığı belirlenmiştir. Bunlardan %63.4'ünün 1-5 kez, %62.7'sinin enjeksiyon için ilaç hazırlarken, %86.3'ünün ise enjektör iğnesi ile yaralandığı bulgusuna yer verilmiştir.

2. METERYAL ve METOD

Çalışmanın amacı, sağlık bakım çalışanlarının maruz kaldığı kesici delici alet yaralanma düzeylerinin belirlenmesidir. Çalışmanın örneklemini Sakarya Hendek Devlet hastanesinde çalışan 93 hemşire oluşturmaktadır. Veriler, hastalarla yüz yüze görüşme yöntemi ile toplanmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak iki bölümden oluşan soru formu kullanılmıştır. İlk kısımda çalışanların sosyo-demografik özelliklerini yönelik tanıtıcı bilgi formu kullanılmıştır. İkinci kısımda ise, katılımcıların kesici delici nesne yaralanmalarıyla ilgili sorular sorulmuştur. Soru formu araştırmacılar tarafından oluşturulmuş olup, içerik açısından uzman görüşü alınmıştır. Verilerin analizinde; tanımlayıcı istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Çalışmanın sadece tek bir hastanede yapılmış olması araştırmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

3. BULGULAR

Çalışmaya katılan hemşirelerin %93,5'unu kadınlar, %68,8'ini ise evliler oluşturmaktadır. Yaş dağılımlarına göre, %51,6'sı 34 yaş ve üzeridir ve Lisans eğitimi almış hemşire yüzdesi ise %61,3'tür. Katılımcıların %55,9'u 11 yıl ve üzeri kıdem yılına sahipken, kurumda çalışma sürelerine göre çoğunlukla (%51,6) 5 yıl ve altı yılda kurumda çalışmaktadır.

Tablo 1. Katılımcılara Ait Demografik Özelliklere İlişkin Dağılımlar

Cinsiyet	Erkek	6	6,5	Eğitim Durumu	Lise	13	14,0
	Kadın	87	93,5		Ön lisan	23	24,7
Medeni Durum	Bekâr	29	31,2		Lisans	57	61,3
	Evli	64	68,8	Kıdem Yılı	≤10 yıl	41	44,1
Yaş	≤33 yaş	45	48,4		≥11 yıl	52	55,9
	≥34 yaş	48	51,6	Kurumda Çalışma Süresi	≤5 yıl	48	51,6
Katılımcıların yaş ort. 34,17; Kıdem yıllı ort. 3,78 ve Kurumda çalışma yıllı ort ise 2,95'tir.					≥6 yıl	45	48,4

Tablo 2'de katılımcıların yaş değişkenleri ile kesici delici alet yaralanma düzeylerinin dağılımı görülmektedir. Buna göre, iki yaş grubundaki katılımcıların yarısından fazla *yaralanma durumu* yaşadıklarını belirmişlerdir, *yaralanma sayıları* ise genellikle 1-3 kezdir. Her iki yaş grubundaki *kesici delici alet yaralanması türü* çoğunlukla ampul kırarken meydana gelmiştir. Her iki yaş grubu *meslektaşının kesici-delici alet yaralanmasına tanık olmuş* olup, *meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bildiğini* ifade etmişlerdir.

Tablo 2. Yaş Değişkenine Göre Kesici Delici Alet Yaralanma Dağılımı

Yaş		**33 yaş ve altı**		**34 yaş ve üstü**	
		Sayı	**Yüzde**	**Sayı**	**Yüzde**
Yaralanma durumu	Yaşanmadı	20	44,4	20	41,7
	Yaşandı	25	55,6	28	58,3
Yaralanma sayısı	1-3 kere	15	33,3	12	25,0
	4-6 kere	6	13,3	10	20,8
	7 ve üzeri	4	8,9	6	12,5
	Toplam	25	55,6	28	58,3
	Boş	20	44,4	20	41,7
Geçirilen Kesici Delici Alet Yaralanması Türü	Ampul Kırarken	17	37,8	18	37,5
	Enjeksiyon Yaparken	8	17,8	10	20,8
	Toplam	25	55,6	28	58,3
	Boş	20	44,4	20	41,7
Meslektaşın kesici-delici alet yaralanmasına tanık olma durumu	Tanık oldu	38	84,4	42	87,5
	Tanık olmadı	7	15,6	6	12,5
Meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bilmesi	Biliyor	43	95,6	46	95,8
	Bilmiyor	2	4,4	2	4,2
	Toplam	**45**	**100,0**	**48**	**100,0**

Katılımcıların eğitim durumu değişkeni ile kesici delici alet yaralanma düzeylerinin frekans dağılımı tablo 3'te görülmektedir. Buna göre, farklı eğitim seviyesine sahip katılımcıların yaklaşık yarısı *yaralanma durumu* yaşadıklarını ve 1-3 kez bu durumla karşılaştıklarını belirtmişlerdir. Lise eğitimine sahip katılımcılar genellikle *enjeksiyon yaparken* yaralandıklarını ifade ederken, ön lisans ve lisans eğitimine sahip katılımcılar *ampulü kırarken* yaralandıklarını ifade etmişlerdir. Katılımcıların geneli *meslektaşının kesici-delici alet yaralanmasına tanık olmuş*lardır ve *meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bildiğini* söylemişlerdir.

Tablo 3. Eğitim Değişkenine Göre Kesici Delici Alet Yaralanma Dağılımı

Eğitim Durumu		**Lise**		**Ön Lisans**		**Lisans**	
		Sayı	**Yüzde**	**Sayı**	**Yüzde**	**Sayı**	**Yüzde**
Yaralanma durumu	Yaşanmadı	7	53,8	13	56,5	20	35,1
	Yaşandı	6	46,2	10	43,5	37	64,9
Yaralanma sayısı	1-3 kere	3	23,1	5	21,7	19	33,3
	4-6 kere	2	15,4	2	8,7	12	21,1
	7 ve üzeri	1	7,7	3	13,0	6	10,5
	Toplam	6	46,2	10	43,5	37	64,9
	Boş	7	53,8	13	56,5	20	35,1
Geçirilen Kesici Delici Alet Yaralanması Türü	Ampul Kırarken	6	46,2	6	26,1	23	40,4
	Enjeksiyon Yaparken	7	53,8	4	17,4	14	24,6
	Toplam			10	43,5	37	64,9
	Boş			13	56,5	20	35,1
Meslektaşın kesici-delici alet yaralanmasına tanık olma durumu	Tanık oldu	7	53,8	21	91,3	52	91,2
	Tanık olmadı	6	46,2	2	8,7	5	8,8
Meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bilmesi	Biliyor	12	92,3	23	100,0	54	94,7
	Bilmiyor	1	7,7			3	5,3
	Toplam	**13**	**100,0**	**23**	**100,0**	**57**	**100,0**

Tablo 4'te katılımcıların kıdem yılı değişkeni ile kesici delici alet yaralanma düzeylerinin frekans dağılımı görülmektedir. Buna göre, her iki grupta katılımcıların *yaralanma durumu* yaşadığını ve çoğunlukla 1-3 kez bu durumla karşı karşıya kaldığını söyleyebiliriz. Aynı zamanda *yaralanma durumu* ve *sayısının* kıdem yılı arttıkça arttığını ifade edebiliriz. Katılımcıların çoğunluğu her iki grupta *ampul kırarken* yaralandıklarını belirtmişlerdir. Her iki gruptaki katılımcıların çoğunluğu *meslektaşının kesici-delici alet yaralanmasına tanık olmuş* ve *meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bildiğini* ifade etmişlerdir.

Tablo 4. Kıdem Yılı Değişkenine Göre Kesici Delici Alet Yaralanma Dağılımı

Kıdem Yılı		**10 yıl ve altı**		**11 yıl ve üstü**	
		Sayı	**Yüzde**	**Sayı**	**Yüzde**
Yaralanma durumu	Yaşanmadı	20	48,8	20	38,5
	Yaşandı	21	51,2	32	61,5
Yaralanma sayısı	1-3 kere	12	29,3	15	28,8
	4-6 kere	6	14,6	10	19,2
	7 ve üzeri	3	7,3	7	13,5
	Toplam	21	51,2	32	61,5
	Boş	20	48,8	20	38,5
Geçirilen Kesici Delici Alet Yaralanması Türü	Ampul Kırarken	15	36,6	20	38,5
	Enjeksiyon Yaparken	6	14,6	12	23,1
	Toplam	21	51,2	32	61,5
	Boş	20	48,8	20	38,5

Meslektaşın kesici-delici alet yaralanmasına tanık olma durumu	Tanık oldu	33	80,5	47	90,4
	Tanık olmadı	8	19,5	5	9,6
Meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bilmesi	Biliyor	39	95,1	50	96,2
	Bilmiyor	2	4,9	2	3,8
	Toplam	**41**	**100,0**	**52**	**100,0**

Katılımcıların kurumda çalışma süresi değişkeni ile kesici delici alet yaralanma düzeylerinin frekans dağılımı tablo 5'te görülmektedir. Buna göre, iki gruptaki katılımcıların yarısından fazla yaralanma durumu ile karşılaştıklarını ve 1-3 kez bu duruma maruz kaldıklarını belirtmişlerdir. Fakat her iki gruptaki katılımcıların yaklaşık %40'ı kurumda kesi delici alet yaralanması ile karşılaşmadığını ifade etmiştir. Katılımcıların çoğunluğu *ampul kırarken* yaralandığını söylemiştir. Her iki grup *meslektaşının kesici-delici alet yaralanmasına tanık olmuş* olup, *meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bildiğini* ifade etmişlerdir.

Tablo 5. Kurumda Çalışma Süresi Değişkenine Göre Kesici Delici Alet Yaralanma Dağılımı

Kurumda Çalışma Süresi		**5 yıl ve altı**		**6 yıl ve üstü**	
		Sayı	**Yüzde**	**Sayı**	**Yüzde**
Yaralanma durumu	Yaşanmadı	21	43,8	19	42,2
	Yaşandı	27	56,3	26	57,8
Yaralanma sayısı	1-3 kere	14	29,2	13	28,9
	4-6 kere	9	18,8	7	15,6
	7 ve üzeri	4	8,3	6	13,3
	Toplam	27	56,3	26	57,8
	Boş	21	43,8	19	42,2
Geçirilen Kesici Delici Alet Yaralanması Türü	Ampul Kırarken	19	39,6	16	35,6
	Enjeksiyon Yaparken	8	16,7	10	22,2
	Toplam	27	56,3	26	57,8
	Boş	21	43,8	19	42,2
Meslektaşın kesici-delici alet yaralanmasına tanık olma durumu	Tanık oldu	42	87,5	38	84,4
	Tanık olmadı	6	12,5	7	15,6
Meslektaşların kesici-delici alet yaralanmasına müdahale yöntemini bilmesi	Biliyor	47	97,9	42	93,3
	Bilmiyor	1	2,1	3	6,7
	Toplam	**48**	**100,0**	**45**	**100,0**

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmanın sonucuna göre, hemşirelerin kesici delici alet yaralanmalarına maruz kaldığı, genellikle ampul kırarken yaralandıkları ve en az 1-3 kez bunu yaşadıkları belirlenmiştir. Ayrıca, katılımcıların meslektaşlarının yaşamış olduğu yaralanmalara tanıklık ettikleri ve onların müdahale yöntemlerini kullandıkları belirlenmiştir. Bu çalışmayı destekler nitelikte çalışmalara literatürde rastlanmaktadır (Bozkurt vd., 2013; Ghannad et al. 2012; Altıok vd., 2009; Merih vd., 2009; Tabak vd. 2006). Bulunan sonuçlara göre; hemşirelerin genel olarak iş yaşamları boyunca keskin nesneler tarafından yaralandıkları ve bu yaralanmalara karşı müdahale etmede bilgi sahibi olduklarını söyleyebiliriz.

KAYNAKÇA

Akbulut, T. 2001. *İşçi Sağlığına Giriş*, (İşyeri Hekimliği Ders Notları içinde, Editör: Akbulut T.), 6. Baskı, Türk Tabipleri Birliği Yayını, No:011/01, 45, Ankara.

Akbulut T. 1994. *İş Sağlığı Prensip ve Uygulamaları*, Sistem Yayıncılık, Birinci Basım, İstanbul.

Altıok, M., Kuyurtar, F., Karaçorlu, S., Ersöz, G., ve Erdoğan, S. 2009. Sağlık çalışanlarının delici kesici aletlerle yaralanma deneyimleri ve yaralanmaya yönelik alınan önlemler. *Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi,* 2(3), 70-9.

Azap, A., Ergönül, Ö., Memikoğlu, K.O., Yeşilkaya, A., Altunsoy, A.,Yılmaz-Bozkurt, G. Ve Tekeli, E. 2005. Occupational exposure to blood and body fluids among health care workers in Ankara, Turkey, *American Journal of Infection Control,* Vol. 33(1): 48-52. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ajic.2004.08.004

Bozkurt, S., Kökoğlu, Ö. F., Yanıt, F., Kocahasanoğlu, U., Okumuş, M., Sucaklı, M. H., ... & Uçmak, H. 2013. Sağlık çalışanlarında iğne batması ve cerrahi aletlerle olan yaralanmalar. *Dicle Medical Journal*, 40(3), 449-452, DOI: 10.5798/diclemedj.0921.2013.03.0308

Camkurt, M. Z. 2007. İşyeri Çalişma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazalari Üzerindeki Etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi* Cilt: 20 Sayı: 6, Cilt: 21 Say: 1 Mayıs / Ağustos 2007:80-106

Dirican R., Bilgel N. 1993. *Halk Sağlığı (Toplum Hekimliği),* Uludağ Üniversitesi Tıp Fak. Yayını: 429-52.

Ghannad, M. S., Majzoobi, M. M., Ghavimi, M., & Mirzaei, M. 2012. Needlestick and sharp object injuries among health care workers in Hamadan Province, *Iran. Journal of Emergency Nursing*, 38(2), 171-175.

Korkmaz, M. 2008. Sağlık çalışanlarında delici kesici alet yaralanmaları. *Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi,* 3(9): p. 17-37.

Köşgeroğlu, N., Ayrancı, Ü., Bahar, M. 2003. Ameliyathanede Çalışan Hemşirelerde Kesici Delici Alet Yaralanma ve Tıbbi Yardım Alma Durumları. *Hemşirelik Forumu Dergisi*, 6 (6), 32–37.

Mangırlı, M. Ve Özşaker, E. 2014. Cerrahi Kliniklerinde Çalışan Hemşirelerin Kesici Ve Delici Tıbbi Aletlerle Yaralanma Durumlarının İncelenmesi, *Uluslararası Hakemli Hemşirelik Araştırmaları Dergisi,* Sayı: 01 Cilt: 01: 1-10.

Merih, Y. D., Kocabey, M. Y., Çırpı, F., Bolca, Z., & Celayir, A. C. 2009. Bir Devlet Hastanesinde 3 Yıl İçerisinde Görülen Kesici-Delici Alet Yaralanmalarının Epidemiyolojisi Ve Korunmaya Yönelik Önlemler. *Zeynep Kamil Tıp Bülteni,* 40(1), 11-15.

Omaç, M. 2005. Malatya Merkez Hastanelerinde Çalışmakta Olan Hemşirelerde Mesleki Kesici Delici Yaralanma ve Hepatit B Bağışıklanma Durumları. İnönü Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.

Tabak, N., Shiaabana, A. M. ve Shasha, S. 2006. The health beliefs of hospital staff and the reporting of needlestick injury. *Journal of Clinical Nursing,* 15(10), 1228-1239.

WHO, 2004. World Health Organization, *A Glossary Of Terms For Community Health Care And Services For Older Persons*. The World Health Organization Publishing. Genava- Switzerland.

WHO, (https://www.who.int/hrh/statistics/_Health_workers_classification.pdf) Erişim: 15.04.2019

PET GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN TDC MİMARİLERİNİN VLSI BENZETİMLERİ

Arş. Gör. Mehmet Akif ÖZDEMİR
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği
makif.ozdemir@ikc.edu.tr

Prof. Dr. Ali TANGEL
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
atangel@kocaeli.edu.tr

Özet

Pozitron emisyon tomografisi (PET), canlı bir vücut içindeki pozitron yayan radyonüklidlerin konsantrasyonlarının ölçülmesine dayanan tıbbi bir görüntüleme yöntemidir. PET görüntüleme sisteminde glikoz, pozitron yayan bir radyonüklid ile işaretlenip hastaya intravenöz olarak enjekte edilir. Pozitronlar doku içerisinde ilerleyip etkileştiği hücrelerin elektronları ile çarpışırlar. Bu etkileşim sonucu birbirine zıt yönde yayılan iki adet gama ışını oluşur. Radyoaktif glikozu tutmuş olan kanserli dokudan yayılan ışınlar halka şeklinde sıralanmış dedektörler aracılığı ile tespit edilir ve tespit edilen sinyaller elektriksel bir tepkiye dönüştürülür. Sonrasında bu tepkiler elektronik devreler ile örneklenir ve görüntü kümesi oluşturmak için histogram matrisleri şeklinde kaydedilir. Gama ışınları karşıt konumlandırılmış dedektörlere eşit sürede ulaşmıyor olabilir. Uçuş zamanı (TOF) özelliğine sahip olan PET'lerde tespit edilen ışınlar, iki fotonun dedektörlere ulaşma zamanı arasındaki farkın ölçülmesi prensibine dayanan bir yöntem ile daha iyi bir konumlama bilgisi elde etmeyi hedefler. Uçuş zamanının ölçülmesi işlemi zaman-sayısal dönüştürücü (TDC) yapıları ile gerçekleştirilir. Pikosaniye mertebesindeki bu zaman farkının ölçülme kabiliyeti PET sisteminin uzaysal çözünürlüğü ile doğrudan ilgilidir. Bu çalışmada PET sistemlerinde kullanım için çeşitli mimari yaklaşımına sahip TDC yapılarının 45 nm CMOS VLSI benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan TDC mimarileriyle iki gama fotonunun dedektörlere ulaşma zamanı simülasyonu gerçekleştirilmiş ve zaman farkı başarılı bir şekilde sayısallaştırılmıştır. Ayrıca TDC mimarilerinin giriş çıkış gerilimleri, zamansal çözünürlükleri, ölçüm aralıkları ve güç analizleri gibi çeşitli performans ölçütleri belirlenmiştir. Tasarımı yapılan Vernier osilatör tabanlı TDC mimarisi ile 1V besleme gerilimi ve 1,62681 mW güç tüketiminde 25 ps zamansal çözünürlüklere ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 45 nm, CMOS, Pozitron Emisyon Tomografisi (PET), Uçuş Zamanı (TOF), Vernier Osilatör, Zaman-Sayısal Dönüştürücü (TDC).

VLSI IMPLEMENTATION OF TDC ARCHITECTURES USED IN PET IMAGING SYSTEMS

Abstract

Positron emission tomography (PET) is a medical imaging method based on the measurement of concentrations of positron emitting radionuclides in a living body. In the PET imaging system, glucose is labeled with a positron emitting radionuclide and injected intravenously. Then, the positrons move through the tissue and collide with the electrons of the cells in which they interact. As a result of this interaction, two gamma rays are emitted in the opposite direction. Gama rays emitted from cancerous tissue that have retained radioactive glucose are detected through ring-shaped detectors. And the detected signals are converted into an electrical response. Subsequently, these responses are sampled with electronic circuits and recorded as histogram matrix to generate the image set. The gamma rays may not reach the detectors located in the opposite position in equal time. In PETs having time of flight (TOF) characteristics, it is aimed to obtain better positioning information by a method based on the principle of measuring the difference between the reach time of the two photons to detectors. The measurement of the flight time is carried out with time-to-digital converter (TDC) structures. The measurement of this time difference at the ps level is directly related to the spatial resolution of the

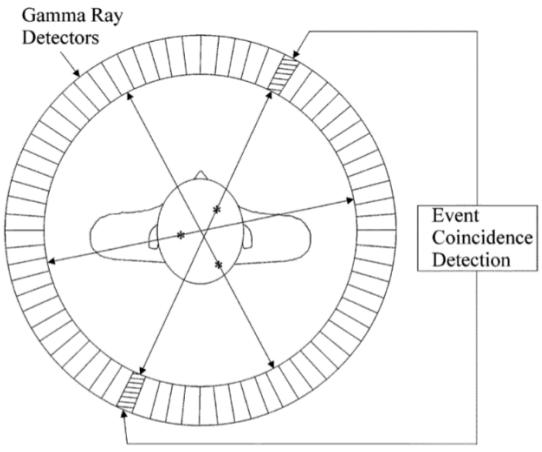
PET system. In this study, 45 nm CMOS VLSI simulations of TDC structures which have various architectural approaches were performed for using in PET systems. With the designed TDC architectures, two gamma photons time reach to detectors have been simulated and the time difference has been successfully digitized. In addition, various performance metrics such as input and output voltages, time resolutions, measurement ranges and power analysis of TDC architectures have been determined. Proposed Vernier oscillator-based TDC architecture has been reached 25 ps time resolution with a low power consumption of 1.62681 mW at 1V supply voltage.

Keywords: 45 nm, CMOS, Positron Emission Tomography (PET), Time of Flight (TOF), Vernier Oscillator, Time-to-Digital Converter (TDC).

1. GİRİŞ

İki fiziksel olay arasındaki zamanın kesin olarak elektronik ölçümü, birçok deneysel ve uygulamalı sistemde önemli ve esastır. TDC, iki rastgele olay arasındaki zaman farkını ölçebilen bir elektronik enstrümantasyon sistemidir (An, Son, An, & Kang, 2019; M. Lee, Kim, Park, & Sim, 2019; Sudo & Haneda, 2019; Wang, Dai, & Wang, 2018). Sayısal zaman dönüştürücüler, çok sayıda zaman ölçüm sistemlerinde yer edinmiştir ve endüstriyel, medikal, araştırma gibi çeşitli uygulama alanlarına sahiptir (Mhiri, Saad, Hammadi, & Besbes, 2017). Mesafe ölçümlerinin gerekli olduğu lazer radar sistemleri (Jahromi, Jansson, Nissinen, Nissinen, & Kostamovaara, 2015), analog sayısal çeviriciler (ADC) (Straayer & Perrott, 2008), kütle spektrometresi (Chernushevich, Loboda, & Thomson, 2001), manyetik rezonans görüntüleme sistemleri (Braga et al., 2013) ve PET tıbbi görüntüleme sistemleri (Cheng, Deen, & Peng, 2016; Kim et al., 2017) gibi birçok karışık sinyal devre uygulaması alanında TDC mimarisi yer bulur. Bu çalışmada açıklanan TDC mimarileri, PET tıbbi görüntüleme sistemlerinde kullanım içindir.

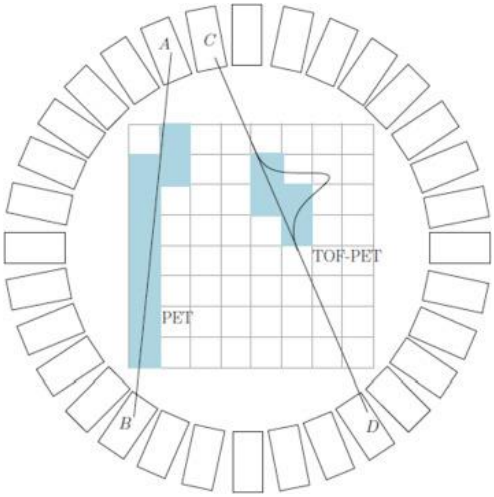
Bir PET tıbbi görüntüleme sistemi, insan vücuduna enjekte edilen radyonüklid madde sayesinde oluşan yüksek enerjili ışınların halka şeklinde sıralanmış algılayıcılar ile tespiti prensibi temeline dayanır. Algılayıcılarda tespit edilen yüksek enerjili ışınlar sayesinde ışımanın gerçekleştiği vücut dokusunun konumu tespit edilebilir ve pozisyonlanabilir. Kanserli bir dokuda meydana gelecek ışımaların tespiti ile bu dokunun sağlıklı dokulardan ayırt edilebilmesi sağlanabilir. Bir pozitron vücutta bir elektronla temas ettiğinde, iki parçacık yok olur ve 180 derece aralıklarla yayılan iki adet 511 KeV enerjili gama ışını üretir (Gambhir, 2002). Bir PET görüntüsü, bir pozitron ve elektronun yok edilmesinden ortaya çıkan kolineer 511 KeV enerjili gama ışını fotonlarının tespiti ile oluşturulur (Bailey, Maisey, Townsend, & Valk, 2005). PET tarayıcısında, birçok gama ışını dedektörü, Şekil 1'de gösterildiği gibi, görüntülenecek hastayı çevreleyen halkalar halinde konumlandırılmıştır.



Şekil 1. Karşıt gama ışınlarının tespitinin gösterimi (Swann et al., 2004)

Pozitron elektron yok edilmelerinden oluşan karşıt gama ışınları bu dedektörler aracılığı ile algılanır ve algılanan sinyaller elektriksel bir tepkiye dönüştürülür. Bir PET tarayıcısından elde edilen görüntülerde, normal olmayan dokunun sağlıklı dokudan ayırt edilebilme kabiliyeti PET tarayıcısının görüntüleme kabiliyetini belirler. TOF PET sistemi yüksek enerjili ışınların karşılıklı sıralanmış halka

şeklindeki algılayıcılara ulaşma süreleri arasındaki farktan daha iyi bir konumlama bilgisi çıkartmayı hedefler. Pozitron elektron yok edilmesi olayı karşılıklı sıralanmış halka dedektörlerine eşit mesafede gerçekleşmiyor olabilir. Bu nedenle yok olma olayı sonucu ortaya çıkan gama fotonları karşılıklı dedektörlere farklı zaman aralığında ulaşır. Yüksek enerjili ışınların algılayıcılara ulaşma süreleri arasındaki farklar pikosaniyeler mertebesindedir. TOF PET sisteminde pozisyonlama işlemi geleneksel PET sistemine göre daha hassas yapılmaktadır (Khalil, 2016). Geleneksel PET ve TOF PET sistemine ait uyarılma durumu Şekil 2'de gösterilmiştir. TOF PET sistemindeki zaman farkının hassas elektronik ölçümleri TDC'ler aracılığı ile yapılır. TOF PET sisteminde kullanılan TDC yapılarının zaman farkı ölçüm kabiliyetleri doğrudan görüntü çözünürlüğüne etki etmektedir.



Şekil 2. Geleneksel PET ve TOF PET'de uyarılma durumu (Sitek, 2012)

Geleneksel PET'de, sistem zamanlama çözünürlüğü (Δt) bilgisi görüntü oluşturma sırasında pozisyonlama için kullanılmaz. TOF PET'de ise yok olma noktasının yeri yaklaşık olarak iki fotonun varış zamanlarındaki ($t_2 - t_1$) farkla belirlenir.

Gama fotonlarının dedektörlere ulaşma zamanları arasındaki fark Denklem (1)'de;

$$\Delta t = t_2 - t_1 \tag{1}$$

şeklinde ifade edilirse ve gama fotonlarının dedektörlere olan mesafe farkı (Δd);

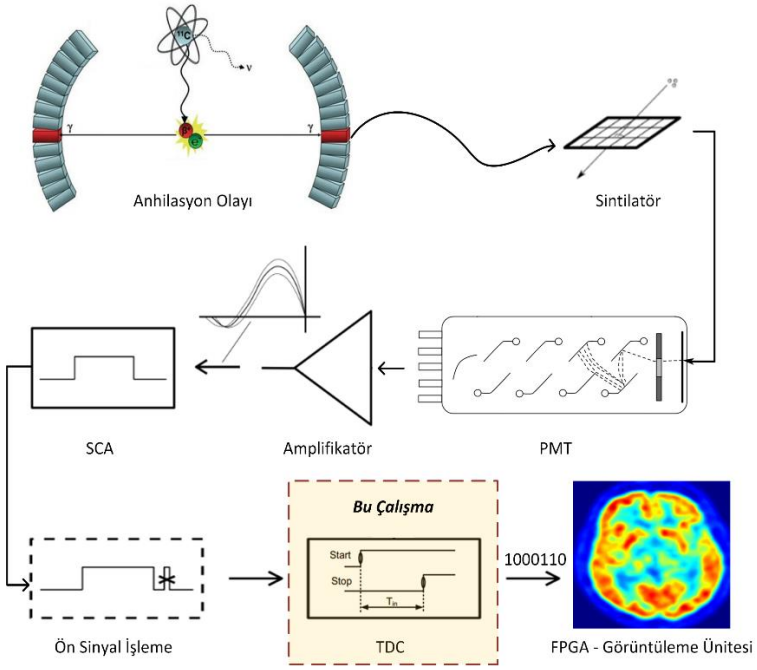
$$\Delta d = c\frac{\Delta t}{2} \tag{2}$$

eşitliği ile tanımlanabilir. Denklem (2)'de gama fotonlarının 1 saniyede aldıkları yol ışık hızıdır ($3x10^{10}$ cm/sn). Denklem (2)'ye göre 1 cm uzaysal çözünürlüğe ulaşmak için 66 ps zamansal çözünürlük gereklidir. TOF PET'te belli zaman penceresinde gelen yok olma olayı sonucu oluşan gama fotonlarının, karşılıklı detektörlere ulaşma zaman farkı ölçümleri TDC'ler aracılığı ile yapılabilmektedir (Rolo et al., 2013). Bu çalışmada PET tıbbi görüntüleme sistemlerinde kullanım için TDC mimarilerinin çok geniş ölçekli tümleşim (Very Large Scale Integration, VLSI) benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan TDC mimarileri ile PET görüntülerine daha iyi çözünürlük sağlayarak kanserli dokuların sağlıklı dokulardan daha belirgin bir şekilde ayırt edilebilmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

PET, halka şeklinde dizilmiş bir seri sintilasyon kristali ve bu kristallere birleştirilmiş foton çoğaltıcı tümlerden (PMT) oluşmuştur. PMT'den çıkan sinyali yükseltmek için kullanılan sinyal kuvvetlendirici devreler ve anhilasyon darbelerinin yakalanması için kullanılan sinyal yükseklik analizörleri (SCA), PET sisteminin temel bileşenlerindendir. Ayrıca pozisyonlama için TDC-FPGA sisteminden oluşan sayısallaştırma devreleri ve nihai görüntüyü elde etmek ve düzenlemek için kullanılan bilgisayar

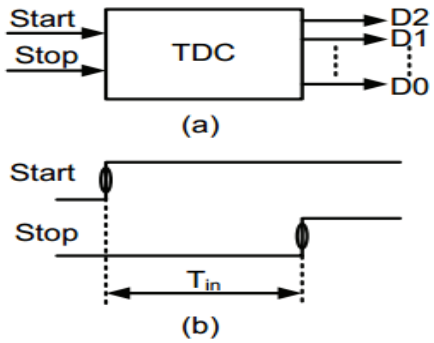
ünitesi ve görüntüleme sistemi PET sistemlerinde kullanılmaktadır (B. J. Lee, Chang, & Levin, 2018). Şekil 3'de PET cihazında anhilasyon olayının tespitinden, görüntü oluşumuna kadar olan aşamalar verilmiştir.



Şekil 3. PET sistemi

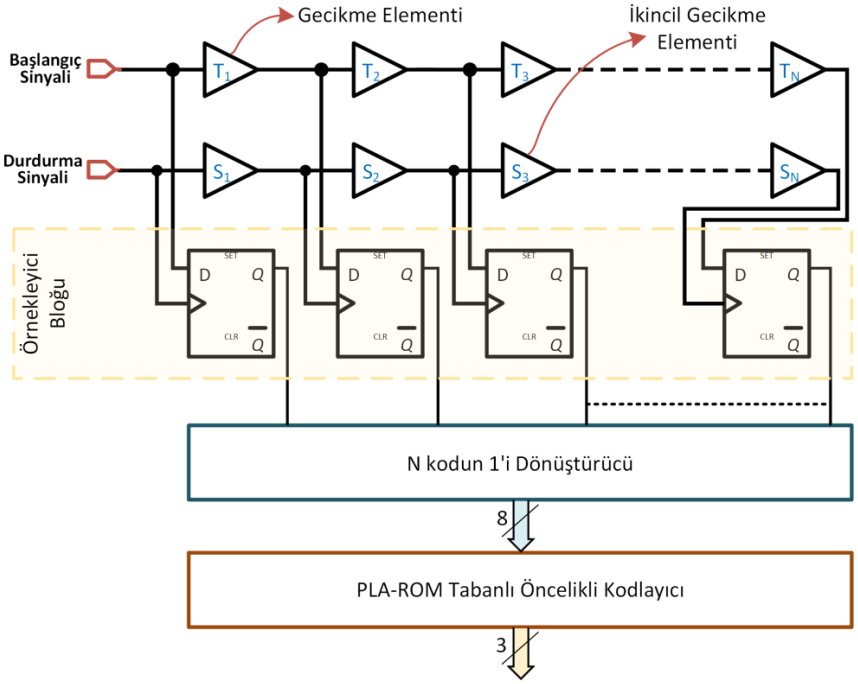
2.1. TDC Mimarisi

TDC, iki sinyal arasındaki küçük zaman farklarını ("Başlat" ve "Durdur" olarak tanımlanır) ölçen ve bu zaman aralığının sayısal gösterimlerini sağlayan bir elektronik entegre devredir. TDC'nin temel blok diyagramı Şekil 4(a)'da gösterilmiştir. Bir TDC'nin işlevi ADC ile aynıdır. TDC, ADC'lerdeki voltaj veya akım farkları yerine zaman farkıyla ilgilidir. Şekil 4(b)'de görüldüğü gibi ölçülen süre, Başlat ve Durdur'un pozitif kenarları arasındaki faz farkı olarak tanımlanır (Zanuso, Levantino, Samori, & Lacaita, 2010). Giriş sürekli zaman sinyalleridir. Çıkışlar sayısal kodlardır.



Şekil 4. Zaman-sayısal dönüşümünün temeli (Gao, Gao, Hu-Guo, & Hu, 2011)

Bu çalışmada Vernier gecikme hattı (VDL) tabanlı bir TDC mimarisi yaklaşımı önerilmektedir. Tasarımı yapılan VDL TDC mimarisinin şematik gösterimi Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu mimaride ölçümler Vernier cetveli ölçüm prensibine dayanmaktadır. Farklı evirici yapılarından oluşturulan gecikme süreleri farklı iki gecikme hücresi, iki farklı gecikme hattına yerleştirilir. Vernier yöntemi kullanılarak iki gecikme hücresinin gecikme süreleri arasındaki fark ölçülebilir. Geciken sinyallerin hangisinin devreye daha erken geldiği karar verici devreler aracılığı ile kaydedilir ve örneklenir (Wang & Dai, 2017).

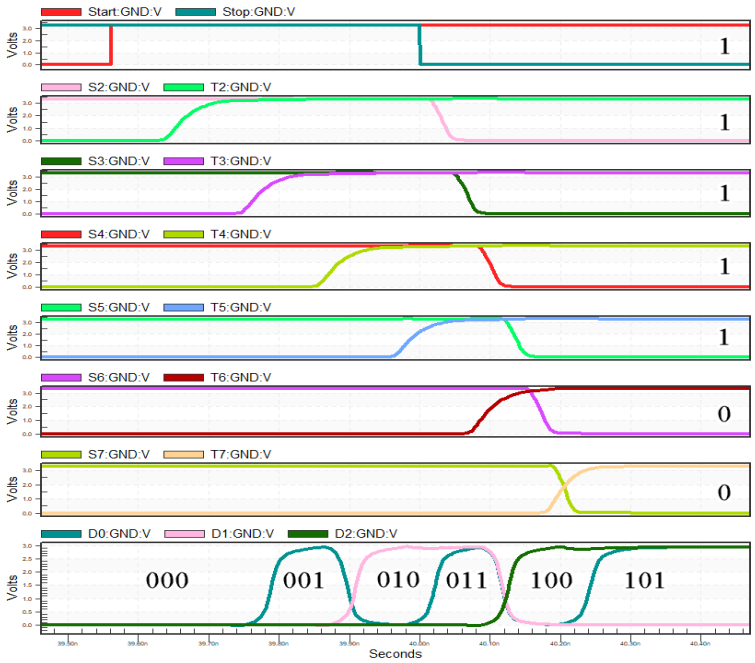


Şekil 5. Vernier gecikme hattı tabanlı TDC blok diyagramı

Bu mimaride başlangıç sinyali ve durdurma sinyali yok olma olayı sonucu oluşan iki gama fotonunun karşılıklı sıralanmış dedektörlere ulaşma zamanını temsil etmektedir. Başlangıç sinyali gecikme elementi olarak nitelendirilen katlı evirici yapısından geçirilerek geciktirilir. Eş zamanlı olarak durdurma sinyali de ikincil gecikme elementi olarak nitelendirilen evirici yapısından geçirilerek geciktirilir. Başlangıç sinyali durdurma sinyaline göre daha fazla evirici yapısından geçirildiği için daha çok gecikmeye maruz kalır. Geciktirilen sinyallerin birbirine göre konumlarından o anki zaman farkı ölçümü sayısallaştırılabilir. Örnekleyici bloğu temel D flip flop yapılarından oluşmaktadır. Geciken başlangıç sinyalleri geciken durdurma sinyallerinden önce örnekleyici bloğuna ulaşırsa örnekleyici çıkışları lojik-1 seviyesine ayarlanır. Geciken başlangıç sinyalleri geciken durdurma sinyallerinden daha sonra örnekleyici bloğuna ulaşırsa örnekleyici çıkışları lojik-0 seviyesine ayarlanır. İki sinyal arasındaki mesafe bazlı bu ölçüm Vernier prensibi olarak tanımlanır. Örnekleyici bloğunun çıkışları termometre kod dizişi şeklindedir. Bu çıkışlar sonrasında N kodun 1'i dönüştürücü ve öncelikli kodlayıcı yapısıyla termometre kodundan sayısal ikilik kodlara dönüştürülür.

3. SONUÇ

Tasarlanan VDL TDC mimarisinin 45nm CMOS transient simülasyon analizi Şekil 6'da gösterilmiştir. 'T' harfiyle nitelendirilen gecikmiş başlangıç sinyalleri 'S' harfiyle nitelendirilen gecikmiş durdurma sinyallerinden ilk 5 gecikmede örnekleyici bloğuna daha önce ulaşmıştır. Bu sinyaller dijital çıkışlara lojik-1 olarak atanmıştır. Kalan yüksek seviyeli sinyaller ise lojik-0 olarak atanmıştır. Öncelikli kodlayıcı yapısı ise bu sinyalleri '101' şeklinde ikilik çıkış olarak sayısallaştırmıştır.



Şekil 6. Vernier TDC transient simülasyon analizi

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada PET tıbbi görüntüleme cihazlarında kullanım için 45nm CMOS teknoloji boyutunda VDL tabanlı TDC mimarisinin tasarımı gerçekleştirilmiş ve tasarlanan mimarinin giriş çıkış gerilim ilişkilisi ile güç analizleri simülasyonları gerçekleştirilmiştir. VDL TDC mimarisinde TDC çözünürlüğü iki gecikme elementinin gecikme sürelerine bağlıdır. Tasarımı yapılan mimaride başlangıç sinyali 2,5 ns anından başlayarak ~102,7 ps aralıklarla geciktirilmiştir. Durdurma sinyali ise 4 ns anından başlayarak ~77,7 ps zaman aralıklarıyla geciktirilmiştir. Bu sayede tasarlanan mimarinin zamansal çözünürlüğü 102,7-77,7=~25 ps mertebesinde gerçekleşmiştir. Tasarımda uzunluğu 45 nm genişliği 1,5 um olan 429 adet özdeş MOSFET kullanışmış olup 1V besleme geriliminde ortalama güç tüketimi çok düşük seviyede, 1,62681 mW olarak geçekleşmiştir. Önerilen VDL tabanlı TDC mimarisi ulaştığı 25 ps zamansal çözünürlük ve çok düşük güç tüketimi ile PET görüntüleme sistemlerinde kullanım için tasarlanacak tam bir çip yapısına kaynak oluşturabilir. Bununla birlikte TDC'nin zamansal çözünürlüğü evirici tabanlı gecikme elementlerinin Gate gecikmesine bağlı olduğu için tasarımı yapılacak daha düşük Gate gecikmesine sahip yapılarla daha hassas zamansal çözünürlüklere erişilebilir.

KAYNAKLAR

An, S.-M., Son, K.-S., An, T.-J., & Kang, J.-K. (2019). Design of a Third-Order Delta-Sigma TDC With Error-Feedback Structure. *IEICE Electronics Express, 16*(3), 1-10. doi:10.1587/elex.16.20181064

Bailey, D. L., Maisey, M. N., Townsend, D. W., & Valk, P. E. (2005). *Positron Emission Tomography* (3rd Edition ed.). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

Braga, L. H. C., Gasparini, L., Grant, L., Henderson, R. K., Massari, N., Perenzoni, M., . . . Walker, R. (2013, 17-21 February, 2013). *An 8× 16-Pixel 92kSPAD Time-Resolved Sensor With on-Pixel 64ps 12b TDC and 100MS/s Real-Time Energy Histogramming in 0.13 µm CIS Technology for PET/MRI Applications.* Paper presented at the 2013 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers, San Francisco, California (USA).

Cheng, Z., Deen, M. J., & Peng, H. (2016). A Low-Power Gateable Vernier Ring Oscillator Time-to-Digital Converter for Biomedical Imaging Applications. *IEEE transactions on biomedical circuits and systems, 10*(2), 445-454.

Chernushevich, I. V., Loboda, A. V., & Thomson, B. A. (2001). An Introduction to Quadrupole–Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry, 36*(8), 849-865.

Gambhir, S. S. (2002). Molecular Imaging of Cancer With Positron Emission Tomography. *Nature Reviews, 2*(9), 683-693.

Gao, W., Gao, D., Hu-Guo, C., & Hu, Y. (2011). Integrated High-Resolution Multi-Channel Time-to-Digital Converters (TDCs) for PET Imaging. In A. Laskovski (Ed.), *Biomedical Engineering, Trends in Electronics, Communications and Software* (2011 Edition ed., pp. 295-316). Rijeka, Croatia InTech.

Jahromi, S., Jansson, J., Nissinen, I., Nissinen, J., & Kostamovaara, J. (2015, 14-18 September, 2015). *A Single Chip Laser Radar Receiver With a 9× 9 SPAD Detector Array and a 10-Channel TDC.* Paper presented at the ESSCIRC Conference 2015-41st European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC), Graz, Austria.

Khalil, M. M. (2016). *Basic Science of PET Imaging* (1st Edition ed.). Gewerbestrasse, Switzerland: Springer International Publishing.

Kim, M.-S., Cho, K.-I., Kwak, Y.-S., Lee, S., Choi, J., & Ahn, G.-C. (2017). A 19.5 ps-LSB Vernier-Type Time-to-Digital Converter for PET. *Journal of Semiconductor Technology and Science, 17*(6), 800-805.

Lee, B. J., Chang, C.-M., & Levin, C. S. (2018). PET System Technology Designs for Achieving Simultaneous PET/MRI. In A. Iagaru, T. Hope, & P. Veit-Haibach (Eds.), *PET/MRI in Oncology: Current Clinical Applications* (1st Edition ed., pp. 1-26). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

Lee, M., Kim, S., Park, H.-J., & Sim, J.-Y. (2019). A 0.0043-mm^2 0.3–1.2-V Frequency-Scalable Synthesized Fractional-N Digital PLL With a Speculative Dual-Referenced Interpolating TDC. *IEEE Journal of Solid-State Circuits, 54*(1), 99-108.

Mhiri, M., Saad, S., Hammadi, A. B., & Besbes, K. (2017). A New Hybrid TDC Based on GRO-Pseudo Delay Architecture With Fractional Code and Wide Time Range Detection for Divider-Less ADPLL. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 93*(2), 265-275.

Rolo, M. D., Bugalho, R., Goncalves, F., Mazza, G., Rivetti, A., Silva, J. C., . . . Varela, J. (2013). TOFPET ASIC for PET Applications. *Journal of Instrumentation, 8*(02), C02050.

Sitek, A. (2012). Data Analysis in Emission Tomography Using Emission-Count Posteriors. *Physics in Medicine Biology, 57*(21), 6779-6795.

Straayer, M. Z., & Perrott, M. H. (2008). A 12-Bit, 10-MHz Bandwidth, Continuous-Time ΣΔ ADC With a 5-Bit, 950-MS/s VCO-Based Quantizer. *IEEE Journal of Solid-State Circuits, 43*(4), 805-814.

Sudo, Y., & Haneda, H. (2019). USA Patent No. U.S. Patent and Trademark Office.

Swann, B. K., Blalock, B. J., Clonts, L. G., Binkley, D. M., Rochelle, J. M., Breeding, E., & Baldwin, K. M. (2004). A 100-ps Time-Resolution CMOS Time-to-Digital Converter for Positron Emission Tomography Imaging Applications. *IEEE Journal of Solid-State Circuits, 39*(11), 1839-1852.

Wang, H., & Dai, F. F. (2017, 11-14 September, 2017). *A 14-Bit, 1-ps Resolution, Two-Step Ring and 2D Vernier TDC in 130nm CMOS Technology.* Paper presented at the ESSCIRC 2017-43rd IEEE European Solid State Circuits Conference, Leuven, Belgium.

Wang, H., Dai, F. F., & Wang, H. (2018). A Reconfigurable Vernier Time-to-Digital Converter With 2-D Spiral Comparator Array and Second-Order ΔΣ Linearization. *IEEE Journal of Solid-State Circuits, 53*(3), 738-749.

Zanuso, M., Levantino, S., Samori, C., & Lacaita, A. (2010, 7-11 February, 2010). *A 3MHz-BW 3.6 GHz Digital Fractional-N PLL With Sub-Gate-Delay TDC, Phase-Interpolation Divider, and Digital Mismatch Cancellation.* Paper presented at the 2010 IEEE International Solid-State Circuits Conference-(ISSCC), San Francisco, California (USA).

AISI H11 ÇELİĞİNİN TORNALANMASINDA KESİCİ TAKIM KAPLAMA YÖNTEMİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL VE İSTATİSTİKSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Öğr. Gör. Onur Özbek
Düzce Üniversitesi / Gümüşova M.Y.O / Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
onurozbek@duzce.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Nursel Altan Özbek
Düzce Üniversitesi / Dr. Engin PAK Cumayeri M.Y.O / Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
nurselaltan@duzce.edu.tr

Doç. Dr. Fuat Kara
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
fuatkara@duzce.edu.tr

Özet

Parçaların işlenmesinde, yüzey kalitesi en belirgin müşteri gereksinimlerinden biridir. Yüzey kalitesinin en önemli göstergesi de yüzey pürüzlülüğüdür. Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir rol oynar ve işleme doğruluğunun değerlendirilmesinde büyük öneme sahip bir faktördür. Sunulan bu çalışmada, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin tungsten karbür kesici takımlarla tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve gürültü (N) üzerine etkileri araştırılmıştır. Kesme parametresi olarak CVD ve PVD olmak üzere iki farklı kaplama türü, üç farklı kesme hızı (80, 160, 240 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,08, 0,16, 0,24 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (1 mm) kullanılmıştır. Taguchi L_{18} deney tasarımına göre yapılan deneylerle AISI H11 çeliğinin tornalanmasında minimum yüzey pürüzlülüğü ve gürültü için en uygun kesme parametreleri tespit edilmiştir. Diğer yandan deney sonuçları kullanılarak yapılan ANOVA ile kontrol faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü ve gürültü üzerindeki etki seviyeleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI H11, CVD, PVD, Gürültü, Yüzey pürüzlülüğü.

AN EXPERIMENTAL AND STATISTICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF THE CUTTING TOOL COATING METHOD ON SURFACE ROUGHNESS IN TURNING OF AISI H11 STEEL

Abstract

When machining parts, surface quality is one of the most obvious customer requirements. The surface roughness is the most important indicator of the surface quality. Surface roughness plays an important role in many areas and is a major factor in the evaluation of machining accuracy. In this study, the effects of cutting parameters on surface roughness (Ra) and noise (N) were investigated in turning AISI H11 hot work tool steel with tungsten carbide cutting tools. Two different types of coating (CVD and PVD), three different cutting speeds (80, 160, 240 m/min), three different feed rates (0.08, 0.16, 0.24 mm/rev) and fixed depth of cut (1 mm) were used as cutting parameters. The optimum cutting parameters were determined for the lowest surface roughness and noise in turning AISI H11 steel by the experiments performed according to the Taguchi L_{18} experimental design. In addition, the effect levels of the control factors on surface roughness and noise were determined by using ANOVA.

Keywords: AISI H11, CVD, PVD, Noise, Surface roughness.

1. GİRİŞ

AISI H11 çeliği, termal şok ve ısıl çatlama dayanımı çok yüksek olan sıcak iş takım çeliğidir. Sıcak çalışma şartlarında üstün mekanik özellik ve tokluk gösterir. İşlenebilirliği mükemmeldir. Basınçlı

döküm kalıpları, alüminyum profil, boru, çubuk çekme kalıpları, metal enjeksiyon kalıpları ve sıcak dövme kalıpları gibi geniş kullanım alanına sahiptir.

İmalatta farklı malzemelerin kullanılması ve talaşlı üretim tezgâhlarının gelişimi, kesme ve ilerleme hızlarının gün geçtikçe artması, kesici takımların da gelişimini sağlamıştır. Kesici takım üzerine yapılan sert kaplamalar, modern kesici takımların gelişmesinde önemli bir teknolojik avantajdır. Sert kaplamaların kullanımının, işleme performansı ve takım ömrü açısından faydalı olduğu ispatlanmıştır. Son yıllarda, kesme ve ilerleme hızının artmasıyla kaplama teknolojisine olan eğilim oldukça artmıştır. Bugün tornalama işlemlerinin %70'inden fazlası kaplamalı karbür takımlar ile yapılmaktadır (Balaji ve ark., 2002; Pfouts, 2000). Karbür takımlar genellikle kimyasal buhar çökeltme (CVD) ve fiziksel buhar çökeltme(PVD) tekniği ile kaplanırlar. CVD kaplamalar kesici takımın aşınma direncini artırı ve takımlara çok iyi yapışır. PVD kaplamalar da aşınma direnci artışı sağlamakla birlikte kenar tokluğunu da artırır. Karbür takımların sıcak sertlikleriyle birlikte oksidasyon ve difüzyon aşınmasına karşı direnç kabiliyeti TiC, TiN, Al_2O_3, TiCN, TiAlN, TiZrN, TiB_2 ve elmas kaplamalar ile artırılabilir (Hosseini ve ark., 2014).

Bu çalışmada, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin CVD (TiCN+Al_2O_3+TiN) ve PVD (TiAlN+TiN) kaplı tungsten karbür takımlarla tornalanmasında kesici takım ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve gürültü üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Ayrıca Taguchi L_{18} deney tasarımına göre yapılan deneylerle minimum yüzey pürüzlülüğü ve gürültü için en uygun parametreler belirlenmiştir. Bununla birlikte deney sonuçları kullanılarak yapılan Varyans analizi ile kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve gürültü üzerindeki etki seviyeleri tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan CNC torna tezgahı ACCUWAY JT-150 marka ve model olup motor gücü 7,5 KW' dır. Tornalama deneylerinde, TaeguTec kesici takım firması tarafından imal edilmiş olan CNMG 120408 MT formunda TT 8125 kodlu CVD kaplı karbür (TiCN+Al_2O_3+TiN) ve TT 5080 kodlu PVD kaplı karbür (TiAlN+TiN) tornalama uçları kullanılmıştır. İşlenmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için Mahr Marsurf PS 10 Portatif yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı kullanılmıştır. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Ra, ISO 4287 standardına göre, deneylerden sonra elde edilen yüzeylerin her birinden başta, ortada ve sonda olmak üzere alınan üç ölçüm değerinin aritmetik ortalamasıyla tayin edilmiştir. Gürültü değerleri ise Extech HD600 gürültü ölçüm ve kayıt cihazı ile ölçülerek belirlenmiştir.

Tablo 1. AISI H11 Çeliğinin Kimyasal Bileşimi (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
0,37	0,97	0,37	0,024	0,004	4,93	1,29	0,41

Yapılan çalışmada, Taguchi metodu deney tasarım ve analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, sonuçların analiz edilebilmesi için S/N (Sinyal/Gürültü) oranı olarak bilinen bir istatistiksel değer kullanılır. S/N oranlarının hesaplanmasında; karakteristik tipine bağlı en küçük en iyidir, nominal en iyidir ve en büyük en iyidir metotları kullanılır (Kara, 2017; Masmiati ve ark., 2015). Bu çalışmadaki S/N değerlerinin belirlenmesinde, Eşitlik 1'de verilen "en küçük en iyi" prensibine karşılık gelen formül kullanılmıştır.

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^{\,2}\right) \quad (1)$$

Burada; y_i ölçülen yüzey pürüzlülüğü ve gürültü değerini, n ise yapılan deney sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada, kesme parametreleri; kesici takım türü (Ct), ilerleme hızı (f) ve kesme hızı (V) olarak seçilmiştir. AISI H11 çeliğinin tornalanmasında kullanılan kontrol faktörleri ve seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlara %95 güven aralığında ANOVA uygulanarak

Ra ve N üzerinde değişkenlerin etki seviyeleri tespit edilmiştir. İstatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesinde Minitab 16 yazılımı kullanılmıştır.

Tablo 2. Kontrol faktörleri ve seviyeleri

Sembol	Kontrol faktörleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kesici takım türü (Ct)	CVD	PVD	
B	İlerleme hızı – f (mm/dev)	0,08	0,16	0,24
C	Kesme hızı – V (m/dak)	80	160	240

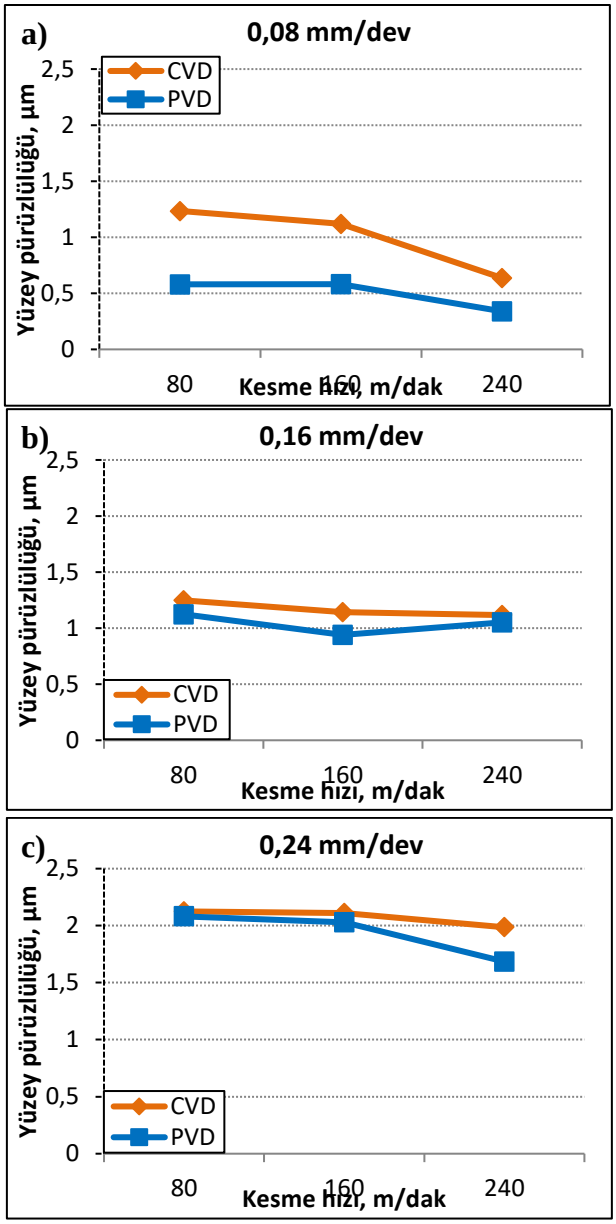
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Deneysel Sonuçlar

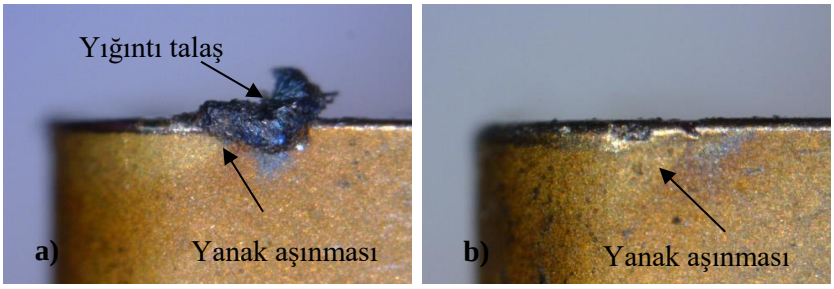
Şekil 1'de kesici takımların kesme parametrelerine bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değişim grafikleri verilmiştir. Deneylerde 0,3396 µm ile 2,135 µm arasında değişen yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür. Şekil 1 incelendiğinde; genel olarak her iki takım için de artan kesme hızıyla birlikte ölçülen Ra değerlerinde küçük miktarlarda düşüş görülmektedir. Kesme hızındaki artış ile yüzey pürüzlülüğü değerlerindeki azalmanın yığıntı talaş oluşma eğiliminin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kesme hızının artması ile birlikte takım-iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık artışı, yığıntı talaşın boyutunu küçültmektedir (Çakır, 1999). Şekil 2'de CVD kaplı takımların 0,24 mm/dev ilerleme hızında 80 m/dak ve 240 m/dak kesme hızlarındaki aşınma fotoğrafları verilmiştir. Fotoğraflarda daha yüksek kesme hızında yığıntı talaş oluşumunun azaldığı net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca artan kesme hızı ile yanak aşınması miktarı da artmıştır.

İlerleme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğü değişimleri incelendiğinde ise; her iki kaplama türünde de artan ilerleme hızı ile birlikte Ra değerlerinin de arttığı görülmüştür. ilerleme hızındaki artış ile iş parçası üzerindeki ilerleme izleri arasındaki mesafe artmaktadır. Bu da yüzey pürüzlülüğünde artışa sebep olmaktadır (Aouici ve ark., 2010). Diğer yandan ilerlemenin artması, birim zamanda kaldırılan talaş hacminin artmasına, ve böylece kesme kuvvetleri ile titreşimin de artmasına neden olmaktadır. Bu durum da yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olmaktadır (Çiçek ve ark., 2011).

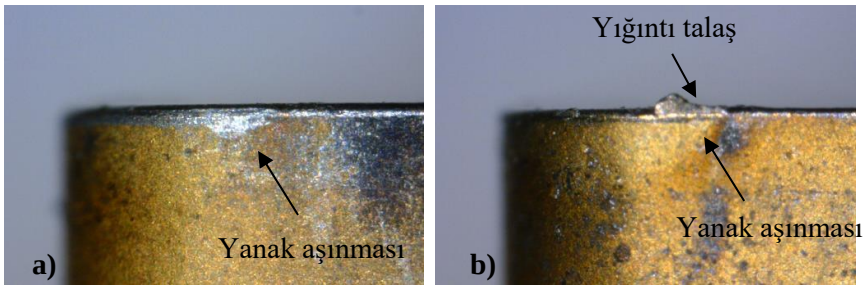
Deneyler sonucunda, PVD kaplı takımlar daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri sergilemiştir. Bu durum PVD kaplı takımların CVD kaplı takımlara kıyasla daha az aşınmasıyla ilişkilendirilmiştir. Takım aşınması ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğrudan bir ilişki olduğu bilinmektedir (Dhar ve ark., 2002). Şekil 3'de CVD ve PVD kaplı takımların aynı kesme şartında aşınma fotoğrafları görülmektedir. CVD kaplı takımın yanak aşınması PVD kaplı takıma kıyasla daha fazladır. Bu durumun CVD kaplı takımın daha çok katmanla kaplı olması sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Kaplama kalınlığının artması kesici takım aşınma direncini de artırır. Ancak kaplama kalınlığının artması gevrekleşmeye de sebep olur ve kaplama tabakasının kalkması problemi ile karşılaşılabilir. Kaplamanın daha ince olması daha yüksek tokluk elde edilmesine katkı sağlar (Çakır, 1999). Genel olarak, CVD kaplamalar (minimum 6-9 µm kalınlığında) PVD kaplamalardan (minimum 1-3 µm kalınlığında) daha kalın olurlar (Smith, 2008). Literatürde yapılan çalışmalar da bu çalışmada elde edilen veriler ile paralellik arzetmektedir. Jindal ve arkadaşları (Jindal ve ark., 1999) de TiAlN, TiCN ve TiN kaplı tungsten karbür takımlar kullanarak yaptıkları çalışmada en iyi takım ömrünü TiAlN kaplı takımla elde ettiklerini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Demirayak (Demirayak, 2006), AISI P20 çeliğinin TiAlN ve TiCN/Al_2O_3/TiN kaplı kesici takımlarla yaptığı deneylerde TiAlN kaplı takımın yanak aşınması açısından daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemiştir.



Şekil 1. Farklı ilerleme hızlarında kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğü değişimi a) 0,08 mm/dev, b) 0,16 mm/dev, c) 0,24 mm/dev

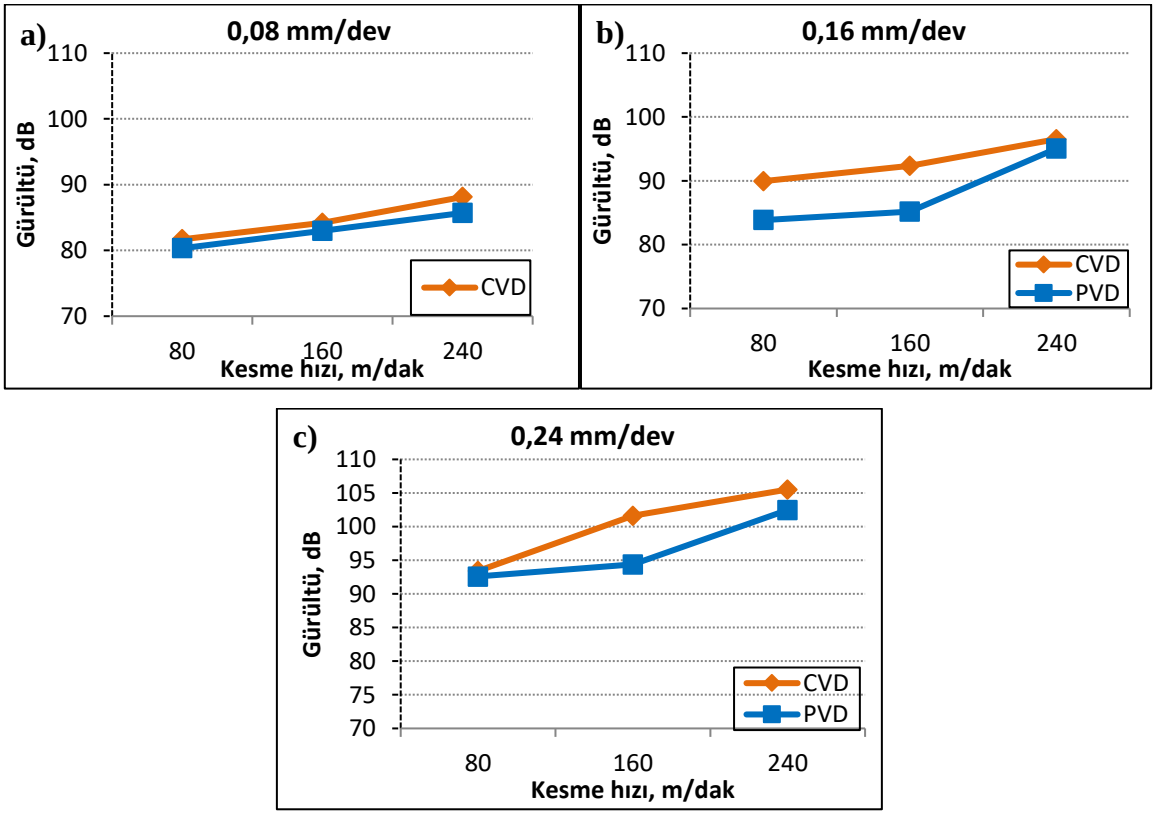


Şekil 2. CVD kaplı takımların 0,24 mm/dev ilerleme hızındaki aşınma fotoğrafları a) 80 m/dak b) 240 m/dak



Şekil 3. Kesici takımların 0,08 mm/dev ilerleme hızı ve 240 m/dak kesme hızındaki aşınma fotoğrafları a) CVD kaplı takım b) PVD kaplı takım

Şekil 4'te kesici takımların kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı ölçülen gürültü değerleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde artan kesme hızı ve ilerleme hızı ile birlikte gürültü değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bu durum artan kesme hızı ve ilerleme hızı ile artan kesici takım aşınması ile ilişkilendirilmiştir. Genel olarak PVD kaplı takımlarla daha düşük gürültü oluşmuştur.



Şekil 4. Farklı ilerleme hızlarında kesme hızına bağlı gürültü değişimi a) 0,08 mm/dev, b) 0,16 mm/dev, c) 0,24 mm/dev

3.2. Yanak Aşınmasının Optimizasyonu

Taguchi L_{18} deney tasarımına göre yapılan tornalama deneyleri sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve gürültü değerleri kullanılarak belirlenen S/N oranları Tablo 3'te sunulmuştur. Kesme parametrelerinin optimum seviyeleri ile Ra ve N üzerinde en etkili olan parametrelerin belirlenmesinde Tablo 4'te verilen S/N yanıt tablosu kullanılmaktadır. Şekil 5'te kontrol faktörlerinin (kesme parametreleri) optimum değerlerinin görüldüğü ana etki grafiği verilmiştir. Tablo 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, Ra ve N üzerinde en etkili parametrenin ilerleme hızı olduğu görülmektedir. AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde en düşük yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme parametreleri;

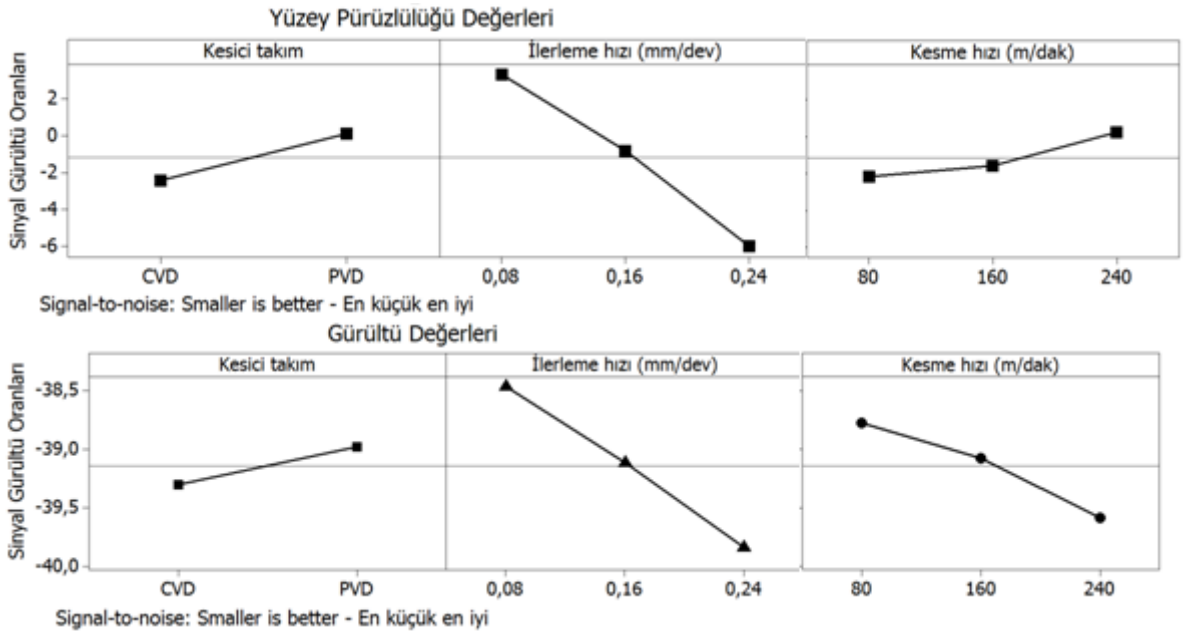
kesici takım türünün ikinci seviyesi (A2 – PVD kaplı takım), ilerleme hızının birinci seviyesi (B1 – 0,08 mm/dev) ve kesme hızının üçüncü seviyesi (C3 – 240 m/dak) olduğu tespit edilmiştir. Minimum gürültü için ise; kesici takım türünün ikinci seviyesi (A2 – PVD kaplı takım), ilerleme hızının birinci seviyesi (B1 – 0,08 mm/dev) ve kesme hızının birinci seviyesi (C1 – 80 m/dak) optimum kesme parametreleridir.

Tablo 3. Deney Tasarımı, Ra, N ve S/N Oranları

Deney numarası	(A) Kesici takım türü Ct	(B) İlerleme hızı f (mm/dev)	(C) Kesme hızı V (m/dak)	Ra (µm)	Ra - S/N Oranı (dB)	N (dB)	N - S/N Oranı (dB)
1	CVD	0,08	80	1,2350	-1,83334	81,691	-38,2435
2	CVD	0,08	160	1,1210	-0,99211	84,201	-38,5063
3	CVD	0,08	240	0,6370	3,91721	88,125	-38,9020
4	CVD	0,16	80	1,2480	-1,92429	89,948	-39,0798
5	CVD	0,16	160	1,1423	-1,15560	92,372	-39,3108
6	CVD	0,16	240	1,1166	-0,95795	96,532	-39,6934
7	CVD	0,24	80	2,1250	-6,54718	93,414	-39,4082
8	CVD	0,24	160	2,1100	-6,48565	101,628	-40,1403
9	CVD	0,24	240	1,9860	-5,95958	105,525	-40,4671
10	PVD	0,08	80	0,5790	4,74643	80,336	-38,0982
11	PVD	0,08	160	0,5816	4,70751	82,981	-38,3796
12	PVD	0,08	240	0,3396	9,38065	85,704	-38,6600
13	PVD	0,16	80	1,1240	-1,01533	83,850	-38,4701
14	PVD	0,16	160	0,9398	0,53929	85,153	-38,6040
15	PVD	0,16	240	1,0500	-0,42379	95,046	-39,5587
16	PVD	0,24	80	2,0810	-6,36544	92,600	-39,3322
17	PVD	0,24	160	2,0290	-6,14564	94,366	-39,4963
18	PVD	0,24	240	1,6850	-4,53200	102,479	-40,2127

Tablo 4. S/N Yanıt Tablosu

Seviyeler	Ra			N		
	Kontrol faktörleri					
	Ct	f	V	Ct	f	V
Seviye 1	-2,43761	**3,32106**	-2,15652	-39,31	**-38,46**	**-38,77**
Seviye 2	**0,09908**	-0,82294	-1,58870	**-38,98**	-39,12	-39,07
Seviye 3		-6,00592	**0,23742**		-39,84	-39,58
Delta	2,53669	9,32697	2,39395	0,33	1,38	0,81
Sıralama	2	1	3	3	1	2



Şekil 5. S/N oranları için ana etki grafiği (Ra and N)

3.2. Varyans Analizi (ANOVA)

Tablo 5'te sunulan ANOVA tablosu, kontrol faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü ve gürültü üzerindeki etki seviyelerini göstermektedir. Burada, F değerleri her bir faktörün önem seviyesini vermektedir. F seviyesi en bürük olan parametre Ra ve N'ye en fazla etki eden parametredir. Tabloda, PCR (yüzde etki oranları) değerleri her bir faktörün önem seviyesini % olarak vermektedir.

Tablo 5. ANOVA Tablosu

Kontrol faktörü	Serbestlik derecesi (DF)	Kareler toplamı (SS)	Kareler ortalaması (MS)	F	P	PCR (%)
Ra						
Ct	1	0,2969	0,2969	12,59	0,004	5,11
f	2	5,0127	2,5063	106,28	0,000	86,25
V	2	0,2189	0,1094	4,64	0,032	3,77
Hata	12	0,2830	0,0236			4,87
Toplam	17	5,8115				100,00
N						
Ct	1	53,12	53,12	13,93	0,003	5,55
f	2	631,83	315,92	82,84	0,000	65,98
V	2	226,97	113,48	29,76	0,000	23,69
Hata	12	45,76	3,81			4,78
Toplam	17	957,68				100,00

Varyans analizi sonuçlarına göre, yüzey pürüzlülüğü üzerine en etkili parametrenin %86,25'lik oranla ilerleme hızı (Faktör B) olduğu görülmüştür. Daha sonra %5,11'lik oranla kesici takım türü (Faktör A) ve son olarak %3,77'lik oranla kesme hızı (Faktör C) gelmektedir. Gürültüyü etkileyen en önemli parametrenin %65,98'lik oranla yine ilerleme hızı (Faktör B) olduğu görülmüştür. Daha sonra %23,69'luk oranla kesme hızı (Faktör C) ve son olarak %5,55'lik oranla kesici takım türü (Faktör A) olarak gelmektedir.

4. SONUÇ

Sunulan bu çalışmada, AISI H11 çeliğinin farklı kesici takım kaplama türü (CVD, PVD), kesme hızı (80, 160, 240 m/dak) ve ilerleme hızı (0,08, 0,16, 0,24 mm/dev) kombinasyonlarında işlenmesinde minimum yüzey pürüzlülüğü ve gürültü değerleri için optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Diğer yandan varyans analizi ile kesme parametrelerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü ve gürültü üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bu bağlamda elde edilen deneysel ve istatistiki sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Genel olarak her iki takım türü için de artan kesme hızı ile birlikte ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerlerinde düşüş görülmüştür. Artan ilerleme hızı ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değerleri de artmıştır. PVD kaplı takımlar ile daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmitşri.
- Artan kesme hızı ve ilerleme hızı ile birlikte gürültü değerleri de artmıştır. PVD kaplı takımlarla daha düşük gürültü değerleri ölçülmüştür.
- Taguchi analizi sonucu, en düşük yüzey pürüzlülüğüne kesici takım türünün ikinci seviyesinde (PVD kaplı kesici takım), ilerlemenin birinci seviyesinde (0,08 mm/dev) ve kesme hızının üçüncü seviyesinde (240 m/dak) ulaşıldığı belirlenmiştir.
- En düşük gürültü değerine kesici takım türünün ikinci seviyesinde (PVD kaplı kesici takım), ilerlemenin birinci seviyesinde (0,08 mm/dev) ve kesme hızının birinci seviyesinde (80 m/dak) ulaşıldığı belirlenmiştir.
- ANOVA sonuçlarına göre, %86,25 oran ile yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki en etkili parametre ilerleme hızı olarak belirlenmiştir. Kesici takım türü (%5,11) ve kesme hızı ise sırasıyla %5,11 ve %3,77 oranlarında etkilidir.
- ANOVA sonuçlarına göre, gürültü (N) değerleri üzerinde ise yine ilerleme hızının etkisi %65,98 ile en fazladır. Kesme hızı %23,69 oranda, kesici takım türü ise %5,55 oranda etkilidir.

KAYNAKLAR

AOUICI, H., YALLESE, M., FNIDES, B., MABROUKI, T. (2010), Machinability investigation in hard turning of AISI H11 hot work steel with CBN tool, *Mechanika,* 6(86), 71-77.

BALAJI, A. and MOHAN, V. (2002), An 'Effective cutting tool thermal conductivity' based model for tool–chip contact in machining with multi-layer coated cutting tools, *Machining Science And Technology,* 6, 415-436.

ÇAKIR, M. C. (1999). *Modern talaşlı imalatın esasları.* Bursa: Vipaş A.Ş.

ÇIÇEK, A., KIVAK, T., TURGUT, Y., UYGUR, İ., EKICI, E. (2011), Derin kriyojenik işlemin kesme kuvvetleri, delik çapları ve takım ömrü üzerine etkileri, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, (s. 33-36). Elazığ.

DEMIRAYAK, İ. (2006), Kesme parametreleri ve kaplama tabakasının talaş kaldırma işlemine etkileri, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

DHAR, N. R., PAUL, S., CHATTOPADHYAY, A. B. (2002), Machining of AISI 4140 steel under cryogenic cooling-tool wear, surface roughness and dimensional deviation. *Journal of Materials Processing Technology,* 123, 483-489.

HOSSEINI, A. and KISHAWY, H. A. (2014), Cutting tool materials and tool wear, *Machining of titanium alloys* (s. 31-56) Material Forming, Machining and Tribology.

JINDAL, P., SANTHANAM, A., SCHLEINKOFER, U., SHUSTER, A. (1999), Performance of PVD TiN, TiCN, and TiAlN coated cemented carbide tools in turning, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials,* 17 (1), 163-170.

KARA, F. (2017), Taguchi optimization of surface roughness and flank wear during the turning of DIN 1.2344 tool steel, *Materials Testing,* 59 (10), 903-908.

MASMIATI, N. and Sarhan, A.A. (2015), Optimizing cutting parameters in inclined end milling for minimum surface residual stress–Taguchi approach, *Measurement,* 60, 267-275.

PFOUTS, W. (2000), Cutting edge coatings, *Manufacturing Engineering,* 125 (1), 98-107.

SMITH, G.T. (2008), Cutting Tool Technology: Industrial Handbook, London: Springer.

BİR MİNİ İNSANSIZ HAVA ARACI PERVANESİNİN DAİMİ OLMAYAN ÜÇ BOYUTLU HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ SİMÜLASYONU

Hüsamettin Alperen ALABAŞ*
Milli Savunma Üniversitesi Hezarfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü
halabas@hho.edu.tr

Dr.Öğr.Üyesi Yavuz NACAKLI
Milli Savunma Üniversitesi Hava Harp Okulu Dekanlığı Havacılık ve Uzay Müh. Bölümü
ynacakli@hho.edu.tr

Özet

Bu çalışmada sabit veya döner kanatlı mini insansız hava araçlarında sıkça kullanılan 4 bıçaklı ve 10x6 boyutlu pervaneye ait itki katsayısı, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi (HAD) ile belirlenmiştir. Ticari akış çözücü FLUENT ile yapılan analizlerden elde edilen itki katsayıları, literatürdeki rüzgâr tüneli çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Pervanenin üç boyutlu geometrisi üretici firmadan alınan kanat profili koordinatları ile CAD ortamında oluşturulmuştur. Pervane ve sınır katmanında yapısal, çözüm hacmi bloğunda ise yapısal olmayan sayısal ağ kullanılmıştır. Analizler, URANS (Daimi Olmayan Reynolds Ortalamalı Navier - Stokes) çözümleri ile k-ε türbülans modelinde yapılmıştır. Hareketli sayısal ağ yöntemi ile pervaneye askı durumunda 5000 devir/dakika açısal hız verilmiştir. Elde edilen sonuçlar pervane itki katsayısının deneysel çalışmalar ile uyum içerisinde olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Pervane analizi, HAD, daimi olmayan, hareketli sayısal ağ, k-ε türbülans modeli

UNSTEADY 3D COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS SIMULATION OF A MINI UNMANNED AERIAL VEHICLE PROPELLER

Abstract

In this study, the thrust coefficient of 10x6 propeller with 4 blades, which is commonly using on mini unmanned aerial vehicles with fixed or rotary wings was determined by computational fluid dynamics (CFD). Thrust coefficients were obtained from analysis of commercial flow solver FLUENT and compared with the wind tunnel data in the literature. The three-dimensional geometry of the propeller created in CAD environment with the wing profile coordinates which had taken from the manufacturer. The structured mesh was applied for the propeller and boundry layer, while unstructured mesh was applied for the domain. The simulations were run URANS (Unsteady Reynolds – Averaged Navier – Stokes) with k-ε turbulence model. Angular velocity of 5000 RPM was given the hovering propeller with sliding mesh method. The results show that propeller thrust coefficient is in good agreement with experimental studies.

Keywords: Propeller analysis, CFD, unsteady, sliding mesh, k-ε turbulence model

1. GİRİŞ

Pervane basit olarak, silindirik bir göbek çevresine yerleştirilmiş kanat profillerinin birleşiminden oluşur. Pervane dönerken hatvesi nedeniyle önündeki havayı hızlandırır. Bernoulli Prensibi ile açıklanan bu olayda, pervane önünde hızlanan hava statik basıncın düşmesine, pervane gerisinde kalan yavaş hava da pervane arkasındaki statik basıncın yükselmesine sebep olur. Böylece, öndeki basınç daha düşük olduğu için, reaksiyon kuvveti nedeniyle hava aracı öne ötelenir. Pervaneler, kullanım amaçlarına göre farklı bıçak sayılarında üretilebilir, hücum kenarına göre saat yönünde veya saat yönü tersinde dönebilir. Pervanenin ön ve arka kısmı arasındaki basınç farkı, ileri yönde itme kuvveti

oluşturarak hava aracının maruz kaldığı sürükleme kuvvetini yenmesini sağlar. Bu nedenle ve manevra yeteneği için bir hava aracına birden fazla pervane de koyulabilir.

Günümüzde sert plastik ve karbonfiberden üretilen küçük boyutlu pervanelerin, insansız hava aracı teknolojisinin yaygınlaşması ile kullanımı artmıştır. Söz konusu düşük Reynolds sayılarındaki pervanelerin performansı, mini insansız hava araçlarının (Mini İHA) tasarımında giderek daha fazla önem kazanmıştır. Öte yandan büyük ölçekli uçakların pervane performansı, havacılığın öncü günlerinden bu yana iyi bir şekilde belgelendirilmiş olsa da, düşük Reynolds sayısındaki pervanelerle ilgili veriler azdır. Bu nedenle küçük boyutlu pervanelerin deneysel ve sayısal analizleri son yıllarda popüler hale gelmiştir. Deneysel çalışmalar rüzgâr tüneli ve yük hücresi (load cell) analizlerini kapsamaktadır.

Nacaklı ve Landman (2013) çalışmalarında rüzgâr tünelinde, 4 bıçaklı 10x6 boyutlarındaki pervaneyi 0.075 ilerleme oranını (advance ratio) elde edebilmek amacıyla 5000 devir/dakikada askı durumunda ve 5.14 m/sn serbest akış altında incelemişlerdir. Pervane performansını belirleyen itki değerini yük hücresi üzerinden almışlardır. Bu çalışmada aynı zamanda pervanenin aşağı hava izi (downwash) de görüntülenmiştir. Brandt ve Selig (2013) rüzgâr tüneli çalışmalarında 9-11 inç aralığındaki farklı markalara ait pervaneleri 4 farklı devirde inceleyerek Reynolds sayısının düşük devirlerde pervane performansını azalttığını gözlemlemişlerdir.

(Deters ve ark., 2014) çalışmalarında rüzgâr tüneli için bir deney düzeneği hazırlayarak Reynolds sayısının artmasının pervane performansını iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır. Bu iyileşmenin itki katsayısının artması ve güç katsayısının azalmasından dolayı olduğu ifade edilmiştir.

Deneysel çalışmalara paralel olarak sayısal analizler de gerçekleştirilmiştir. Özellikle son yıllarda bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi HAD çalışmalarının önünü açmıştır. HAD simülasyonları, deneysel sonuçlar gibi tam doğrulukta olmasa da belirli bir hassasiyette düşük maliyetle istenen değerlerin yakalanmasına olanak sağlamaktadır. Kutty ve Rajendran (2017), HAD simülasyonlarında çoklu referans eksen (MRF) yöntemiyle 3008 devir/dakikada dönen 11x7 boyutlarındaki pervanenin farklı ilerleme oranlarında analizini yapmışlardır. Çalışmada sayısal ağ yoğunluklarının ve farklı türbülans modellerinin karşılaştırılmasına da yer verilmiştir. Ticari akış çözücü FLUENT'in deneysel sonuçlarla iyi bir uyum sergileme yeteneğinin olduğu ortaya koyulmuştur. HAD çalışmalarında akış çözücü ile birlikte oluşturulan çözüm ağı yapısı da kritik öneme sahiptir. Simüle edilecek geometrilere göre yapısal, yapısal olmayan ve ikisinin de birlikte kullanıldığı melez yaklaşımlar mevcuttur.

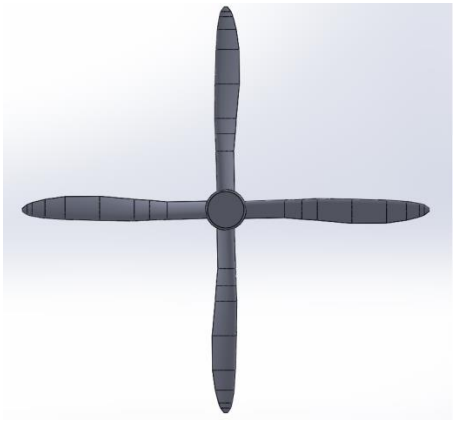
Geçgel ve Nacaklı (2018) ileri uçuştaki bir helikopter rotoru analizi için rotor etrafında yapısal, diğer çözüm alanı bölgelerinde ise yapısal olmayan ağ kullanarak optimum melez yaklaşım gerçekleştirmişlerdir.

2. HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ

Bu çalışmada literatürde rüzgâr tüneli deneyi yapılmış ve HAD simülasyonu bulunmayan mini İHA sınıfındaki hava araçlarında da sık kullanılan 4 bıçaklı 10x6 APC pervanenin HAD analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan melez çözüm ağı, Pointwise ve Ansys Mesh Aracı'nın ortak kullanımı ile oluşturulmuştur. Daimi olmayan akış analizinde hareketli sayısal ağ ticari çözücü FLUENT'te kullanılmıştır. Bütün simülasyon sonuçları Nacaklı'ya (2010) ait çalışmadaki deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

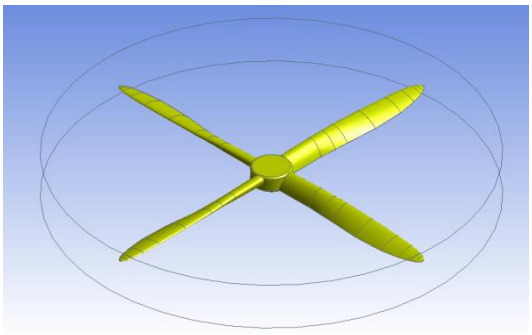
1.1. Akış Çözücü

Çözüm ağının oluşturulması için pervanenin Şekil 1'deki üç boyutlu modeli, üretici firma olan APC Propeller'dan alınan kanat profili koordinatlarına göre bilgisayar destekli tasarım ortamında oluşturulmuştur.



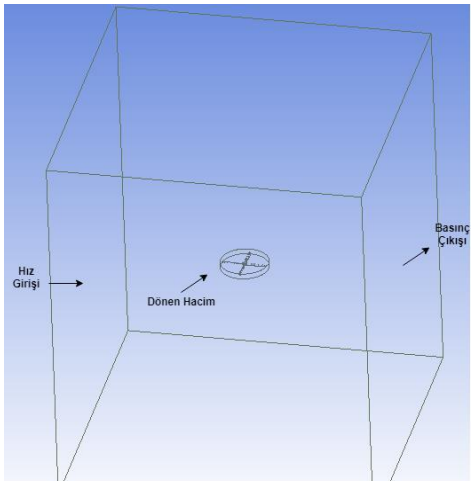
Şekil 24. 3B Pervane Modeli

Hareketli çözüm ağı yöntemini uygulamak için pervane geometrisinin etrafına Şekil 2'de verilen disk ve onun dışına Şekil 2'deki kontrol hacmi oluşturulmuştur.



Şekil 25. Disk Geometrisi

Pervane etrafında dönen hacmi oluşturmak amacı ile kullanılan diskin çapı, pervane çapı (D) x 1.06, yüksekliği ise 0.8D kadardır. Disk boyutlarının pervaneden optimum uzaklıkta olması gerekmektedir. Kontrol hacminin ise pervane akışını etkilemeyecek kadar büyük olması yeterlidir. Bu nedenle eni ve boyu 6D yüksekliği ise 8D kadardır.



Şekil 26. Çözüm Hacmi

Karşılaştırılacak deneysel çalışmadan (Nacaklı Y. 2010) alınan değerlerin simülasyona uygulanması için, dönen disk hacmine 5000 d/dk açısal hız verilmiştir. 0 m/sn serbest akış altındaki analizde hız girişi verilmemiştir. 5.14 m/sn serbest akış altındaki analizde ise hız girişi sınır şartından %0.2 türbülans yoğunluğu ile hava hızı verilmiştir. Çözüm ağının diğer sınırları duvar sınır şartı olarak tanımlanmıştır.

2.2. Sayısal Çözüm Ağı

Bu çalışmada, hız ve basınç değişkenlerinin daha iyi yakalanması amacıyla pervane üzerinde ve pervaneye yakın bölgede yapısal çözüm ağı kullanılmıştır. Pervane üzerindeki bölgeye sınır katmanı uygulaması yapılmıştır. İlk katman kalınlığı Denklem 5'den bulunmuştur. Reynold sayısı;

$$\boldsymbol{Re = \frac{\rho . U_{serbest} . L}{\mu}} \tag{1}$$

şeklinde ifade edilir. $\mathbf{10^9}$'dan düşük Reynolds sayıları için yüzey sürtünmesi ise;

$$\boldsymbol{C_f = [2log_{10}(Re_x) - 0.65]^{-2.3}} \tag{2}$$

bağıntısı ile bulunur. Burada kayma gerilmesi;

$$\boldsymbol{\tau_\omega = C_f . \frac{1}{2} \rho U^2_{serbest}} \tag{3}$$

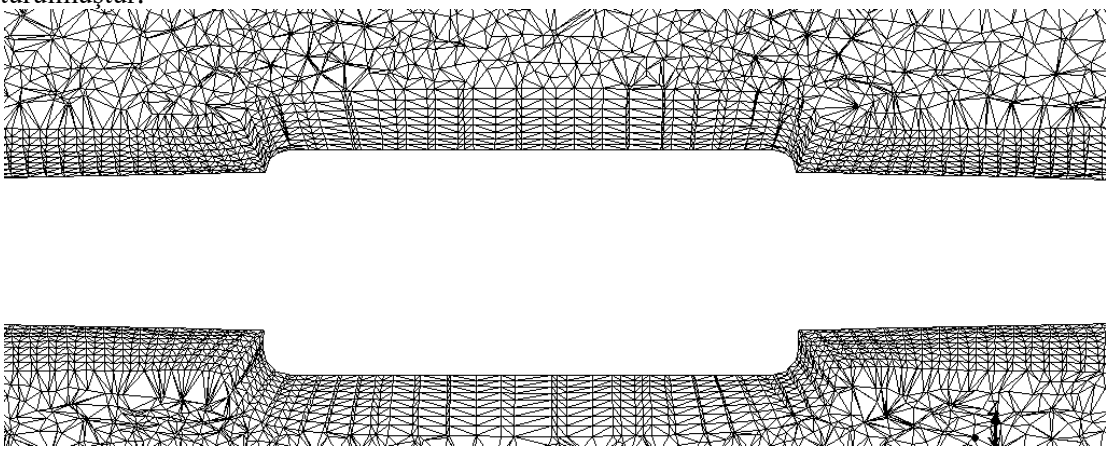
ile ifade edilir. Sürtünme hızı ifadesi;

$$\boldsymbol{u_* = \sqrt{\frac{\tau_\omega}{\rho}}} \tag{4}$$

şeklindedir. Bu ifadeler ile birlikte ilk katmanın kalınlığı;

$$\boldsymbol{y = \frac{y^+ \mu}{\rho \mu_*}} \tag{5}$$

ile $\mathbf{5.10^{-5}}$mm olarak bulunmuştur. 1.1 kat büyüme oranı ile Şekil 4'de verilen 10 adet sınır katmanı oluşturulmuştur.



Şekil 27. Sınır Katmanı Yapısı

3.SONUÇ

HAD simülasyonlarının deneysel çalışmalar ile teyit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada elde edilen itki katsayıları üzerinden doğrulama sağlanmıştır. T itki kuvveti, $\boldsymbol{\rho}$ hava yoğunluğu, $\boldsymbol{V_{uç}}$ pervane uç hızı, $\boldsymbol{A}$ pervane alanı olmak üzere İtki katsayısı;

$$\boldsymbol{C_t = \frac{T}{\rho . V_{uç}^2 . A}} \tag{6}$$

denklemi ile hesaplanır. Yüzde itki katsayısı farkı ise;

$$\boldsymbol{\Delta C_t(\%) = \frac{C_{t_{HAD}} - C_{t_{Deney}}}{C_{t_{Deney}}} . 100} \tag{7}$$

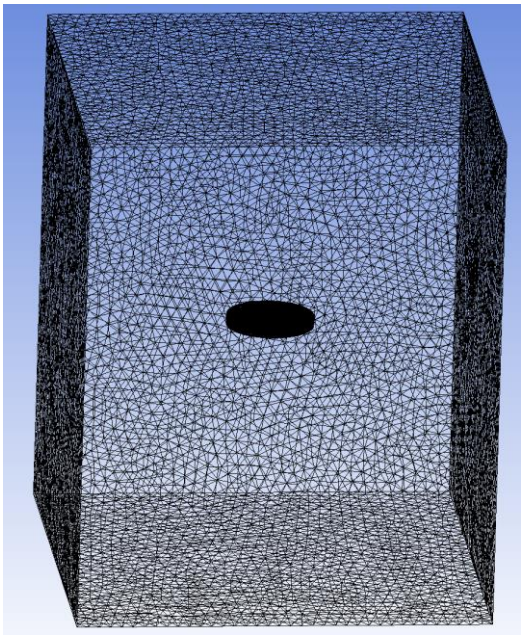
bağıntısı ile elde edilir.

Çözüm ağında kullanılan eleman sayısının her HAD çalışması için optimize edilmesi gerekmektedir. Kaba ağ yapılarında yakınsama ve çözücü hataları meydana gelebileceği gibi yoğun ağ yapılarında da hesaplama süresi ve maliyeti artmaktadır. Bu çalışma için ne kadar yoğun bir ağ yapısının yeterli olacağı, standart $\boldsymbol{k-\varepsilon}$ türbülans modeli kullanılarak yapılan çözüm ağından bağımsızlık analizlerinden elde edilen itki katsayılarının deneysel çalışma (Nacaklı Y. 2010) ile kıyaslanmasıyla bulunarak Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 15. İtki Katsayılarının Karşılaştırılması

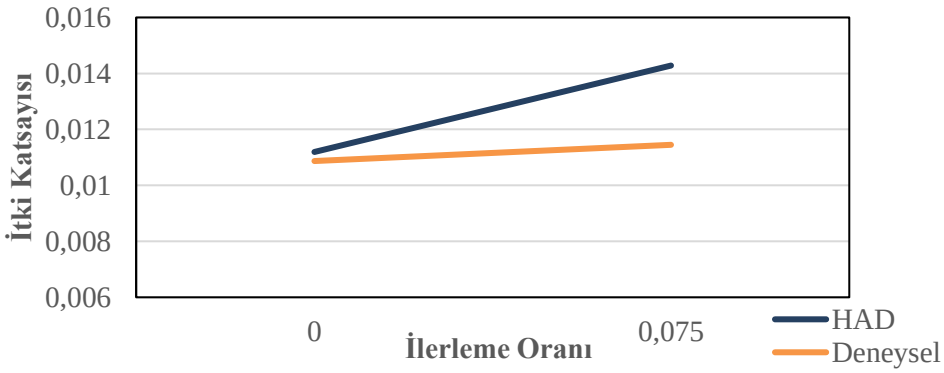
Çözüm Ağındaki Hücre Sayısı (Bin)	İtki Katsayısı Farkı (%)
942	23.7
3656	2.97

HAD çalışmaları için deneysel sonuçlar ile yapılan karşılaştırmada %5'den düşük fark kabuledilebilir seviyededir. Daha yoğun bir çözüm ağının hesaplama süresini uzatacağı düşünüldüğünden bu çalışmada Şekil 5'de verilen 3.6m hücre sayılı çözüm havzası yeterli görülmüştür.



Şekil 5. Çözüm Havzası

Analizlerde ayrıklaştırma algoritması olarak SIMPLE tercih edilmiştir. Türbülans, enerji ve momentum denklemleri için ikinci dereceden ileri gidişli şema (Second-order upwind scheme) kullanılmıştır. Zaman adımı olarak rotorun 15° dönüşüne tekabül eden 5.10^{-4}sn seçilmiştir. Her bir zaman adımında 20 iterasyon yaptırılarak simülasyon toplam 0.72sn çalıştırılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Pervane itki katsayısının deneysel çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 6. HAD Analizi ile Deneysel Çalışmanın Karşılaştırılması

4. Tartışma

Yapılan analizler sonucunda düşük Reynolds sayılı mini pervane için uygulanan HAD çalışmalarının itki katsayısına ait deneysel sonuçları başarı ile yansıtabildiği görülmüştür. 5.14 m/sn serbest akış içerisinde (J=0.075) pervane itki katsayısının arttığı gözlemlenmiştir. İlerleme oranının artışı ile yükselen hata oranı pervane üzerindeki sınır katmanına ait ağ yapısını yoğunlaştırarak, zaman adımını küçülterek ya da yüksek denklem sayılı bir türbülans modeli kullanarak azaltılabilir. Böylelikle yeni tasarlanmış ya da kullanımda olan bir pervanenin, deneysel çalışmalar için gereken laboratuvar ortamına ihtiyaç duyulmaksızın itki katsayısı analizi yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

APC 10x6-4 Pervane. https://www.apcprop.com/product/10x6-4/ adresinden elde edildi.

BRANDT, J.B., SELIG, M.S. Propeller Performance Data at Low Reynolds Numbers. In Proceedings of the 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting, Orlando, FL, USA, 4–7 January 2011; pp. 1–18.

DETERS, R.W., KRİSHNAN, G.K.A., SELIG, M.S. Reynolds Number Effects on the Performance of Small-Scale Propellers. In Proceedings of the 32nd AIAA Applied Aerodynamics Conference, Atlanta, GA, USA, 16–20 June 2014; pp. 1–43

KUTTY, H.A., RAJENDRAN P. 3D CFD Simulation and Experimental Validation of Small APC Slow Flyer Propeller Blade, 2017

GEÇGEL M., NACAKLI Y. A Methodology for The Analyses ff Unsteady Flowfields Around Forward Flying Helicopter Rotors, JAST, 2018

NACAKLI, Y., LANDMAN, D. Helicopter Downwash Frigate airwake Interaction Flowfield PIV Surveys in a Low Speed Wind Tunnel. the AHS International 67th Annual Forum and Technology Display, 2013.

NACAKLI, Y.(2010) Analysis of Helicopter Downwash/Frigate Airwake Interaction Using Statistically Designed Experiments (Doctoral dissertation). Old Domınıon University, Norfolk, VA, USA

FLUSHİNG İŞLEMİ YAPAN MAKİNENİN SOĞUTMA KAPASİTESİNİN ANALİZİ

Y. Selim Korkmaz
Altan Hidrolik Müh.San. ve Tic. A.Ş.İstanbul, Türkiye
yavuzkorkmaz@altanhidrolik.com.tr

Doç. Dr. Ali Kibar
Kocaeli Üniversitesi, Ali Rıza Veziroğlu M.Y.O. Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kocaeli, Türkiye
alikibar@kocaeli.edu.tr

Prof. Dr. K. Süleyman Yiğit
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
kyigit@hotmail.com

Özet

Hidrolik sistemler, hidrolik güç ünitelerinde elektrik motorları veya içten yanmalı motorlardan aldıkları enerji ile sıvı akışkanları basınçlandırarak kullanılacakları yere borular içinde iletilerek istenilen özelikte hareket üreten sistemlerdir. Bu süreç esnasında kullanılan hidrolik akışkanın sıcaklığı emniyet valfinin devreye girme durumuna bağlı olarak artmaktadır. Özellikle flushing işlemi yapan hidrolik sistemlerde yağ sıcaklığı artış oranı çok daha fazla olmaktadır. Sıcaklıktaki bu artış sistemin performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple hidrolik yağın sıcaklığı belli bir değerin üzerine çıkmasının engellenmesi için soğutucu sistem kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hidrolik elemanları temizleme işlemi yapan flushing makinasında kullanılan bir soğutucunun performansı sayısal olarak incelenmiştir. Bu maksatla üç boyutlu olarak tasarlanan soğutucu sistemin analizleri gerçekleştirilmiştir. Hidrolik yağ sisteme 40 °C sıcaklıkta girerken, soğutucu akışkan ise 15 °C sıcaklıkta girmektedir. Hidrolik yağ ve soğutucu borular arasında meydana gelen ısı transferi neticesinde hidrolik yağ sistemden 28 °C çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik, soğutma, temizleme, flushing

NUMERICAL ANALYSIS OF THE COOLING PERFORMANCE OF FLUSHING MACHINE

Abstract

Hydraulic systems, is the systems that produces liquid power to do desired motion by using pressurized liquid hydraulic power units. They receive necessary energy from electrical or internal combustion engines. The temperature of the hydraulic fluid increases depending on the activation of the safety valve during this process. The increase in oil temperature is much more in flushing processing hydraulic systems. This increase in temperature adversely affects the performance of the system. For this reason, the cooling system is used to prevent the temperature of hydraulic oil from rising above a certain value. In this study, the performance of a cooling systems for the cleaning of hydraulic elements is investigated numerically. For this purpose, 3D flow system is analyzed. Cooling fluid enters to the system in 15 °C, while the hydraulic oil enters in 40 °C. Hydraulic oil exits from the system in about 28 °C due to heat transfer between the hydraulic oil and cooling pipes.

Keywords: Hydraulic, cooling, cleaning, flushing

1. GİRİŞ

Hidrolik sistemlerin verimli ve uzun ömürlü çalışabilmesi için en önemli işlemlerden bir tanesi sistemdeki kirliliğin önlenmesidir. Hidrolik yağın, sistemdeki kirliliğe duyarlı olan pompa, hidrolik

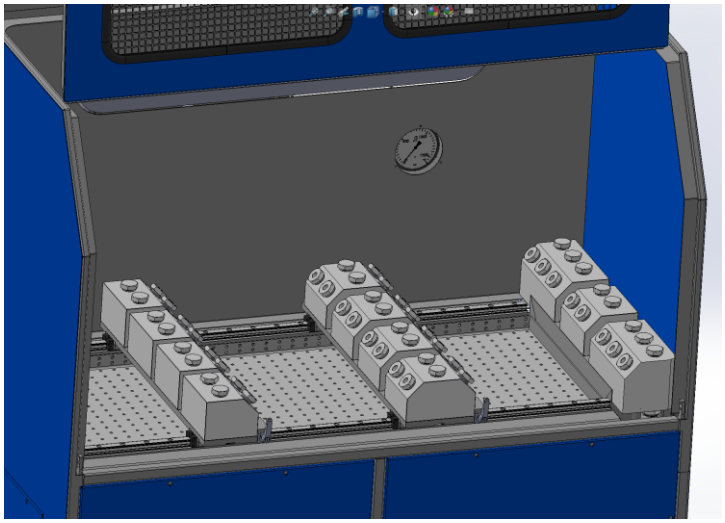
motor, yön valfi gibi parçaların çalışması için gereken kirlilik düzeyinde olması gerekmektedir. Bunun için de üretimi yapılan her bir komponent makinenin çalışması için gerekli optimum kirlilikte olmalıdır. Hidrolik tesisatlarda kullanılmak üzere üretimi yapılan boru ve hortumların üretimden sonra mutlaka temizleme işlemine tabi tutulması gerekir. Yeterli temizliğin yapılmaması durumunda kirliliğe karşı duyarlı parçalarda arızalar meydana gelebilmektedir.

Flushing işlemi hidrolik akışkanın, hidrolik sistem içerisinde dolaştırılarak boru ve hortum içerisindeki partiküllerin temizleme işlemidir. Boru içerisinde sürtünme oluşturarak temizleme yapılır. Sürtünme oluşturmak için laminer akıştan türbülanslı akışa geçilmesi gerekir (Semmel, 2017) . Flushing makinesine hortum çapı, hortum miktarı istenilen kirlilik düzeyi gibi veriler girilir. Makinedeki yazılım bu verilere göre ilgili hesaplamaları yaparak türbülanslı akış oluşturur. Flushing makinesi üzerinde bulunan partikül ölçer anlık olarak boru ve/veya hortumdaki kirlilik seviyesini ISO standartlarına göre ölçer. İstenilen kirlilik seviyesine geldiğinde makine flushing işlemini durdurur. Flushing işleminde laminer akışa göre sürtünmenin fazla olması ve yoğun filtreleme işlemlerinden dolayı yağ sıcaklığı hızlı bir şekilde artmaktadır. Kullanılacak yağın viskozitesi sıcaklıkla değiştiği için sıcaklığın optimum seviyede tutulması gerekmektedir(Semmel, 2017).

Yağ sıcaklığının artması sonucunda flushing işlemi için girilen verilerde hatalı sonuçlar alınmasına neden olmaktadır. Akışkanın fazla ısınmasını engellemek ve akışkanın ve sistem komponentlerinin özelliklerini kaybetmeden çalışmalarını sağlamak için sulu yağ soğutucu kullanılmaktadır. Sistemdeki hidrolik alışkan bakır borulardan geçirilirken borulardan sıcaklığı yağdan daha düşük seviyedeki su geçirilerek hidrolik akışkan soğutulur. Sulu tip yağ soğutucuları devamlı olarak suya ihtiyaç duyduğundan endüstriyel uygulamalarda çoklukla kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Şekil 1'de gösterilen flushing makinesinin soğutma kapasitesi hesaplanmıştır. Makine maks. 280 lt/dak debi üretebilen ve 2'' çapına kadar boru veya hortumların flushing işlemini yapabilmektedir. Flushing işlemi sırasında makinedeki yazılım çap bilgisi, kullanılan mineral yağın özelliğine göre türbülanslı akış için gerekli olan yağ sıcaklığını ve debiyi hesaplamaktadır. Türbülanslı akışa ulaşan sistemde yağ sıcaklığı hızlı bir şekilde artmaktadır (Liu and Meng). Yağ sıcaklığı optimum flushing için gerekli optimum sıcaklıkta tutulmalıdır. Bunun için sulu yağ soğutucu kullanılmıştır. Makineye her bir çap için optimum sıcaklık aralığı tanımlanmıştır. Makine, yağı optimum sıcaklık aralığında tutmak için sulu yağ soğutucunun soğutma suyunu kontrol etmektedir. Bu çalışmada 38 mm (1 1/2'') çap için optimum sıcaklığa göre analiz yapılmıştır.

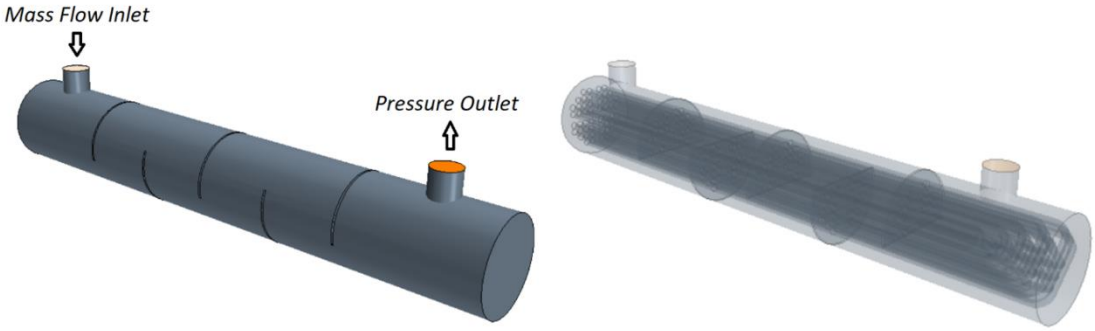


Şekil 1. Flushing makinesi

Bu çalışmada 38 mm çapında boru 40˚C DTE 22 mineral yağ seçilmiştir. Viskozite Şekil 2'deki grafikten seçilmiştir. Buna göre debi yaklaşık 160 lt/dak bulunmuştur.

2.2. Analiz Çalışması

Şekil 2'de analiz için kullanılmış olan 3 boyutlu domain verilmiştir.



Şekil 2. Sulu yağ soğutucu

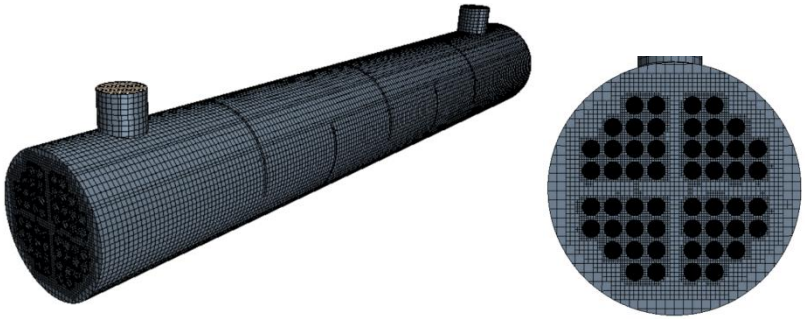
Tablo 1'de analizde kullanılan akışkanın özellikleri, başlangıç ve sınır şartları verilmiştir. Akışkanın sıcaklığı başlangıçta 30 °C olarak alınmıştır. Sisteme giren akışkan ise 0.24 kg/s debi ve 40 °C sıcaklıkta girmektedir. Borular ile içerisinden akan suyun arasındaki ısı transferi ihmal edilmiş ve boru dış sıcaklığı sisteme giren suyun sıcaklığı ile aynı değer olan 15 °C olarak alınmıştır.

Bu çalışmada 760 mm uzunluğunda yağ soğutucuya 40 °C yağ ve 15 °C de su giriş yapmıştır.

Tablo 1. Başlangıç Şartları

Başlangıç Şartları			
Akışkanın Özellikleri		Başlangıç ve Sınır Şartları	
Yoğunluk	868 kg/m3	Akışkan Başlangıç Sıcaklığı	30 °C
Viskozite	0.022 Pa-s	Akışkan Giriş Debisi	0.24 kg/s
Özgül Isı	1925.0 J/kg-K	Akışkan Giriş Sıcaklığı	40 °C
Isıl İletkenlik Katsayısı	0.54 W/m-K	Boruların sıcaklığı	15 °C

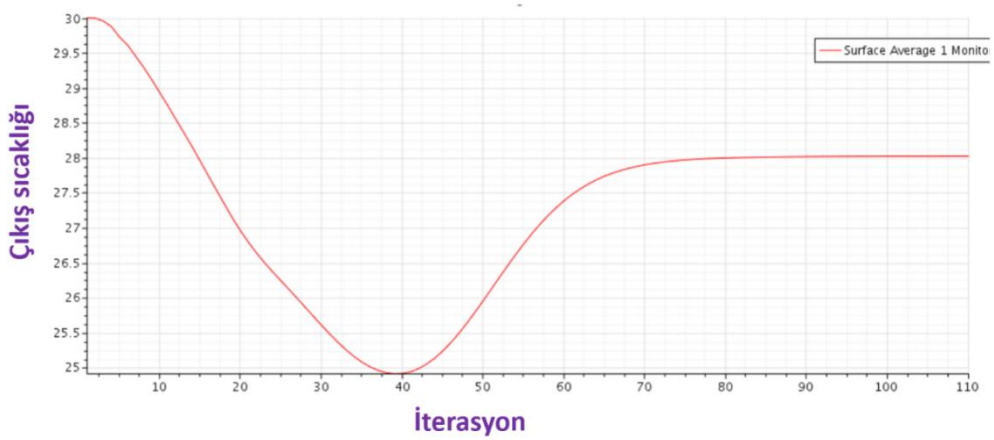
Şekil 3'te analizler için kullanılmış olan ağ yapısı verilmiştir. Ağ yapısı için yaklaşık 2380000 hücreden oluşan altıyüzlü (Hexahedral) ağ kullanılmıştır. Soğutucu boru çevresinde daha yoğun bir ağ yapısı kullanılmıştır.



Şekil 3. Ağ yapısı

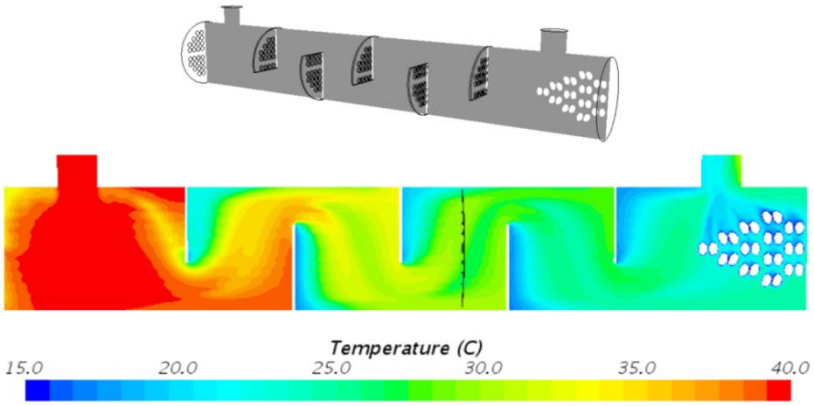
3. SONUÇLAR

Analiz zamandan bağımsız olarak çözülmüştür. Kontrol değeri olarak yağın çıkış sıcaklığı alınmıştır. Şekil 4'de görüldüğü çözüm sonucunda oluşan çıkış sıcaklığı sabit bir değer aldığı zaman analiz sonlandırılmıştır.



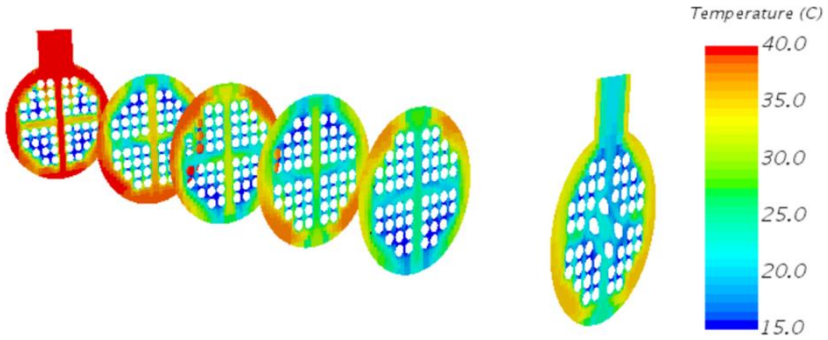
Şekil 4. Çıkış sıcaklığının iterasyonla değişimi.

Şekil 4'te orta düzlemdeki sıcaklık dağılımı verilmiştir. Soğutucunun içerisine 40 °C derece sıcaklıkta giren hidrolik yağ şaşırtma levhalarından geçerek çıkışa yönlenmektedir. Yağın sıcaklığı giriş ve çıkış arasında bulunan her bir levhada sıcaklığı bir miktar azalmaktadır. En düşük sıcaklık çıkış bölümünün olduğu kısımda olmaktadır.



Şekil 4. Orta kesit düzleminde sıcaklık dağılımı.

Şekil 5'te farklı dikey düzlemlerdeki sıcaklık dağılımları verilmiştir. Giriş kısmından çıkış kısmına kadar borular etrafındaki sıcaklık dağılımının çok fazla değişmediği görülmektedir. Girişten çıkışa kadar farklı kesitlerin dış kenarlarında yani hidrolik yağın geçtiği silindirin iç cidarına yakın bölgelerde sıcaklık farklılıkları oluşmaktadır. Bu farklar girişten çıkışa doğru azalmaktadır. Analizi yapılan soğutucuda su boruları dış cidardan uzak olduğundan dış kısımlarda sıcaklık iç yüzeylere göre daha fazla olmaktadır.



Şekil 5. Farklı kesit düzlemlerinde sıcaklık dağılımı.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada flushing işlemi yapan bir hidrolik sistemdeki yağın soğutucu ile soğutulması analiz edilmiştir. Soğutucuya 40 °C sıcaklıkta giren hidrolik yağ sistemden yaklaşık 28 °C sıcaklıkta çıkmaktadır. Bu çalışmanın devamında, diğer boru çaplarına göre, soğutma borularının dış çepere daha yakın olacak şekilde ve soğutucu içerisindeki engellerin yapısı değiştirilerek analizler yapılacaktır.

KAYNAKLAR

Semmel, Dieter. 2017 "Hydraulic Power Supply." In Steering Handbook, pp. 357-379. Springer, Cham.

Liu, Z. and Meng, Y., 2015. Key technologies of drilling process with raise boring method. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 7(4), pp.385-394.

KESİCİ TAKIM KAPLAMA YÖNTEMİNİN TAKIM AŞINMASI VE KESME SICAKLIĞINA ETKİSİNİN DENEYSEL VE İSTATİSTİKİ OLARAK İNCELENMESİ

Doç. Dr. Fuat Kara
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
fuatkara@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. Onur Özbek
Düzce Üniversitesi / Gümüşova M.Y.O / Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
onurozbek@duzce.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Nursel Altan Özbek
Düzce Üniversitesi / Dr. Engin PAK Cumayeri M.Y.O / Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
nurselaltan@duzce.edu.tr

Özet

Yüksek tokluk özelliğine sahip AISI H11 sıcak iş takım çeliği; döküm kalıpları, dövme kalıpları ekstrüzyon takımları, plastik imalatında vida ve kovanlar, sıcak kesme bıçakları, hidroform kalıpları, pres takımlarında, hafif metallerin ekstrüzyonunda kullanılır. Isıl iletkenliği muadil çeliklere göre daha iyi olduğundan özellikle büyük alüminyum enjeksiyon kalıplarında ve büyük çaplı ekstrüzyon kalıplarında daha çok tercih edilir. Bu çalışmada, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin CVD ($TiCN+Al_2O_3+TiN$) ve PVD (TiAlN+TiN) kaplamalı karbür kesici takımlarla farklı kesme parametrelerinde işlenmesi sonucu kesici takımların yanak aşınması (Vb) ve kesme bölgesinde oluşan sıcaklık (Ct) değerlerinin değişimi deneysel ve istatistiki olarak incelenmiştir. Kesme parametreleri olarak iki farklı kaplamalı kesici uç, üç farklı kesme hızı (80, 160, 240 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,08, 0,16, 0,24 mm/dev) ve sabit kesme derinliği (1 mm) alınmıştır. Talaş kaldırma sırasında oluşan takım aşınması ve kesme sıcaklığı deneysel olarak ölçülmüş elde edilen veriler Taguchi analizi ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte Vb ve Ct üzerindeki en etkili kesme parametrelerini ve etki oranlarını belirlemek için ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Taguchi analizi sonucunda optimum Vb ve Ct değerlerini veren kesme parametreleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI H11, CVD, PVD, Yanak aşınması, Kesme sıcaklığı.

EXPERIMENTAL AND STATISTICAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CUTTING TOOL COATING METHOD ON TOOL WEAR AND CUTTING TEMPERATURE

Abstract

AISI H11 hot work tool steel with high toughness; casting molds, forging molds extrusion tools, screws and sleeves in plastic manufacturing, hot cutting blades, hydroform molds, press tools, used in the extrusion of light metals. As its thermal conductivity is better than equivalent steels, it is more preferred in large aluminum injection molds and large diameter extrusion molds. In this study, AISI H11 hot work tool steel CVD ($TiCN+Al_2O_3+TiN$) and PVD (TiAlN+TiN) coated carbide cutting tools with different cutting parameters as a result of the cutting of the flank wear of the cutting tool (Vb) and temperature in the cutting zone (Ct). The results of the study were analyzed experimentally and statistically. Two different coated inserts, three different cutting speeds (80, 160, 240 m/min), three different feed rates (0.08, 0.16, 0.24 mm/rev) and constant cutting depth (1 mm) were taken as cutting parameters. The tool wear and cutting temperature which were measured during the machining process were measured experimentally and the obtained data were evaluated statistically by Taguchi analysis. However, ANOVA analysis was performed to determine the most effective cutting parameters and effect rates on Vb and Ct. As a result of the Taguchi analysis, cutting parameters which give optimum Vb and Ct values were determined.

Keywords: AISI H11, CVD, PVD, Flank wear, Cutting temperature.

1. GİRİŞ

Talaşlı imalatta farklı malzemelerin kullanılması ve talaşlı üretim tezgâhlarının gelişimi, kesme, ilerleme hızlarının artmasına bağlı olarak kesici takımlarda da gelişim sağlamıştır. Bugün ise kesici takımların bu denli gelişmesinde en önemli unsur takımlara uygulanan kaplama işlemleri olmuştur. Böylelikle dayanım artmış takım daha sert bir forma dönüşmüştür. Kaplamaların kullanımının, işleme performansı ve takım ömrü açısından faydalı olduğu ispatlanmıştır. Son yıllarda, kesme ve ilerleme hızının artmasıyla kaplama teknolojisine olan eğilim oldukça artmıştır (Da Silva ve ark., 2006; Braic ve ark., 2010).

Mevcut konvansiyonel teknikler kullanarak sert malzemelerin işlenmesi, işleme yüksek takım aşınması ile sonuçlandığından ve daha uzun zaman kullanıldığından ekonomik değildir. Aynı zamanda bazı durumlarda işlenecek malzemelerin mikro yapılarının yanı sıra kimyasal bileşimi, işleme ortamında sıcaklığın yükselmesinden dolayı değişebilmektedir. İşleme esnasında ortaya çıkan başlıca problem ısı oluşumu ve ısı ile ortaya çıkan yüksek sıcaklıklardır (Grzesik ve ark., 2018). Sonuç olarak takım ve iş parçası arayüzündeki kesme sıcaklıkları malzemelerin işlenmesi esnasında önemli derecede artmaktadır. İstenmeyen bir durum olan bu yüksek kesme sıcaklıklarının takım ömrü bakımından kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle talaşlı imalatta kullanılan kesme parametrelerinin en doğru şekilde seçilmesi gerekmektedir. Deney parametrelerinin optimize edilmesi ve fazla deney yapıldığında oluşacak zaman kaybını engellemek amacıyla geliştirilen Taguchi metodu, farklı değişkenlerin, farklı seviyeleri içinden en iyi bileşeni bulmak amacıyla gayet kullanışlı bir metottur. Her bir değişkenin, her bir düzeyini içinde barındıran tüm bileşenler için çok fazla deneysel araştırma yapılacak durumlarda Taguchi ortogonal dizi tablosu kullanılarak çok daha az sayıda deneysel çalışmayla sonuca ulaşmak mümkündür (Güral, 2003).

Bu çalışmada, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin CVD ($TiCN+Al_2O_3+TiN$) ve PVD ($TiAlN+TiN$) kaplı tungsten karbür takımlarla tornalanmasında kesici takım ve kesme parametrelerinin takım aşınması ve kesme sıcaklığı üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Ayrıca Taguchi L_{18} deney tasarımına göre yapılan deneylerle en düşük takım aşınması ve kesme sıcaklığı için optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Bununla birlikte deneysel sonuçlar kullanılarak yapılan Varyans analizi (ANOVA) ile kontrol faktörlerinin takım aşınması ve kesme sıcaklığı üzerindeki etki seviyeleri belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan CNC torna tezgahı ACCUWAY JT-150 marka ve model olup motor gücü 7,5 kW' dır. Tornalama deneylerinde, TaeguTec kesici takım firması tarafından imal edilmiş olan CNMG 120408 MT formunda TT 8115 kodlu CVD kaplı karbür ($TiCN+Al_2O_3+TiN$) ve TT 5080 kodlu PVD kaplı karbür ($TiAlN+TiN$) kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımların aşınma miktarlarının belirlenmesi için dijital mikroskop ile aşınmış yüzeylerin fotoğrafı çekilmiş ve aşınma miktarları ölçülmüştür. Kesme bölgesindeki kesme sıcaklığının belirlenmesinde Optris PIX termal kamera kullanılmıştır.

Tablo 1. AISI H11 Çeliğinin Kimyasal Bileşimi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
0,37	0,97	0,37	0,024	0,004	4,93	1,29	0,41

Deneysel çalışmalarda doğru sonuca ulaşabilmek için doğru deney tasarımının yapılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada, deney tasarım ve analiz yöntemi olarak Taguchi metodu kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, sonuçları analiz edebilmek için S/N oranı olarak bilinen bir istatistiksel performans ölçüsü kullanılır. Deneylerden elde edilen sonuçlar sinyal/gürültü oranına (S/N) çevrilerek değerlendirme yapılır. S/N oranlarının hesaplanmasında; karakteristik tipine bağlı nominal en iyidir,

en büyük en iyidir ve en küçük en iyidir metotları kullanılır (Kara, 2017; Masmiati ve Sarhan, 2015). Bu çalışmadaki S/N değerlerinin belirlenmesinde, işleme verimliliği bakımından Vb değerinin en küçük olması istenildiği için Eşitlik 1'de verilen "en küçük en iyi" prensibine karşılık gelen formül kullanılmıştır.

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^{\,2}\right) \quad (1)$$

Burada; y_i ölçülen yanak aşınması değerini, n ise yapılan deney sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada, kesme parametreleri; kesici takım türü (Ct), ilerleme hızı (f) ve kesme hızı (V) olarak seçilmiştir. AISI H11 çeliğinin tornalanmasında kullanılan kontrol faktörleri ve seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir. Deneysel sonuçlara %95 güven aralığında Varyans Analizi (ANOVA) uygulanarak Vb üzerinde değişkenlerin etki seviyeleri belirlenmiştir. Taguchi metoduna göre yapılan deney tasarımı ve istatistiksel analizler Minitab 16 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

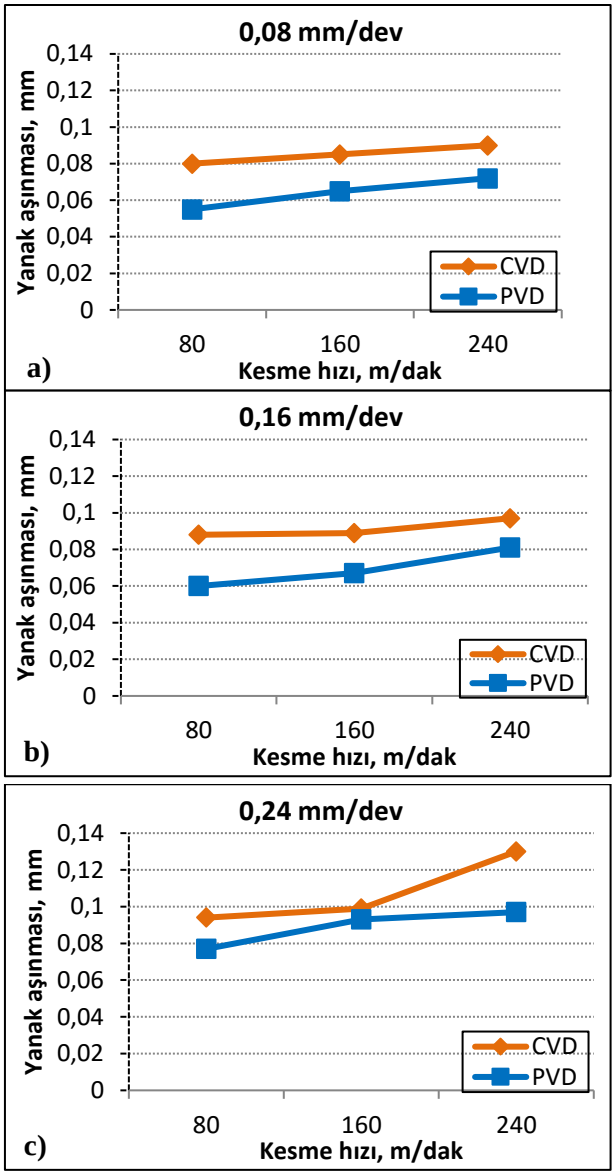
Tablo 2. Kontrol Faktörleri ve Seviyeleri

Sembol	Kontrol faktörleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kesici takım türü (Ct)	CVD	PVD	
B	İlerleme hızı – f (mm/dev)	0,08	0,16	0,24
C	Kesme hızı – V (m/dak)	80	160	240

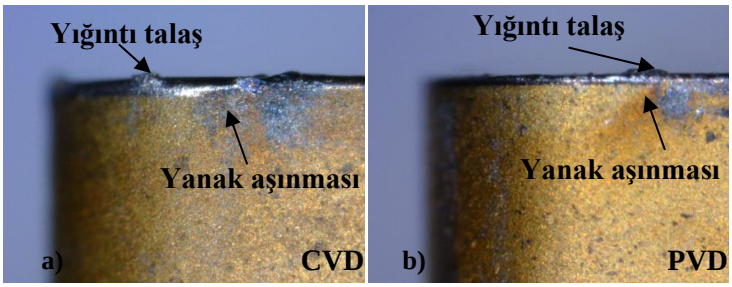
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Deneysel Sonuçlar

Şekil 1'de kesici takımların kesme parametrelerinde bağlı yanak aşınması (Vb) değişim grafikleri verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde; tüm kesme şartlarında PVD kaplı takımların daha az aşındığı görülmektedir. Bu durumun, TiAlN kaplama malzemesinin sertliğinin daha yüksek olmasıyla (Wang ve ark., 1999; PalDey ve Deevi, 2003) ve PVD kaplı takımın iki katlı, CVD kaplı takımın ise üç katlı kaplanmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Kesici takımların aşınma direnci kaplama kalınlığının artması ile artar. Ancak bu durum gevrekleşmenin ortaya çıkmasına neden olur ve kaplama tabakasının kalkması bir problem teşkil etmeye başlar. Daha ince bir kaplama ise daha yüksek bir tokluk sağlar (Çakır, 1999). Genellikle CVD kaplamalar PVD kaplamalardan daha kalın olurlar. CVD kaplamalar minimum 6-9 µm kalınlığında iken PVD kaplamalar 1-3 µm kalınlığındadırlar (Smith, 2008). Literatürde yapılan çalışmalar da bu çalışmada elde edilen veriler ile paralellik arzetmektedir. Demirayak (Demirayak, 2006), AISI P20 çeliği üzerinde TiAlN ve TiCN/Al_2O_3/TiN kaplı kesici takımlarla yaptığı işlenebilirlik çalışmasında TiAlN kaplı takımın yanak aşınması açısından daha iyi sonuç verdiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde Jindal ve diğerleri (Jindal ve ark., 1999) de TiN, TiCN ve TiAlN kaplı takımlarla yaptıkları işlenebilirlik deneylerinde en iyi takım ömrünü TiAlN kaplı takımın sergilediğini bildirmişlerdir. Şekil 2'de PVD ve CVD takımların 0,16 mm/dev ilerleme hızı ve 80 m/dak kesme hızındaki aşınma fotoğrafları verilmiştir. Fotoğraflarda, aynı kesme şartında iki takım arasındaki aşınma miktarı farkı net bir şekilde görülmektedir. PVD kaplı takım CVD kaplı takıma kıyasla çok daha az aşınmıştır. Genel olarak kesme hızı ve ilerleme hızının artmasıyla kesici takım aşınması miktarları da artmıştır. Yüksek kesme ve ilerleme hızları birim zamanda kaldırılan talaş hacminin artmasına, kesici takım üzerine gelen yüklerin artmasına, kesme bölgesinde yüksek sıcaklıkların oluşmasına ve kesici takımın hızla aşınarak bozulmasına sebep olmaktadır (Reddy ve ark., 2009; Kumar ve Choudhury, 2008; Singh ve ark., 2012; Çiçek ve ark., 2011).

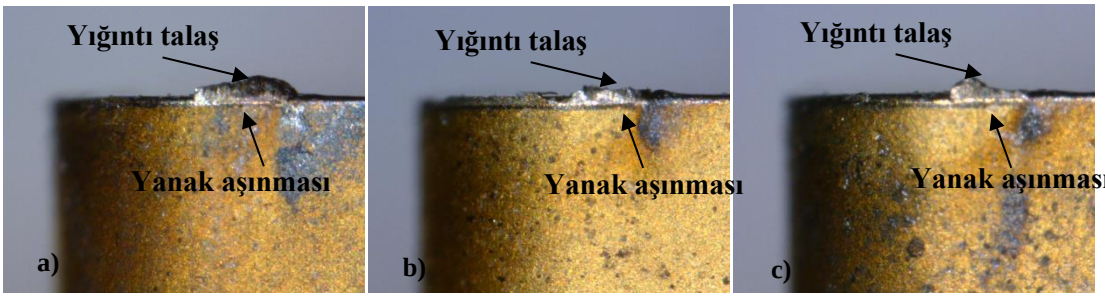


Şekil 1. Farklı ilerleme hızlarında kesme hızına bağlı yanak aşınması değişimi a) 0,08 mm/dev, b) 0,16 mm/dev, c) 0,24 mm/dev

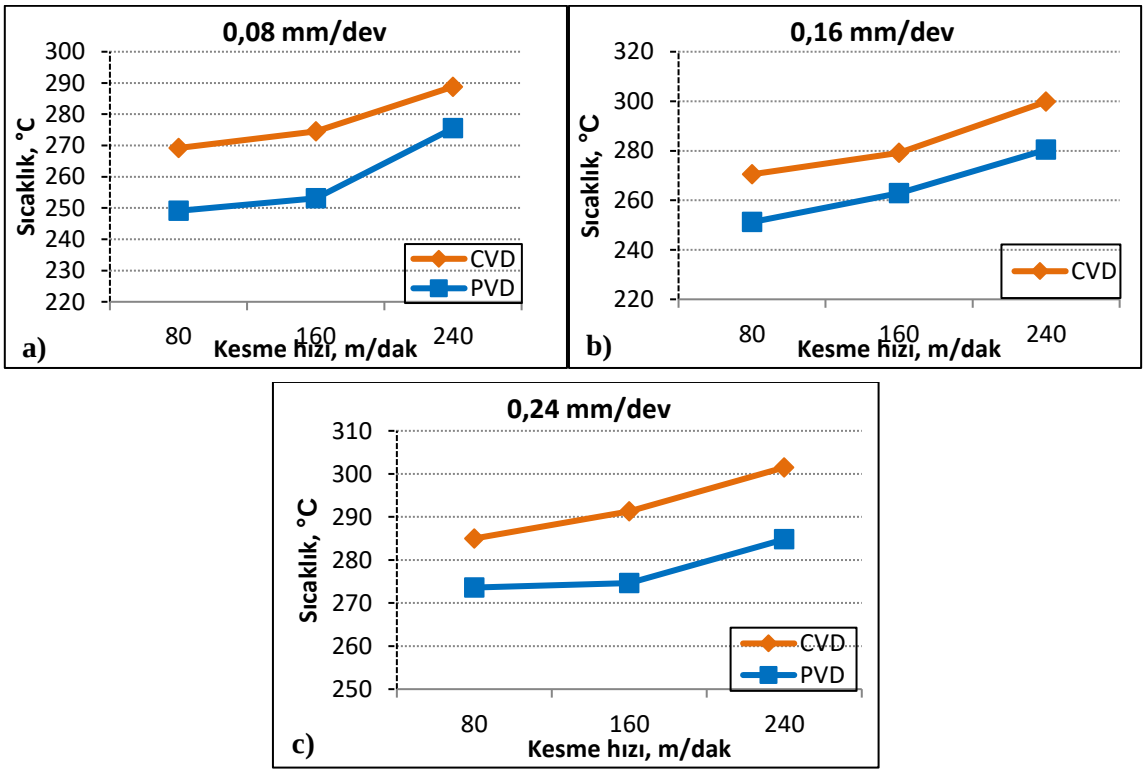


Şekil 2. Kesici takımların 0,16 mm/dev ilerleme hızı ve 80 m/dak kesme hızındaki aşınma fotoğrafları a) CVD kaplı takım, b) PVD kaplı takım

Şekil 3'de PVD kaplı takımın 0,08 mm/dev ilerleme hızında sırasıyla 80, 160 ve 240 m/dak kesme hızlarındaki aşınma fotoğrafları verilmiştir. Fotoğraflarda, artan kesme hızıyla birlikte yanak aşınması miktarındaki artış açık bir şekilde görülmektedir. Kesme parametrelerine bağlı sıcaklık değişimleri incelendiğinde; yine artan kesme hızı ve ilerleme hızı ile birlikte her iki takım için de kesme sıcaklığının artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 4 ve Şekil 5). Yüksek kesme ve ilerleme hızları birim zamanda kaldırılan talaş hacminin artmasına ve kesici takım üzerine gelen yüklerin artmasına, böylece kesme bölgesinde yüksek sıcaklıkların oluşmasına sebep olmaktadır (Çiçek ve ark., 2011; Çakır, 1999). Tüm kesme şartlarında PVD kaplı takımlarda daha düşük kesme sıcaklıkları oluşmuştur.



Şekil 3. PVD kaplı takımların 0,08 mm/dev ilerleme hızındaki aşınma fotoğrafları a) 80 m/dak b) 160 m/dak, c) 240 m/dak



Şekil 4. Farklı ilerleme hızlarında kesme hızına bağlı kesme sıcaklığı değişimi a) 0,08 mm/dev, b) 0,16 mm/dev, c) 0,24 mm/dev

3.2. Yanak Aşınmasının Optimizasyonu

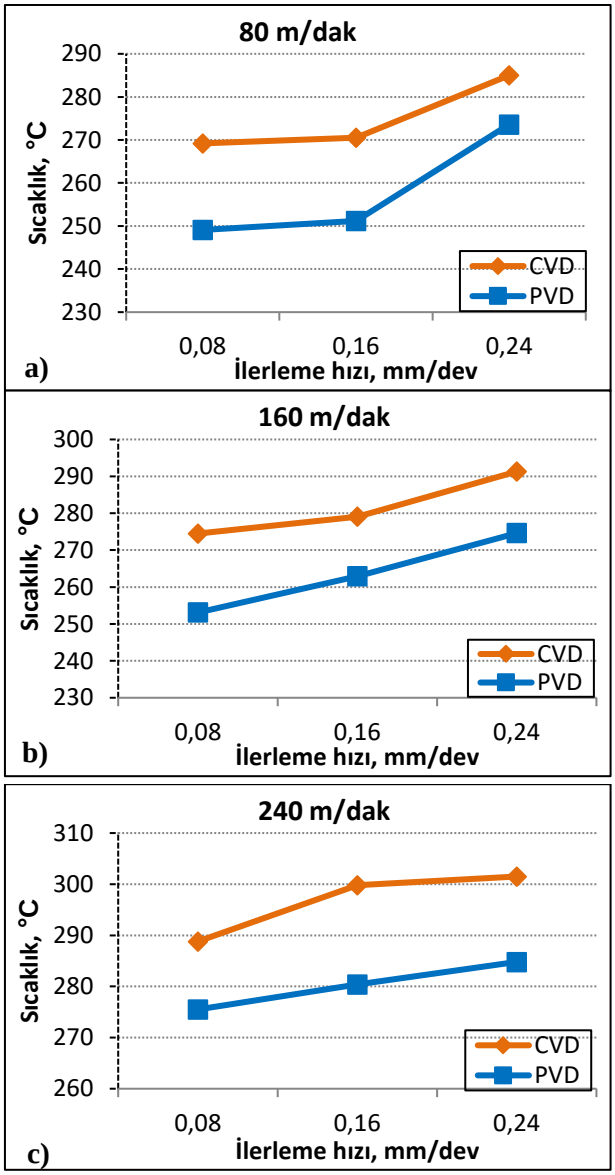
AISI H11 sıcak iş takım çeliği üzerinde, Taguchi L_{18} deney tasarımına göre gerçekleştirilen tornalama deneyleri sonucunda elde edilen Vb değerleri ile hesaplanan S/N oranları, Tablo 3'te verilmiştir.

Kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri ve performans karakteristiği (Vb) üzerinde bu faktörler arasından en etkili olanının belirlenmesinde Taguchi metoduyla oluşturulan S/N yanıt tablosu

kullanılmaktadır. Bu tablodaki en büyük S/N değerleri, o kontrol faktörüne ait optimum seviyeyi göstermektedir. Yanak aşınması üzerinde her bir kontrol faktörünün etkisini gösteren S/N yanıt tablosu Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde, Vb üzerinde en etkili parametrenin ilerleme hızı türü olduğu görülmektedir. Bu sonuç, yapılan varyans analizi ile doğrulanmıştır. Bununla birlikte AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin tornalanmasında optimum yanak aşınması; kesici takım türünün ikinci seviyesinde (A2), ilerleme hızının birinci seviyesinde (B1) ve kesme hızının birinci seviyesinde (C1) elde edilmiştir.

Kontrol faktörlerinin yani kesme parametrelerinin optimum değerlerini gösteren ana etki grafiği Şekil 7'de verilmiştir. S/N yanıt tablosunda olduğu gibi ana etki grafiğinde de en büyük S/N değerleri, o parametreye ait optimum seviyeyi göstermektedir. Buna göre kesici takı türü, ilerleme hızı ve kesme hızı için sırasıyla optimum değerler PVD kaplı kesici takım, 0,08 mm/dev ve 80 m/dak olarak belirlenmiştir.



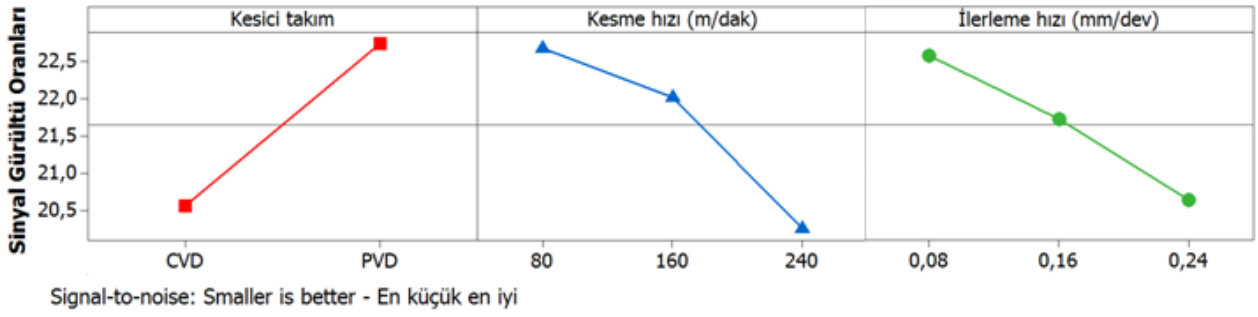
Şekil 5. Farklı kesme hızlarında ilerleme hızına bağlı kesme sıcaklığı değişimi a) 80 m/dak, b) 160 m/dak, c) 240 m/dak

Tablo 3. Deney Tasarımı, Vb ve S/N Oranları

Deney numarası	(A) Kesici takım türü Ct	(B) İlerleme hızı f (mm/dev)	(C) Kesme hızı V (m/dak)	Vb (mm)	Vb - S/N Oranı (dB)
1	CVD	0,08	80	0,080	21,9382
2	CVD	0,08	160	0,085	21,4116
3	CVD	0,08	240	0,090	20,9151
4	CVD	0,16	80	0,088	21,1103
5	CVD	0,16	160	0,089	21,0122
6	CVD	0,16	240	0,097	20,2646
7	CVD	0,24	80	0,094	20,5374
8	CVD	0,24	160	0,099	20,0873
9	CVD	0,24	240	0,130	17,7211
10	PVD	0,08	80	0,055	25,1927
11	PVD	0,08	160	0,065	23,7417
12	PVD	0,08	240	0,072	22,8534
13	PVD	0,16	80	0,060	24,4370
14	PVD	0,16	160	0,067	23,4785
15	PVD	0,16	240	0,081	21,8303
16	PVD	0,24	80	0,077	22,2702
17	PVD	0,24	160	0,093	20,6303
18	PVD	0,24	240	0,097	20,2646

Tablo 4. S/N Yanıt Tablosu

Seviyeler	Vb		
	Ct	f	V
Seviye 1	20,56	**22,68**	**22,58**
Seviye 2	**22,74**	22,02	21,73
Seviye 3		20,25	20,64
Delta	2,19	2,42	1,94
Sıralama	2	1	3



Şekil 7. S/N oranları için ana etki grafiği (Vb)

3.2. Varyans Analizi (ANOVA)

Yanak aşınması üzerinde, kontrol faktörlerinin etki seviyelerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Burada, her bir değişkenin önem seviyesini gösteren F değerleri ve yüzde etki oranları (Percentage Contribution Ratio-PCR) görülmektedir. Bu analiz %95 güvenirlik ve %5 önem seviyeleriyle gerçekleştirilmiştir. Kontrol faktörlerinin etkisi F değerlerinin karşılaştırılmasıyla belirlenir. F değeri en büyük olan faktör, sonuca en fazla etki eden faktördür.

Tablo 5. ANOVA Tablosu

Kontrol faktörü	Serbestlik derecesi (DF)	Kareler toplamı (SS)	Kareler ortalaması (MS)	F	P	PCR (%)
Ct	1	0,0019014	0,0019014	59,21	0,000	36,42
f	2	0,0018521	0,0009261	28,84	0,000	35,48
V	2	0,0010814	0,0005407	16,84	0,000	20,72
Hata	12	0,0003853	0,0000321			7,38
Toplam	17	0,0052203				100

R-Sq = % 92,62

Varyans analizi sonuçlarına göre, yanak aşınmasını etkileyen en önemli parametrenin %36,42'lik oranla kesici takım türü (Faktör A) olduğu görülmüştür. Daha sonra %35,48'lik oranla ilerleme hızı (Faktör B) ve son olarak %20,72'lik oranla kesme hızı (Faktör C) gelmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin farklı kesici takım kaplama türü (CVD, PVD), kesme hızı (80, 160, 240 m/dak) ve ilerleme hızı (0,08, 0,16, 0,24 mm/dev) kombinasyonlarında işlenmesi için bir dizi tornalama deneyi gerçekleştirilmiştir. Deneyler Taguchi L_{18} ortogonal dizinine göre tasarlanmıştır. Bununla birlikte varyans analizi ile kesme parametrelerinin yanak aşınması üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bu bağlamda elde edilen deneysel ve istatistiki sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- CVD kaplı takımlara kıyasla PVD kaplı takımlarda daha az yanak aşınması oluşmuştur.
- Artan kesme hızı ve ilerleme hızı ile kesici takım aşınma miktarları da artmıştır.
- Artan kesme hızı ve ilerleme hızı ile birlikte kesme bölgesinde oluşan kesme sıcaklığı da artmıştır. PVD kaplı takımlarla daha düşük kesme sıcaklıkları oluşmuştur.
- Taguchi analizi sonucu, en düşük yanak aşınmasına kesici takım türünün ikinci seviyesinde (PVD kaplı kesici takım), ilerleme hızının birinci seviyesi olan 0,08 mm/dev ve kesme hızının birinci seviyesi olan 80 m/dak değerlerinde ulaşıldığı belirlenmiştir.
- ANOVA sonuçlarına göre, yanak aşınması üzerindeki en etkili parametrenin kesici takım türü (%36,42), daha sonra sırasıyla ilerleme hızı (%35,48) ve kesme hızı (%20,72) olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışma sonuçlarına göre, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinin tornalama işlemindeki en düşük yanak aşınması değerlerinin belirlenmesinde, Taguchi deneysel tasarım metodunun başarılı bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

BRAIC, V., ZOTIA, C., BALACEANU, M., KISS, A., VLADESCU, A., POPESCU, A., (2010), TiAlN/TiAlZRN multilayered hard coatings for enhanced performance of hss drilling tools, *Surface & Coatings Technology,* 204, 1925-1928.

Çakir, M. C. (1999). *Modern Talaşlı Imalatın Esasları.* Bursa: Vipaş A.Ş.

ÇIÇEK, A., KIVAK, T., TURGUT, Y., UYGUR, İ., EKICI, E. (2011), Derin kriyojenik işlemin kesme kuvvetleri, delik çapları ve takım ömrü üzerine etkileri, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, (s. 33-36). Elazığ.

DA SILVA, F.F., MACHADO, A., EZUGWU, E., SOUZA JR, A. (2006), Performance of cryogenically treated HSS tools, *Wear,* 261, 674-685.

Demirayak, İ. (2006), Kesme Parametreleri Ve Kaplama Tabakasının Talaş Kaldırma Işlemine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

GRZESIK, W. P. (2018). Investigation of tool wear in the turning of INCONEL 718 superalloy in terms of process performance and productivity enhancement, *Tribology International,* 118, 337-346.

Jindal, P., Santhanam, A., Schleinkofer, U., Shuster, A. (1999), Performance Of Pvd Tin, Ticn, And Tialn Coated Cemented Carbide Tools In Turning, *International Journal Of Refractory Metals And Hard Materials,* 17 (1), 163-170.

Kara, F. (2017), Taguchi Optimization Of Surface Roughness And Flank Wear During The Turning Of Din 1.2344 Tool Steel, *Materials Testing,* 59 (10), 903-908.

KUMAR, K. V. and Choudhury, S.K. (2008), Investigation of tool wear and cutting force in cryogenic machining using design of experiments, *Journal Of Materials Processing Technology,* 203, 95-101.

Masmiati, N. And Sarhan, A.A. (2015), Optimizing Cutting Parameters In Inclined End Milling For Minimum Surface Residual Stress–Taguchi Approach, *Measurement,* 60, 267-275.

PALDEY, S., and DEEVI, S.C. (2003), Single layer and multilayer wear resistant coatings of (Ti, Al) N: a review, *Materials Science And Engineering: A,* 342 (1-2), 58-79.

REDDY, T.V., SORNAKUMAR, T., REDDY, M.V., VENKATRAM, R. (2009), Machinability of C45 steel with deep cryogenic treated tungsten carbide cutting tool inserts, *International Journal Of Refractory Metals & Hard Materials,* 27, 181-185.

SINGH, S., SINGH, D., KALSI, N.S. (2012), Experimental analysis of cryogenic treatment on coated tungsten carbide inserts in turning, *International Journal Of Advanced Engineering Technology,*3(1), 290-294.

SMITH, G.T. (2008), Cutting tool technology: Industrial Handbook. London: Springer.

WANG, D.Y., CHANG, C.L., WONG, K.W., LI, Y.W., HO, W.Y. (1999), Improvement of the interfacial integrity of (Ti, Al) N hard coatings deposited on high speed steel cutting tools, *Surface And Coatings Technology* 120, 388-394.

YATAN HASTALARIN HEMŞİRELİK HİZMETLERİNDEN MEMNUNİYETİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Doç. Dr. Cemal SEZER
Sakarya Üniversitesi/ İşletme Fakültesi, Sağlık/ Yönetimi Bölümü
csezer@sakarya.edu.tr

Arş. Gör. Ayhan DURMUŞ
Sakarya Üniversitesi/ İşletme Fakültesi/ Sağlık Yönetimi Bölümü
ayhandurmus@sakarya.edu.tr

Dilan MENGÜVERDİ
Sakarya Üniversitesi/ İşletme Fakültesi/ Sağlık Yönetimi Bölümü

Özet
Çalışmanın amacı, yatarak tedavi gören hastaların hemşirelik hizmetleri bakımından memnuniyetlerini belirlemektir. Çalışma, İstanbul ili Anadolu yakasında hizmet vermekte olan bir kamu hastanesinde 3 gün ve üzeri yatarak tedavi gören toplam 300 hastayı kapsamaktadır. Veri toplama aracı olarak soru formu kullanılmıştır. Bu soru formunda, hastaların sosyodemografik özellikleri ve Hemşirelik Bakımı Algılayış Ölçeği (HBAÖ) yer almıştır. Ölçek, hemşirelik hizmeti memnuniyetini değerlendirmek için geliştirilen 15 ifadeden oluşmaktadır. Verilerin analizinde; tanımlayıcı istatistiksel yöntemler, geçerlilik, güvenilirlik analizi, t testi ve ANOVA testi kullanılmıştır. Veriler %95 güven aralığında (p=0,05) analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, hastaların sosyodemografik özelliklerine göre hemşirelik hizmeti memnuniyet düzeylerinde anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak hastaların hastaneyi başka kişilere önermesinde, hemşirelik hizmetlerinden memnuniyetin anlamlı fark oluşturduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hasta, Yatan hasta, Hemşirelik hizmeti, Memnuniyet.

A STUDY ON THE SATISFACTION OF INPATIENTS FROM NURSING SERVICES

Abstract
The aim of the study was to determine the satisfaction of inpatients in terms of nursing services. The study included 300 patients who were treated 3 days and over in a public hospital in the Anatolian side of Istanbul. Questionnaire was used as data collection tool. In this questionnaire, the socio-demographic characteristics of the patients and the Nursing Care Perception Scale were included. The scale consists of 15 statements developed to evaluate nursing service satisfaction. In the analysis of data; Descriptive statistical methods, validity, reliability analysis, t test and ANOVA test were used. Data were analyzed at 95% confidence interval (p = 0.05). As a result of the analysis, there was no significant difference in nursing service satisfaction levels according to socio-demographic characteristics of patients. However, it was seen that patients' satisfaction with nursing services was a significant difference in suggesting the hospital to other people.

Keywords: Patient, Inpatient, Nursing service, Satisfaction.

1. GİRİŞ

Memnuniyet, müşterinin almış olduğu hizmet veya ürünün performansına yönelik düşünceleri ve yorumuna bağlılığı olarak ifade edilmektedir (Acuner, 2003:57). Hasta memnuniyeti ise, tüm sağlık hizmeti basamaklarında hastanın aldığı hizmetten beklediği fayda, katlanmaktan kurtulduğu külfet ve sıkıntılar, hizmetten beklediği performans ve hizmet sunumunun sosyokültürel değerlere uygunluğunu içeren bir kavramdır. Ayrıca kişinin aldığı sağlık hizmetinden memnun kalması, tedaviye uymasını ve hekimi ile sürekli iletişimde kalmasını sağlayan önemli bir etkendir (Dinç ve ark. 2009:94). Hasta memnuniyetinin ortaya çıkarılması, hastaya verilen tüm hizmetlerin kalitesini ortaya koyarken, sağlık hizmet yöneticilerine hizmetin nitelik ve niceliğinin nasıl olması gerektiği konusunda ipuçları vermektedir (Şahin ve ark. 2005:138). Günümüzde hasta memnuniyeti, klinik sonuçları, ekonomik performansı ve yaşam kalitesini de etkileyerek, hizmet kalitesinin bir parçası olarak görülmeye

başlanmış; hastaların kişisel deneyimlerinin kilit unsur olduğu hasta memnuniyeti, artık sağlık hizmeti kalitesinin bir göstergesi olarak görülmektedir (Heidegger ve ark. 2006; Wolosin, 2005). Hasta memnuniyeti çalışmaları, sağlık politikası yapıcılarına, sağlık yöneticilerine ve sağlık çalışanlarına, hastaların memnuniyet ve memnuniyetsizlik nedenlerini belirleme ve memnuniyeti artırmak için ne yapılması gerektiği konusunda yardımcı olmaktadır (Sezer ve ark. 2018).

Hemşirelik hizmetleri açısından hasta memnuniyeti ise, hasta bireye kendi bakımını yapabilir hale gelene kadar yardımcı olmak, en kısa sürede bireyin kendi bakım ve ihtiyaçlarını karşılamasını sağlamak ve bu süreçte eğitim vermek ile doğrudan ilişkilidir (Şişe, 2013: 70). Hastanın hastaneye yatışından taburcu oluncaya kadar ki süreçte almış olduğu sağlık bakım hizmetinden; hemşirelik hizmetleri açısından beklediğini/ umduğunu bulması ve tatmin olması, hemşirelik hizmetlerinden memnuniyet olarak ifade edilebilir. Bu sebeple, yatan hastaların hemşirelik hizmetlerinden memnuniyet düzeylerinin belirlenebilmesi, hem sağlık bakım hizmetinin kalitesinin artırılması hem de yönetimsel olarak eksikliklerin giderilmesi açısından önem arz etmektedir.

2. METERYAL ve METOD

Çalışmanın amacı yatarak tedavi gören hastaların hemşirelik bakımından memnuniyetlerini belirlemektir. Çalışmanın evrenini, İstanbul ili Anadolu yakasında hizmet vermekte olan bir kamu hastanesinde 3 gün ve üzeri yatarak tedavi gören, 18 yaş üzeri ve akıl sağlığı yerinde olan bireyler oluşturmaktadır. Çalışmanın örneklem seçiminde olasılıklı örnekleme yöntemlerinden rastgele örnekleme yöntemi kullanılmış olup çalışmada 300 hastadan veri toplanmıştır. Veriler, hastalarla yüz yüze görüşülerek soru formu aracılığı ile toplanmıştır. Soru formunun ilk bölümü katılımcıların sosyodemografik özelliklerinden oluşmaktadır. İkinci bölümde hemşirelik hizmeti memnuniyetini değerlendirmek için Dozier ve arkadaşları (2001) tarafından geliştirilen ve Türkiye'deki geçerlilik güvenilirlik çalışması 2006 yılında İpek Çoban tarafından yapılmış olan 15 ifadeden oluşan Hemşirelik Bakımı Algılayış Ölçeği (HBAÖ) kullanılmıştır. Kullanılan ölçekler 5'li Likert yapıda tasarlanmıştır. Verilerin analizinde; tanımlayıcı istatistiksel yöntemler, geçerlilik, güvenilirlik analizi, t testi ve ANOVA testi kullanılmıştır. Veriler %95 güven aralığında (p=0,05) analiz edilmiştir.

3. BULGULAR

Tablo 1'de *Hemşirelik Bakımı Algılayış Ölçeği*'nin geçerlilik ve güvenilirlik analizi bulguları yer almaktadır. Buna göre, ölçek orijinalinde olduğu gibi, tek boyut altında toplanmıştır. Ölçeğin açıklanan toplam varyansı %49,497'dir. Ölçeğin KMO değeri 0,925 ve Bartlett's Test of Sphericity anlamlıdır. Ölçeğin Cronbach's Alpha değeri 0,926'dır. 2001 yılında Dozier ve arkadaşları tarafından geliştirilen HHBAÖ 'nin geçerlilik ve güvenirliği yapılmış ve orjinal ölçeğin Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı 0.94 olarak belirlenmiştir. Ölçeğin Türkçe Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı 0.92 bulunmuştur. Bu bulgulara göre ölçek, orijinali ve geçerlilik güvenilirlik çalışmaları ile uyumluluk göstermektedir.

Tablo 1. Ölçeğin Geçerlilik ve Güvenilirlik Değerleri

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO)			0,925
Bartlett's Test of Sphericity	Anlamlı	**Sig.**	0,000
Approx. Chi-Square	2384,678	**df**	105
Açıklanan Toplam Varyans	49,497	**Cronbach's Alpha**	0,926

Tablo 2'de katılımcıların sosyodemografik özelliklere göre dağılımları yer almaktadır. Buna göre, katılımcıların %53,7'si kadın ve %46,3'ü erkektir. Medeni durumlarına göre katılımcıların %61' i evlidir. Katılımcıların %28 oranla 25-35 yaş arasındadır. Gelir dağılımına göre ise en fazla 1501-2000 TL arasında gelire sahip katılımcılar oluşturmaktadır. Eğitim seviyesine göre ise, katılımcıların çoğunluğunu lise ve üniversite mezunları oluşturmaktadır.

Tablo 2. Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Dağılımı

ÖZELLİK		Sayı	Yüzde	ÖZELLİK		Sayı	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	161	53,7	**Medeni Durum**	Evli	183	61,0
	Erkek	139	46,3		Bekâr	117	39,0
Yaş	≤25	72	24,0	**Gelir Durumu**	0-1000 TL	53	17,7
	25-35 Yaş	84	28,0		1001-1500 TL	46	15,3
	36-40 Yaş	65	21,7		1501-2000 TL	83	27,7
	41-50 Yaş	44	14,7		2001-2500 TL	60	20,0
	≥50	35	11,7		≥2501	58	19,3
Eğitim Durumu	İlkokul	55	18,3				
	Ortaokul	48	16,0				
	Lise	91	30,3				
	Üniversite	106	35,3				

Katılımcıların %39,7 si hastaneyi tavsiye yoluyla tercih etmiş olup, ikinci olarak %35 oranla doktor kaynaklı tercihte bulunmuşlardır. Son olarak ise %25,3 oranla tercih sebebinde sevk yer almaktadır. Katılımcıların %44'ü ilk kez hastaneye geliş olup, %56lık oranla iki ve daha fazla hastaneye gelmişlerdir. Son olarak katılımcıların %77' si hizmet almış oldukları hastaneyi tavsiye edeceklerini belirtmişlerdir.

Tablo 3. Katılımcıların Sosyodemografik Özelliklerine Göre Dağılımı

ÖZELLİK		Sayı	Yüzde
Hastaneyi Tercih Sebebi	Sevk	76	25,3
	Tavsiye	119	39,7
	Doktor Kaynaklı	105	35,0
Hastaneye Kaçıncı Gelişiniz	İlk Kez	132	44,0
	İkinci Kez	75	25,0
	Üç ve Daha Fazla	93	31,0
Hastaneyi Tavsiye Eder misiniz?	Evet	231	77,0
	Hayır	69	23,0

Tablo 4'te hemşirelik hizmeti memnuniyeti ile sosyodemografik değişkenler arasındaki farklılığı tespit etmek amacıyla uygulanan t testi bulguları yer almaktadır. Buna göre, hemşirelik hizmetlerinden memnuniyet ile cinsiyet ve medeni durum değişkeni arasında fark tespit edilmemişken, hastaneyi tavsiye etme ile hemşirelik hizmetlerinden memnuniyet arasında farklılık belirlenmiştir. Bu sebeple hastaneyi tavsiye edeceğini söyleyen katılımcıların hemşirelik hizmetlerinden memnuniyet düzeyleri tavsiye etmeyeceğini söyleyenlere göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Tablo 4. Cinsiyet, Medeni Durum ve Tavsiye Etme Değişkenleri Bağımsız Örneklem t Testi Bulguları

Hemşire Bakımından Memnuniyet		n	Ort.	S.S.	t	p	Fark
Cinsiyet	Kadın	161	3,35	0,88	,734	,464	Yok
	Erkek	139	3,27	0,90			
Medeni Durum	Evli	183	3,34	0,86	,809	,419	Yok
	Bekâr	117	3,26	0,94			
Hastaneyi Tavsiye Eder misiniz?	Evet	231	3,51	0,84	7,940	,000	**Var**
	Hayır	69	2,63	0,69			

Tablo 5'te hemşirelik hizmeti memnuniyeti ile sosyodemografik değişkenler arasındaki farklılığı tespit etmek amacıyla uygulanan ANOVA bulguları yer almaktadır. Bu bulgulara göre, katılımcıların hemşirelik hizmetlerinden memnuniyet ile yaş, eğitim ve gelir durumu, hastaneyi tercih sebebi ve hastaneye geliş sayısı değişkenleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 5. Yaş, Eğitim ve Gelir Durumu, Hastaneyi Tercih Sebebi ve Hastaneye Geliş Sayısı Değişkenleri Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Bulguları

Hemşire Bakımından Memnuniyet		n	Ort.	S.S.	F	p	Fark
Yaş	≤25	72	3,28	,98	,560	,692	Yok
	25-35 yaş	84	3,31	,85			
	36-40 yaş	65	3,34	,80			
	41-50 yaş	44	3,18	,88			
	≥50	35	3,47	,99			
Eğitim Durumu	İlkokul	55	3,29	,97	,670	,571	Yok
	Ortaokul	48	3,41	,85			
	Lise	91	3,21	,87			
	Üniversite	106	3,36	,89			
Gelir Durumu	0-1000 TL	53	3,27	,90	,790	,532	Yok
	1001-1500 TL	46	3,43	,76			
	1501-2000 TL	83	3,28	,98			
	2001-2500 TL	60	3,19	,86			
	≥2501	58	3,42	,89			
Hastaneyi Tercih Sebebi	Sevk	76	3,33	,91	,307	,736	Yok
	Tavsiye	119	3,26	,88-			
	Doktor Kaynaklı	105	3,35	,89			
Hastaneye Kaçıncı Gelişiniz	İlk Kez	132	3,28	,83	1,256	,286	Yok
	İkinci Kez	75	3,22	,91			
	Üç ve Daha Fazla	93	3,43	,96			

TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmanın sonucuna göre; hastaların sosyodemografik özelliklerine göre hemşirelik hizmeti memnuniyet düzeylerinde anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Ancak hastaların hastaneyi başka kişilere tavsiye etmesinde, hemşirelik hizmetlerinden memnuniyetin anlamlı fark oluşturduğu görülmüştür. Bu çalışmayı destekler nitelikte çalışmalara alan yazında bulunmaktadır (Şişe, 2013; İpek Çoban, 2006). Buna göre, yatan hastaların hemşirelik hizmetlerinden memnuniyetlerinin belirlenmeye çalışıldığı bu araştırmada, hastaların bakım hizmetlerinden orta düzeyde memnun oldukları görülmüştür. Bundan dolayı, sağlık hizmetlerinin hastaların beklentilerini karşılayacak şekilde sunulmasına önem verilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekir.

KAYNAKÇA

Acuner, Ş. A. 2003. *Müşteri İlişkilerinde Hareket Noktası: Müşteri Memnuniyeti ve Ölçümü*. Milli Prodüktivite Yayınları, 655, Ankara.

Dinç, D., Ünalan, P. C., Topsever, P., ve Özyavaş, S. 2009. Hasta memnuniyeti ve yönetim sistemi: Çözüm ortağı hekim. *Türkiye Aile Hekimliği Dergisi*, 13(2), 93-98.

Dozier, A. M., Kitzman, H. J., Ingersoll, G. L., Holmberg, S., ve Schultz, A. W. 2001. Development of an instrument to measure patient perception of the quality of nursing care. *Research in nursing & health*, 24(6), 506-517.

Heidegger, T. Saal, D. ve Nubling, M. 2013. Patient satisfaction with anesthesia – Part 1: satisfaction as part of outcome – and what satisfies patients, *Anesthesia*, 68, 1165–1172.

İpek Çoban, G. 2006. Hastanın Hemşirelik Bakımını Algılayışı Ölçeği'nin geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.

Sezer, C., Durmuş, A. ve Elezi, O. 2018. A survey on determination of satisfaction perceptions of health care services in private hospitals, 5th International Conference on Social Sciences and Education Research, pp.15-22, April 20-22, Antalya.

Şahin, T. K., Bakıcı, H., Bilban, S., Dinçer, Ş., Yurtçu, M., ve Günel, E. 2005. Meram Tıp Fakültesi çocuk cerrahisi servisinde yatan hasta yakınlarının memnuniyetinin araştırılması. *Genel Tıp Dergisi*, 15(4), 137-142.

Şişe, Ş. 2013. Hastaların hemşirelik hizmetlerinden memnuniyeti. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 14(2), 69-75.

Wolosin, R. J. 2006. Am I safe here? improving patients' perceptions of safety in hospitals. *BS Journal of Nursing Care Quality*, 21 (1): 30–38.

DRONLAR İÇİN DÜŞÜK SES SEVİYELİ PERVANE TASARIMI

Arş. Gör. Çağatay Taşdemirci
Kocaeli Üniversite / Teknoloji Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği Bölüm
tasdemircicagatay@gmail.com

Doç. Dr. Arif Özkan
Kocaeli Üniversite / Teknoloji Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği Bölüm
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Özet

"Milyonlarca yıllık evrimden sonra, doğa neyin çalıştığını, neyin uygun olduğunu ve neyin uzun ömürlü olduğunu öğrenmiştir" (Benyus, M.J., 2013). İnsanoğlu var oluşundan beri hayatta kalabilmek ve yaşamını geliştirebilmek için daha iyi çözümler aramış bu nedenle doğayı taklit ederek verimli ve etkili çözümler bulmuştur. İnsanların karmaşık problemlerini çözmek için model, sistem ve doğa unsurlarının taklit etmesine "Biyomimetik" denmektedir.

Bu çalışmada dronlar için biyomimetri den faydalınarak daha düşük ses seviyelerinde çalışacak pervane tasarımı yapılmıştır. Dronlar, motorının yüksek hızlarda çalışmasından dolayı yüksek sesde çalışırlar. Özellikle askeri amaçlı ve emniyet güçleri taradın kullanılan dronların düşük ses seviyelerinde çalışmaları gerekmektedir. Biyomimeriden faydalanarak baykuş, şahin ve vatoz balıkları gibi hayvanlardan ilham alınarak yeni bir tasarım yapılmıştır. Yeni tasarım ile dronların çalışma ses seviyelerinde %30 azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyomimetri, Pervane tasarımı, Dron

Abstract

After millions of years of evolution, nature has learned what works, what is appropriate, and what has long lived. (Benyus, M. J., 2013). Human beings have searched for better solutions in order to survive and improve their lives. Therefore, they have found effective solutions by imitating nature. In order to solve the complex problems of people, the imitation of models, systems and elements of nature is called im Biomimetic. In this study, propeller design was used for drones to work at lower noise levels by utilizing biomimetry. The drones operate loudly due to the high RPM electrical motors. Especially drones that are used for military and security forces should work at low noise levels. A new design has been inspired by biomeders and inspired by animals such as owls, hawks and stingrays. With the new design, the working sound levels of the drones are reduced by 30%.

Keywords: Biomimetic, Propeller design, Dron

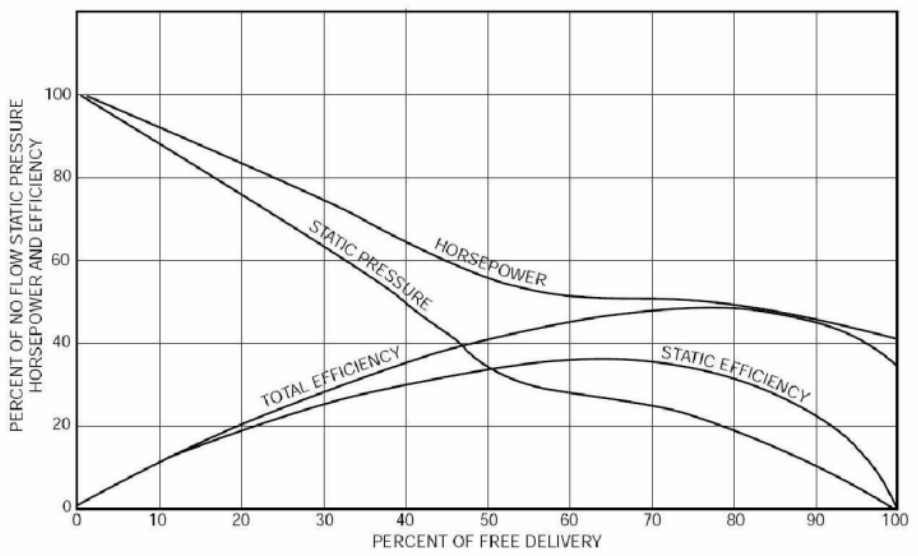
1.GİRİŞ

Mühendisler daha verimli, daha dayanıklı ve daha düşük maliyetli ürünler ortaya koymak için çağlardır gözlemler ve taklitler kullanmıştır. Doğayı taklit etme, doğadan esinlenerek model ve sistem tasarlamak olarak tanımlanan biyomimikri yada biyomimetri gunumuzde skca tercih edilen çözüm yöntemi olmuştur.

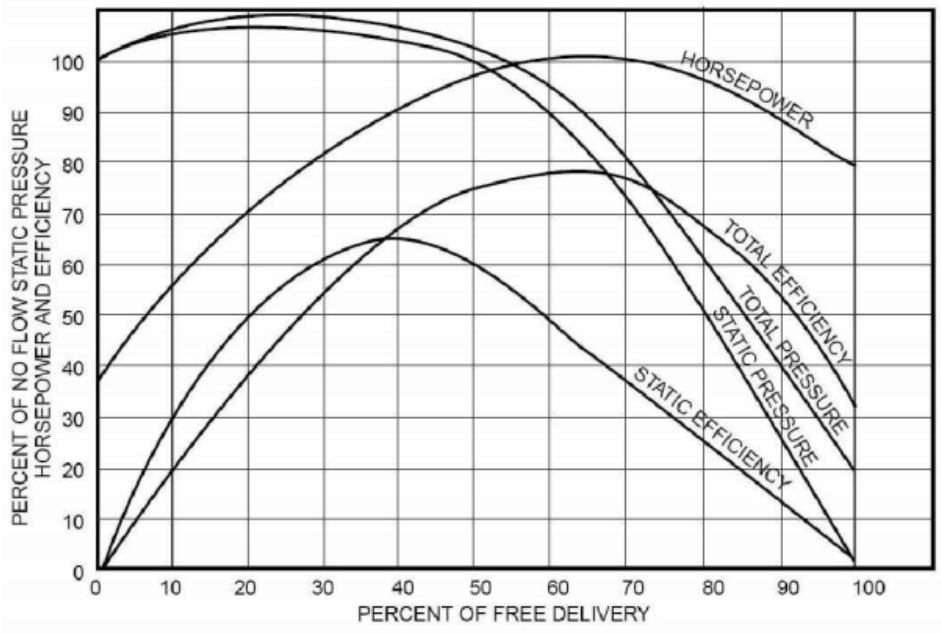
Günümüzde gerek askeri amaclı gereksede günlük yaşantıda insansız hava araçları (IHA) sıkça kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları uzaktan kumandalı ve belirli bir rotayı takip eden otomatik kontrollü olarak iki guruba ayrılabileceği gibi, yatay hareket eden (uçak tipi) ve dikine iniş kalkış yapabilen (helikopter ve dron) olmak üzerede iki sınıfta incelenebilir. Bu çalışmada dikine kalkış iniş yapabilen, uzaktan kumandakı ve çoklu pervaneli IHA ola Dron modeli kullanılmıştır (Sarıoğlu ve Akköse, 2008).

Dron motorları pervanelerinin helikopterlere nazaran daha küçük olmasından dolayı yüksek devirde dönerler. Bu nedenle fan gürültüleri yüksektir. Fanlar, bir mil aracılığıyla havanın hızını ve yönünü

ayarlar. Fanlar kanatlarının yapısına göre isimlendirilirler, eksenel ve radyal fanlar olarak iki ana gruba ayrılırlar (Castillo ve ark., 2005). Eksenel ve radyal vantilatörlere ait karakteristik eğriler Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1 Eksenel vantilatör performans karakteristiği

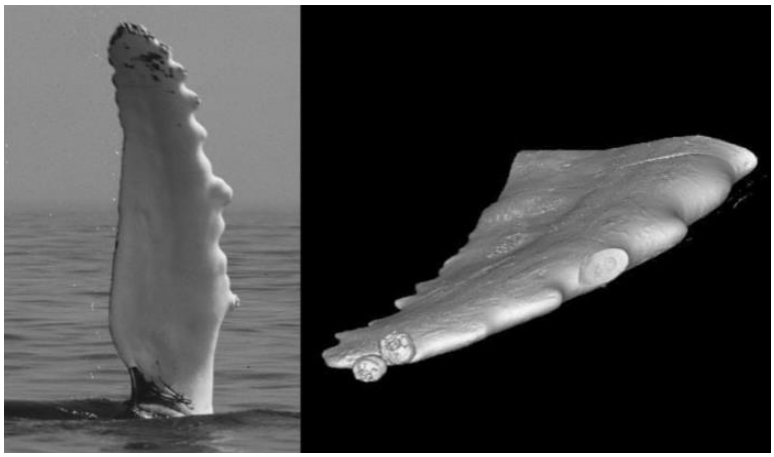


Şekil 2 Radyal vantilatör performans karakteristiği

2.Biyomimetrik iNCELEME

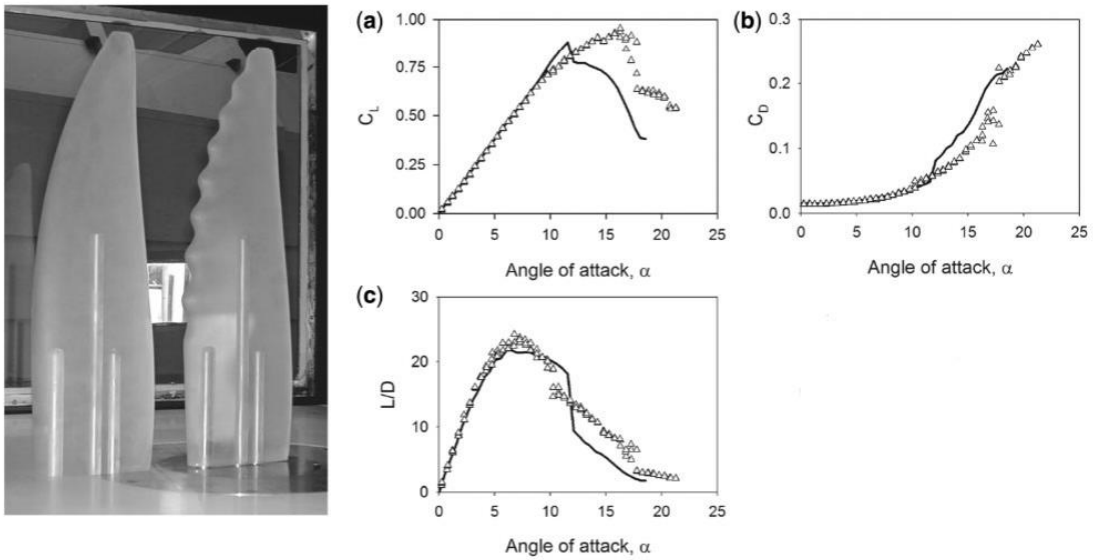
2.1.Kambur Balina

Deniz memelilerinin su ortamındaki hareket performanslarını suyun akış yönünü kontrol edebilme yetenekleri belirler. Deniz memelilerinden olan mavi balinalar üzerinde yapılan incelemeler balna yüzgecinin üzerindeki girinti ve çıkıntılar balinaların manevra ve hareket yeteneklerini büyük ölçüde arttırdığını ve su direncini büyük ölçüde azarttığını göstermiştir (Yoseph, 2006). Balina yüzgecinin modellenmiş örneği Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3 Balina yüzgeci modeli

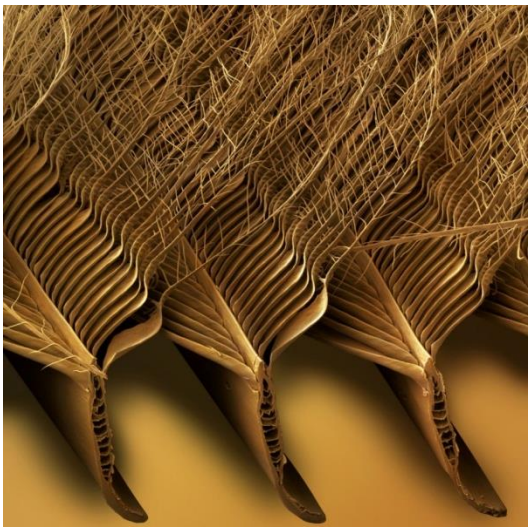
Analiz edilen model sonucu yapılan yügeç tasarımı ve Kaldırma Katsayısı (C_L), Direnç Katsayısı (C_D) ve AyroDinamik Verirlilik L/D Şekil 4'de verilmişdir.



Şekil 4 Yüzgeç tasarımı ve karakteristik eğrileri

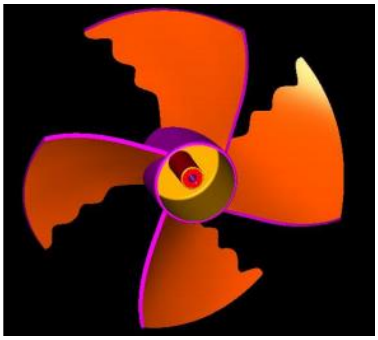
2.2.Baykuş

Baykuşlar gece avlanmaları ve avlarına farkedilmeden yaklaşabilmeleri için sessiz uçma ve süzülme konusunda ustalaşmışlardır. Bilim insanları özellikle baykuş kanatlarının yumuşak yapısı ve kanatlarının tırtıklı köşelerden oluşmasının bunu en büyük nedeni olduğunu görmüşlerdir. Baykuş kanadının tüy yapısı Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5 Baykuş kanadı tüy yapısı

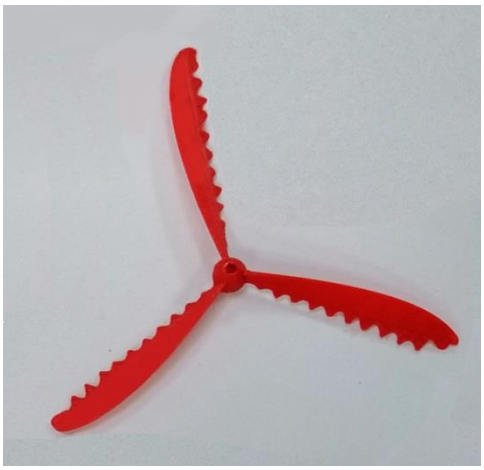
Kuşlar uçarken çıkan sesin nedeni kanatların hareketi sırasında havada oluşan basınç dalgalanmalarıdır. Özellikle kanadın arka kısmının şekli, kanadın hareketi sırasında ortaya çıkan basınç dalgalanmalarını belirgin şekilde etkiler. Baykuşların kanatlarının arka kısımlarındaki tüyler birçok kuş türünde olduğu gibi sert değil, aksine esnek ve yumuşaktır (Dickinson ve Farley, 2000). Baykuş kanadından esinlenerek yapılan fan tasarımı Şekil 6'da görülmektedir [].



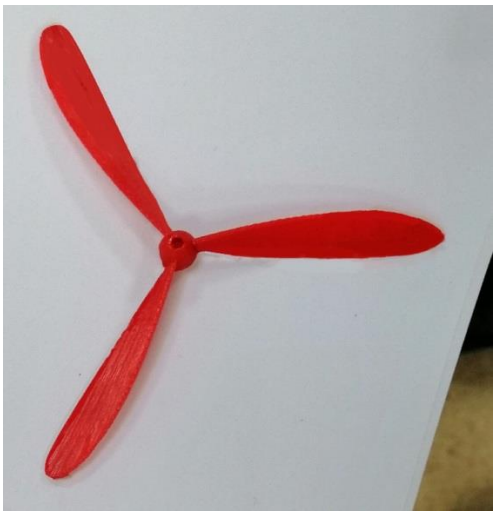
Şekil 6 Baykuş kanadı fan tasarımı

3.TASARIM

Yapılan biyomitrik incelemer sonucu yapılması gereken tasarımın girintili çıkıntılı olması ve yüzeyinin yumuşak ve kaplamalı olmasının uygun olacağı öngörülmektedir. Ayrıca pervane sayısının fazla olması ses düzeyinin düşmesini sağladığı görüldüğünden tasarımın 3 yada 4 kanatlı olmasının daha uygun olacağı görülmüşdür. Yapılan tasarımlar 2, 3 ve 4 kanatlı ve kanat sonlarında girintiler olup olmaması üzerine planlanmışdır. Tasarımlar Şekil 7,8,9 ve 10'da görülmekdedir.



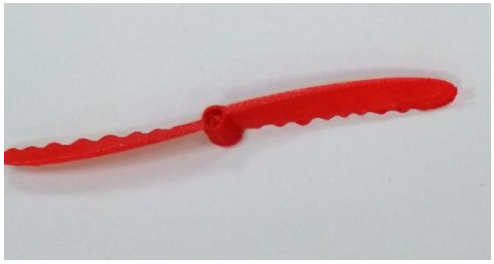
Şekil 7 Tasarım 1



Şekil 8 Tasarım 2



Şekil 9 Tasarım 3



Şekil 10 Tasarım 4

4.SONUÇ

Tasarımlar aynı rüzgar debisi verecek şekilde aynı elektrik morotu üzerinde yapılmışdır. Test sonuçlarında tasarımarın ses seviyeleri ölçülmüşdür. Ölçüm sonuçları tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Tasarım sonuları

	Tasarım 1	Tasarım 2	Tasarım 3	Tasarı 4
Ses Şiddeti (dB)	21,5	35,6	41,2	31,5

Tasarım sonuçlarından görüldüğü üzere kanat sayısı ses düzeyini düşürücü yönde etki yapmışdır. Ayrıca kanat sonlarına açılan oyuklar ses düzeyini büyük ölçüde düşürdüğü görülmüşdür.

5.TARTIŞMA

Ölçümler 4 ve daha fazla kanat sayısı için yapılabileceği gibi pervane yüzey alanı değişikliği de incelenebilir. Çalışmada kanat aksiyon açısı 15 derece olacak şekilde ayarlanmışdır. Bunun nedeni literatürdeki çalışmalarda 16 dereceden sonar hava girdaplarının oluştuğu ve bunun ses düzeyinde ciddi artışlara sebebiyet verdiği görülmektedir (Gordon, 2000).

Tasarımları dron üzerinde denenmesi ve dron yüksekliği ve ses düzeyi incelemesinin yapılmasının faydalı olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Castillo P., Lozano R., Dzul A., 2005 *Modeling and Control of Mini-Flying Machines*, London: Springer.

Dickinson M., Farley C. T., (2000), How Animals Move: An Integrative View, *Science*, 288, 100-106

Gordon L. J., 2000 *Principles of Helicopter Aerodynamics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Sarıoğlu K., Akköse K., 2008, *Fan Tasarımı Oluşturulmasında Patent Araştırması Çalışması*, Arçelik Ar-Ge Araştırma Raporu, ANN 1087, Istanbul.

Yoseph B. C., 2006, *Biomimetics : Biologically Inspired Technologies*, Boca Raton: Taylor & Francis Group.

KOLİN TESPİTİ İÇİN MOLEKÜLER BASKILAMA TABANLI NANO-BİYOSENSÖR GELİŞTİRİLMESİ

Tuğçe POLAT
Yeditepe Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği
tepolat78@gmail.com

Arş. Gör. Melahat Sevgül Bakay
Düzce Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği
melahatbakay@duzce.edu.tr

Prof. Dr. Adil Denizli
Hacettepe Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
denizli@hacettepe.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Feride Şermin UTKU
Yeditepe Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği
sermin.utku@yeditepe.edu.tr

Özet

Günümüzde biyosensörler, ziraat, çevre, savunma, tıp ve biyomedikal gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyosensörler ile saptanmak istenen nicelikler algılanarak elektriksel sinyallere dönüştürülür. Analizi yapılacak maddeyle etkileşecek olan uygun tanıma alanları sayesinde, konsantrasyon, yoğunluk gibi özelliklerde meydana gelen değişimler algılanarak istenilen büyüklükle ilişkilendirilir. Bu ilişkilendirme yapılırken elektrokimyasal analizler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, vücut için önemli metabolik rol oynayan ve bir B vitamini türü olan kolin, moleküler baskılama yöntemiyle kalem grafit elektrotlar (PGE) üzerine baskılanarak kolin miktarının tespitine yönelik bir biyosensör geliştirilmiştir. Moleküler baskılama yöntemiyle PGE'lerin üzerinde kolinin bağlanabileceği tanıma bölgeleri oluşturularak, bu bölgelere kolinin tutunması PGE üzerinde akım, gerilim ve empedansta değişikliğe sebep olmaktadır. Bu değişikliklerin analizi, $K_3[FeCN_6]^{-3/-4}$ redoks çifti içeren fosfat tampon çözeltisi (PBS) içinde elektrokimyasal empedans spektroskopisi kullanılarak yapılmıştır. Elektrokimyasal analizde, referans elektrot olarak Ag/AgCl, çalışma elektrodu olarak kalem grafit elektrot ve yardımcı elektrot olarak platin olmak üzere üçlü elektrot sistemi kullanılmıştır. Elektrotların açık hücre potansiyeli, dönüşümsel voltametri ve elektrokimyasal empedans ölçümleri yapılarak, kolinin baskılanması ve tutunmasından kaynaklı elektrotta oluşan akım, gerilim ve empedans farklılıkları ölçülmüştür. Üç farklı konsantrasyonda kolin baskılanmış olan elektrotlar, farklı miktarlarda kolin içeren altı farklı çözelti içerisinde analiz edilmiştir. Elektrotta baskılanan kolin miktarı arttıkça elektrot yüzeyindeki kolin boşluklarının artışına dayalı olarak tutunma artacağından ölçülen empedansta da beklendiği gibi bir artış gözlenmiştir. En yüksek E-1 M kolin baskılanmış olan elektrodun tespit aralığı 7.2 nM-72 pM olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyosensör, kolin, moleküler baskılama, elektrokimyasal empedans spektroskopisi, kalem grafit elektrot

MOLECULARLY IMPRINTED POLYMER BASED NANO-BIOSENSOR FOR CHOLINE

Abstract

Biosensors, which are becoming more widespread today, are systems that can detect signals in many areas such as agriculture, environment, defense, medicine and biomedical and convert into electrical signals.

These systems interact with the substance to be analyzed by means of appropriate recognition sites. The results of these interactions cause to change in the properties such as concentration, density and quantity and then changes are associated with desired data. During this association electrochemical analyzes are widely used. In this study, a biosensor for determining the amount of choline was produced by molecular imprinting of choline molecule which plays an important role for the body, on the pencil graphite electrode (PGE). Molecular imprinting method is used to create the recognition sites on which the choline can bind to PGEs, and the binding of choline to these regions causes to change in current, voltage and impedance on the PGE. Analysis of these changes was made using electrochemical impedance spectroscopy in phosphate buffer solution (PBS) containing $K_3[FeCN_6]^{-3/-4}$ redox pair. The Ag/AgCl as reference electrode, a pencil graphite electrode as working electrode and a platinum wire as counter electrode were used for three electrode system. Open cell potential, cyclic voltammetry and electrochemical impedance measurements were performed. The current, voltage and impedance differences on the electrode due to the imprinting and binding of the choline were measured. Three different concentrations of choline-imprinted electrodes were analyzed in five different solutions containing different amounts of choline. As the amount of choline in the solution and the electrode surface increased, binding to the electrode would increase. An increase in the impedance measured as expected. The limit of detection of the E-1 M choline imprinted electrode which is highest molarity imprinted was determined in the range of 7.2 nM-72 pM.

Keywords: Biosensor, choline, electrochemical impedance spectroscopy, molecular imprinting, pencil graphite electrode

1. GİRİŞ

Elektrokimyasal biyosensörler, belirlenen bir analitin konsantrasyonunda, yoğunluğunda ya da miktarındaki değişimi algılayan ve bu değişimlerle orantılı elektriksel sinyaller üreterek biyolojik ya da kimyasal tepkimeleri ölçen sistemlerdir (Bhalla ve ark.,2016). Sensörler üzerinde oluşturulan tanıma bölgelerine, mikroorganizma, enzim, antikor, nükleik asit ve molekül gibi yapıların tutunmasıyla kaltitatif ve/veya kantitatif olarak tespiti gerçekleştirilir. Elektrokimyasal yöntemlerle, elektrotların değişen konsantrasyona karşı verdiği yanıtlar, akım, gerilim ve empedans değişimleri olarak gözlemlenir. Elektrokimyasal analizlere dayanan biyosensörlerde, tespit edilecek molekülün seçiciliği moleküler baskılama yöntemi kullanılarak arttırılabilir. Böylelikle, moleküler baskılanmış polimerler (MIP) kullanılarak seçiciliği ve özgünlüğü arttırılmış biyosensörler elde edilmektedir. MIP yöntemiyle, kullanılan elektrotlar üzerinde analizi yapılacak moleküle özgü tanıma boşlukları oluşturularak yapay reseptörler elde edilir. Elektrotlar üzerinde gerçekleştirilen polimerizasyon sonrasında ilgili molekül uzaklaştırılarak sadece analiz edilecek olan molekülün tutunabileceği boşluklar oluşturulmaktadır.

Bu çalışmada, MIP yöntemiyle kalem grafit elektrotlar (PGE) üzerine kolin molekülünün baskılanmasıyla, polimerin yüzeyde kolin reseptörleri oluşturularak döngüsel voltametri (CV) ve elektrokimyasal empedans (EIS) ölçümleri alınmıştır (Barsoukov, E. ve Macdonald, J. R.,2005). MIP-PGE elektrodunun yüzeyine kolinin bağlanmasıyla, CV grafiğinde I-V özelliklerinin değişmesi EIS grafiğinde ise empedansın artması beklenmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Malzemeler

Çalışmada her bir grupta beş adet olacak şekilde toplam 25 PGE kullanılmıştır. Tüm PGE'ler, 60 sn boyunca ABS çözeltisinde (ABS, 0.1 N asetik asit, 0.1 N sodyum asetat, 20 mM NaCl, pH 4.8) +1.4 V gerilim uygulanarak anodize edilmiştir.

Daha sonra elektrotlar beş gruba ayrılmıştır. Negatif kontrol grubu, herhangi bir baskılama yapılmayan, yalın halde bulunan PGE'leri; pozitif kontrol grubu kolin içermeyecek şekilde HEMA polimeri ile kaplanan PGE'leri; E-5 M (E-5), E-3 M (E-3) ve E-1 M (E-1) kolin içeren PGE'leri ifade etmektedir. Elektrotların moleküler baskılaması yapılırken, şablon molekül olarak kolin, fonksiyonel

monomer olarak MAGA, çapraz bağlayıcı olarak EGDMA ve başlatıcı olarak AIBN kullanılmış, 365 nm dalga boyundaki UV ışını atında bekletilerek polimerizasyon gerçekleştirilmiştir.

Elektrokimyasal analizler, fosfat tampon çözeltisi (RdxPBS, pH 7.4, 1.37 M NaCl, 27 mM KCl, 100 mM Na_2HPO_4, 18 mM KH_2PO_4 içine 5 mM $K_3[Fe(CN)_6]$ redoks çiftinin eklenmesiyle hazırlanan) kullanılarak yapılmıştır (Özcan ve ark., 2014). Çalışmada tamamıyla analitik kalitede kimyasallar kullanılmıştır.

2.2. Cihazlar

Elektrokimyasal analizler, ZMAN EIS Data Analiz yazılımıyla desteklenen ZIVE SP2 Potentiostat/Galvonostat Reference 600 (Güney Kore) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler, üçlü elektrot sistemiyle; Ag/AgCl referans elektrodu, platin tel (yardımcı elektrot) ve PGE (çalışma elektrodu) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.3. Elektrokimyasal Ölçüm

Elektrodların açık hücre potansiyelleri (OCP), RdxPBS içinde voltaj kararlı hale gelene kadar ölçülmüştür. CV ölçümleri -500/+500 mV aralığında (tarama hızı: 50 mV/s, tarama aralığı: 20 mV) RdxPBS içinde elde edilmiştir. I-V eğrileri, potansiyelin anodik ve katodik yönde değişmesiyle oluşmuştur. Oksidatif akıma ait pik, potansiyelin pozitif yönde artışıyla $Fe(CN)_6^{-4}$, redüktif akıma ait pik ise potansiyelin negatif yönde artışıyla $Fe(CN)_6^{-3}$ elde edilmiştir.

$$Fe(CN)_6^{-4} \rightarrow Fe(CN)_6^{-3} + e^- \quad (1)$$

$$Fe(CN)_6^{-3} + e^- \rightarrow Fe(CN)_6^{-4} \quad (2)$$

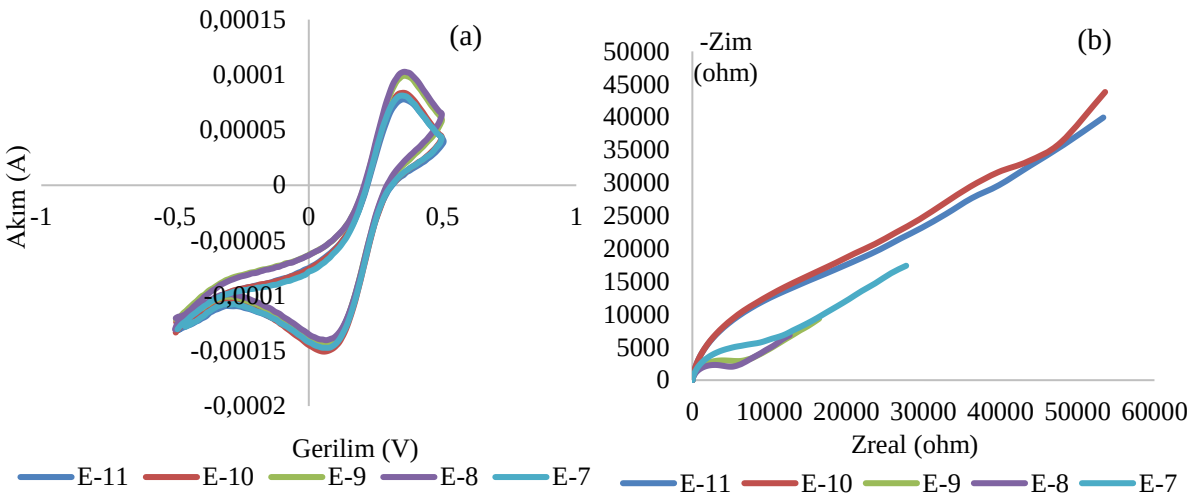
Elektrotlara ait empedans grafikleri, +10 mV potansiyel uygulanarak ve 10^4 ile 10^{-2} Hz aralığında RdxPBS içinde elde edilmiştir.

Kolin analizinde kullanılan çözeltiler beş farklı derişimde hazırlanmıştır. İlk ölçüm kolin içermeyen, RdxPBS içinde yapılmıştır. Bu çözeltiye sırasıyla en seyreltikten (72 pM, E-11) en derişiğe doğru (0.72 µM, E-7) kolin çözeltisinin eklenmesiyle, artan kolin derişimine karşı elektrotların verdiği yanıt CV ve EIS yöntemleriyle incelenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

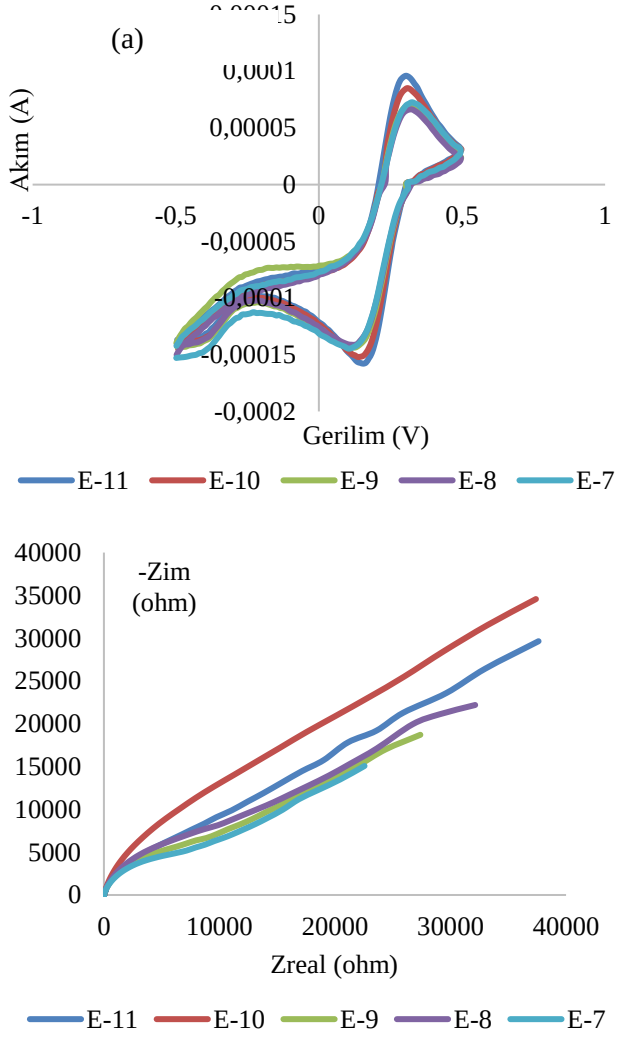
Üç farklı konsantrasyonda kolin baskılanmış (E-5, E-3 ve E-1) kalem grafit elektrotlarının, negatif ve pozitif kontrol grubu elektrotlarının, beş farklı konsantrasyonda kolin içeren (E-11, E-10, E-9, E-8 ve E-7) RdxPBS çözeltisindeki analizinin sonucunda her elektroda ait CV ve EIS grafikleri elde edilmiştir.

Negatif kontrol grubu elektrodu, yalın halde bulunan, kaplama yapılmayan elektrodu ifade etmektedir. Bu elektrodun çözeltide değişen kolin miktarlarına karşı verdiği yanıt Şekil 1'de görülmektedir. Elektrodun yüzeyinde kolinin tutunabileceği boşluklar olmadığından, RdxPBS çözeltisindeki kolin miktarının artışına karşı, CV grafiklerinde akımda artış, EIS grafiklerinde de düşüş olması, çözeltinin iletkenliğinin artması beklenmektedir.



Şekil 1: Negatif kontrol grubuna ait CV (a) ve EIS (b) yanıtı

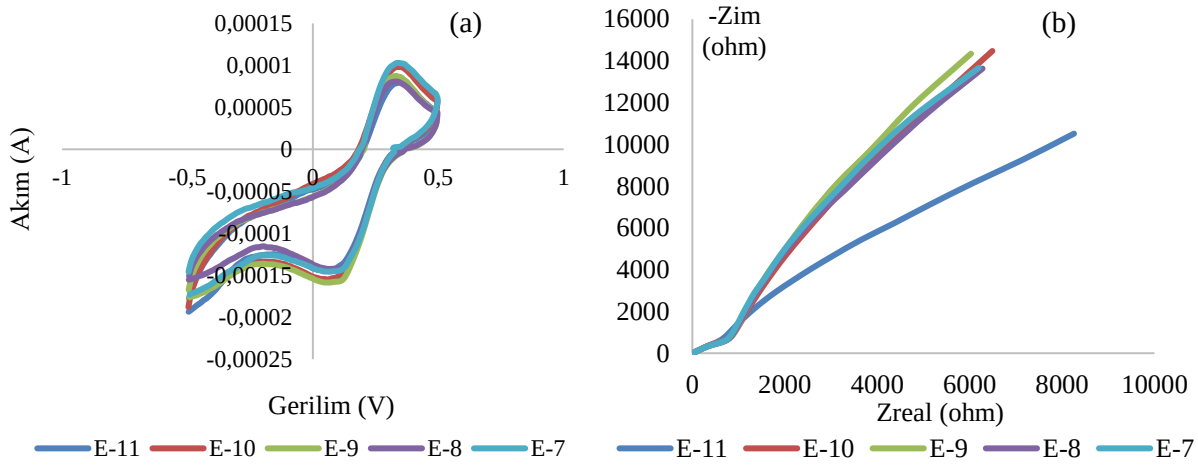
Pozitif kontrol grubu elektrodu kolin içermeyecek şekilde HEMA polimeri ile kaplanarak, değişen miktarda kolin içeren RdxPBS içinde analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen CV ve EIS grafikleri Şekil 2'de görülmektedir. Pozitif kontrol grubu elektrodunun yüzeyinde de negatif kontrol grubu elektrodunda olduğu gibi koline özgü tanıma bölgeleri bulunmamaktadır. Elektrot yüzeyinin polimerle kaplanması sonucunda iletkenlikte artış, empedansta düşüş meydana gelmesi beklenmektedir.



Şekil 2: Pozitif kontrol grubuna ait CV (a) ve EIS (b) yanıtı

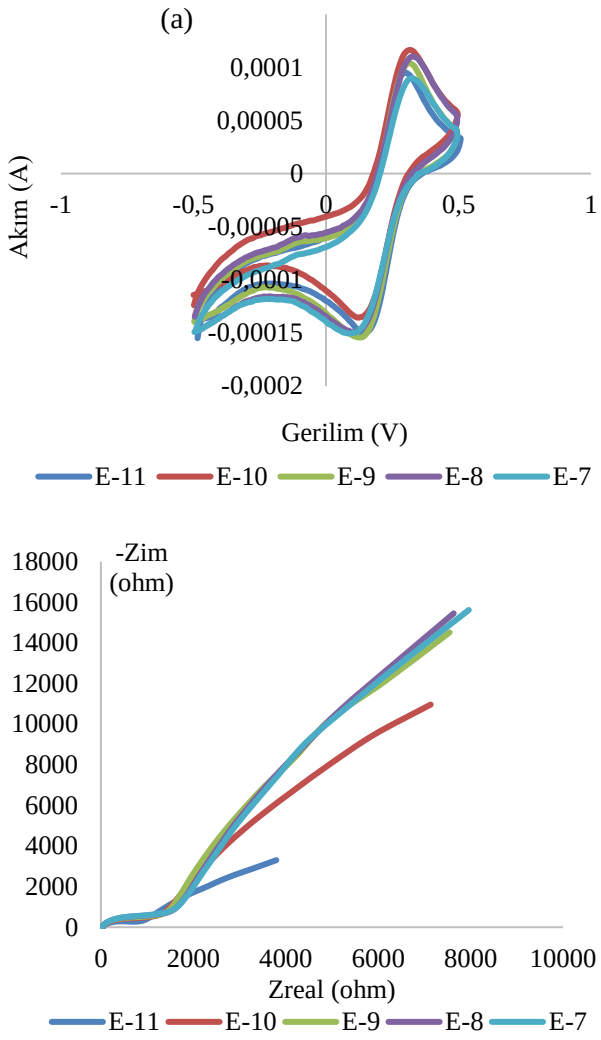
Farklı miktarlarda kolinin tutunabileceği tanıma bölgelerini içeren elektrotlardan elde edilen CV ve EIS grafikleri Şekiller 3-5'te ifade edilmektedir.

Şekil 3, en düşük konsantrasyonda kolinle kaplanan elektrodun CV ve EIS yanıtlarını ifade etmektedir. Şekil 3 (b) incelendiğinde, E-11 ile E-10 çözeltilerinin empedans verilerinin birbirinden ayırt edilebilir olduğu görülmektedir. E-10, E-9, E-8 ve E-7 çözeltilerinin yanıtlarının birbirine yakın olması, elektrot yüzeyinde bulunan kolin boşluklarının E-10 çözeltisinin eklenmesinin ardından doygunluğa ulaşmasıyla açıklanabilir. Ayrıca RdxPBS çözeltisine eklenen kolin konsantrasyonunun artışıyla empedansın arttığı (Şekil 3(b)) ve akım genliğinin değişmediği (Şekil 3(a)) görülmüştür.



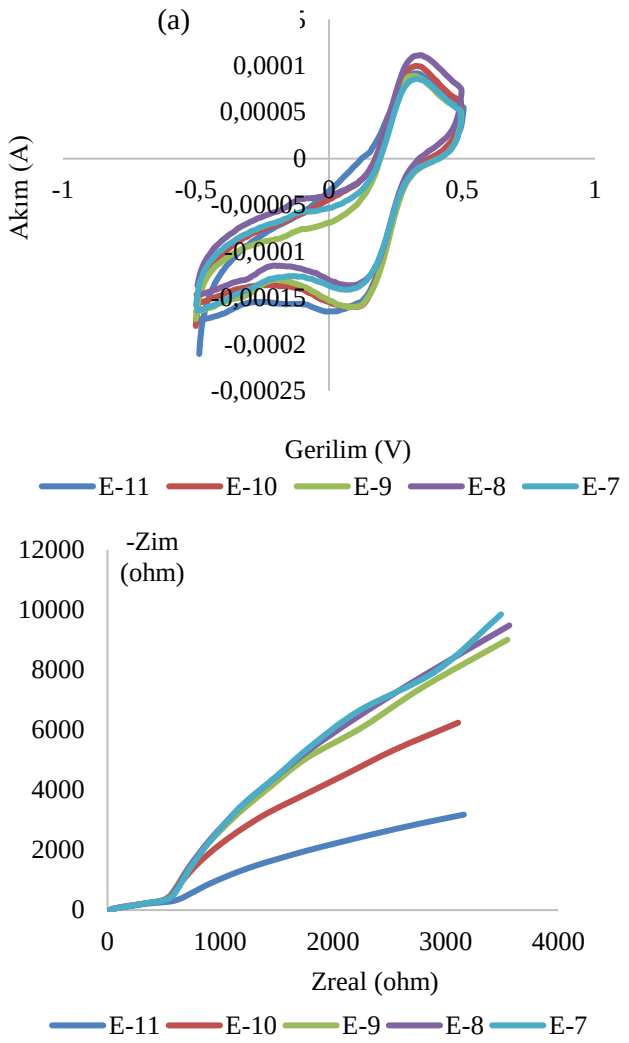
Şekil 3: E-5 elektroduna ait CV (a) ve EIS (b) yanıtı

Şekil 4, E-3 elektroduna ait CV ve EIS yanıtlarını göstermektedir. E-5 elektrotuyla karşılaştırıldığında, E-3 elektrodunun yüzeyinde daha fazla sayıda kolin boşluğu bulunması nedeniyle daha fazla kolinin tutunabileceği düşünülmektedir. Şekil 4(b)'de verilen EIS grafiğinde, E-11 ile E-9 arasındaki çözeltilerin ayrıştırılabildiği görülmektedir. E-11 ile E-9 arasında, çözeltideki kolin konsantrasyonunun artmasıyla empedansta da artış görülmektedir. E-9 ile E-7 aralığındaki çözeltilerin yanıtlarının örtüşmesi E-9 çözeltisinin eklenmesinden sonra elektrodun doygunluğa ulaştığını ve çözeltideki kolinin bağlanabileceği boşluğun olmadığını göstermektedir.



Şekil 4: E-3 elektroduna ait CV (a) ve EIS (b) yanıtı

Elektrot yüzeyine baskılanan kolin konsantrasyonunun artması, daha fazla kolin boşluğunun oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 5, en yüksek konsantrasyonda kolinin baskılandığı elektrodun RdxPBS çözeltisindeki CV ve EIS yanıtlarını göstermektedir. Şekil 5'te, E-1 elektrodunun, E-11 M ile E-8 M arasında kolin içeren çözeltileri ayrıştırabildiği görülmektedir. E-8 ve E-7 çözeltilerinin yanıtlarının çok yakın olması, E-8 çözeltisinin eklenmesinin ardından, çözeltide bulunan kolinin elektrotta bağlanabileceği boşluğun olmadığını ve elektrodun doygunluğa ulaştığını göstermektedir.

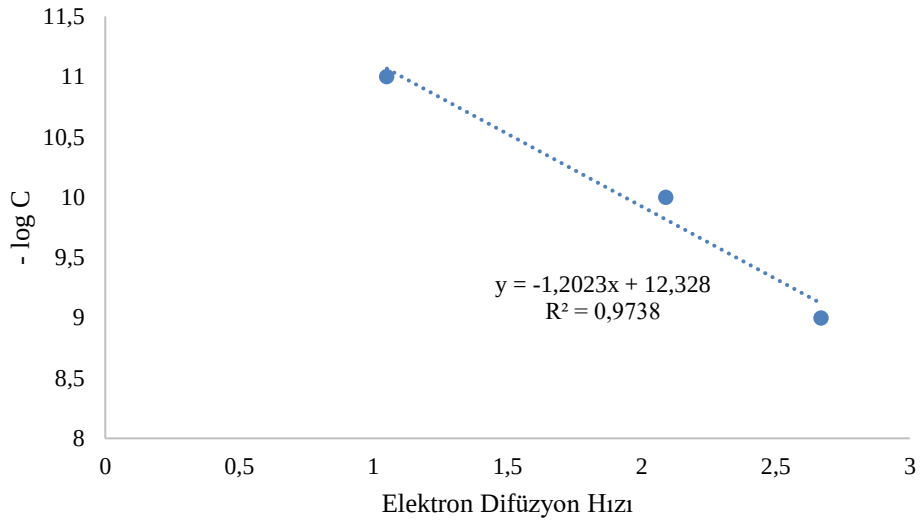


Şekil 5: E-1 elektroduna ait CV (a) ve EIS (b) yanıtı

Bu çalışmada kullanılan kalem grafit elektrotlarının içeriğindeki grafit ve polimer miktarlarının değişiklik göstermesi, yapı ve yüzeysel özelliklerinin de farklı olmasına neden olmaktadır. Bu özelliklere bağlı olarak kimyasal ve fiziksel özellikleri değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada, 60 sn boyunca elektrotların ABS çözeltisi içinde anodizasyonu yapılmıştır. Anodizasyon sürecinde elektrot yüzeyi oksitlenme gösterdiğinden (Figueiredo ve ark., 1999) 60 sn sonunda geçen akımın yeterli miktarda azaldığı görülmüştür.

Yüzeyinde E-5 M, E-3 M ve E-1 M olacak şekilde üç farklı derişimde kolin baskılanmış olan çalışma elektrotları, beş farklı derişimde (72 pM (E-11), 720 pM (E-10), 7.2 nM (E-9), 72 nM (E-8) ve 0.72 µM (E-7)) kolin içeren fosfat tampon çözeltisinde (RdxPBS) EIS ve CV yöntemleriyle ölçülerek, elektrotların çözeltinin değişen konsantrasyonuna karşı verdiği yanıt analiz edilmiştir.

Sonuç olarak, PGE'ler üzerine yapılan MIP baskılamadaki kolin derişimi arttıkça, elektrotların tespit edebileceği kolin konsantrasyonunun da artış gösterdiği görülmüştür. Baskılama yapılan elektrotların EIS analizleri sonucunda, elektrodun doygunluğa ulaşmadan önce, çözeltideki kolin konsantrasyonunun artışına empedans artışıyla yanıt verdiği görülmektedir. Şekil 6'da en yüksek kolin baskılanmış olan elektrodun (E-1) E-11 ile E-9 aralığındaki kolin konsantrasyonuna verdiği yanıta göre kalibrasyon grafiği görülmektedir. Burada elektron transfer hızı kolin konsantrasyonuna bağlı olarak lineer bir değişim göstermekte, kalibrasyon eğrisi olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 6: E-1 elektrodunun E-11 ile E-9 aralığındaki kolin konsantrasyonuna verdiği yanıta göre kalibrasyon grafiği

İlerideki çalışmalarda, PGE'ler üzerine baskılanacak kolin konsantrasyonu arttırılarak, koline özgü tanıma bölgelerinin sayısının da arttırılması yoluyla tespit edilebilecek kolin sınırı arttırılabilir. Buna ilaveten, kolin konsantrasyonunun aralığı genişletilerek, elektrotların farklı kolin konsantrasyonundaki çözeltilere verdiği yanıt incelenebilir. Yeni veriler ışığında geliştirilecek elektrotların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin üzerinde çalışılması, hassasiyetinin, kalibrasyon eğrilerinin ve eşdeğer devrelerinin çıkarılması daha sonraki çalışmalarda yapılacaktır.

TEŞEKKÜR

Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nin değerli hocaları, Prof. Dr. Ali Ümit Keskin, Prof. Dr. Mustafa Çulha, Dr.Öğr.Üyesi Levent Organ ve Doç. Dr. Erde Can'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Bhalla N., Jolly P., Formisano N., Estrela P., 2016. Introduction to Biosensors. *Essays in Biochemistry* 60(1), 1-8.

Barsoukov, E. ve Macdonald, J. R., Impedance spectroscopy:theory, experiment, and applications, 2nd Ed. John Wiley& Sons,Hoboken, New Jersey, 2005.

Özcan, B., Demirbakan, B., Yeşiller, G. ve Sezgintürk, M. K.,2014. Introducing a new method for evaluation of the interaction between an antigen and an antibody: Single frequency impedance analysis for biosensing systems. *Talanta*, 125,7-13.

Figueiredo, J. L., Pereira, M. F. R., Freitas, M. M. A. ve Orfao, J. J.M., 1999. Modification of the surface chemistry of activated carbons. *Carbon* 37(9), 1379-1389.

GÖMÜLÜ PLATFORMLAR İÇİN KUŞBAŞI GÖRÜNTÜLER ÜZERİNDEN DERİN ÖĞRENME TEMELLİ GERÇEK ZAMANLI ŞERİT İŞARETİ TESPİT SİSTEMİ

Gökhan Tarım*, Dr. Ayhan Küçükmanisa[1], Prof. Dr. Oğuzhan Urhan[1]
[1]Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği. Kocaeli, Türkiye
tarim.gokhan@gmail.com, ayhan.kucukmanisa@kocaeli.edu.tr, urhano@kocaeli.edu.tr

Özet

Otonom araçlar son yıllarda büyük önem kazanmaktadır. Şerit takip sistemleri otonom araçların en önemli bileşenleridir. Şerit takip işlemi için şerit işaretlerinin başarılı bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada otonom araçlar için şerit işaretlerinin tespitine yönelik derin öğrenme temelli gerçek zamanlı bir yöntem önerilmektedir. Önerilen yöntemde kameradan alınan görüntüler öncelikle kuş bakışı görüntülerine çevrilmekte ve şerit işaretlerinin bulunması nesne tespit problemi olarak ele alınmaktadır. Nesne tespiti işleminde derin öğrenme kullanan YOLO yönteminden faydalanılmaktadır. YOLO yöntemiyle şerit işaretleri sınırlayıcı kutular içine alınarak tespit edilmektedir. Bu sınırlayıcı kutuların ortasında oluşturulan çizgiler sayesinde ters kuş bakışı dönüşümü sonrası şerit işaretlerinin orijinal görüntüdeki yeri tespit edilmektedir. Önerilen yöntem gömülü platformlarda gerçek zamanlı çalışma yeteneğine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Otonom Araçlar, Şerit İşareti Tespiti, Derin Öğrenme, Gömülü Platform

Real-Time Deep Learning Based Lane Marking System over Bird's Eye View for Embedded Platforms

Abstract

Autonomous vehicles have gained importance in recent years. Lane detection systems are most important components of autonomous vehicles. Lane markings are need to be detected successfully for lane detection systems. In this study, deep learning based real time method is proposed for lane detection for autonomous vehicles. In the proposed method, images that captured from camera is converted to bird's eye view perspective and the presence of lane markings are considered as object detection problem. In object detection process, YOLO method that using deep learning is used. With YOLO method, lane markings area is detected in bounding boxes. With the lines that are center position of bounding boxes, lane markings in the location of original image is detected after reverse bird's eye view image transformation. The proposed method has a capable of real-time working on embedded platforms.

Keywords: Autonomous vehicles, Lane Markings Detection, Deep Learning, Embedded Platforms.

1. GİRİŞ

Günümüzde araç kullanımı geçmiş yıllara göre büyük bir ivme ile artmaktadır. Gerek elektrikli gerek fosil yakıtlı araçlarda sürücü hayatını koruyan, diğer araçlarla iletişimde olan ve araç sürüş keyfini artıran teknolojiler geliştirilmektedir. Bu tür gelişmelere rağmen artan araç sayısıyla beraber kaza oranları da oldukça büyümektedir. Dünya Sağlık Örgütünün (World Health Organisation - WHO) yayınladığı rapora göre 2030 yılında kayıplı trafik kazaları dünya genelinde ilk beşe girecektir ve her yıl bu oluşan kazalarda insan kayıplarının 100 binde 18'ini (1.4 milyon yolcu) trafik kazaları oluşturmaktadır. Ülkemizde oluşan kayıplı ve yaralanmalı trafik kaza oranı 2006'dan beri oluşan trafik kazalarına oranla neredeyse iki kat artmıştır [1].

Trafik kazalarının önlenmesi ve yolcuların daha güvenli seyahat edebilmesi için geliştirilmiş teknolojiler günden güne artmaktadır. Bu sistemler genel olarak İleri Sürüş Destek Sistemleri (Advance Driver Assistance Systems - ADAS) olarak adlandırılmaktadır.

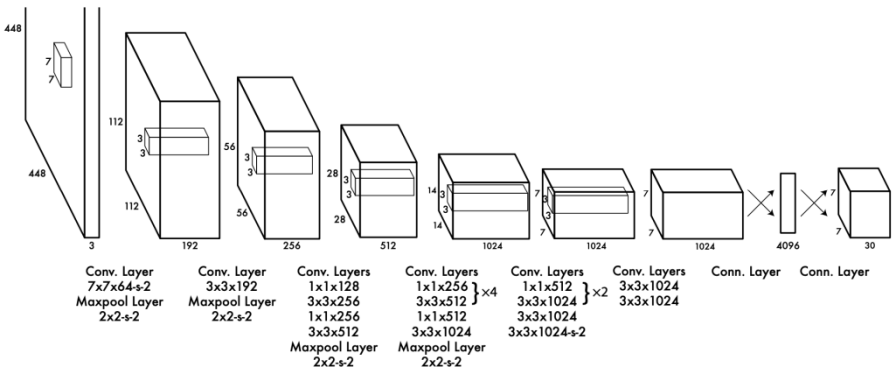
Bu çalışmada ADAS sistemlerinden Şeritten Ayrılma Tespit Sistemi (Lane Departure Warning Systems - LDWS) üzerine özgün bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Şeritten Ayrılma Tespit Sistemleri sürücülerin dikkatsizlik, uykusuzlukla beraber uykuya dalma gibi istemsiz şekilde şerit değiştirmesi sonucu oluşabilecek kazaları önlemeyi amaçlamaktadır.

Şerit çizgilerinin konumları analiz edilerek şeritten ayrılma durumları tespit edilebilmektedir. Bu durumda yol üzerindeki şeritlerin tespiti sistemin başarısını doğrudan etkilemektedir. Literatürdeki çalışmalarda kullanılan yöntemler genel olarak geleneksel görüntü işleme temelli yöntemlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada bu yöntemlerden farklı olarak günümüzde kullanımı oldukça yaygınlaşan derin öğrenme temelli bir yöntem geliştirilmiştir.

2. DERİN ÖĞRENME

Derin Öğrenme (Deep Learning), eğitim aşamasında kendisine verilen verilerden özellik saptama yapabilen sistemler oluşturmak için, çok seviyeli "derin" sinir ağlarının kullanıldığı bir makine öğrenmesi yöntemidir. Genel olarak geleneksel sistemlerin yeterli performans sunamadığı ve insan gibi zaman içinde kendini geliştirme yeteneği gerekli sağlıktan uzaya, araçlardan tarıma kadar birbirlerinden bağımsız sektörlerde kullanılmaya elverişlidir. Kullanım alanlarının gelişmiş olması sistemin girdilerinin de bağımsız olabilmesini sağlamaktadır. Bu girdiler kimi zaman uzaya gönderilecek bir uydunun ateşleme verisi olmakta, kimi zaman bir tarlada sulama verisi kimi zaman ise bir ses veya görüntü olabilmektedir. Derin öğrenme yaklaşımları ile bir imge evrişimsel sinir ağları kullanılarak grafik işlemciler üzerinde oldukça yüksek performansla işlenebilmektedir. Bu da günümüzde derin öğrenme algoritmalarının tercih edilebilir olmasına neden olmaktadır. Diğer yandan bir görüntünün geleneksel makine öğrenmesi ile analiz edilip görüntüdeki yerinin bulunabilmesi için öncelikle özellik çıkarımı yapılıp sonrasında sınıflandırma işlemi yapılması gerekmektedir. Ancak derin öğrenme, görsellerin yapısından sınırlandırma, analiz yapabilme ve tanımlama yeteneğinin tümüne sahiptir. Bu da şerit işaretlerinin tespitinin derin öğrenme ile daha başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır.

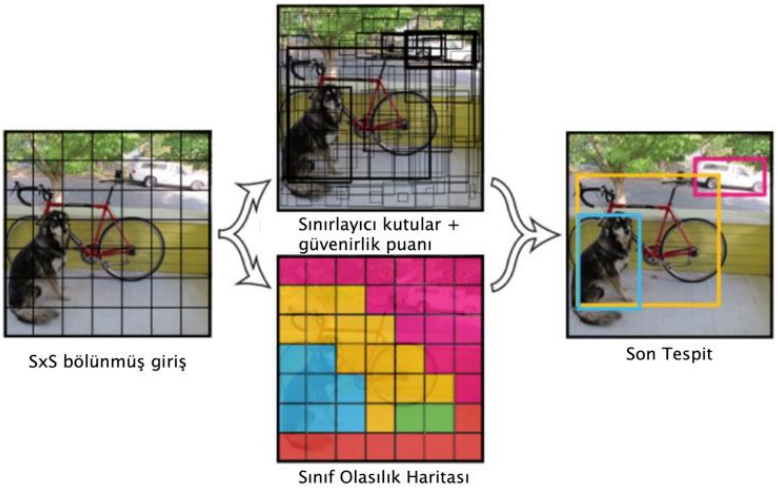
Literatürde derin öğrenme temelli tekil kamera üzerinden geliştirilen şeritten ayrılma uyarı sistemleri genel olarak imge segmentasyonu, sınıflandırma ve nesne tespit etme üzerine odaklanmaktadır. Bu metodlar kendi aralarında bazı avantajlar ve dezavantajlar barındırmaktadır. İmge segmentasyonu bir görüntünün içeriğindeki birden fazla anlamlı bölümün piksel bazlı belirlenmesini sağlayan ve işlem yükünün fazla olduğu bir yaklaşımdır. Sınıflandırma, bir imgenin genel olarak hangi sınıf ya da sınıflara ait olduğunu belirleyen ve işlem yükü oldukça az ancak imgeden elde edilecek bilginin az olduğu bir yöntemdir. Nesne tespit etme ise işlem yükü ve bilgi verme bakımından diğer iki yöntemin ortasında bulunmaktadır. Nesne tespit yöntemleri nesnelerin hangi pikseller arasında bulunduğunu sınıf etiketiyle birlikte tespit edebilen yöntemlerdir. Bu da şerit işaretlerinin pozisyonun nerede olduğunu ve zamana bağlı oluşan değişimlerin tespit edebilmek anlamına gelmektedir. Bu çalışmada şerit işareti tespit işlemi bir nesne tespit problemi olarak ele alınmaktadır. Nesne tespit işleminde ise derin öğrenme temelli You Only Look Once (YOLO) [2] yönteminden faydalanılmıştır.



Şekil 1. You Only Look Once (YOLO) ağının yapısı [2]

2.1. You Only Look Once (YOLO)

YOLO [4], literatürde bulunan derin öğrenme temelli nesne tespiti yöntemlerine benzer şekilde evrişimsel sinir ağlarından faydalanmaktadır. Ancak diğer derin öğrenme yöntemlerinden farklı olarak öncelikle giriş imgesini SxS (7x7) boyutlarında kafes şeklinde bölütlemektedir. Ardından her bölüntülenen kafes için 2 adet sınırlayıcı kutu ve güven puanı tahmin etmektedir. Güven puanı eğitim verisi ile çıktı arasındaki kesişim oranını (Intersection over Union, IoU) ve sınırlayıcı kutunun hangi sınıfa ait olduğunu göstermektedir Her sınırlayıcı kutu ise sınırlayıcı kutunun imgede bulunduğu yeri (x, y, w, h) belirtmektedir.

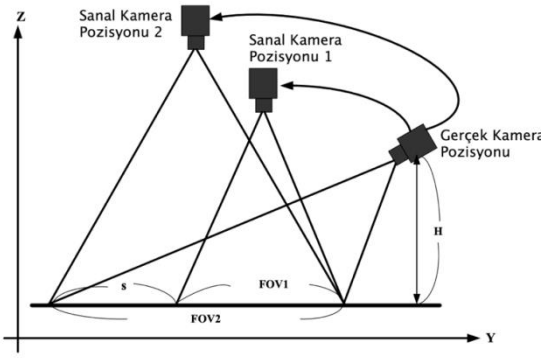


Şekil 2. YOLO yönteminin çalışma prensibi [4]

Bu yaklaşım sayesinde bir nesnenin bir görüntüde bulunduğu yeri ve nesnenin belirlenilen sınıflar içerisinden hangi sınıfa ait olduğu bulunabilmektedir. YOLO diğer derin öğrenme temelli nesne tespit yöntemlerine göre sınıf ayrıştırma doğruluğu (accuracy) ve sistem çalışma hızı bakımından öne çıkmaktadır.

3. TERS PERSPEKTİF DÖNÜŞÜMÜ (INVERSE PERSPECTIVE MAPPING, IPM)

Bir çok derin öğrenme temelli şerit tespit sistemi aracın ön camına yerleştirilmiş kameradan yatay şekilde alınan görüntü üzerinden kendi yöntemlerini uygulamaktadır. Gerçek dünyada birbirine paralel olan şerit işaretleri kameradan alınan bu görüntülerde perspektif etkisi nedeniyle paralel olarak görünmemektedir. Bu çalışma kapsamında önerilen yöntemde şerit işaretlerinin araca dik ve paralel olması özelliğinden faydalanılmıştır. Bu amaçla kamera alınan görüntülerin kamera düzleminden dünya düzlemine geçmesi için ters perspektif dönüşümü (Inverse Perspective Mapping - IPM) kullanılmıştır. Böylece yatay şekilde araçlara konumlandırılan kameralardan elde edilen perspektiften kuş bakışı perspektife geçilmektedir.



Şekil 3. Kamera bakış açısına bağlı olarak kamera pozisyonlaması [3]

Ters Perspektif Dönüşümü kamera ve lens kalibrasyonuna bağlılığı oldukça az olan bir yöntemdir. Yöntem temel olarak kamera çekim perspektifinin bakış açısından faydalanarak farklı bakış açısına geçmesiyle görüntünün değiştirilmesini amaçlamaktadır. Bu işlemi giriş görüntüsünden aldığı 4 nokta üzerinden kameranın bakış açısının değiştirileceği uzayın tersi ile transformasyon matrisi oluşturulmaktadır (Eşitlik (1) ve (2)). Bu matrisin hesaplanması görsel öğelere bağlıdır. Bunun sebebi her kameranın konumlandırılması ve bakış açısı (Field of View, FoV) farklı olması sebebiyle en iyi matris cevabı denenerek bulunmaktadır.

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix}' = H \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$x_2 = \frac{x_1}{z_1} = \frac{h_{11}x_1 + h_{12}y_1 + h_{13}}{h_{31}x_1 + h_{32}y_1 + h_{33}}$$
$$y_2 = \frac{y_1}{z_1} = \frac{h_{21}x_1 + h_{22}y_1 + h_{23}}{h_{31}x_1 + h_{32}y_1 + h_{33}} \tag{2}$$

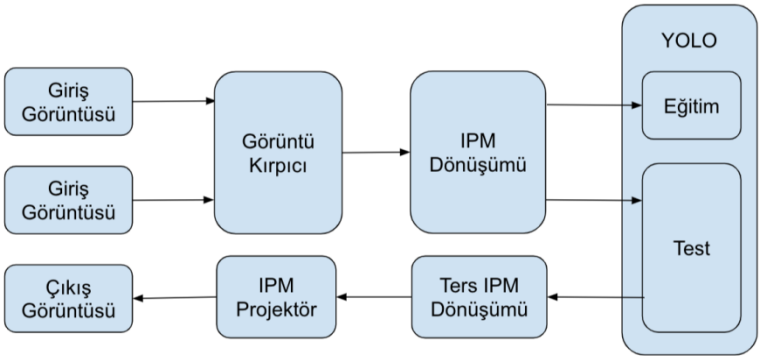
Bu çalışmada orijinal görüntüden ufuk noktasına kadar kesilen bölüm Ters Perspektif Dönüşümüne sokulmuştur. Bunun sebebi ufuk noktasından sonra oluşan görüntünün lineerliğini kaybetmesinin derin öğrenmeye oluşturacağı etkinin azaltılmasıdır. Şekil 4'te örnek bir giriş görüntüsü ve ters perspektif dönüşümü sonrası görüntüsü gösterilmektedir.



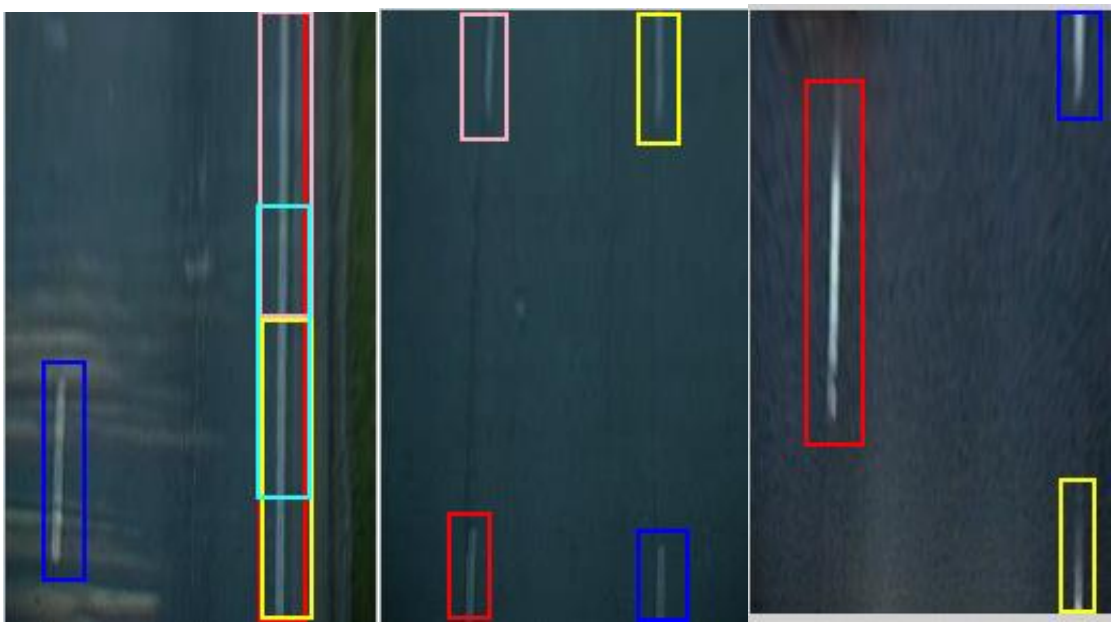
Şekil 4. Orjinal giriş görüntüsü (solda) ve ufuk noktasından kesilip Ters Perspektif Dönüşümü sonrası oluşan görüntü (sağda)

4. YÖNTEM

Bu çalışmada önerilen yöntemin genel yapısı Şekil 5'te gösterilmektedir. Giriş görüntüsünün IPM uygulanmış hali üzerinden eğitim işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşımda Şekil 6'da gösterildiği gibi bir giriş görüntüsünün Ters Perspektif Dönüşümü sonrası elde edilen görüntü YOLO'ya giriş olarak uygulanmaktadır.



Şekil 5. Ters Perspektif Dönüşümü ile Derin Öğrenme Temelli Şerit Tespiti



Şekil 6. Örnek eğitim görüntüsü

Eğitim ve test işlemi için Borkar [5] veri tabanından alınan görüntülerin %80'i eğitim aşamasında, %20'si test aşamasında kullanılmıştır. Eğitim işlemi oldukça uzun zaman alabilmektedir. Eğitim sırasında birçok giriş görüntüsü ve eğitim parametresi denenerek en iyi sonucu veren ve en az hata oranına sahip ağ elde edilmiştir.

Test sürecinde orijinal giriş görüntüsü eğitim sürecinde olduğu gibi Ters Perspektif Dönüşümü (IPM) sonrası YOLO'ya giriş olarak uygulanmaktadır. Testin sonucunda şerit işaretleri barındıran sınırlayıcı kutular tespit edilmektedir. Bu sınırlayıcı kutuların üst ve alt noktalarından elde edilen 2 boyutlu koordinatlar (2 * (x,y)) üzerinden Ters Perspektif Dönüşümü ile giriş sırasında elde edilen transformasyon matrisi (3x3) üzerinden tespit edilen noktaların orjinal görüntü üzerindeki konumları (IPM Projektör) bulunabilmektedir. Bu işlem Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Test sırasında oluşan sınırlayıcı kutulu tespit görüntüsü (solda), üst ,alt ve orta noktaları işaretlenmiş görüntü (ortada), Ters IPM sonucu tespit edilen şeridin görüntüsü (sağda)

Ters perspektif dönüşümü sonrası bulunan noktalar sayesinde görüntü tekrar normal perspektif dönüşümüne ihtiyaç olmadan geriye yansıtılabilmektedir. Bu yaklaşım sayesinde işlem yükü azalmasına ve sistem hızının artmasına sebep olmuştur.

5. KARŞILAŞTIRMALI SONUÇLAR

Bu çalışmada 6 eğitim veri setiyle toplam 1200 adet görüntü (6x200) üzerinden şerit işaretlerinin eğitimi için el yordamıyla şeritler işaretleri işaretlenmistir. Eğitim ve test süreçlerinde Borkar [5] veri seti kullanılmış olup literatürde bulunan şerit işareti tespit yöntemleriyle sistem performansı karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada nesnel bir performans değerlendirmesi için Eş. 3'de verilen ortalama karesel hata (Mean Square Error -MSE) karşılaştırma formülü olarak kullanılmıştır.

$$MSE= \frac{1}{N}\sum_{1}^{N}(X_{tespit}- X_{yer\ doğrusu})^2 \quad (3)$$

MSE değerinin hesaplanması tespit edilen şerit çizgisinin bulunduğu nokta (x_tespit) ile yatay düzlemde tespit edilen şerit çizgisi (ground truth) noktası (x_yer doğrusu) arasında hesaplanmaktadır. Çalışmanın literatürdeki diğer yöntemlerle karşılaştırılabilmesi için Şekil 7'deki gibi sistemin çıktısı olan sınırlayıcı noktaların üst ve alt noktasından Şekil 8'de verilen nihai şerit işaretlerini gösteren doğrular elde edilmiştir.



Şekil 8. Tespit edilen şerit işaretleri

Tespit edilen şerit işaretleri ve oluşturulan yer doğrularının arasında MSE hesabı yapılarak bu değerin belirlenen eşik değerinden (yatay şerit işareti büyüklüğünün yarısı kadar piksel) küçük olması durumunda şerit işareti tespit edildi kararı verilmektedir. Önerilen yöntemin ve literatürde bulunan yöntemlerin şerit işareti tespit performansının doğruluk (accuracy) kriteriyle değerlendirmesi Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Nicel performans değerlendirmesi

	Borkar ve ark. [5]	Mammeri ve ark. [6]	Önerilen Yöntem
S1C1	0,84	0,81	0,50
S2C1	0,60	0,36	0,20
S4C6	0,31	0,32	0,14
Ortalama	0,53	0,46	0,25

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada şerit işaretlerinin tespiti için kullanılabilecek derin öğrenme temelli bir şerit tespit yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemde şerit işareti tespiti bir nesne tespit problemi olarak ele alınmaktadır. Nesne tespit işleminde kuşbakışı görüntüler üzerinden şerit işaretleri bölgesi sınırlayıcı kutular olarak tespit edilmektedir. İleriki çalışmalarda yönteme bir son işlem adımı eklenerek şerit işareti tespit performansının iyileştirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] (2017), Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, 29 Nisan 2019 tarihinde Türkiye İstatistik Kurumu: http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27668 adresinden alındı.

[2] LIN, C., WANG, M. (2012). A Vision Based Top-View Transformation Model for a Vehicle Parking Assistant. *Sensors*. *12*(4), 4431-444.

[3] REDMON, J., DIVVALA, S., GIRSHICK, R., FARHADI, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real Time Object Detection. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*

[4] REDMON, J., FARHADI, A. (2016). YOLOv3: An Incremental Improvement, 29 Nisan 2019 tarihinde https://pjreddie.com/media/files/papers/YOLOv3.pdf adresinden alındı.

[5] BORKAR, A., HAYES, M., SMİTH, M. T. (2012), A novel lane detection system with efficient ground truth generation, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(1), 365–374.

[6] MAMMERI, A., BOUKERCHE, A., TANG, Z. (2016), A real-time lane marking localization, tracking and communication system, *Computer Communication*s, 73, 132-143

INVESTIGATION OF STRAIN DISTRIBUTION IN HEXA-ECAP PROCESSED PURE COPPER

Research Assistant. Serkan ÖĞÜT
Marmara University / Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department
serkan.ogut@marmara.edu.tr

Associated Professor Dr.. Aykut KENTLİ
Marmara University / Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department
akentli@marmara.edu.tr

Assistant Professor Dr.. Hasan KAYA
Kocaeli University/Asım Kocabıyık Vocational School/ Machine and Metal Technology Department
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Abstract

Equal Channel Angular Pressing (ECAP) is one of the common Severe Plastic Deformation (SPD) processes. Thanks to this process, mechanical properties of engineering materials can be enhanced by achieving Ultrafine Grained (UFG) structure in these materials. Hexa-ECAP is a modified ECAP technique which enables route application in ECAP technique for cylindrical specimens. Within this study, the effect of pressing speed and friction coefficient on the strain distribution of Hexa-ECAP processed pure copper was numerically investigated. Firstly, an annealed pure copper sample was subjected to Hexa-ECAP process at the process temperature of 300 ^{0}C. After this step, finite element model (FEM) was generated for Hexa-ECAP process of pure copper using same condition.Then, load-displacement curves obtained from Hexa-ECAP process and FEM simulation were compared in order to validate the FEM. After validating FEM, required finite element analyses for different pressing speeds and friction coefficients were performed. Finally, the effects of pressing speed and friction coefficient on strain distribution were investigated based on the strain values taken from predetermined plane in the specimen.

Keywords: FEM, Hexa-ECAP, Pure Copper

1. INTRODUCTION

Severe Plastic Deformation (SPD) methods have been used by researchers in order to obtain Ultrafine Grained (UFG) materials for last decades. Materials having average grain sizes less than 1 μm are called UFG materials (Valiev et al., 2006). There are many SPD methods like high pressure torsion (HPT) (Zang et al., 2019), twist extrusion (TE) (Vu et al., 2019), accumulative roll bonding (ARB) (Ferreira et al., 2019), Repetitive Corrugation and Straightening (RCS) (Huang et al., 2004) in order to obtain UFG structure in engineering materials. However, the most popular SPD method is Equal Channel Angular Pressing (ECAP) (Priel et al., 2019). ECAP is preferred against other SPD methods because of its applicability and effectiveness. Since it is widely used SPD method, some modifications of this method were developed by researchers. These methods may be listed as Expansion Equal Channel Angular Pressing (Exp.-ECAP) (Boroujeni and Fereshteh-Saniee, 2015), Equal Channel Angular Rolling (ECAR) (Nam et al., 2003), etc. In this study, another modified ECAP method Hexa Expansion Equal Channel Angular Pressing (Hexa-ECAP) (Kaya and Uçar, 2016) method was preferred in order to subject intense strain into workpiece. Thanks to ECAP process and other SPD processes, mechanical properties of materials can be enhanced. The relation between the increase in mechanical properties and strain obtained during SPD processes can be seen in many studies in literature (Nagasekhar et al., 2007). Because of this relation, several studies which aims to maximize the effective strain and the strain homogeneity were carried out by researchers (F. Djavanroodi, M. Ebrahimi, 2010), (Cerri et al., 2009).

Within this study, the effects of friction coefficient and pressing speed on mean effective strain and strain distribution were investigated by performing Finite Element Analysis (FEA) for Hexa-ECAP

process. Firstly, an annealed pure copper sample was subjected to Hexa-ECAP process at process temperature of 300 ^{0}C. Secondly, a finite element model (FEM) was generated in order to simulate Hexa-ECAP process in experiment conditions. After that, load-time curves obtained from Hexa-ECAP experiment and FEA were compared to validate the generated FEM. Once the validation step was accomplished, required finite element analyses for different combination of friction coefficients and pressing speeds were carried out in order to investigate the effects of these parameters mean effective strain and strain distribution.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Hexa-ECAP Experiment

Hexa-ECAP method was proposed by H. Kaya (Kaya et al., 2014) in order to eliminate the ECAP route applying problems for cylindrical samples. There are six channels in Hexa-ECAP die while classical ECAP dies have two channels. In Hexa-ECAP process, samples are not ejected from die in consecutive pressings in order to eliminate route problems for cylindrical samples. After each pressing, the die is rotated along any axis for desired angles to apply any route i.e. Route A, Route B or Route C instead of rotating pressed samples. For Hexa-ECAP process, a pure copper sample having diameter of 19.5 mm and length of 55 mm was annealed at temperature of 600 ^{0}C for 2 hours. After annealing stage, Hexa-ECAP process was carried out at 300 ^{0}C. MoS_2 was used as lubricant and preferred pressing speed is 2 mm/s. Hexa-ECAP processed sample can be seen in Fig.2. During experiment, load-time curve was obtained in order to use in the validation of the FEM.



Figure1. Hexa die used in ECAP process (Kaya et al., 2014)

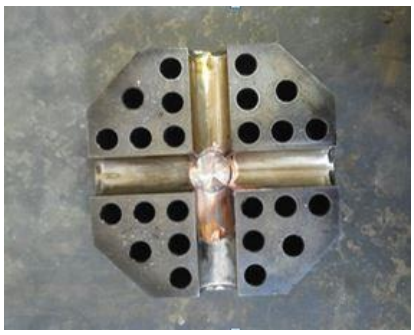


Figure 2. Hexa ECAPed Copper

2.2 Finite Element Analysis Procedure

For this study, 25 finite element analyses for different combination of friction coefficients and pressing speeds were performed. Firstly a finite element model was generated in order to simulate Hexa-ECAP process in experiment conditions. The used element type is tetrahedral element. In meshing process, auto remeshing was preferred in order to obtain high strain values in workpiece. After performing FEA, element number enabling the convergence in effective strain values came out as 40000. Friction coefficient is determined as 0.125 because it leads to parallelism between load-time curves obtained from FEA and Hexa-ECAP experiment. Finite element model generated within this study can be seen in Fig.3.

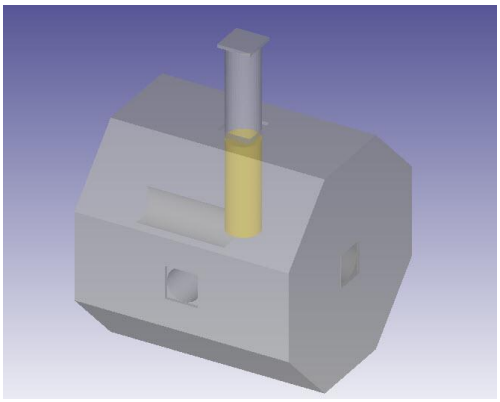


Figure 3. Finite Element Model

After generating FEM, the first finite element analysis was carried out. In order to validate FEM, load–time curve was obtained from the first finite element analysis and compared with the load–time curve was obtained from Hexa-ECAP experiment. When Fig.4 is taken into consideration, it is possible to say that trends of two curves are nearly same. Thanks to the parallelism between two curves, it can be said that the FEM is validated.

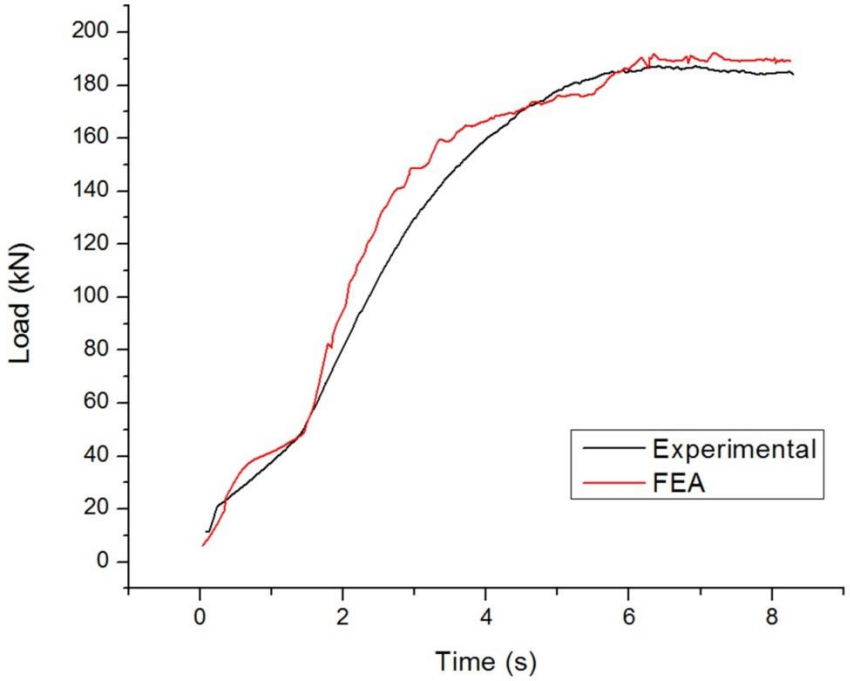


Fig. 4. Load-Time Curves for ECAP Experiment and FEA

After validation stage, required finite element analyses were carried out for different combination of friction coefficient and pressing speed. Pressing speed and friction coefficient values used in each analysis can be seen in Table 1.

Table 1. Parameters used in finite element analyses

Analysis No	Pressing Speed (mm/s)	Friction Coefficient	Analysis No	Pressing Speed (mm/s)	Friction Coefficient	Analysis No	Pressing Speed (mm/s)	Friction Coefficient
1	1	0.05	10	2	0.15	18	4	0.1
2	1	0.075	11	3	0.05	19	4	0.125
3	1	0.1	12	3	0.075	20	4	0.15
4	1	0.125	13	3	0.1	21	5	0.05
5	1	0.15	14	3	0.125	22	5	0.075
6	2	0.05	15	3	0.15	23	5	0.1
7	2	0.075	16	4	0.05	24	5	0.125
8	2	0.1	17	4	0.075	25	5	0.15
9	2	0.125						

3. RESULTS

Coefficient of Variance of effective plastic strain ($CV\varepsilon_p$) was suggested by Basavaraj (Basavaraj et al., 2009) in order to quantify strain inhomogeneity and is as follows:

$$CV\varepsilon_p = \frac{Stdev\varepsilon_p}{Av\varepsilon_p} \quad (1)$$

where $Stdev\varepsilon_p$ is standard deviation of effective strain and $Av\varepsilon_p$ is average effective strain in the transverse plane. Increase in the strain inhomogeneity factor means decrease in homogeneity of strain distribution. Strain values were taken from 50 points in order to calculate standard deviation and average of effective strain. These 50 points can be seen in Fig. 5.

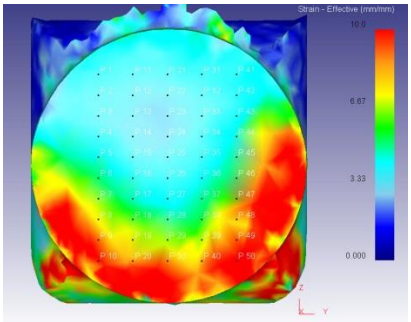


Figure 5. Strain values taken from 50 points

For each analysis strain values were taken from these 50 points as in Fig.5. After obtaining strain values from these points, average or mean effective strain and strain inhomogeneity values were calculated for each combination of friction coefficient and pressing speed. These values can be seen in Fig.6 and Fig. 7.

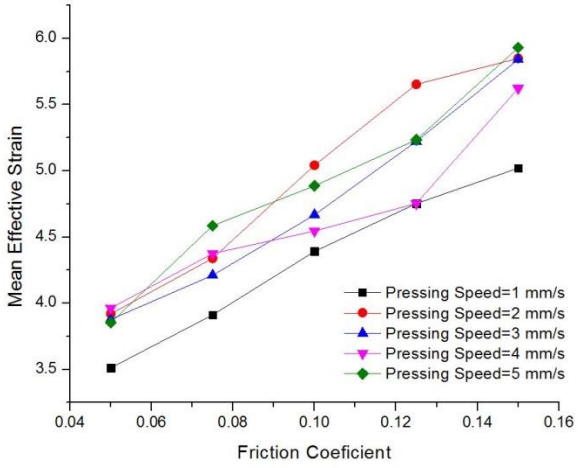


Figure 6. Mean effective strain for different combinations of parameters

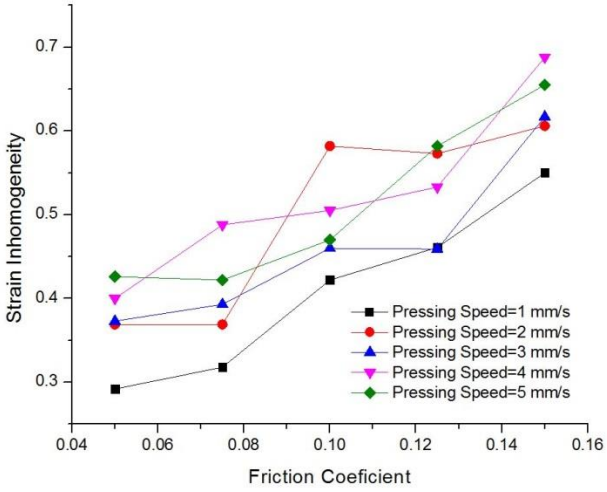


Figure 7. Strain inhomogeneity for different combinations of parameters

4. DISCUSSION

According to Figure 6, it can be said that increase in friction coefficient leads to increase in mean effective strain. This can be attributed to the strain increase in the outer surface of the workpiece. On the other hand, it can be said that there is no significant effect of pressing speed on level of effective plastic strain especially at lower friction coefficient states.

Figure 7 shows that strain inhomogeneity increases due to the increase in friction coefficient. This can be attributed to the strain increase in the outer surface of the workpiece. While effective plastic strain increases in outer parts of the workpiece, it does not change in central parts of the workpiece. This leads to an increase in strain inhomogeneity. When Fig.7 is analysed from the viewpoint of pressing speed, it is seen that there is no significant effect of pressing speed on effective plastic strain inhomogeneity.

5. CONCLUSION

The strain distribution of pure copper processed by equal channel angular extrusion was numerically investigated using 3D finite element software within this study. Thanks to the finite element analyses, the effects of friction coefficient and ram velocity on strain homogeneity and total strain level were investigated. The obtained conclusions are as follow:

1. Higher magnitude of effective plastic strain also can be obtained by higher friction coefficient. However, increase in friction coefficient leads to increase in strain inhomogeneity value as well.

2. Comparing to friction coefficient, ram velocity does not have a significant effect on level of mean effective plastic strain and strain inhomogeneity.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Prof. Dr. Mehmet UÇAR for his support to the laboratory studies.

REFERENCES

Basavaraj, V.P., Chakkingal, U., Prasanna Kumar, T.S., (2009), Study of channel angle influence on material flow and strain inhomogeneity in equal channel angular pressing using 3D finite element simulation, Journal of materials processing technology, 209.1, 89-95, Doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.01.031

Cerri, E., De Marco, P. P., Leo P., (2009),. FEM and metallurgical analysis of modified 6082 aluminium alloys processed by multipass ECAP: Influence of material properties and different process settings on induced plastic strain, Journal of Materials Processing Technology, 209.3, 1550-1564. DOİ: 10.1016/j.jmatprotec.2008.04.013

Djavanroodi, F., Ebrahimi, M., (2010),Effect of die parameters and material properties in ECAP with parallel channels, Materials Science and Engineering: A, 527.29, 7593-7599 DOİ: 10.1016/j.msea.2010.08.022

Ferreira, F., Ferreira, I., Camacho, E., Lopes, F., Marques, A. C., & Velhinho, A. (2019). Graphene oxide-reinforced aluminium-matrix nanostructured composites fabricated by accumulative roll bonding. Composites Part B: Engineering, 164, 265-271.

Huang, J., Zhu, Y. T., Alexander, D. J., Liao, X., Lowe, T. C., & Asaro, R. J. (2004). Development of repetitive corrugation and straightening. Materials Science and Engineering: A, 371(1-2), 35-39.

Kaya, H., Uçar, M., Cengiz, A., Samur, R., Özyürek, D., Çalişkan, A., (2014), Novel molding technique for ECAP process and effects on hardness of AA7075, Mechanika, 20 (1), 5-10, DOİ: 10.5755/j01.mech.20.1.4207

Kaya H., Uçar M., (2016), The effects of mechanical properties on fatigue behavior of ecap' ed aa7075, High temperature materials and processes (htmp), 225-234, DOİ: 10.1515/htmp-2014-0193

Nagasekhar A. V., Hon Y. T., Seow H. P., (2007), Deformation behavior and strain homogeneity in equal channel angular extrusion/pressing, Journal of materials processing technology 192, 449-452, DOİ: 10.1016/j.jmatprotec.2007.04.093

Nam, C. Y., Han, J. H., Chung, Y. H., & Shin, M. C. (2003). Effect of precipitates on microstructural evolution of 7050 Al alloy sheet during equal channel angular rolling. Materials Science and Engineering: A, 347(1-2), 253-257.

Priel, E., Mittelman, B., Trabelsi, N., Cohen, Y., Koptiar, Y., & Padan, R. (2019). A computational investigation of Equal Channel Angular Pressing of molybdenum validated by experiments. Journal of Materials Processing Technology, 264, 469-485.

Sepahi-Boroujeni, S., & Fereshteh-Saniee, F. (2015). Expansion equal channel angular extrusion, as a novel severe plastic deformation technique. Journal of Materials Science, 50(11), 3908-3919.

Valiev, R. Z., Estrin, Y., Horita, Z., Langdon, T. G., Zechetbauer, M. J., & Zhu, Y. T. 2006. Producing bulk ultrafine-grained materials by severe plastic deformation. Jom, 58(4), 33-39.

Vu, V. Q., Prokof'eva, O., Toth, L. S., Usov, V., Shkatulyak, N., Estrin, Y., ... & Beygelzimer, Y. (2019). Obtaining hexagon-shaped billets of copper with gradient structure by twist extrusion. Materials Characterization.

Zhang, Y., Jin, S., Trimby, P. W., Liao, X., Murashkin, M. Y., Valiev, R. Z., ... & Sha, G. (2019). Dynamic precipitation, segregation and strengthening of an Al-Zn-Mg-Cu alloy (AA7075) processed by high-pressure torsion. Acta Materialia, 162, 19-32.

SAYDAM GÜNEŞ PANEL TEKNOLOJİSİ VE GELECEK VİZYONU

Ayşe Nur KOÇAK[1*], Alpaslan DEMİRCİ[2] , Uğur Buğra ÇELEBİ[3]

[*1] Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Yüksek Lisans Öğr., İstanbul, Türkiye
[2]Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fak., Elektrik Müh., İstanbul, Türkiye
[3]Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnş. ve Deniz. Fak., Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh., İstanbul, Türkiye
Sorumlu yazar e-mail: nurrkocakk@gmail.com

Özet:

Konvansiyonel enerji kaynaklarının sınırlı olması ve günümüzde gelişen teknolojilerle birlikte enerji tüketim oranlarının sürekli olarak artış trendinde olması alternatif enerji kaynaklarına yönelimi gün geçtikçe daha fazla gerekli kılmaktadır. Çalışmamızda güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan fotovoltaik panel teknolojileri incelenmiştir. Özellikle saydam/yarı saydam güneş panel teknolojilerinin verimlilik ve mimari yapılarda uygulanabilirliği irdelenmiştir. Sürdürülebilir mimari tasarım ve enerji verimliliği noktasında saydam ve yarı saydam güneş panel teknolojisinin mevcut fotovoltaik panel teknolojisine karşı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Saydam/yarı saydam güneş panel teknolojisinin emisyon azaltıcı etkisi, mimari yapılardaki cam uygulamalarında bölgesel ısı kazanım performansı ve gün ışığının efektif kullanımı gibi bir çok avantajı ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda saydam/yarı saydam güneş panel teknolojisinin gelecek uygulamaları arasında otomobiller, uçaklar, trenler, tekneler, seralar, cep telefonları, taşınabilir cihazlar gibi birçok farklı alanın olması beklenmektedir. Bununla birlikte saydam güneş panellerinin gün ışığını geçirme oranını artırması ile ters orantılı bir şekilde elektrik üretim kapasitesi de azalmaktadır. Saydam/yarı saydam güneş panellerinin maliyet ve enerji verimliliklerinde yapılacak iyileştirmeler sonucunda gelecekte daha fazla tercih edilebileceği ve alternatif enerji çalışmalarının bu alanda yoğunlaşacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Saydam güneş panelleri, Güneş enerjisi, Enerji verimliliği, Güneş hücresi, Doğal aydınlatma

---

Abstract:

The limited number of conventional energy sources and the increasing trend in energy consumption rates together with the developing technologies nowadays require an increasing tendency towards alternative energy sources. In our study, photovoltaic panel technologies that produce electricity from solar energy are examined. Especially, the efficiency of transparent / translucent solar panel technologies and their applicability in architectural structures were examined. In terms of sustainable architectural design and energy efficiency, transparent and translucent solar panel technology has advantages and disadvantages to existing photovoltaic panel technology. The emission reduction effect of transparent / translucent solar panel technology, regional heat recovery performance in glass applications in architectural structures and the effective use of daylight come into prominence. In this context, the future applications of transparent / translucent solar panel technology are expected to have many different areas such as automobiles, planes, trains, boats, greenhouses, mobile phones and portable devices. On the other hand, transparent solar panels increase the daylight rate and the electricity production capacity decreases in an inverse manner. It is foreseen that in the future cost and energy efficiency of transparent / translucent solar panels will be more preferable in the future and alternative energy studies will be concentrated in this area.

Keywords: Transparent solar panels, Solar energy, Energy efficiency, Solar cells, Natural lighting

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojilerle birlikte, sürekli artış trendinde olan enerji tüketim miktarlarını karşılamak üzere alternatif enerji kaynaklarına yönelim artarak devam etmektedir. Bu süreci konvansiyonel enerji kaynak rezervlerinin hızla azalması da ayrıca tetiklemektedir. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere birçok ülke enerji taleplerini karşılamak üzere konvansiyonel santral yatırımları gerçekleştirmekle birlikte enerji talepleri ve gelecek enerji politika öngörüleri doğrultusunda yenilenebilir enerji santral yatırımlarını da gerçekleştirmektedirler. Ülkeler yenilenebilir enerji yatırımlarını gerçekleştirirken ilgili santral için gerekli olan rüzgar, güneş, jeotermal vb. enerji potansiyellerini ölçümleyerek birim enerji maliyetlerini minimize edecek şekilde santral yatırımlarını gerçekleştirmektedirler.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından Güneş Enerjisi ile enerji üretimi doğada en verimli enerji yakalama yöntemlerindendir. Bununla birlikte güneş enerjisi ile elektrik üretim santrallerinin kurulumu için geniş arazilere veya mimari çatı uygulamaları için büyük kurulum alanlarına ihtiyaç vardır. Bu durum birçok avantajının yanında güneş santral projelerinde önemli bir dezavantajı ortaya çıkarmaktadır.Evsel ve endüstriyel alanlarda güneş panelleri için bu alan gereksinimi pratik kullanımının önündeki en önemli engellerden birisidir. Bu sebeple mevcut yenilenebilir enerji potansiyel ve yatırımları iyi bir şekilde fizibilite edilerek gerçekleştirilmelidir.

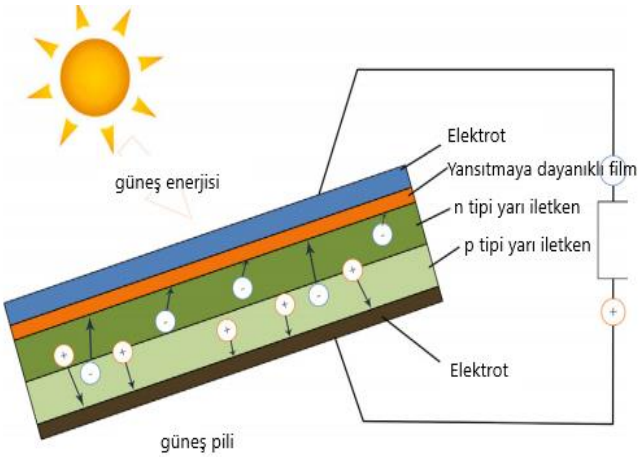
Güneş santral kurulumu sürecinde birim enerji maliyetlerini ve verimi ciddi bir şekilde bozan bu dezavantaj araştırmacıları daha farklı teknolojiler geliştirmeye yönlendirmiştir.Bu problemin çözümü için yapılan çalışmalar herhangi bir camı fotovoltaik güneş hücresine çeviren bir teknoloji üzerine yoğunlaşmıştır.Bu araştırma geliştirme faaliyetleri çerçevesinde, güneş enerjisi alanında, saydam güneş panelleri ve yarı saydam güneş panelleri üretim çalışmaları ön plana çıkmıştır (Dutil ve ark., 2012).

Saydam güneş panellerinin verim ve üretim maliyetlerinde yapılacak iyileştirmeler ile binalarda cephe giydirmeleri ve pencereler başta olmak üzere sürdürülebilir mimari yapıların birçok farklı alanında uygulama imkânı bulunacaktır. Gelecekte saydam güneş panel teknolojisinin verimlilik değerlerindeki artış ve üretim maliyetlerinin diğer pv üretim teknolojileri ile rekabet edebilecek seviyelere gelmesi ile birlikte mikro uygulama örnekleri diye adlandırabileceğimiz araç teknolojileri vb. uygulama alanlarında da kullanılabilecektir. Saydam güneş panel teknolojileri enerji üretiminin yanı sıra kullanıldığı bölgeye bağlı olarak ısıtma, soğutma yüklerinde azaltma yapabildiği gibi gün ışığından etkin bir şekilde faydalanma imkânı tanıyan önemli bir teknolojik çözüm olarak da ortaya çıkmaktadır.

Çalışmamızda saydam ve yarı saydam güneş panel teknolojileri başta olmak üzere, konvansiyonel fotovoltaik güneş panelleri ile enerji üretim teknolojisine de kısaca değinilerek yapılan araştırmalar ve hedefler doğrultusunda saydam/yarı saydam güneş panel teknolojisinin geleceği hakkındaki öngörüler paylaşılmıştır.

2. FOTOVOLTAİK HÜCRELERİN ÇALIŞMA İLKESİ

Fotovoltaik hücrelerin çalışma ilkesi güneş ışınımının elektriğe dönüştürüldüğü temel bir fiziksel işlemdir. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olmakla birlikte fotovoltaik teknoloji pahalı bir teknolojidir. Ancak kurulum kolaylığı bakımından elektrik üretiminin en pratik teknolojilerindendir. Yarı iletkenlerden oluşan PV hücreler, güneş ışığını direkt olarak elektriğe dönüştürürler (Öztürk,2019). Güneşten gelen ışınımdan enerji şu şekilde elde edilir; PV hücresindeki yarı iletken malzeme ışığı (fotonları) emer ve bu elektronları birbirine yönlendirerek, elektron-boşluk çiftleri oluşturarak bir akım oluşturur. Yarı iletken, akım akışını tek bir yöne doğru dikey olarak hareket ettirecek potansiyel bir fark ile p-n bağlantısı olarak katkılanır böylece elektrik elde edilebilir. Fotonlar, yarı iletken malzemenin enerji bant aralığına eşit (Egap) veya daha fazla enerjiye (hv) sahip olmalıdır. Kısaca bir fotovoltaik hücre yarı iletken malzemeler kullanarak güneş ışığını elektriğe dönüştüren, yarı iletken bir diyotla aynı çalışma prensibine sahiptir (Husain ve ark., 2018).Şekil 1'de bir yarı iletken malzeme olan silikon güneş pili örneği görülmektedir



Şekil 1. Silikon Güneş Pili Örneği (Husain ve ark., 2018)

3. SAYDAM GÜNEŞ PANELİNDE ŞEFFAFLIK KAVRAMI

Saydam güneş panelinde şeffaflık kavramı önem arz etmektedir. Saydamlık, ışığın kesintiye uğramadan geçmesine izin veren fiziksel bir özelliktir. Malzemeyi şeffaf yapan şey, içindeki atomların ve elektronların düzenlenmesidir. Bir elektronun foton enerjisine eşit bir enerji boşluğu olduğu zaman, fotonu emer ve daha yüksek bir enerji seviyesine geçer, bu durumda bu malzemenin içinden çok az ışık geçer ve bu da materyali opak yapar. Saydam bir malzemede elektronun enerji band aralığı foton enerjisinden daha yüksektir.Bundan dolayı elektronlar fotonların enerjisini kullanamayacak ve ışık direkt olarak geçecek bu da malzemeyi yarı saydam hale getirecektir (Husain ve ark., 2018).

Bu teknolojiyi geliştirirken temel sorun şeffaf bir iletken malzeme elde edildiğinde verimliliğin azalmasıdır. Bazı firmalar, şeffaf güneş panellerini makul verimlilikle gerçekleştirmeyi başarsalar da silikon güneş panelleri ile rekabet, konusunda yetersiz kalmışlardır. Ancak pazar talebi ve şeffaf güneş paneli potansiyel uygulamaları nedeniyle mevcut araştırmalarda saydam güneş paneli geliştirme teknolojileri bir odak noktası haline gelmiştir. Bundan dolayı bu teknoloji çözümü için şeffaf güneş paneli geliştirmek amacıyla ortaya çıkan araştırmalar neticesinde Tablo 1.'de görüldüğü üzere Saydam Parlak Güneş Yoğunlaştırıcı (TLSC) ile %86 saydamlıkta bir güneş paneli elde edilirken verimin %0.4 olduğu görülmektedir. Buna karşılık hem verimliliği hem de saydamlığı bir arada sağlayan Tandem Yarı Saydam Perovskite %77 saydamlıkla % 12.7 verimliliği bize sunmaktır. Burada zorlayıcı bir unsur perovskite altın gibi nadir bulunan bir elementtir. Öte yandan şeffaf boya duyarlı güneş hücreleri (DSSC) için nano tüp ince film Titanyum Dioksit (TiO_2) kullanılarak en yüksek verimlilik %8.2 olup %70 saydamlıkla en uygun sonucu vermektedir (Husain ve ark., 2018).

Tablo 1. Üretim Bazında Farklı Saydam PV'ler Arasındaki Karşılaştırmalar (Husain Ve Ark., 2018)

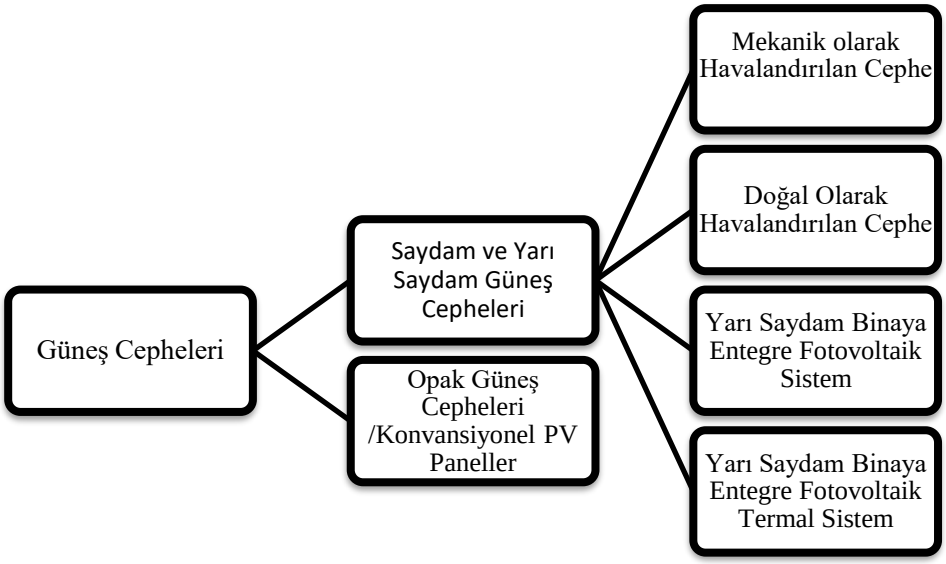
Solar Hücrenin Adı	Yıl	T (%)	Jsc (mA cm^2)	Voc (V)	FF	Ƞ (%)
Screen printing DSSC	2007	60%	16.25	0.779	0.73	9.2%
Near-Infrared OPV	2011	55 ± 3%	4.7 ± 0.3	0.62 ± 0.02	0.55 ± 0.03	1.7 ± 0.1%
Polymer Solar cell	2012	66%	9.3	0.77	56.2	4.02%
Transparent luminescent solar concentrator (TLSC)	2014	86 ± 1%	1.2 ± 0.1	0.5 ± 0.01	0.66 ± 0.02	0.4±0.03%
Perovskit	2014	30%	10.30	1.074	57.9	6.4%
Tandem Semi-transparent Perovskite	2014	77% peak	17.5	1.025	0.71	12.7%
Electrophoretic Technique	2015	55%	14.83	0.68	0.71	7.1%
Dip-coater	2015	~70%	16.17	0.738	0.688	8.22%
Quantum Dot Solar cell	2016	22.74%	12.83	0.58	0.52	3.88%
Quantum Dot Solar cell	2016	24%	0.56	18.2	0.53	5.4%

Burada;
% T: Güneş hücresindeki ışığın iletim hızı yüzdesi.
Jsc: Güneş hücresinin bir cm^2 aktif alanındaki kısa devre akımı.
Voc: Güneş hücresinin bir cm^2 aktif alanında açık devre voltajı.
FF: Doluluk oranı (Maksimum Güç/ Teorik Güç)
%Ƞ: Güneş Pilinin verimlilik Yüzdesi
Peak: 800 nm dalga boyunda iletimin zirvesi.

3.2.Yarı Saydam Güneş Panelleri

Günümüzde saydam güneş paneli teknolojileri hala geliştirilmekte olup, yarı saydam güneş panelleri, binalarda daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yarı saydam güneş panellerinin kullanıldığı bazı örnek ünlü uygulamalar arasında: İspanya'daki Mataro Halk Kütüphanesi ve Hollanda'daki De Kleine Aarde Boxtel bulunmaktadır. Yarı saydam PV panelleri ile birleştirilen binalar, kış aylarında ısınma avantajından ve iç mekân aydınlatmasında gün ışığından daha fazla faydalanabilir. Ancak, uygun olmayan şekilde tasarlanırsa, yazları aşırı ısınma ve parlama gibi problemler ortaya çıkabilir.(Shimoda ve ark., 2008)

Bina ısı kazanımlarında verimliliği arttırmak için yarı saydam güneş panelleri pencere yerine tercih edilmektedir. Şeffaf ve yarı saydam güneş cephelerinde yapılan çalışmalar doğrultusunda, şekil 2'de belirtildiği üzere cephelerin dört sistemde gruplandığı görülmüştür: mekanik olarak havalandırılmış cephe (MVF), yarı saydam binaya entegre fotovoltaik sistem (STBIPV), yarı saydam binaya entegre fotovoltaik termal sistem (STBIPV / T) ve doğal olarak havalandırılan cephe (NVF) . Havalandırmalı cepheler (MVF ve NVF), ofis binalarında mimari bir unsur olarak dikkat çeken bir tanım kazandırmaktadır. Estetiğin ötesinde, bu cepheler binayı olumsuz hava koşullarına ve gürültüye karşı korur ve ayrıca binanın ısıtma (kış) ve soğutma (yaz) yüklerini azaltır. Binaya doğrudan güneş enerjisi kazancını azaltmak amacıyla cephenin havalandırma kanalında bulunan gölgeleme cihazlarının çalışmasına özel dikkat gösterilmektedir. Yarı saydam binaya entegre fotovoltaik sistemler (STBIPV ve STBIPV / T) binaya elektrik, doğal gün ışığı ve ısı sağlar (Dutil ve ark., 2012).



Şekil 2. Güneş Cephelerinin Sınıflandırılması (Dutil ve ark., 2012)

Farklı PV cam teknolojilerinin belirli iklim koşulları altında bir binada pratikte uygulanmadan önce optik ve termal özellikleri için çalışılması gerekir. Saydamlık ve verimlilik arasında dengeli bir çözüm bulunması, aynı zamanda elektrik üretimini ve enerji tasarrufunu en üst düzeye çıkarmayı gerektirir. Bu amaçla, iklim, bina tipi, cam özellikleri ve hatta geometri faktörleri ve gölgeleme gibi parametreler dahil olmak üzere simülasyon çalışmaları çözüm için yaygın olarak kullanılmaktadır (Skandalos ve Karamanis, 2016).

Bina Entegreli Fotovoltaik (BIPV) ile binaların performansını değerlendirmek için bazı bina enerji simülasyon çalışmaları yapılmıştır. (Genellikle kullanılan örnek simülasyon programları şunlardır: EnergyPlus , DesignBuilder , TRNSYS , PVsyst ve COMFEN …) Bu çalışmalarla yarı saydam güneş pilleri ile binaya entegre fotovoltaik, (BIPV) penceresi bina enerji performans değerlendirmesinde BIPV sistemlerinin yıllık HVAC sistemi enerji tüketimini azaltma avantajını sağladığı kanısına varılmıştır (Chae ve ark., 2014).

Yarı saydam fotovoltaik pencerelerin enerji, gün ışığı ve termal alan üzerindeki potansiyel faydalarını araştırmak amacı ile yapılan bir çalışma da yarı saydam fotovoltaiklerin ideal yapı özelliklerinin seçiminde Poly-Si, a-Si / lc-Si ,organik hücre teknolojilerinin performansı incelenmiştir. Organik ince film teknolojileri kullanıldığında hızlandırılmış bozulmaya neden olabilecek 64 C'ye kadar yüksek hücre çalışma sıcaklıklarının ortaya çıkabileceği görülmektedir (Kapsis ve Athienitis, 2015). Bu yapı özelliklerine alternatif olarak mikro-küresel güneş pilleri geliştirilmiştir. Bu yarı saydam cihazların küresel yapısı, mikro-küresel hücrelerin güneş ışığının hem doğrudan hem de yayılan bileşenlerini toplamasını sağlar, böylece güneş enerjisi dönüşüm verimini arttırır (Biancardo ve ark., 2007). Ayrıca, küresel mikro hücreler, sera sistemlerinin sürdürülebilirliğini geliştirmeye katkıda bulunabilecek yarı şeffaf bir fotovoltaik (PV) teknolojisidir. Gerçek bir sera çatısında, yapılan örnek bir çalışmada, yeni bir prototip geliştirilmiş ve test edilmiştir. Bu işlemler sonucunda, bir PV serası içinde mevcut olan güneş ışınımı, çatı paneli konfigürasyonlarına bağlı olarak sera alanı üzerinde yüksek bir değişkenlikle dağılır. Verim kesinlikle ışık mevcudiyeti ile ilgili olup sebzeler ve çiçeklerde dahil olmak üzere çok çeşitli sera bitkileri için güneş ışınımının her %1 azalması durumunda üretimi de yaklaşık % 1 azalmıştır. Modülün ışık geçirgenliğini arttırmak üretim sürecinin iyileştirilmesini sağlayacaktır (Yano ve ark., 2016).

Yarı saydam BIPV'nin uyguladığı çok işlevli rolü nedeniyle, enerji performansını etkileyebilecek ve tanımlayabilecek çeşitli parametreler vardır. Bu nedenle, BIPV'nin enerji ile ilgili etkileri konusundaki soruşturması, bütünsel bir görüş üretmeyi amaçlayan yeni bir performans endeksi gerektirecektir (Ng ve ark., 2013).

Yarı saydam BIPV'nin genel enerji performansını soğutma enerjisinin artması / azalması, yapay aydınlatma enerjisi ve elektrik üretimi açısından değerlendirmek için yeni bir endeks üretilmiştir: PV elektrik üretimi ve doğal güneş ışığından dolayı elektrik tasarrufu sağlarken, soğutmaya harcanan elektrik negatiftir. Bu üç elektrik faktörünü nesnel olarak değerlendirmek için, Net Elektrik Kazanımı (NEB-Net Electrical Benefit) türetilmiştir (Ng ve ark., 2013).

$$NEB = L_{savings} - C_{electricity} + PV_{generation} \quad kWh/m\text{^}2 \qquad (1)$$

(1) numaralı denklemde;
Lsavings : Doğal Güneş ışığından yararlanan yapay aydınlatma tasarrufunu .
Celectricity : Güneş panelinin ısı kazanımının iletilmesinden dolayı havalandırma için tüketilen enerji miktarını.
PVgeneration : Metrekare başına , fotovoltaik pencere elektrik üretimini göstermektedir.

Daha iyi NEB performansı elde etmek için PV verimliliği ve iyi termal özellikler gerekmektedir (Ng ve ark., 2013).

Farklı yapılan bir çalışmada, cam elemanlarının genel enerji performansını değerlendirmek için, yıllık ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerini ve ayrıca elektrik üretimini dikkate alan EBI (Enerji Denge Endeksi) adı verilen bir parametre tanımlanmıştır. Net kat alanı birimi başına bina net elektrik dengesini ifade eden bu parametre, genel bina enerji performansının yararlı bir göstergesidir ve STPV cephe sistemlerinin enerji performansının değerlendirilmesine olanak sağlar (Olivieri ve ark., 2014).

Ayrıca çeşitli mimari değişken kombinasyonlarla, PV 'nin optimizasyonu sağlanmaktadır. Oda derinliği ve pencere / duvar oranı (WWR) en önemli optimizasyon parametrelerdir. Bunlara ek olarak binaya entegre PV (BIPV) sistemlerinde optimal PV hücre kapsama oranının seçilmesinin, tasarım yaklaşımının önemli bir unsuru olduğu bulunmuştur. Binalar üzerinde yapılan çalışmalarda; Yüksek PV hücre kapsama oranına sahip PV yüzeylerinin daha büyük pencereli derin odalar için daha uygun olduğu, küçük PV hücre kapsama oranına sahip PV yüzeylerinin küçük pencereli kısa odalar için daha uygun olduğu tespit edilmiştir ve optimal PV hücre kapsama oranının kullanılması genel enerji tüketiminde ortalama % 13 tasarruf sağladığı da öngörülmüştür. PV hücresi kapsama oranı arttıkça, iç mekan gündüz aydınlatması doğrusal olarak azalır ve elektrik tüketimi artar. Oda derinliğinin hem günışığı aydınlatması hem de aydınlatma elektriği tüketimi üzerinde WWR'den daha büyük bir etkisi olduğu görülmektedir, artan PV hücresi kapsama oranı, ısıtma ve soğutma elektrik tüketiminde düşüşlere yol açıyor gibi görünmektedir (Kang ve ark., 2014). Bir başka çalışmada ise orta ve büyük dış cephe açıklıkları için (WWR>% 33), STPV çözümleri, umut verici bir enerji tasarrufu potansiyeli sunduğu görülmüştür (Olivieri ve ark., 2014). Diğer bir örnekte ise yarı saydam güneş panelinin pencere duvar oranı ile optimizasyonu yapılmış olup ,% 40 güneş hücresi geçirgenliğinin ve % 50 WWR'nin yapay aydınlatma gün ışığı ile kontrol edildiğinde binadaki minimum elektrik tüketimini sağladığını göstermiştir (Miyazaki ve ark., 2005).

Yapılan başka bir çalışmada ise şeffaflık derecesinin modülün elektriksel performansı için en belirleyici faktör olmadığı görülmektedir. Genel olarak, STPV modüllerinde şeffaflık derecesinin düşürülmesi güneş ısısı kazanımlarını ve gün ışığının kullanılabilirliğini azaltsa da muhtemelen, bu parametre a-Si STPV modüllerinin verimliliğini, örneğin imalat kalitesi gibi diğer faktörlerden daha fazla etkilemez (Olivieri ve ark., 2014).

Bütün bu hususlar ele alındığında maliyet faktörünün de önem arz ettiği görülmektedir. Bu çerçevede şu iki faktör ele alınmalıdır; saydam güneş panellerinin ömrü ve maliyetinin ne kadar sürede kazanılabileceği.

Yaşam döngüsü değerlendirmesini (LCA) kullanarak, BIPV'nin ürettiği elektriğin enerji ve emisyon yoğunluğu, net enerji faydasını, karbon emisyonlarını azaltma ve maliyet tasarrufları ve ayrıca cepheye entegrasyonuyla ilişkili enerji, karbon emisyonlarını ve geri ödeme maliyetleri değerlendirilir. Yapılan çalışmalarda, 1.1-13.1 yıllık geri ödeme sürelerine ulaşılmıştır. En kötü performans gösteren

modülün maliyeti 13 yıl içerisinde kazanılabilir. Tipik olarak ömrünün 25 yıl olması nedeni ile uzun vadeli etkilerinin de daha fazla araştırılması gerekmektedir. (Ng ve Mithraratne 2014).

Fotovoltaik sistemlerin yaşam döngüsü aşamalarında sera gazı emisyonlarının tahmin edilmesi önemli bir unsurdur (Ng ve Mithraratne 2014). Yapılan çalışmaların bir başka odak noktası emisyon haline gelmiştir. Bunun sebebi olarak elektrik üretimi sırasında fosil yakıtlarının yanmasından kaynaklanan sera gazları ve kirletici emisyonları çevreye giderek kötü bir etki bırakmasıdır. Yenilenebilir enerji belirli miktarda fosil yakıtın yerini almaya adaydır. Bu noktada binalardan kaynaklanan emisyonu azaltmak için yarı saydam güneş panelleri en uygun teknoloji çözümüdür.

Yapılan çalışmalarda, karartma kontrolleri ile birlikte yarı şeffaf PV panelleri kullanıldığında, yıllık 1203 MWh elektrik tasarrufu ve 450 kW'lık maksimum soğutma yükü azaltımı belirlenmiştir. Çevresel bakış açısına göre, Tablo 2.'den de anlaşılacağı üzere yıllık ,CO_2 , SO_2, NO_x ve partikül emisyonları sırasıyla 852, 2.62, 1.45 ve 0.11 ton azaltıldığı görülmüştür (Li ve ark., 2009). Benzer bir çalışmada da karartma kontrollerine sahip yarı saydam PV çatı penceresi göz önüne alınmış, yıllık 56,9 MW saat elektrik tasarrufu ve 29,3 kW tepe soğutma yükü azaltımı hesaplanmıştır. Çevre sorunları için, Tablo 3.'dende anlaşılacağı üzere yıllık ,CO_2 , SO_2, NO_x ve partikül emisyonları sırasıyla 40300, 124, 68,5 ve 5,3 kg azaltılabildiği görülmüştür (Li ve ark., 2009).

Tablo 2. Yapılan Birinci Çalışma için Azalan Emisyon Miktarları (Li ve ark., 2009)

Emisyon Türü	Yıllık Azalma Miktarı (ton)
CO_2	852
SO_2	2.62
NO_x	1.45
PM	0.11

Tablo 3. Yapılan İkinci Çalışma için Azalan Emisyon Miktarları (Li ve ark., 2009)

Emisyon Türü	Yıllık Azalma Miktarı (ton)
CO_2	40300
SO_2	124
NO_x	68,5
PM	5,3

4.SAYDAM / YARI SAYDAM GÜNEŞ PANEL TEKNOLOJİSİ İLE GEMİLERDE YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİ VE EMİSYON ÇÖZÜMÜ

Günümüzde deniz taşımacılığı ticari anlamda önemli bir yere sahiptir ve gün geçtikçe global anlamda da artış göstermektedir. Bu durum ekonomik anlamda faydalı gözükse de gemi kaynaklı emisyonlar, ekolojik dengeyi ve insan sağlığını bozmaktadır. Yapılan yeni çalışmalarda, gemi operasyonları sırasında 450 farklı emisyon meydana geldiği belirtilmektedir. Karbondioksit (CO_2), azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x) genel olarak SO_2, karbonmonoksit (CO), uçucu organik bileşikler (metan içermeyen) (VOC), metan (CH4) ve partiküler maddeler (PM), genel olarak en tehlikeli gemi baca gazı emisyonları olarak söylenebilir. Bunların yanı sıra gemiler siyah karbon (BC) ve partiküller organik madde (POM) üretiminde de bulunur (Bilgili ve ark., 2014)

Son yıllarda gemilerde enerji tüketimi, teknolojinin getirmiş olduğu değişim ve müşteri talepleri doğrultusunda büyük ölçüde artmıştır. Buna bağlı olarak yakıt tüketimi de artmıştır. Standart konvansiyonel bir gemide elektrik üretimi için yakıt kullanılmaktadır. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) gemi kaynaklı emisyonlar için birçok kısıtlama ve kuralları MARPOL ek 6'da sunmuştur.

Gemilerden kaynaklı emisyon azaltımı için bir çok çalışma yapılmış, yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemler arasında, alternatif yakıtlara yönelim, yakıttaki sülfür oranının azaltılması gibi uygulamaların yanı sıra scrubber cihazı gibi gemilerde emisyon azaltıcı yöntemler önerilmektedir. Ancak yenilenebilir enerjiler gemiler için daha uygun bir çözüm sunmaktadır. Yarı saydam güneş panellerini ele aldığımızda gemilerde cam yüzeylere uygulanması daha efektiftir. Yapılan çalışmalarda binalar ele alınsa da geminin uzun ömrü dikkate alınarak maliyet azaltımı ve gün ışığını engelleyecek bir unsurun olmaması gemilerde bu çözümün etkili bir şekilde kullanabileceğini göstermektedir. Ayrıca yarı saydam güneş panelinin elektrik üretimi, aydınlatma ve ısıl performans yaklaşımı ile gemide hem yakıttan tasarruf sağlayıp hem de çevre dostu çözümler ortaya koyacaktır.

5.SONUÇ

Konvansiyonel güneş panelleri, elektrik üretimi için büyük alanlara ihtiyaç duyarken saydam/yarı saydam güneş panelleri mimari yapı cepheleri ve pencere camları başta olmak üzere birçok farklı alanda mevcut sistemlere entegre olarak enerji üretim imkanı sağlamaktadır.Yine aynı şekilde saydam güneş panel teknolojisinin gelecek uygulamaları arasında otomobiller , uçaklar , trenler , tekneler , seralar , cep telefonları , taşınabilir cihazlar gibi bir çok farklı alanın olması beklenmektedir (Husain ve ark., 2018).

Yarı Şeffaf BIPV 'nin doğrudan güneş enerjisi kazanımı almayan yönelimlerde bile uygulanabileceği çalışmalarla kanıtlanmıştır (Ng ve ark., 2013). Ayrıca, çalışmaların uygulandığı ofis binaları özellikle BIPV için tüketim zamanı olarak gündüz enerji harcadıklarından, PV sisteminin güneş enerjisini topladığı ve elektriğe dönüştürdüğü zamanlar için uygundur; Bu nedenle, enerji depolaması ile ilişkili çaba ve maliyetten kaçınılabilir (Ng ve Mithraratne 2014). PV ve BIPV, Almanya, Japonya, İspanya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.(Didoné ve Wagne, 2013).

Saydam güneş panellerinin maliyetinin kısa sürede geri kazanılabilmesi, emisyon azaltıcı etki göstermesi, camlardan ısı kazanımı sağlaması ve gün ışığının efektif kullanımı gibi bir çok opsiyonu barındırması nedeniyle yapılan iyileştirmeler doğrultusunda gelecekte daha fazla tercih edilebileceği ve alternatif enerji çalışmalarının artarak bu alanda yoğunlaşacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

BİANCARDO, M., TAİRA, K., KOGO, N., KİKUCHİ, H., KUMAGAİ, N., KURATANİ, N., INAGAWA, I., IMOTO, S., NAKATA, J. (2007), Characterization of Microspherical Semi-Transparent Solar Cells and Modules, *Solar Energy*, 81, 711–716

BİLGİLİ, L., ÇELEBİ, U.B., ALKAN, G.B., ÇAĞLAK, S.B., KORALTÜRK, G. (2014), Comparison of Different Ship Emission Estimation Methodologies for Annual Emission Footprint and Reduction Techniques of A Bulk Carrier , *Fresenius Environmental Bulletin*, 7,1497-1509

CHAE, Y.T., KİM, J. PARK, H., SHİN, B. (2014), Building Energy Performance Evaluation of Building İntegrated Photovoltaic (BIPV) Window with Semi-Transparent Solar Cells, *Applied Energy*, 129, 217–227

DIDONÉ, E.L., WAGNE, A. (2013), Semi-Transparent PV Windows: A Study for Office Buildings in Brazil, *Energy and Buildings*, 67,136–142

DUTİL, Y., QUESADA, G., ROUSSE, D., BADACHE, M., HALLÉ, S. (2012), A Comprehensive Review of Solar Facades. Transparent And Translucent Solar Facades, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2643-2651

HUSAİN, A.A.F., HASAN, W.Z.W., SHAFİE, S., HAMİDON, M.N., PANDEY, S. (2018), A Review of Transparent Solar Photovoltaic Technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94 , 779-791

KANG, J., HUANG, J., LİAO, W., XUA, S. (2014), Optimal PV Cell Coverage Ratio for Semi-Transparent Photovoltaics on Office Building Façades In Central China, *Energy and Buildings,* 77, 130–138

KAPSİS, K., ATHİENİTİS, A.K. (2015), A Study of The Potential Benefits of Semi-Transparent Photovoltaics in Commercial Buildings , *Solar Energy,* 115, 120–132

Lİ, D.H.W., LAM, T.N.T., CHAN, W.W.H., MAK, A.H.L. (2009), Energy and Cost Analysis of Semi-Transparent Photovoltaic in Office Buildings, *Applied Energy,* 86, 722–729

Lİ, D.H.W., LAM, T.N.T., CHEUNG, K.L. (2009), Energy and Cost Studies of Semi-Transparent Photovoltaic Skylight, *Energy Conversion and Management,* 50, 1981–1990

MİYAZAKİ, T., AKİSAWA, A., KASHİWAGİ, T. (2005), Energy Savings of Office Buildings By The Use of Semi-Transparent Solar Cells for Windows, *Renewable Energy,* 30, 281–304

NG, P.K., MİTHRARATNE, N., KUAC, H.W. (2013), Energy Analysis of Semi-Transparent BIPV İn Singapore Buildings , *Energy and Buildings,* 66, 274–281

NG, P.K., MİTHRARATNE, N. (2014), Lifetime Performance of Semi-Transparent Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) Glazing Systems in The Tropic, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 31, 736–745

OLİVİERİ, L., CAAMANO-MARTÍN, E., MORALEJO-VAZQUEZ, F.J., MARTÍN-CHIVELET, N., OLİVİERİ, F., NEILA-GONZALEZ, F.J. (2014), Energy Saving Potential of Semi-Transparent Photovoltaic Elements for Building Integration, *Energy*, 76, 572-583

OLİVİERİ, L., CAAMANO-MARTÍN, E., OLİVİERİ, F., NEİLA, J. (2014) Integral Energy Performance Characterization of Semi-Transparent Photovoltaic Elements for Building Integration Under Real Operation Conditions, *Energy and Buildings* ,68, 280–291

ÖZTÜRK, H.H. ,Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler, Nisan 2019 tarihinde , Elektrik Mühendisleri Odası (EMO) http://www.emo.org.tr/ekler/3a921ffad054cb0_ek.pdf adresinden alındı.

SHİMODA, Y. , WONG, P.W. , NONAKA, M., INOUE, M., MİZUNO, M. (2008), Semi-Transparent PV: Thermal Performance, Power Generation, Daylight Modelling And Energy Saving Potential in A Residential Application, *Renewable Energy* ,33 (2008), 1024–1036

SKANDALOS, N., KARAMANİS, D. (2016), Investigation Of Thermal Performance Of Semi-Transparent PV Technologies, *Energy and Buildings,*124, 19–34 ,

YANO, A., COSSU, M., Lİ, Z., ONEO, M., NAKAMURA, H., TOSHİNORİ, M., NAKATA, J. (2016), Advances On The Semi-Transparent Modules Based on Micro Solar Cells: First Integration in A Greenhouse System, *Applied Energy,* 162, 1042–1051

KANOLA YAĞI BİYODİZELİ-ETANOL-DİZEL YAKIT KARIŞIMININ YANMA KARAKTERİSTİĞİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Suat Sarıdemir
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği
suatsaridemir@duzce.edu.tr

Arş. Gör. Ümit Ağbulut
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
umitagbulut@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. Serdar Albayrak
İstinye Üniversitesi / Meslek Yüksekokulu / Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü / Uçak Teknolojisi Programı
salbayrak@istinye.edu.tr

Özet
Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması insanlığı alternatif yakıt bulmaya ve geliştirmeye teşvik etmektedir. Bitkisel yağlardan üretilebilen biyodizel yakıtlar, dizel motorlar için önemli yenilenebilir yakıtlardır. Biyodizel yakıtlar, oksijen içerikli, sülfür içermeyen, zehirleyici olmayan, bozunabilir ve yağlayıcılık özelliklerine sahiptirler. Biyodizel, dizel yakıtı ile karıştırılarak veya saf olarak kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, transesterifikasyon yöntemi ile kanola yağı metil esteri üretilmiştir. Standart dizel yakıta hacimsel olarak %10 kanola yağından üretilen biyodizel (D90K10) ve %10 etanol (D90E10) ilave edilmiştir. Ayrıca diğer bir test yakıtı olarak, bu iki yakıt tipinin aynı anda ve aynı oranda saf dizel yakıt içerisine harmanlanması sonucu B10E10 hibrit yakıt karışımı da üretilmiştir. Sonuçlar referans yakıt olarak tercih edilen %100 dizel içerikli D100 yakıtı ile kıyaslanmıştır. Elde edilen yakıt karışımının, tam yükte ve farklı devirlerde tek silindirli dizel bir motorun performansına ve yanmaya olan etkileri araştırılmıştır. Biyodizel içerikli yakıt ile genelde daha büyük silindir içi basınç ve ısı açığa çıkış oranlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kanola yağı metil esteri, yanma, performans

Investigation of the Effect of Canola Oil Biodiesel-Ethanol-Diesel Fuel Blends on Combustion Characteristic

Abstract
The limited fossil fuel reserves encourages humanity to find and develop alternative fuels. Biodiesel fuels that can be produced from vegetable oils are an important renewable fuels for diesel engines. Biodiesel fuels have oxygen-containing, sulfur-free, non-toxic, degradable and lubricating properties. Biodiesel can be directly used or by mixing neat diesel fuel. In this study, canola oil methyl ester was produced by transesterification method. 10% (v/v) canola oil (D90K10) and 10% (v/v) ethanol (D90E10) were blended to the standard diesel fuel. As other test fuel, B10E10 hybrid fuel mixture was produced by blending these two types of fuels simultaneously and at the same rate (%10 vol.) into pure diesel fuel. The results were compared with the 100% diesel content D100 fuel as a reference fuel. The effects of the obtained fuel blend on the performance and combustion of a single cylinder diesel engine at full load and at different engine speeds were investigated. With the biodiesel-containing fuel, it is observed that generally larger in-cylinder pressure and heat release rates have been achieved.

Keywords: Canola oil methyl ester, combustion, performance

1.GİRİŞ

Fosil kökenli yakıtların, önümüzdeki yüzyıl içerisinde tükeneceği öngörüsü özellikle fosil yakıtlara bağımlı ülkeler için bu yakıtların yerini alabilecek potansiyele sahip yeni, yenilebilir ve temiz bir enerji kaynağının gerekliliğini artırmaktadır. Fosil kökenli yakıtların yakılması sonucu atmosfere salınan zararlı egzoz gazları; sadece insan sağlığını tehdit eden bir problem olmakla kalmayıp aynı zamanda dünyanın ekolojik dengesini de olumsuz yönde etkileyen ciddi bir meseledir. Bu sebeple, fosil kökenli yakıtların yerini olabilecek alternatif yakıt tiplerinin temiz bir enerji kaynağı olması oldukça önem arz etmektedir. Bu bağlamda, literatürde fosil kökenli yakıtlara, özellikle içten yanmalı motorlarda kullanımı için alternatif olarak gösterilen en kabul görmüş yakıt tipi biyokütleden elde edilen yakıtlardır. Bu yakıtlar biyodizel olarakta bilinir. Aynı zamanda, biyodizel yakıt bitkisel, hayvansal ve atık yağlardan üretilebilen yenilebilir bir enerji kaynağıdır. Atık yağlardan üretilen biyodizel ile atık yağların tekrar değerlendirilmesi, ekonomik ve çevresel açıdan dolayı önem arz etmektedir (Behçet ve Çakmak, 2011). Biyodizel yakıtlar ilk formuyla dizel yakıtlardan farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptir (yüksek yoğunluk ve viskozitesi gibi). Bu sebeple, bazı işlemler uygulanarak özellikleri dizel yakıtlara yakınlaştırılır. Literatürde transesterifikasyon yöntemi biyodizel üretiminde en kabul görmüş ve maksimum performans elde edilmiş olan yöntemdir (Albayrak, 2014).

Bilindiği üzere, dizel yakıtın bir içten yanmalı motor içerisinde yanması sonucu CO, HC, NOx, CO_2 ve partikül madde emisyonları ortaya çıkmaktadır. Dizel yakıtına fiziksel ve kimyasal olarak benzer özellikler gösteren yakıtlardan biride kanola yağıdır. Dizel yakıtının petrol kökenli olması nedeniyle egzoz gazlarından kaynaklanan hava kirliliği önemli seviyededir (Çelikten ve Gürü, 2011). Biyodizel yakıtların yenilenebilir bir enerji kaynağı olması sebebiyle çevreyi daha az kirlettiği kabul edilir. Bu özelliği nedeniyle dizel yakıtına göre daha temiz ve çevreci bir yakıt tipidir. Motor tasarımında yapılan değişiklikler ile yanma sonucu oluşan emisyonları önemli ölçüde düşürmek mümkündür. Bununla birlikte, emisyonları düşürmek ve motor performansını iyileştirmek amacıyla dizel yakıtına farklı katkı maddeleri ilave edilmesi üzerine alternatif denemeler de literatürde sıklıkla yapılmaktadır (Çelik ve ark., 2016). Yakıt kalitesini arttırmak, ideal yanmayı sağlamak ve emisyon değerlerini düşürmek amacıyla yakıt içerisine alternatif katkı maddeleri eklenebilmektedir. Eklenen katkı maddeleri ideal yanma şartlarına ulaşılabilmesi için katalitik bir etki oluşturmaktadır (Lenin ve ark., 2013).
Bu çalışma ile saf dizel yakıta belirli oranlarda ilave edilen kanola yağı ve etanol katkısının tek silindirli, direkt enjeksiyonlu ve hava soğutmalı bir dizel motorda yanma karakteristiğinde meydana gelen değişikliklerin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, rafine edilmiş kanola yağından transesterifikasyon yöntemi ile kanola yağı metil esteri (KYME) üretilmiştir. Standart dizel yakıta hacimsel olarak %10 biyodizel ve %10 etanol karıştırılarak D90K10, D90E10 ve E10K10 yakıt karışımları elde edilmiştir. Elde edilen yakıt karışımlarının 2000 d/d sabit devirde ve 3 farklı motor yükünde (2,5 Nm, 5 Nm, 7,5 Nm) tek silindirli dizel bir motorun yanma karakteristiğine olan etkileri araştırılmıştır. Kanola yağından metil ester üretimi küçük ölçekli bir biyodizel üretim düzeneği ile gerçekleştirilmiştir.

2.1. Kanola Yağı Metil Esterinin Üretimi

Rafine edilmiş kanola yağından transesterifikasyon yöntemi ile kanola yağı metil esteri (KYME) elde edilmiştir. Esterleştirme sürecinde katalizör olarak potasyum hidroksit ve alkol olarak %99,5 saflıkta metanol kullanılmıştır. Bir litre biyodizel üretmek için, 200 ml metil alkol ve 3,5 gr potasyum hidroksit (NaOH) kullanılarak transesterifikasyon reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. NaOH, metanol içerisinde 50ºC'de 30 dak. boyunca ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda çözdürülmüş olup, 55ºC'de olan kanola yağı üzerine ilave edilmiştir. Bu karışım yaklaşık iki saat süre ile sabit 55ºC sıcaklıkta 600 d/d'da karıştırılmıştır. Daha sonra karışım ayırma hunisine alınarak gliserinin çökmesi için 8 saat beklenmiştir. Gliserin ayrıldıktan sonra metil ester 1/1 oranda saf su ile PH 7 olacak şekilde 2 saat yıkanmıştır. Devamında üretilen KYME iki saat süre ile ısıtma özelliği olan manyetik karıştırıcı ile 90ºC'de ısıtılarak içeriğinde bulunan su ve alkol kalıntıları yok edilmiştir. Tablo 1'de üretilen KYME, etanol ve dizel yakıtının bazı fiziksel özellikleri görülmektedir.

Tablo 1. KYME, etanol ve standart dizel yakıtın özellikleri

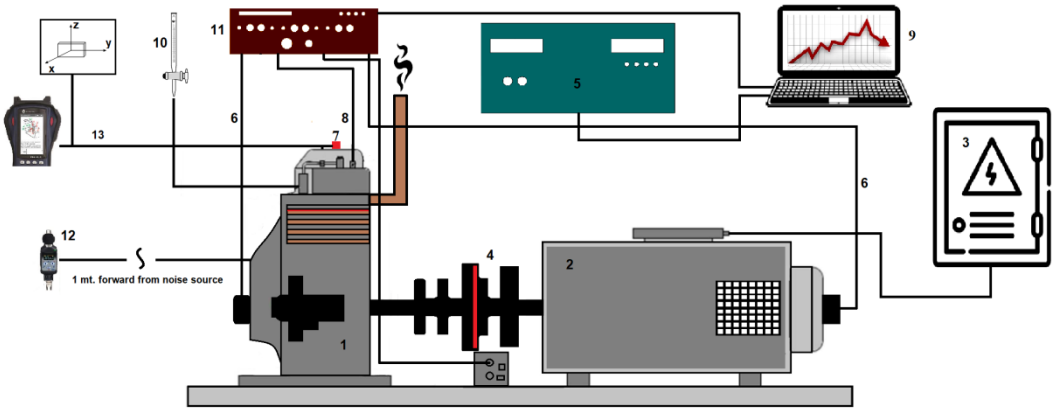
Yakıt Tipi	Standart dizel yakıtı	KYME	Etanol
Yoğunluk (kg/m^3)	840	837	788
Vizkozite (mm^2/sn)	10 (40^{o}C)	3.9	1,52
Parlama Noktası (^{o}C)	89	63	13
Isıl değer (cal/gr)	10981	9720	10175

2.2. Motor Test Süreci

Motor performans ve emisyon testleri Lombardini 15 LD 350 model doğal emişli, hava soğutmalı bir tek silindirli motor ile yapılmıştır. Deney öncesi motorun yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Deneyler motor çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra tam gaz konumunda ve 2000 d/d'da 3 farklı motor yükünde gerçekleştirilmiştir. Kemsan marka 15 kW güç absorbe edebilen bir elektrikli dinamometre ile motor yüklenmiştir. Tork ölçümü Kistler 4550A model tork metre ile yapılmıştır. Deneyler 20 ºC ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deney motorunun teknik özellikleri Tablo 2'de ve deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Deney motorunun teknik özellikleri

Model	Lombardini 15 LD 350
Motor Tipi	Hava soğutmalı dizel motor
Silindir Sayısı	1
Maksimum Güç	7.5 HP/3600 d/d
Maksimum Tork	16.6 N.m/2400 d/d
Silindir Hacmi	349 cm^3
Kompresyon Oranı	20.3/1
Enjektör Açılma Basıncı	207 bar

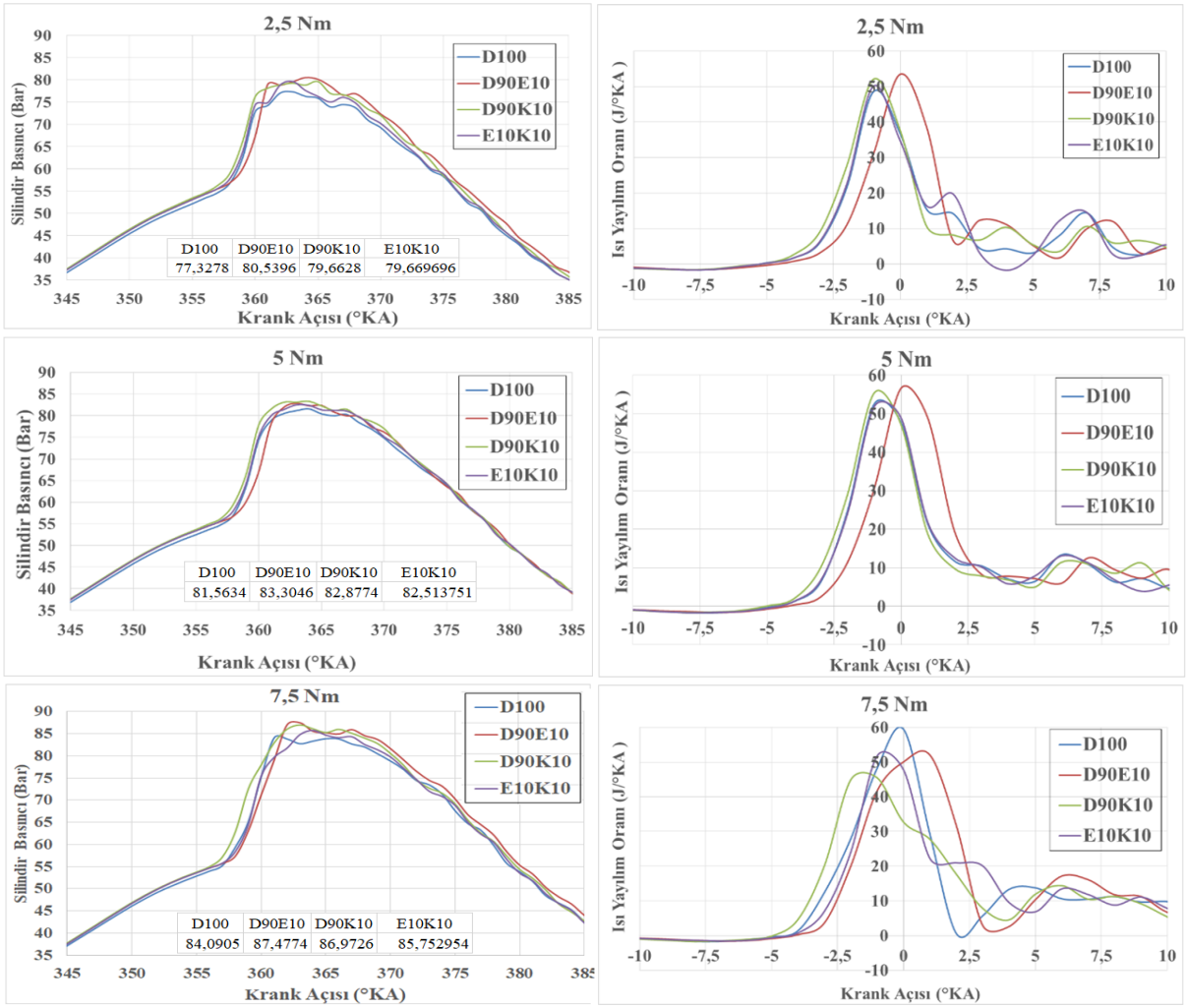


Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü

1. Test motou 2. Dinamometre 3. Kontrol Paneli 4. Tork metre 5. Egzoz gaz emisyon ölçer 6. Enkoder 7. İvme ölçer 8. Silindir basınç sensörü 9. Bilgisayar 10. Yakıt ölçüm düzeneği 11. Kontrol Paneli 12. Gürültü ölçüm cihazı 13. Titreşim ölçüm cihazı

3. SONUÇ

Şekil 2'de deney yakıtlarının silindir basınçlarının ve ısı yayılım oranlarının değişimi motor yüküne bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 2. 2000 d/d'da farklı yüklerde silindir basınçlarının ve ısı yayılım oranlarının değişimi

Motor yüküne bağlı olarak yanma odasına püskürtülen yakıt miktarı artması, Şekil 2'de görüldüğü gibi maksimum silindir basıncını tüm yakıtlar için yüke bağlı olarak artırmaktadır. 7,5 Nm yükteki yakıt karışımlarının verdiği enerji daha fazla olduğundan dolayı en büyük silindir basıncı 7,5 Nm'de elde edilmiştir. Tüm motor yüklerinde D90E10 yakıtı ile en büyük maksimum silindir basıncı elde edilirken, D100 yakıtı ile en küçük maksimum silindir basıncı elde edilmiştir. Etanol ve biyodizel içerikli yakıtların alt ısıl değerleri D100'e göre küçük olmasına rağmen Şekil 2'de görüldüğü gibi maksimum silindir basınçları D100'e göre daha büyüktür. Bu durum etanol ve biyodizel içerikli yakıtların setan sayısının D100'ün setan sayısından daha küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Setan sayısının küçük olması etanol ve biyodizel içerikli yakıtların tutuşma gecikmesi sürelerini uzatarak yanma öncesi yanma odasında daha fazla yakıt birikmesini neden olmaktadır. Yanma odasında biriken yakıt, etanol ve biyodizel içerikli yakıtların silindir içi yanma şiddetini artırmaktadır. En büyük ısı salınım oranı 2,5 Nm ve 5 Nm'de D90E10 yakıtı ile elde edilirken, D100 ile 7,5 Nm'de elde edilmiştir. D90E10'un setan sayısının düşük olması, tutuşma gecikme süresini diğer yakıtlara göre uzatarak yanma başlangıcının üst ölü noktaya yaklaşmasına neden olmuştur. Bu nedenle maksimum ısı salınım noktası diğer yakıtlara göre üst ölü noktadan uzaklaşmıştır. Bu durum 7,5 Nm'de D90E10 ile D100'e göre daha küçük maksimum ısı salınımı oluşmasına neden olmuştur. 7,5 Nm'de, silindir içine diğer motor yüklerine göre daha fazla yakıt püskürtülmektedir. D100'ün alt ısıl değeri diğer yakıtlara göre daha büyük olduğundan dolayı 7,5 Nm yükte D100 ile daha büyük maksimum ısı salınımı elde edilmiştir.

4. Çıkarımlar

Yapılan bu deneysel çalışma sonuçlarına dayanarak aşağıda belirtilen çıkarımlar yapılmıştır.

- En büyük ısı salınım oranı 2,5 Nm ve 5 Nm'de D90E10 yakıtı ile elde edilmiştir.
- D100 ile 7,5 Nm'de en büyük ısı salınım oranı elde edilmiştir.
- Motor yüküne bağlı olarak maksimum silindir basıncı artmıştır.
- D90E10 yakıtı ile tüm yüklerde maksimum silindir basıncı değerleri elde edilmiştir.
- Karışım yakıtlarının motor üzerinde bir değişiklik yapmadan kullanılabileceği görülmüştür.

REFERANSLAR

Albayrak, S., (2014), Biyodizelin Tek Silindirli Bir Dizel Motorun Performans, Emisyon Ve Titreşimlerine Olan Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.

Behçet, R., Çakmak, A.V., (2011), Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılan Balık Yağı Metil Esteri Karışımlarının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey

Çelik, M., Solmaz, H., Yücesu, H. S., Yılmaz, E., (2016), Kanola Metil Esterine N-Heptan Katkısının Motor Performansı ve Yanma Karakteristiklerine Etkilerinin İncelenmesi Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 36(1), 9-16.

Çelikten, İ., Gürü, M., (2011), Petrodizel ve Kanola Biyodizeli Performans ve Emisyon Kriterlerinin Mangan Esaslı Katkı Maddeleriyle Geliştirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 26(3), 643-648.

Lenin, M.A. Swaminathan, M.R. and Kumaresan, G., (2013), Performance And Emission Characteristics Of A DI Diesel Engine With A Nanofuel Additive, Fuel 109, 362-365.

KANOLA YAĞI VE ETANOLDEN OLUŞAN DİZEL YAKIT KARIŞIMLARININ EGZOZ EMİSYONLARINA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Doç. Dr. Suat Sarıdemir
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği
suatsaridemir@duzce.edu.tr

Öğr. Gör. Serdar Albayrak
İstinye Üniversitesi / Meslek Yüksekokulu / Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü / Uçak Teknolojisi Programı
salbayrak@istinye.edu.tr

Arş. Gör. Ümit Ağbulut
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü
umitagbulut@duzce.edu.tr

Özet
Dizel motorlar birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, dizel yakıtların sıklıkla kullanılması fosil yakıtların hızla tükenmesine ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu sebeple, dizel yakıtlara alternatif olarak daha çevreci yakıt arayışları hız kazanmıştır. Bu bağlamda, biyodizeller dizel yakıtların yerini alma konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, saf dizellere alternatif olarak etanol ve kanola yağı kullanımının çevresel etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, E10 (%10 etanol ve %90 saf dizel), K10 (%10 kanola yağı ve %90 saf dizel) ve E10K10 (%10 Etanol, %10 kanola yağı ve %80 saf dizel) karma yakıtı tek silindirli hava soğutmalı bir dizel motorda kullanılmıştır. Deneyler 2000 d/d'da 3 farklı motor yükünde (2.5 N.m, 5 N.m ve 7.5 N.m) gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, etanol ve kanola yağının saf dizele ilavesiyle; karbon monoksit (CO) ve hidrokarbon (HC) emisyonlarında azalma, karbon dioksit (CO_2), azot oksit (NO_x) emisyonlarında ise bir miktar artmaya sebep olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Etanol, kanola yağı, egzoz emisyonları

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIESEL FUEL BLENDS WITH CANOLA OIL AND ETHANOL ON EXHAUST EMISSIONS

Abstract
Diesel engines are widely used in many areas. However, the frequent use of diesel fuels causes rapid depletion of fossil fuels and environmental pollution. Therefore, as an alternative to diesel fuels, the researches for more clean energy source have gained momentum. In this context, biodiesel has a great potential to replace diesel fuels. In this study, the environmental effects of using ethanol and canola oil as an alternative to neat diesel were investigated. In the study, E10 (10% ethanol and 90% pure diesel), K10 (10% canola oil and 90% pure diesel) and E10K10 (10% Ethanol, 10% canola oil and 80% pure diesel) blended were used in a single-cylinderi air-cooled diesel engine. The experiments were carried out at 3 different engine loads (2.5 Nm, 5 Nm and 7.5 Nm) at 2000 rpm. The results were obtained by the addition of ethanol and canola oil to neat diesel fuel; carbon monoxide (CO) and hydrocarbon (HC) emissions decreased, whilst carbon dioxide (CO_2), nitrogen oxide (NOx) emissions increased slightly.

Keywords: Ethanol, canola oil, exhaust emissions

1.GİRİŞ
Petrol sektörü, gerek dünya ve gerekse Türkiye ekonomisinde çok önemli bir yere sahiptir. Ancak yakın gelecekte petrol kaynaklarının tükeneceği düşünülürse, petrol kökenli yakıtlar ülkemizin enerji arzı ve güvenliği bakımından önem arz etmektedir. Özellikle Türkiye gibi petrol ve gaz bakımından

ithalatçı konumunda olan ülkeler için enerji çeşitliliğinin önemi daha da artmaktadır (Eliçin ve Erdoğan, 2006). Bu durum ülkeleri enerji güvenliğini koruyabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Fosil kökenli yakıtların yerini alabilecek, çevreye zararlı etkileri azaltılmış temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları bakımından ülkemiz için en uygun ve sürdürülebilir olanı biyoyakıtlardır. Türkiye'nin tarım alanları bakımından yüksek bir potansiyele sahip olması nedeniyle bitkisel yağlar dizel yakıtlara alternatif olarak kullanılması uygun olmaktadır (Sekmen ve Aktaş, 2008). Biyoyakıtlar, normal dizel yakıt ile benzer yanma özellikleri göstermesinin yanında dizel yakıtlarda bulunan kükürt bileşikleri atmosfere yayılarak sülfürik asit yağmurlarına yol açarken, bitkisel yağların sülfür içerikleri sıfıra yakın olması nedeniyle daha çevreci bir yakıttır. Bitkisel yağlardan dizel yakıtı özelliğine en yakın bitkisel yağın seçilmesi önem arz etmektedir (Sarıdemir ve Albayrak, 2015). Bu nedenle kullanılacak bitkisel yağların belirlenerek dizel yakıtı ile kıyaslanması gerekmektedir. Donma ve akma noktasının düşük olması gibi özelliklerinden dolayı mısır yağı, kanola yağı, susam yağı gibi yakıtlar tercih edilmektedir (Mohammed, 1995). Ayrıca biyodizel yakıtlar, dizel motorlar üzerinde herhangi bir değişim işlemi yapılmadan kullanılabilmektedir (Çelik ve ark., 2016). Motor tasarımı üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, yanma sonucu oluşan emisyonlar ile birlikte yakıt tüketimi önemli seviyede düşürülmüş olmasına rağmen istenilen emisyon standartlarına henüz ulaşılamamıştır. Bu nedenle alternatif yöntemler ve yakıtlar denenmektedir (Lenin ve ark., 2013). Bu nedenlerden dolayı, dizel yakıtı ile biyoyakıtların farklı karışımlarının incelenmesi için yapılan çalışmalar artmıştır. Ayrıca dizel yakıtı ile biyodizel ve biyoalkol karışımlarının alternatif yakıt olarak kullanılmasının incelenmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır (Atmanlı, 2013). Katkı maddelerinin yanma aşamasında katalizör etki göstermesi sonucu oluşan yakıt kararsızlığı, yanma reaksiyonlarını hızlandırıcı etki yapmaktadır (Keskin ve ark., 2013). Biyoalkollerin dizel yakıtı ile karıştırılması ile yapılan çalışmalarda en çok kullanılan biyoyakıtlar metanol ve etanoldür (Jin ve ark., 2011). Biyodizel setan sayısının dizele göre küçük olması, tutuşma gecikmesinin uzamasında etkili olması nedeniyle düşük motor yüklerinde ilk hareketi kolaylaşmasını ve motor performansının iyileşmesini sağladığı ifade edilmektedir (Çelik ve ark., 2015). Bu çalışmada standart dizel yakıt ile kanola yağı metil esteri ve etanol karışımlarının, egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kanola Yağı Metil Esterinin (KYME) Üretimi

Bu çalışmada, rafine edilmiş kanola yağından biyodizel üretimi transesterifikasyon yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Esterleştirme işlemi için katalizör olarak potasyum hidroksit (NaOH) ve metanol kullanılmıştır. Metanol hacimce %20 ve sodyum hidroksit ise 3.5 gram/litre oranınca yakıta ilave edilmiş ve reaksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon işlemi neticesinde oluşan gliserol bir çökelme kabı yardımı ile yoğunluk farkı sayesinde saf biyodizelden uzaklaştırılmıştır. Böylece biyodizel elde edilmiştir. Ayrıca, olası kalıntı alkol ve oluşacak muhtemel oluşumlardan kurtulmak amacıyla saf su ile karışım yıkanmış ve sonrasında 2 saat boyunca 120 ^{o}C'de bekletilerek suyun ve istenmeyen kalıntıların buharlaşması beklenmiştir. Tablo 1'de bu çalışmada kanola yağından elde edilmiş biyodizel yakıtın ve standart dizel yakıtının bazı önemli özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Standart dizel ve biyodizel yakıtın özellikleri

Yakıt Tipi	**Dizel**	**KYME**
Yoğunluk (kg/m^3)	840	837
Viskozite (mm^2/sn)	10(40^{0}C)	3.9
Parlama Noktası (^{0}C)	89	63
Isıl değer (cal/gr)	10981	9720

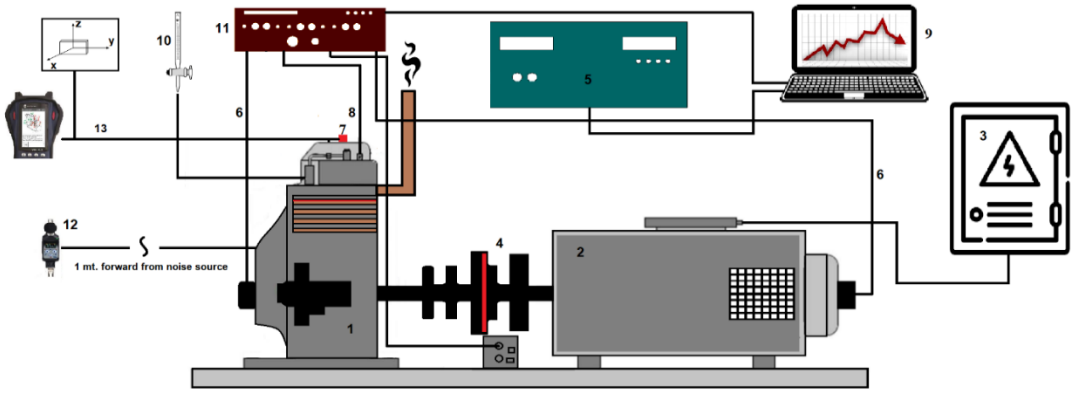
2.2. Motor Test Süreci

Motor emisyon testleri doğal emişli ve hava soğutmalı olan tek silindirli Lombardini 15 LD 350 motorla yapılmıştır. Deney öncesi motorun yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Deneylere motor yağ sıcaklığı 40 °C ulaşınca başlanmıştır.

Deneyler 2000 d/d sabit devirde ve 3 farklı motor yükünde (2.5 N.m, 5 N.m ve 7.5 N.m) gerçekleştirilmiştir. Motor yüklemesi 15 kW güç absorbe edebilen, Kemsan marka bir elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Yakıt sarfiyatı, testler boyunca milimetrik ölçekli bir cam büret içerisinde 1 dakikada gerçekleşen hacimsel değişim izlenerek tespit edilmiştir. Ayrıca, K Test marka bir egzoz gazı emisyon cihazı vasıtasıyla CO, CO_2, NO_x ve HC egzoz emisyonlarının ölçümü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, E10 (%10 etanol ve %90 saf dizel), K10 (%10 kanola yağı ve %90 saf dizel) ve E10K10 (%10 Etanol, %10 kanola yağı ve %80 saf dizel) karma yakıtı test edilmiştir. Test motoruna ait bazı önemli teknik özellikler aşağıda bulunan Tablo 2 ile verilmiştir. Ayrıca, deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Deney motorunun teknik özellikleri

Model	Lombardini 15 LD 350
Silindir Sayısı	1
Maksimum Güç	7.5 HP/3600 d/d
Maksimum Tork	16.6 Nm/2400 d/d
Silindir Hacmi	349 cm^3
Sıkıştırma Oranı	20.3/1
Çap × stroke	82 mm × 66 mm
Enjektör Açılma Basıncı	207 bar



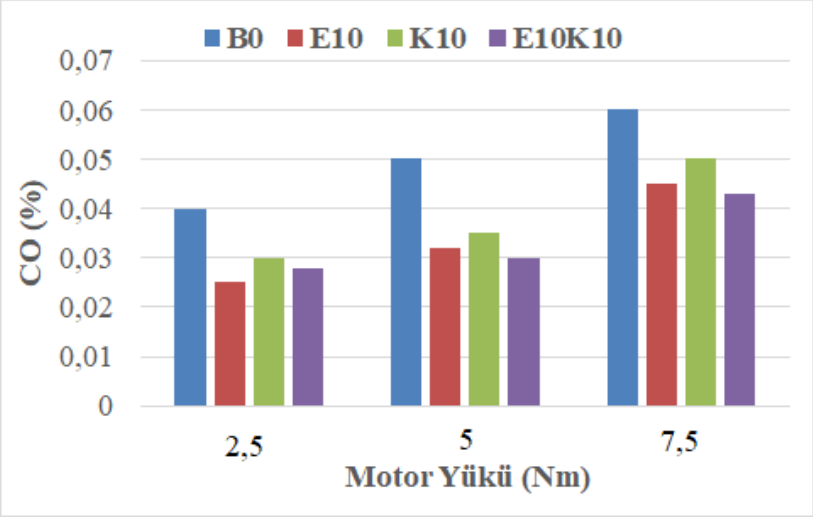
1. Test motoru 2. Dinamometre 3. Kontrol Paneli 4. Tork metre 5. Egzoz emisyon ölçüm cihazı 6. Enkoder 7. İvme ölçer 8. Silindir basınç sensörü 9. Bilgisayar 10. Yakıt ölçüm düzeneği 11. Kontrol Paneli 12. Gürültü ölçüm cihazı 13. Titreşim ölçüm cihazı

Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü

3. SONUÇLAR

3.1. Karbonmonoksit (CO) Değişimleri

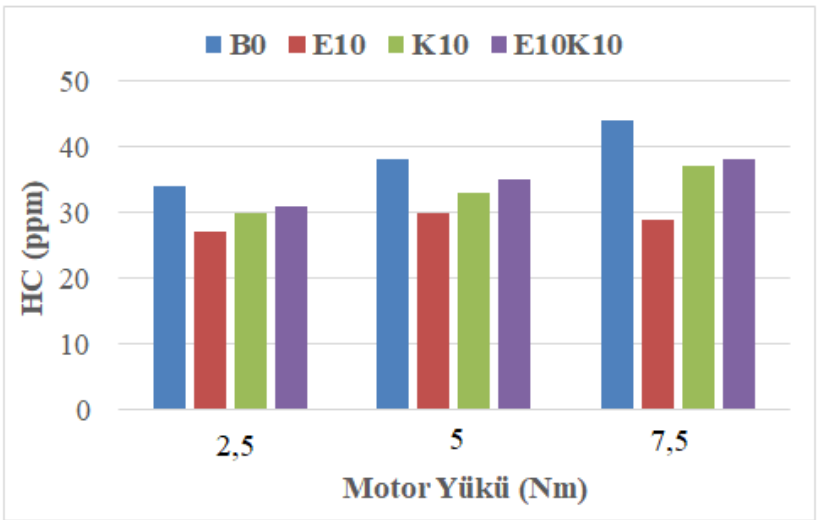
CO eksik yanma ürünüdür ve yakıt tipi, hava/yakıt oranı, yanma odası şekli, yakıt atomizasyon oranı, püskürtme basıncı, motor yükü ve devri CO emisyonlarının oluşumunu etkiler. Hava ve yakıtın tam olarak karışamaması, O_2 ve CO_2 oluşması için gerekli zamanın eksikliği, CO emisyonlarını tetiklemektedir Biyodizel ve etanol içerikli yakıtların O_2 içeriğinin dizel yakıta göre yüksek olması tüm motor yüklerinde daha küçük CO oluşumunu sağlamıştır. Motor yükünün artmasına bağlı olarak yanma odasına püskürtülen yakıt miktarının artması karışımı zenginleştirerek CO emisyonlarını artırmıştır.



Şekil 2. Karbonmonoksit (CO) emisyonu

3.2. HC Değişimleri

HC emisyonları genellikle eksik yanmadan kaynaklanmaktadır ve yanmadan dış ortama atılan yakıt meydana getirir. HC oluşumunun iki temel nedeni ise yetersiz bulunan oksijen ve ortamdaki düşük sıcaklık değeridir. İçten yanmalı motorlarda HC emisyonları genellikle yanmanın tam olarak gerçekleşmediği durumlarda oluşmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde HC emisyonları motor yükünün artışıyla genelde arttığı görülmektedir. E10'un karbon miktarının düşük olması ve oksijen içeriğinin yüksek olmasından dolayı, E10 ile minimum HC değerleri elde edilmiştir. E10 ve K10 içerisindeki yüksek oksijen içeriği, zengin bölgelerde yeterli oksijeni sağlayarak yanma işlemini iyileştirmiş ve HC emisyonlarını azaltmıştır. Motor yükünün artmasına bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması, yüke bağlı olarak HC emisyonlarını artırmıştır.

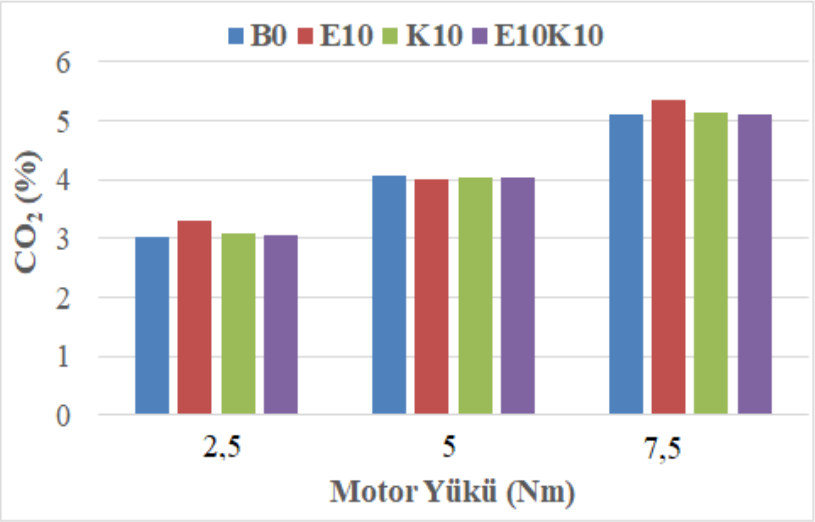


Şekil 3. HC emisyonları

3.3. CO_2 Değişimleri

Egzoz emisyonlarının bir türevi olan CO_2 emisyonu oranı, tam yanmayı ifade eden bir değerdir. Renksiz kokusuz ve zararsız bir gaz olan CO_2, normal yanma süreçlerinin bütününde açığa çıkmaktadır. Yanma boyunca yanma odasında bulunan yakıtın içerisindeki karbon ve hidrojen atomlarının birbirinden ayrışmasıyla birlikte, hidrojen atomu suya dönüşmektedir. Karbon atomu ise oksidasyon sırasında yeterli oksijeni bulması durumunda karbon dioksite, yeterli oksijeni bulamaması durumunda ise karbon monoksite ya da dumana dönüşmektedir. Şekil 4 incelendiğinde motor yükünün

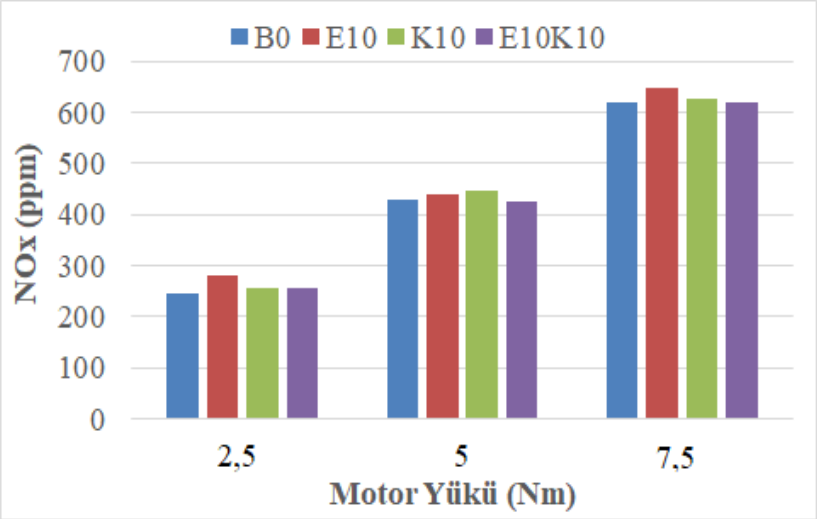
artışıyla CO_2 oranın arttığı görülmektedir. Motor yükünün artmasına bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması, karışımı zenginleştirerek CO_2 emisyonlarını artırmıştır.



Şekil 4. CO_2 emisyonları

3.4. NOx Değişimleri

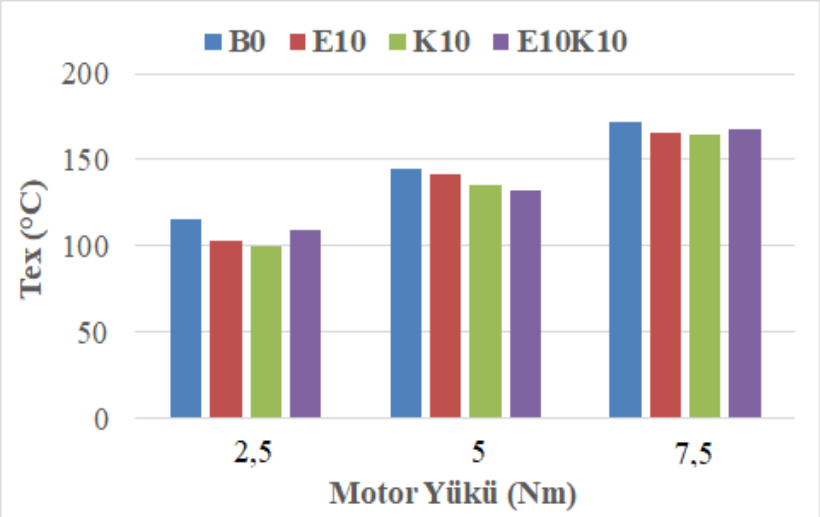
NO ve NOx gazlarının oluşmasında oksijen miktarı, yanma sıcaklığı ve yanma zamanı etkili olmaktadır. Silindir içi sıcaklığı 1600 K'yı aştığında, yeterli oksijenin ve zamanın olması halinde, oksijen azotla reaksiyona girerek NOx' leri oluşturmaktadır Behçet ve Çakmak (2011). Şekil 5' den de görüldüğü üzere motor yükünün artışına bağlı olarak yanma sıcaklığının artması, tüm yakıtların NOx emisyonlarını artırmıştır. B0 haricindeki yakıtların setan sayılarının düşük olması, tutuşma gecikmesi süresini artırarak yanma odasında daha fazla yakıt birikmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yanma şiddetinin artması silindir içi basıncı ve yanma sıcaklığını artırmaktadır. Sonuçta etanol ve biyodizel içerikli yakıtlar ile B0'a göre daha fazla NOx emisyonu oluşmuştur.



Şekil 5. NOx emisyonları

3.5. Egzoz Gaz Sıcaklığı

Şekil 6'da tüm yakıtlar için motor yüküne bağlı olarak egzoz gazı sıcaklıkları görülmektedir. Egzoz gaz sıcaklığı, yakıtın efektif ısı enerjisinin bir göstergesidir. Yüksek egzoz sıcaklığı, yakıtın ısı enerjisinin faydalı işe dönüşme oranının düşük olduğunu gösterir. Egzoz gazı sıcaklıkları yüksek olması, silindir içerisinde yanma esnasında da yanmanın tam olarak gerçekleşemediğinin ve egzoz supapları açıldığında halen yanmanın devam ettiğini göstermektedir İçingür ve Koçak (2006).



Şekil 6. Egzoz gazı sıcaklığı

Motor yükünün artmasıyla maksimum silindir basıncının artması, egzoz gazı sıcaklıklarını da artırmaktadır. B0 yakıtının alt ısıl değerinin diğer yakıtlara göre büyük olması, tüm motor yüklerinde B0 ile daha büyük egzoz sıcaklığının oluşmasına neden olmuştur.

4. ÇIKARIM

Yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak aşağıdaki çıkarımlar yapılmıştır.

- Biyodizel ve etanol içerikli yakıtların O_2 içeriğinin dizel yakıta göre yüksek olması tüm motor yüklerinde daha küçük CO oluşumunu sağlamıştır.
- E10 ve K10 yakıtlarının sahip olduğu yüksek oksijen içeriği, zengin bölgelerde yeterli yanmayı sağlayarak HC emisyonlarını azaltmıştır.
- Motor yükünün artmasına bağlı olarak püskürtülen yakıt miktarının artması karışımı zenginleştirerek, CO_2 emisyonlarını artırmıştır.
- Motor yükünün artışına bağlı olarak yanma sıcaklığının artması, tüm yakıtların NOx emisyonlarını artırmıştır.
- Motor yükünün artmasıyla maksimum silindir basıncının artması, egzoz gazı sıcaklıklarını da artırmıştır.

KAYNAKLAR

Atmanlı, A. 2013. Dizel Motorunda Dizel Yakıtı-Alkol-Bitkisel Yağ Karışımları Kullanımının Motor Karakteristiklerine etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 324669.

Behçet R., Çakmak A.V. 2011, Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılan Balık Yağı Metil Esteri Karışımlarının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey 162-165.

Çelik, M., Solmaz, H., Yücesu, H.S. 2015. Pamuk Metil Esterine N-Heptan Katkısının Motor Performansı Ve Yanma Karakteristiklerine Etkilerinin İncelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 30(3), 361-369.

Çelik, M., Solmaz, H., Yücesu, H.S., Yılmaz, E. 2016. Kanola Metil Esterine N-Heptan Katkısının Motor Performansı Ve Yanma Karakteristiklerine Etkilerinin İncelenmesi, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 36(1), 9-16.

Eliçin, A.K., Erdoğan D. 2006. Fındık Yağı Metil ve Etil Esteri ile Diesel Yakıtı Karışımlarının Küçük Güçlü Bir Diesel Motorda Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (2) 137-146.

Emiroğlu, O., Şen, M. 2018. Combustion performance and emission characteristics of various alcohol blends in a single cylinder diesel engine, Fuel, 212, 34-40.

İçingür, Y., Ve Koçak, M., S. 2006. Fındık yağı metil esterinin dizel yakıtı alternatifi olarak performans ve emisyon parametrelerinin incelenmesi, Politeknik Dergisi, 9(2), 119-124.

Jin, C., Yao, M., Liu, H.,Lee, C.F., Ji, J. 2011. Progress in the production and application of n-butanol as a biofuel, Renewable and Sustainable Energy Review 15, 4080-4106.

Keskin, A., Ocakoğlu, K., Reşitoğlu, İ.A., Gürü, M. 2013. Influence of Titanium Based Fuel Additive on Diesel Engine Performance and Emission, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28(3), 671-676.

Lenin, M.A., Swaminathan, M.R., Kumaresan, G. 2013. Performance And Emission Characteristics of a DI Diesel Engine With a Nanofuel Additive, Fuel 109 , 362–365.

Mohammed, A.A. 1995. Yakıt Olarak Bazı Bitkisel Yağların Diesel Motor Performansına Etkileri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 45829.

Sarıdemir, S., Albayrak, S. 2015. Kanola Yağı Metil Esteri Ve Karışımlarının Motor Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Olan Etkileri, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 4(1), 35-46.

Sekmen Y., Aktaş, A. 2008. Soya Yağı Metil Esterinin Dizel Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkileri, Politeknik Dergisi, 11(3), 249-254.

OTOMOTİV GÖVDE SACLARINDA KAYNAK BÖLGELERİNİN SONLU ELEMANLAR MODELİ İÇİN FARKLI KONTAKLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Abdulkadir Cengiz
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü
akcengiz@kocaeli.edu.tr

Müh. Emre Gödek
Assan Hanil A.Ş., Ar-Ge Merkezi
emre.godek@assanhanil.com.tr

Müh. Serdar Yurduseven
Assan Hanil A.Ş., Ar-Ge Merkezi
serdar.yurduseven@assanhanil.com.tr

Müh. Kudret Köse
Yıldız Kalıp A.Ş., Ar-Ge Merkezi
kudret.kose@yildizkalip.com

Özet

Otomotiv sektöründe sac metal kullanımı araç güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Kullanılan sacın kalitesi metal parçanın araçtaki konumuna göre değişiklik göstermektedir. Özellikle araç gövdesinde kullanılan saclar, yüksek mukavemetli DP600 ve DP800 gibi malzemelerden üretilmektedir. Araç güvenliği açısından kaliteli malzeme kullanımı kadar parçalarda kullanılan kaynağın kalitesi de önemlidir. Bir taşıtın kaza esnasında ilk olarak darbeyi sönümlediği parçalar gövde ekipmanlarıdır. Darbeye maruz kalan herhangi bir parçanın kopmaya başlayacağı yer kaynak bölgeleridir. Burada meydana gelecek herhangi bir çentik etkisi kopmaya gidecek ilk adımı oluşturacaktır. Dolayısıyla bu tip tasarımlar sonlu elemanlar metoduyla detaylı incelemektedir. Sonlu elemanlar metodunda kullanılan kontak (contact) tiplerinin doğru tanımlanması kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada kaynak bölgeleri içinde tanımlanan kontaklar için yeni bir metodoloji araştırılmıştır. Kaynak bölgelerin ayrı geometri ile tanımlanması halinde geleneksel node to node kontak tipine göre kıyaslaması yapılmıştır. Yapılan analizlerde özellikle plastik deformasyon yüklerinde kaynak bölgesinin farklı mekanik özelliklerde ve kalınlıkta tanımlanması gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Otomotiv Gövde Parçaları, Sac Metal, Kaynak, Sonlu Elemanlar Modeli.

COMPARISON OF DIFFERENT CONTACTS FOR THE FINITE ELEMENT MODEL OF WELDING ZONES IN AUTOMOTIVE BODY SHEETS

Abstract

The use of sheet metal in the automotive sector is great importance in terms of vehicle safety. The quality of the metal used varies according to the position of the metal part in the vehicle. Especially the sheet metal used in the vehicle body is made of high strength materials such as DP600, DP800. In terms of vehicle safety, the quality of the material used in the parts as well as the welding efficiency is also important. The parts where a vehicle first absorbs the impact during an accident are body equipment. The place where any part of the impact will begin to break is the welding place. Any notch effect that will occur on weldings will be the first step to break. Therefore, this type of design is examined with finite element method in detail. The correct definition of contact types used in the finite element method is critical. In this study, a new methodology has been investigated for the contacts defined in the welding places. When the welding places are defined with separate geometry, the comparison of the traditional node to node contact type has been made. In the analyzes, it was seen that the welding area should be defined in different mechanical properties and thickness under plastic deformation loadings especially.

Keywords: Automotive Body Parts, Sheet metal, Welding, Finite Element Model.

1. GİRİŞ

Otomotiv sektöründe sac metal kullanımı araç güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Araç gövdesinde kullanılan saclar yüksek mukavemetli DP600, DP800 gibi malzemelerden üretilmektedir. Kaza esnasında darbeyi sönümleyen sacların malzeme özellikleri kadar kaynak verimleri de büyük önem arz etmektedir. Kaynak bölgelerinde meydana gelecek herhangi bir çentik etkisi kopmaya gidecek ilk adımı oluşturacaktır.

Dolayısıyla bu tip tasarımlar sonlu elemanlar metoduyla detaylı incelemektedir. Sonlu elemanlar metodunda kullanılan kontak (contact) tiplerinin doğru tanımlanması kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada kaynak bölgeleri içinde tanımlanan kontaklar için yeni bir metodoloji araştırılmıştır. Kaynak bölgelerin ayrı geometri ile tanımlanması halinde geleneksel node to node kontak tipine göre kıyaslaması yapılmış ve deneysel doğrulama gerçekleştirilmiştir

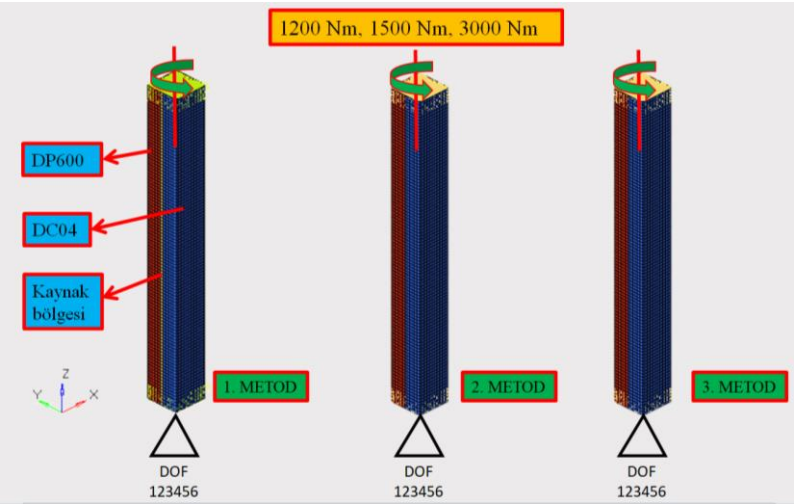
2. MATERYAL VE METOD

Yapılacak olan analiz için biri DP600 diğeri ise çok daha yumuşak bir malzeme olan DC04 malzemeden üretilmiş iki adet sac kullanılmıştır. Katlanmış sacların açınım genişliği 120 mm ve uzunluğu 500 mm'dir. Sac kalınlıkları 2 mm olup her biri U profil şeklinde büküme sahiptir. Saclar birbirlerine kare profil oluşturacak şekilde uzun kenarlarından kaynatılmış olarak modellenmiştir.

İlk metod için parçalar arasına "node to node" bağlantı tanımlanmıştır. İkinci metod olarak parçalar arasına "bounded" ilişki tanımlanmıştır. Son ve üçüncü metod olarak 6 x 3,5 mm kaynak yüzeyi oluşturularak tasarım yapılmıştır.

Her üç metod için oluşturulan sonlu elemanlar modelinde Z ekseninde sırasıyla 1200, 1500 ve 3000 Nm tork uygulanmıştır. Böylece toplam 9 koşul test edilmiştir. Her koşul için Maksimum Plastik Deformasyon (%), Maksimum Gerilme (MPa) ve Maksimum Z Ekseni Deformasyon Açısı (°) durumları incelenmiştir.

Non-lineer analiz içerisinde uygulanan metodlar ve yük durumları şekillerde detaylı olarak Şekil 1.'de gösterilmiştir.



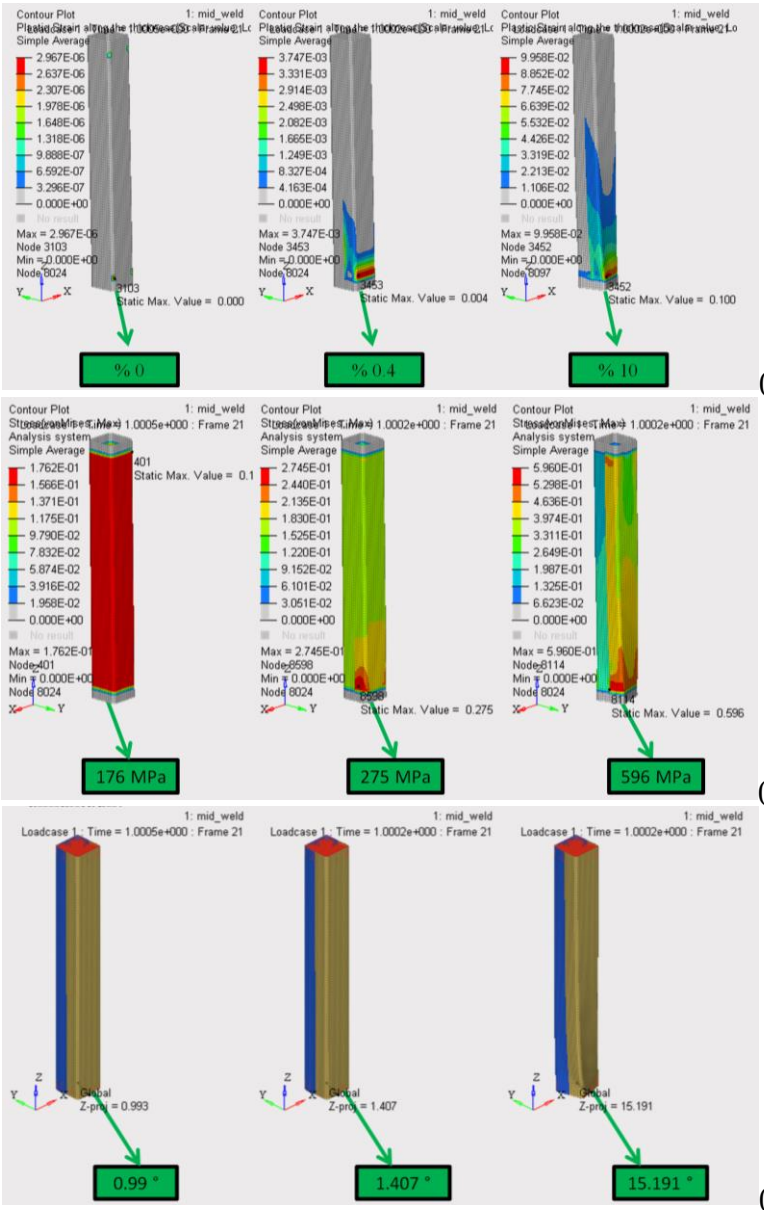
Şekil 1. Uygulanan metodlar ve yük durumları

3. SONUÇ

Analizler sonucunda her üç metod için oluşturulan sonlu elemanlar modelinde Z ekseninde sırasıyla 1200, 1500 ve 3000 Nm tork uygulanmıştır. Böylece toplam 9 koşul test edilmiştir. Her koşul için Maksimum Plastik Deformasyon (%), Maksimum Gerilme (MPa) ve Maksimum Z Ekseni Deformasyon Açısı (°) durumlarına ait sonuçlar sunulmuştur.

3.1. Node to Node Kontak Tanımlı Analiz Sonucu;

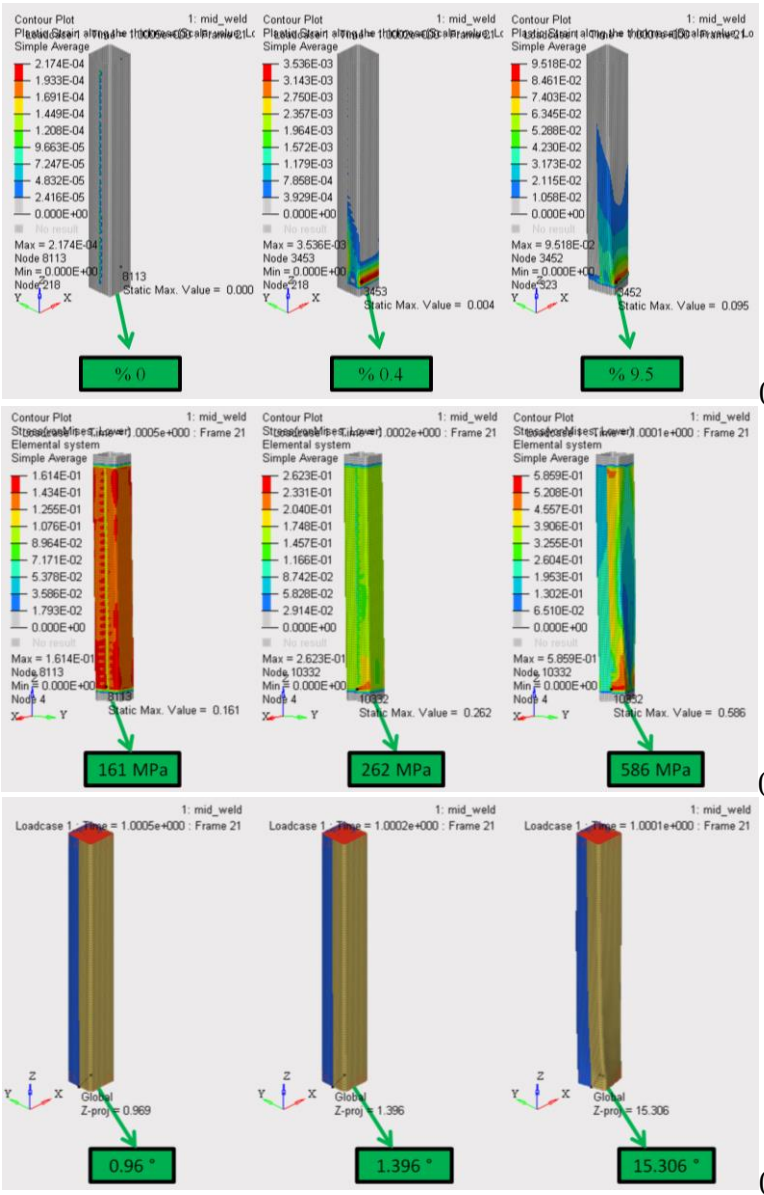
Node to node bağlantı tanımlanmış analiz için maksimum plastik deformasyon detaylı olarak Şekil 2.a'da, maksimum gerilme Şekil 2.b'de detaylı olarak aşağıda yer almaktadır. Node to node bağlantı tanımlanmış analiz için maksimum Z ekseni deformasyon açısı detaylı olarak aşağıda yer almaktadır.



Şekil 2. Node to Node Kontak tipi için analiz sonuçları

3.2. Bounded Bağlantı Tanımlanmış Analiz Sonuçları;

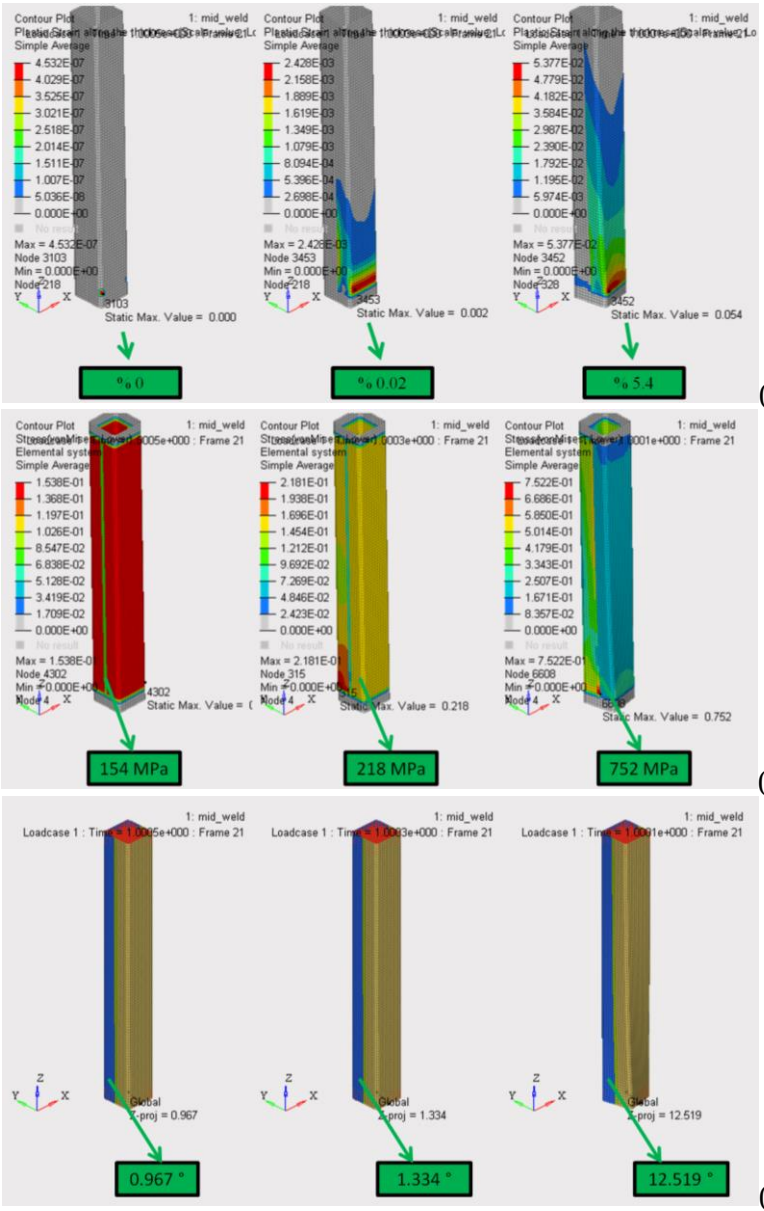
Parçalar arasına bounded bağlantı tanımlanmış analiz için maksimum plastik deformasyon Şekil 3.a'da, maksimum gerilme Şekil 3.b'de ve Z ekseni deformasyon açısı Şekil 3.c'de detaylı olarak yer almaktadır



Şekil 3. Bounded kontak tipi için analiz sonuçları

3.3. Kaynak Yüzeyli Tasarım Sonuçları;

Parçalar arasına Kaynak yüzeyli tasarım için tanımlanmış analiz için maksimum plastik deformasyon Şekil 4.a'da, maksimum gerilme Şekil 4.b'de ve Z ekseni deformasyon açısı Şekil 4.c'de detaylı olarak yer almaktadır



Şekil 4. Bounded kontak tipi için analiz sonuçları

Tüm analizlerden elde edilen veriler, Tablo 1.'de bir araya getirilerek özet halde sunulmaktadır. Tablo 1.'de birinci ve ikinci metod arasında ciddi farklılıklar görülmemekle birlikte, 1200 Nm' altıda her iki malzeme de elastik deformasyon sınırları içerisinde kalmış ancak 1500 Nm yükte DC04 malzemesinde plastik deformasyon görülmüştür. 3000 Nm ise DP600 ve DC04 malzemelerin her ikisi için de plastik deformasyonun oluştuğu görülmüştür.

Tablo 1. Analiz verileri özet tablosu

Node to Node Bağlantı Tanımlanmış Analiz Sonuçları (1. Metod)			
Moment (Nm)	**Maksimum Plastik Deformasyon (%)**	**Maksimum Gerilme (MPa)**	**Maksimum Z Ekseni Deformasyon Açısı (°)**
1200	0	176	0.99
1500	0.4	275	1.407
3000	10	596	15.191
Parçalara Arası Bounded İlişki Tanımlanmış Analiz Sonuçları (2. Metod)			
Moment (Nm)	**Maksimum Plastik Deformasyon (%)**	**Maksimum Gerilme (MPa)**	**Maksimum Z Ekseni Deformasyon Açısı (°)**
1200	0	161	0.96
1500	0.4	262	1.396
3000	9.5	586	15.306
Kaynak Yüzeyli Analiz Sonuçları (3. Metod)			
Moment (Nm)	**Maksimum Plastik Deformasyon (%)**	**Maksimum Gerilme (MPa)**	**Maksimum Z Ekseni Deformasyon Açısı (°)**
1200	0	176	0.967
1500	0.02	218	1.334
3000	5.4	752	12.519

4. TARTIŞMA

İki farklı mekanik özelliklere sahip sac metalin farklı kontak tipleri ile bağlanması ile yapılan analizler sonucu Tablo 1.'de özeti verilen değerler incelendiğinde;

- 1200 Nm moment yükü değerlerinde tüm malzemelerin plastik deformasyona uğrama oranları benzer oranlarda ve bölgelerde görünmekte olup Z eksenindeki rotasyonları da benzer olduğundan malzemenin, sonsuz ömür bölgelerine yakın gerilmelerdeki çalışmalarda kontak tipinin bir öneminin olmadığı anlaşılmıştır.
- 1500 Nm moment yükü değerlerinde ise, kaynak bölgesinin ayrı bir yüzey ile modellenmesi halinde plastik deformasyona uğrayan hacim oranının ilk iki metoda göre 20 kat düşük hesaplanması, maksimum gerilme değerlerinde ise %20 azalma olması ve Z ekseninde daha düşük bir dönme açısı göstermesi sonucu Metod 1, 2 ve 3 arasında rijitlik artışı yönünde bir sıralama oluştuğu görülmüştür.
- 3000 Nm yüklemede ise, Metod üç ile Metod 1 ve 2 arasındaki %25'lik artan gerilme değeri ve gerilmenin kaynak yüzeyi bölgesinde yoğunlaşması, plastik deformasyon oluşumu halinde kaynak bölgelerinin ayrı bir geometri olarak modellenmesinin ciddi hesap farklılıkları çıkardığını göstermektedir.

Çalışmadan elde edilen veriler kıyaslama amacıyla gerçekleştirilmiş olup ileriki çalışmalarda deneysel bulgular ile pekiştirilmesi ve farklı yük koşulları için genişletilmesi hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışmayı destekleyen Assan Hanil A.Ş. ve Yıldız Kalıp A.Ş. birim yöneticilerine teşekkür eder.

BİR LASTİK FABRİKASI İÇİN KARTUŞ ARABASI TASARIMI

Arş. Gör. Müfit YÜCE
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
mufityc@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Kamil DELİKANLI
Süleyman DEMİREL Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
kamildelikanli@sdu.edu.tr

Özet

Endüstriyel işletmelerin gelişmiş teknoloji ile yenilenme ve geliştirilme gerekliliği iş sağlığı ve güvenliği öncelikli olmak üzere daha hızlı, güvenilir ve kaliteli üretim yapmak amacından kaynaklanmaktadır. Çok çeşitli üretim yapan bir lastik fabrikası prosesinde yalın üretim modeli gerçekleştirmek amacıyla yapılan bir çalışma neticesinde toplam üç işçi ve bir vinç ile yapılan çeşitli ağırlıktaki yarı mamul kartuşlarının transfer işleminin iş istasyonlarında zaman, mekân, işçilik kayıplarına neden olduğu gözlemlenmiştir. Lastik üretiminin büyük miktarlarda ve sürekli olmasından dolayı işletmenin verimliliği açısından akış tipi üretim sisteminin uygulanması çok daha faydalı olacaktır. Bu çalışmayla bir işçinin tek başına ve kolaylıkla transfer işlemini yapabilmesini sağlayacak bir kartuş transfer arabası tasarımı ve prototip üretimi yapılmıştır. Endüstriyel tesisin güvenli ve sürekli çalışabilirliğine katkı sağlamak için kartuş arabasının üretim prosesine entegrasyonu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kartuş Arabası, Lastik Fabrikası, Tasarım

CARTRIDGE CAR DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING FOR A TIRE FACTORY

Abstract

The necessity of renewal and development of industrial companies by advanced technology arises from the purpose of making faster, more reliable and high-quality production with priority in occupational health and safety. As a result of a study to realize the lean production model in the process of a tire factory that produces a wide variety, it has been observed that the transfer of semi-finished cartridges of various weights made by a total of three workers and a crane causes time, space and labor losses in the workstations. Tire production in large quantities and continuous production requires the use of a flow type production system in terms of efficiency. In this study, a cartridge transfer car design and prototype production were performed to enable a worker to perform the transfer process alone and easily. Cartridge car is integrated into the production process to contribute to the safe and continuous operation of the industrial plant.

Keywords: Cartridge Car, Tire Factory, Design

1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmesi ve kalkınmasında makine ve imalat sanayi sektöründeki gelişmeleri yakından takip etmesi ve gelişen teknolojiye öncülük etmesindeki rol ve modelin gelişme ve büyümelerinde belli bir katkısı olmaktadır. Bu nedenle ülkeler, makine ve imalat sanayilerinin geliştirilmesi ve rekabet gücünün arttırılmasına ayrı bir önem ve öncelik vermektedirler.

Ülkemizin birçok bölgesinde gelişen teknoloji ile donatılmış endüstriyel tesisler kurulmakta ve teknolojik ürünlerin katkısıyla üretim faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Bu üretim süreçlerinde tesislerin üretkenliğini sağlamakta yardımcı olan insan gücünün yanında makinelerde büyük önem taşımaktadır. Gelişen makine ve ekipman teknolojisi sayesinde üretim daha da kolaylaşmıştır. Bu

makineler, ekipmanlarla birlikte üretim kolaylığının yanında iş planı ve organizasyonunda, işin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli bir yeri vardır [1-8].

Üretilen çok çeşitli kauçuk hamurları üretim prosesinde genellikle şerit haline getirilir. Şerit halini alan kauçuk hamurları istenilen şekillerde işlenerek lastiğin sırt, topuk, yanak gibi kısımlarını oluşturur. Mikserlerde gerçekleştirilen işlem ve ardından gerçekleştirilen imalat işlemlerinin kalitesi, lastik kısımlarının kalitesine dolayısıyla da son ürünün kalitesine doğrudan etki ettiği belirlenmiştir [8-10]. Bundan dolayı üretilen çeşitli kauçuk hamurlarının kalitesini belirleyen parametrelerden en önemlilerinden birisi de kartuş aracı ile desteklenecek üretim prosesi aşamalarıdır (Şekil 2.1). Kartuş aracı ile lastik gerekli kalenderleme, ekstrüzyon ve birleştirme (ham lastik imalatı) aşamalarında mekanik düzenlemelerle prosesin gerektirdiği işlemleri yapabilecek bir iş istasyonu bağlantısı olarak da işlem görebilecektir. Lastik fabrikası proses akım şeması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

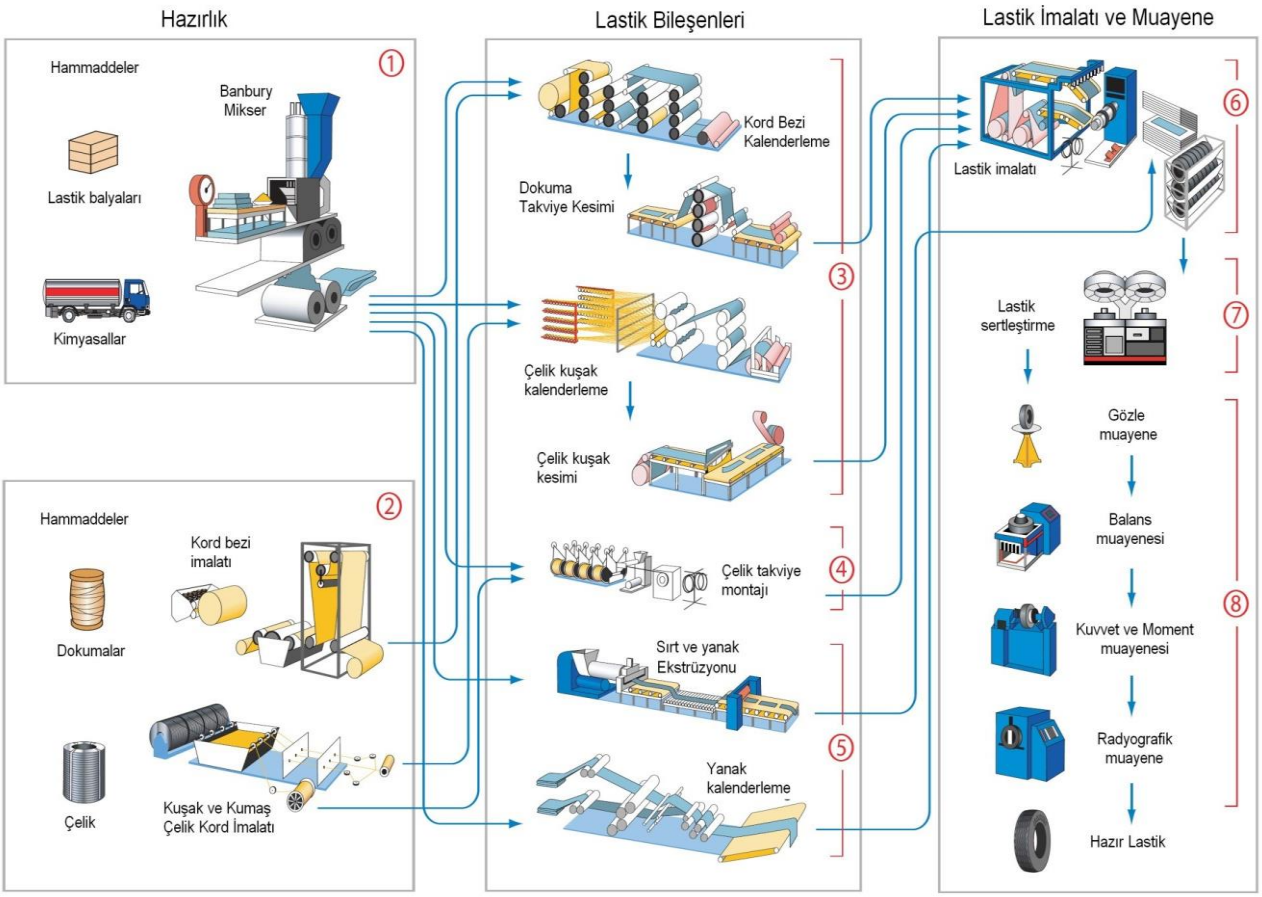
Endüstriyel taşıyıcılar üzerine yapılan bir çalışmada malzemeleri taşıyan makine ve ekipmanın taşıma alanı üzerinde sınırlandırma yapılmamış yollar üzerinde taşıma yapmak için kullanıldığı belirtilmiştir. Bu ekipmanlardan vinçler; ağır yükleri kaldırma, indirme gibi sınırlandırılmış bir alan içinde değişken yollar üzerinde transfer edebilmektedir. Motorlu veya manuel olarak kullanılması işletmede üretim hattında prosesin akışını kolaylaştırdığı tespit edilmiştir. Endüstriyel taşıyıcılarda eğer taşıyıcı, kaldırma özelliğine sahip ise dikey taşımayı sağladığı ve konveyör kullanımı uygun olmadığı durumlar gibi yetersiz akış hacmi olduğunda kullanıldığı ve konveyör ve vinçlerden daha fazla esneklik sağladığı belirtilmiştir [11].

Lastik üretim prosesinin miktarı çok ve sürekli olmasından dolayı işletmenin verimliliği açısından akış tipi üretim sisteminin uygulanması çok daha faydalı olacaktır. Bundan dolayı iş istasyonları arasında iş akışının sürekliliğini sağlamak için işçi, yapılacak iş ve makine kullanım kapasitelerini bir sistem kurarak dengelemek gerekmektedir.

Lastik imalatında üretim hattındaki aradaki süreçlerde oluşan birikmeler geniş alanlar kaplamakta ve üretimin verimliliğini düşürmektedir. Akış tipi üretim ve malzemenin otomatik transferi sistemi kaliteli ve hızlı malzeme akışı bu problemi ortadan kaldırmaktadır. Tek yönlü ve sürekli üretim akışı olduğunda malzeme transfer süreçleri daha hızlı ve daha verimli olacaktır[5]. İşi biten malzeme hiç bekletilmeden bir sonraki iş istasyonuna iletildiğinden ara stok oluşmaz. Böylece iş istasyonlarının iş yükü dengelenmiş olur. Ayrıca ara stokların azaltılması veya yok edilmesiyle üretim sahası daha verimli hale gelmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Üretilen çok çeşitli kauçuk hamurları üretim prosesinde genellikle şerit haline getirilir. Şerit halini alan kauçuk hamurları istenilen şekillerde işlenerek lastiğin sırt, topuk, yanak gibi kısımlarını oluşturur. Mikserlerde gerçekleştirilen işlem ve ardından gerçekleştirilen imalat işlemlerinin kalitesi, lastik kısımlarının kalitesine dolayısıyla da son ürünün kalitesine doğrudan etki ettiği belirlenmiştir[8-15]. Bundan dolayı üretilen çeşitli kauçuk hamurlarının kalitesini belirleyen parametrelerden en önemlilerinden birisi de kartuş aracı ile desteklenecek üretim prosesi aşamalarıdır (Şekil 2.1). Lastik üretimi farklı hammaddelerin işlem gördüğü ve birbirine bütünleşmiş birçok süreçten oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Lastik fabrikası üretim prosesi [12]

Genel olarak lastik üretim tesisi, 3 ana kısımdan oluşmaktadır: Bunlar; Hazırlık, Karışımların Biçimlen-dirilmesi ve Bitirme ve Ürün Kontrol aşamalarıdır.

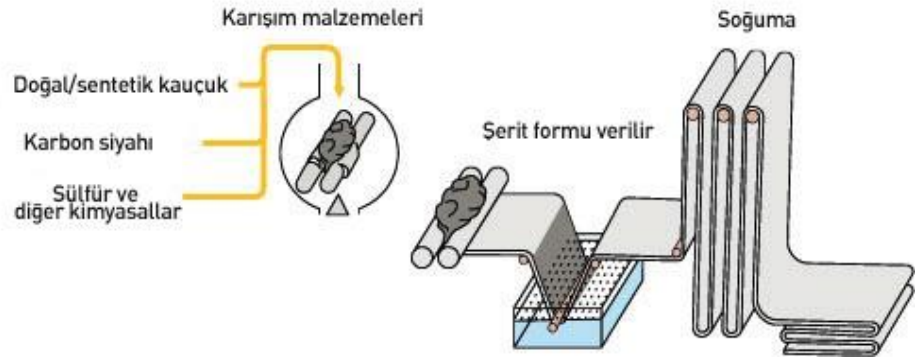
2.1. Hazırlık

2.1.1. Depolama

Lastik üretiminde kullanılan ana girdi malzemeler Tablo 1'de verilmiştir. Bu malzemelerin dökülme sebebiyle kontaminasyona sebep olmayacak ve uçucu organik bileşikler (UOB) ile partikül madde emisyonu oluşturmayacak koşullarda depolanması gerekmektedir. Otomobil ve kamyon lastiklerinin ana bileşenleri tablosu otomobil lastikleri: ETRMA- LCA ve kamyon lastikleri üreticileri tarafından sağlanan bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Otomobil ve Kamyon Lastiklerinin Ana Bileşenleri [15]

Malzeme	Otomobil (%)	Kamyon (%)
Kauçuk /elastomer	45	42
Karbon siyahı ve silika	23	24
Metal	16	25
Kumaş	6	
Çinko oksit	1	2
Sülfür	1	1
Katkı maddeleri	8	



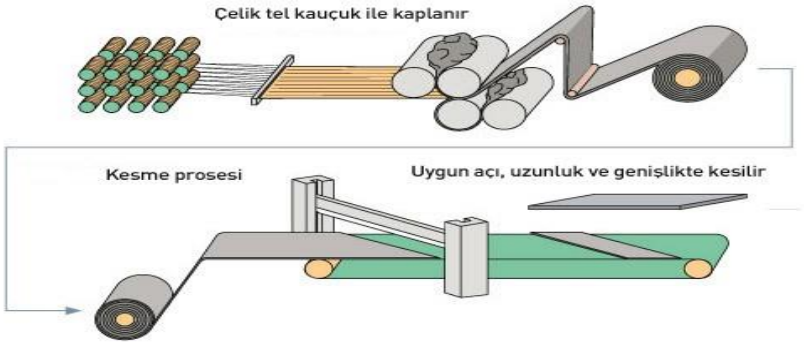
Şekil 2.2. Karışım Hazırlama ve Şerit Oluşturma [10]

Lastik fabrikası üretim prosesinde yapılan üretim işlemleri aşamalar halinde aşağıda sunulmaktadır.

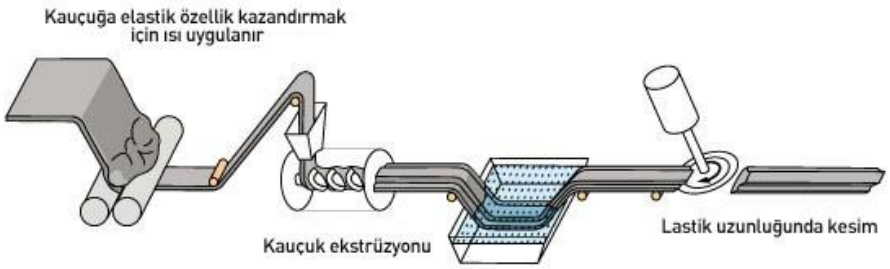
2.2. Karışımların Biçimlendirilmesi

Lastik karışımlarının biçimlendirilmesi için dört ana yöntem mevcuttur:

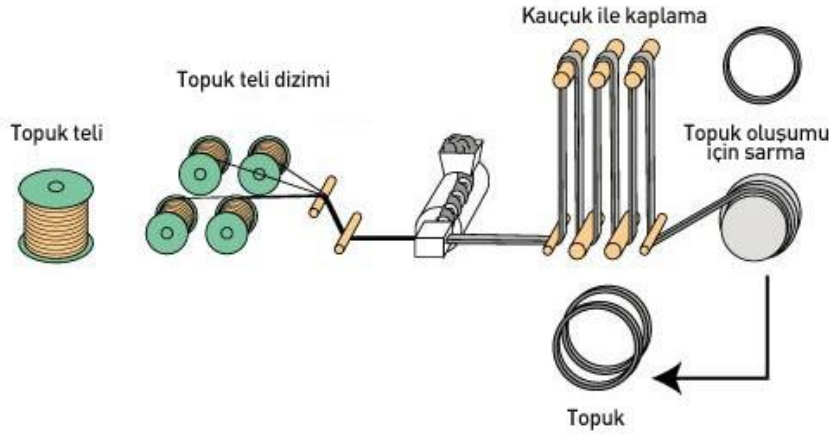
- Kalenderleme
- Ekstrüzyon
- Birleştirme (ham lastik imalatı)
- Pişirme (vulkanizasyon)



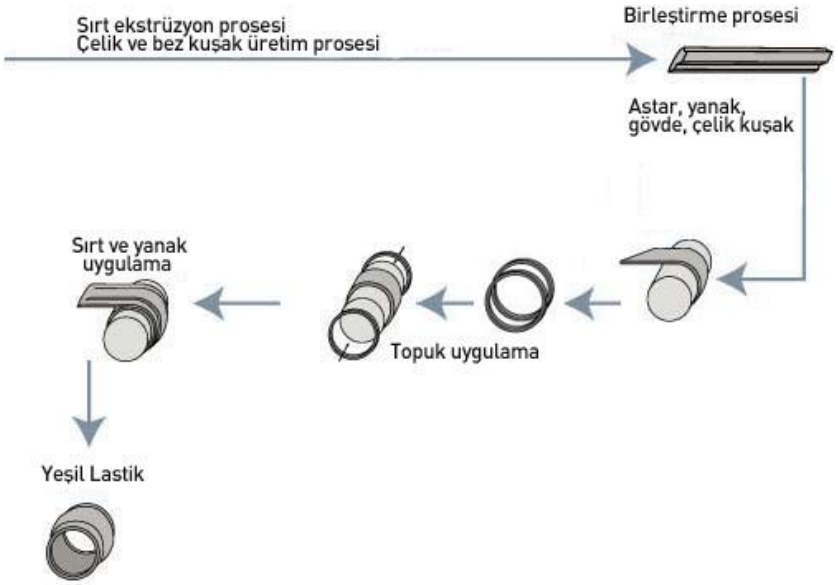
Şekil 2.3. Kuşak Kalenderleme Yöntemi [10]



Şekil 7. Sırt ve Yanak Ekstrüzyon İşlemi [10]



Şekil 8. Topuk Oluşturma [10]



Şekil 9 Birleştirme (Ham Lastik İmalat) İşlemi [10]



Şekil 10 Pişirme (Vulkanizasyon) ve Son Kontrol [10]

2.3. Bitirme ve Ürün Kontrol

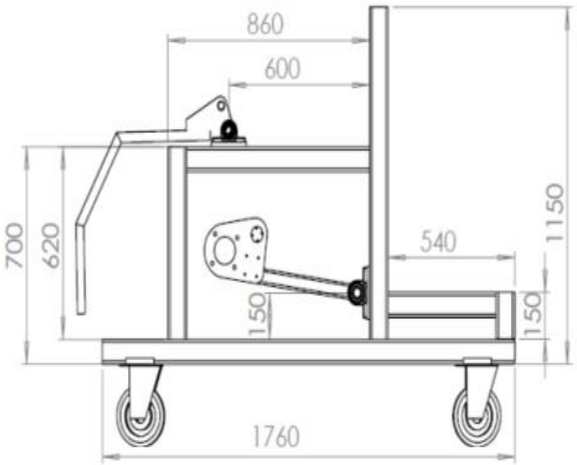
Pişirme preslerinden çıkan lastikler bitirme ve son kontrol işlemlerinden geçirilerek depolama ve transfer merkezine aktarılır.

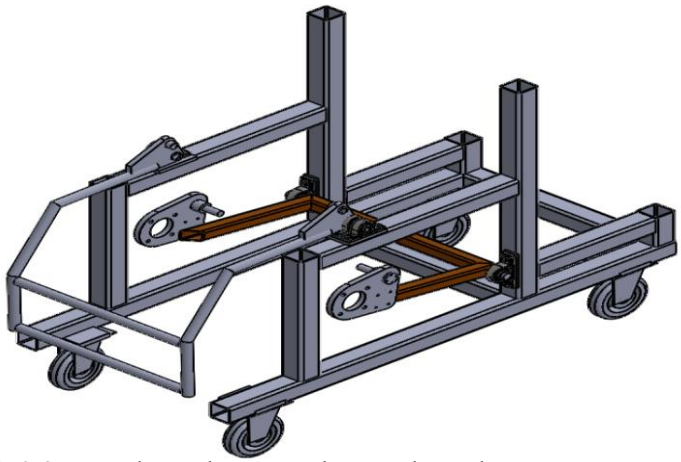
3. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında; bir lastik fabrikasının verimlilik çalışmaları için yapılan etütlerde, mevcut teknoloji ile yapılmakta olan bir vinç ve toplam üç çalışanla transfer işlemi sırasında kaybedilen zaman ve işgücünden kazanmak için esnek üretim modeli yaklaşımı ile istenilen hareketli bir iş

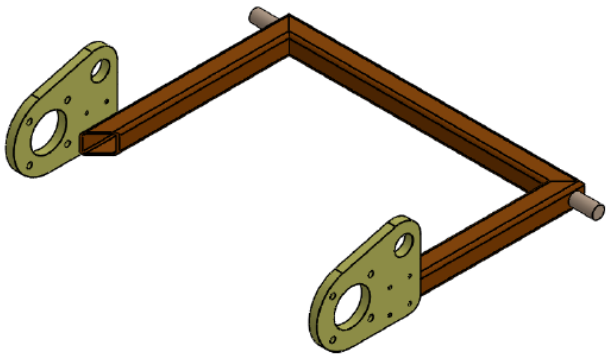
istasyonu modellemesi yapılmıştır. Böylelikle iş gücü, zaman ve kazanç sağlanacaktır. Ayrıca yarı mamul kartuş (makara) yüklemesi iş sağlığı ve güvenliği açısından daha emniyetli, güvenilir, hızlı ve tesis içerisinde esnek hareket imkânı sağlayan ayaklı bir iş istasyonuyla hizmet edebilecektir. Eski sistemde, üç işçi ve bir vinçle yapılabilen bir iş, sadece bir işçi ile daha kolay ergonomik hareketlerle üretim hattına iletimi sağlanarak; kaldırma, taşıma ve indirme safhalarında oluşabilecek iş kazaları ve problemlerine karşı tedbirli bir şekilde prosesin sürdürülebilir olması çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

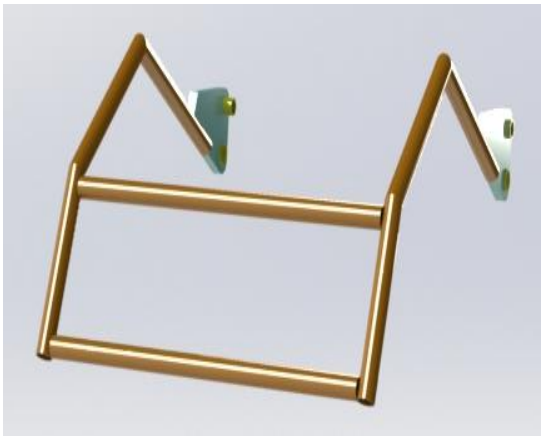
Tasarımı planlanan kartuş arabası ölçüleri Şekil 2.1'de verilmiştir. Şekil 2.2'de de Tasarımı planlanan kartuş arabasının üç boyutlu tasarımı taslağı gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 2.3.a ve 2.3.b'de ise Kartuş arabası pistonlu kaldırma kolu tasarım şekilleri verilmiştir. Şekil 2.4.'de tasarlanan ve prototip üretimi yapılan kartuş arabasının AutoCad çizimi komple resmi verilmiştir.





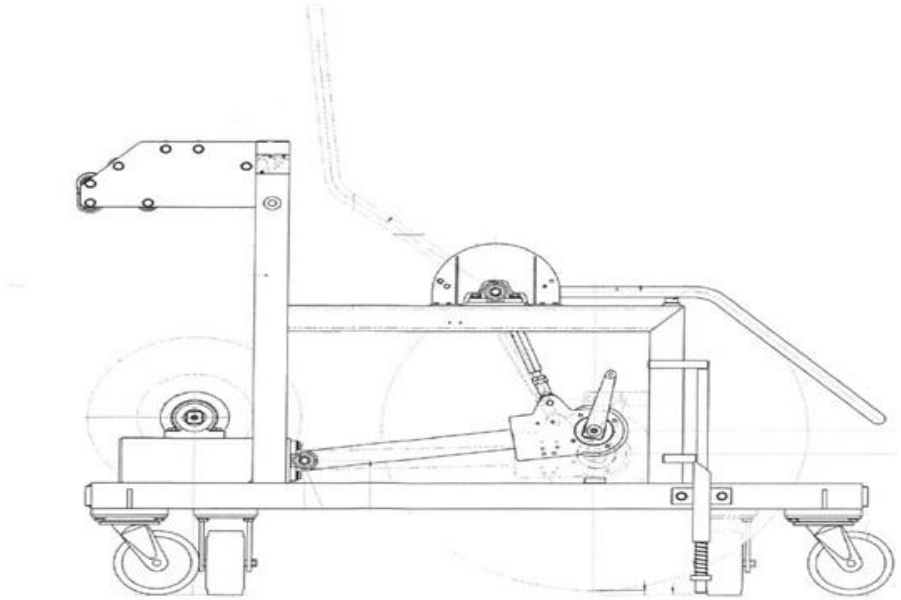
Şekil 2.1. Tasarımı planlanan kartuş arabası ölçüleri **Şekil 2.2.** Tasarlanan kartuş arabası üç boyutlu tasarımı ön çalışması





a) **b)**

Şekil 2.3. a) Kartuş arabası pistonlu kaldırma kolu ve **b)** Kartuş arabası pistonlu kaldırma kolu tasarımı



Şekil 2.4. Tasarlanan kartuş arabası AutoCad çizimi

İşletmenin üretim hattında gerekli tasarım parametrelerinin tespitinden sonra, matematiksel modelleme yapılarak istenilen özelliklere uygun bir tasarımla gerekli onay alındıktan sonra prototipleme işlemi ile birlikte kartuş arabası imal edilmiştir. Prototip kartuş arabasının imalatından sonra, bu araç üzerinde iş verimliliği ve üretkenliği üzerine bir takım incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler neticesinde üretim prosesinde eski durumda yapılan tüm işlemleri rahatlıkla gerçekleştirerek tüm bu yükleme, kaldırma ve iş istasyonunun gerektirdiği işlemleri kolaylıkla yapabildiği gözlemlenmiştir. Her bir adımda iş ve işçi ile ergonomik olan bu araç işletme içi üretim hızını da artırmıştır. Yapılan etütlerde gözlemle iş ve zaman etüdü yapılması önerilerek, eski sisteme göre avantajlarının neler olduğu tespit edilecektir. Böylelikle tasarım ve prototipi yapılan kartuş arabasının iş potansiyeli belirlenip işletme için optimum çalışma şartları belirlenecektir.

Eski durumda çeşitli ağırlıktaki yarı mamul kartuşlarının transfer işi esnasında alınan bütün önlemlere rağmen fabrikada üretim esnasında farklı tehlikeli durumların ortaya çıktığı görülmüştür. İşletmeci firmanın bu problemlerin giderilmesine karşı aldığı iş güvenlik uygulamalarına rağmen işin ergonomik olmamasından dolayı ikame yöntemiyle iş için gerekli yöntemde iyileştirmeler yapılarak yeni tasarımla iş ve işçi güvenliğinin standart metotla iyileştirildiği gözlemlenmiştir. Bu yöntem ile işletme üretim hattındaki belirsiz iş kayıp dalgalanmaları da tespit edilebilecektir.

3. SONUÇ

Tasarımı ve prototip üretimi yapılan kartuş arabası ile çeşitli ağırlıktaki yarı mamul kartuşlarının transfer işlemi, bir işçinin tek başına ve kolaylıkla yapabildiği bir iş olmuştur. Üstelik çeşitli ağırlıklarda kartuşları taşıyabilecek tasarım ve donanıma sahip kartuş arabası transfer işlemi ile birlikte iş istasyonlarında gerekli müdahalelere ve işlemlere olanak sağlayabilmektedir.

Kartuş aracının sayesinde kartuş transfer ve organizasyon işlemleri iş sağlığı ve güvenliği açısından; daha emniyetli, daha güvenilir ve daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Zaman, mekân, vinç ve işçilikten kâr elde edilmiş, tesis içerisinde esnek hareket imkânı sağlayan ayaklı bir iş istasyonu oluşturulmuştur. Kartuş arabasının yalın üretim metodu için ergonomik hareketlerle prosesi sürdürülebilir yapması üretimin kalitesi ve hızını artırarak maliyetlerin düşmesine ve üretkenliğe sebep olmuştur. İşletmede üretim zamanı ve iş gücü kaybını önlemesiyle kendi amortisman sürecini kısaltmıştır.

Tüm bu iyileştirmelerden sonra kartuş arabaları lastik fabrikasının üretim zincirinin bir halkası olmuş ve fabrikanın işletme içi verimliliğini % 20 artırmıştır. Vinç ve kartuş transfer operasyonu kaynaklı iş

kazaları %100 azalmıştır. Yalın üretim modeli ile fabrikanın üretim hızı % 5 artmıştır. Böylelikle daha hızlı, daha güvenilir ve daha kaliteli üretim gerçekleştirilmektedir.

KAYNAKLAR

1. IFC, (2007), Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines for Metal, Plastic, and Rubber Products Manufacturing.
2. Ergin T., Ünlüsoy Y. S., 2017, "Otomobil lastiklerinin yan kuvvet karakteristiklerinin sonlu elemanlar yöntemiyle belirlenmesi " Makine Mühendisleri Odası VIII. Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, Denizli.
3. Erol D. 2011, "Taşıt Lastikleri" Electronic Journal of Vehicle Technologies (EJVT) Vol: 3, No:3, (37-50).
4. European Commission, (2007), "Guidance on VOC Substitution and Reduction for Activities Covered by the VOC Solvents Emissions Directive (Directive 1999/13/EC), Guidance 18: Rubber Conversion".
5. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), (2014), "Sub-sectoral Environmental and Social Guideline: Manufacture of Rubber Products".
6. Lastik Sanayicileri ve İthalatçıları Derneği, 01.05.2019 tarihinde sitesi: http://lasid.com.tr/ adresinden alındı.
7. Özkahraman, B.C., (2016), "Lastik Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerde İsg Risklerinin Tespiti ve Çözüm Önerileri", Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
8. Önder, N., 2009, "Süreksiz Deneysel Verilerden Taşıt Lastik Model Parametrelerinin Elde Edilmesi" İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
9. Pay, E., 2009, "Taşıt Lastiklerinin Tasarım ve Üretim Teknolojisi", Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
10. Salsons Tyres., 01.05.2019 tarihinde sitesi:http://www.salsonsautomotivetyres.com/manufacturing.html adresinden alındı.
11. Taner, V., 2017, "Araç lastik üretiminde kullanılan hammaddeler ve lastik üretimi" Sakarya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi,.
12. Tabanlı, R.M., "MAK351 Ders Notları",01.05.2019 tarihinde sitesi:http://ninova.itu.edu.tr /tr/dersler/makinafakultesi/2624/mak-351 adresinden alındı.
13. U.S. EPA., (1981) "Rubber Tire Manufacturing Industry – Background Information for Proposed Standards".
14. United Nations, (2011), "Revised Technical Guidelines For The Environmentally Sound Management of Used and Waste Pneumatic Tyres", UNEP/CHW.10/6/Add.1/Rev.1
15. Wolf, H.A., (2009). "Wastewater Reuse in a Wastewater-Free Production Plant", Wolf Engineers Consultans.

TÜRKİYE'DE YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜĞÜ KULLANIMI VE YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜĞÜ KONUSUNDA BİLİNMESİ GEREKENLER

Cihan Aktaş
Kolagom Kimyasallar San.Tic. Ltd. Şti. , Laboratuvar Deney Sorumlusu
cihan@kolagom.com

Dr. Öğretim Üyesi, Necmi C. Özdemir
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr

Özet
Eski çağlardan beri insanlar yangınları söndürmek ve yayılmasını önlemek için çeşitli yöntemler aramışlardır. Fiziksel bazı yöntemler geliştirildiği gibi, bir takım kimyasal yöntemlerde geliştirilmiştir. Bu yöntemler zamanla gelişerek şuanda konumuz olan yangın söndürme köpüklerinin bulunmasına yardımcı olmuştur. Yangın söndürme köpüklerinin temel amacı, yanma olayını gerçekleştiren üç bileşenden birini ya da bir kaçını ortadan kaldırarak yanma olayına son vermektir. Yangın söndürme köpükleri, üreticiye göre farklılık gösterse de, genel olarak yüzey aktif maddeler, çeşitli çözücü solventler, polimer film oluşturucu maddeler ve sulu film oluşturucu florokarbon içerikli kimyasallardan oluşmaktadır. Yangın söndürme köpüklerinin içeriği yangının türüne göre farklılık göstermektedir.
Türkiye'de yangın söndürme köpüğü tüketimi son yıllarda artış göstermiştir. Ülkemizde Orman Bakanlığı, Emniyet Müdürlüğü, Büyükşehir Belediyeleri, Hava Yolu Şirketleri, çeşitli devlet ve özel sektör kuruluşları yangın söndürme köpüğü alımında miktar olarak ilk sıralarda gelmektedirler. Örneğin 2018 yılında Orman İşletmeleri Genel Müdürlüğü 154000 litre, Emniyet Genel Müdürlüğü 125000 kg, İstanbul Büyükşehir Belediyesi toplamda 135000 kg, THK Gökçen Havacılık İkt. İşl. 45750 litre ve bunun gibi birçok kamu ve özel sektör kuruluşları yüksek oranda yangın söndürme köpüğü alım ihalesi açmışlardır.
Yangın söndürme köpüğünün insan sağlığı ve çevre sağlığı açısından zararsız olması, sahip olduğu kimyasal yapı ile doğrudan bağlantılıdır. Yüzey aktif maddeler, çeşitli çözücü solventler, polimer film oluşturucu maddeler ve sulu film oluşturucu florokarbon içerikli kimyasalların tamamında, zararlılığı azaltmak için yapılması gereken, genel olarak düşük karbon sayılı ve düz zincirli yapıdaki kimyasalların tercih edilmesidir. Böylece hem maksimum performanslı ürünler elde edilir hem de zararlılık boyutu en aza indirgenmiş olur. Dünyadagenelde C-8 (8 Karbonlu) ve C-10 (10 Karbonlu) Florokarbonlu ürünler, yangın söndürme köpüklerinin üretiminde kullanılmaktadır, çevreye ve doğaya daha az zarar vermek adına bütün üreticilerin C-6 (6 karbonlu) Florokarbonlu ürün teknolojisine geçmesi önemli ve gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Yangın, Yangın söndürme köpüğü, Türkiye'de yangın söndürme köpüğü kullanımı.

FİRE FİGHTİNG FOAM FOR USE İN TURKEY AND WHAT TO KNOW ABOUT FİRE FİGHTİNG FOAM

Abstract
Since ancient times, people were looking for various ways to extinguish and prevent fires. As some physical methods have been developed, a number of chemical methods have been developed. So these methods provide generating of foam's invention in time. The main purpose of the fire fighting foams is to stop the combustion by eliminating one or more of the three components which carry out the combustion process. Although fire fighting foams differ in accordance with manufacturer, they are generally composed of surfactants, various solvents, polymer film forming agents and aqueous film forming fluorocarbon containing chemicals. The content of fire-fighting foams change in accordance with the type of fire.

Consumption of fire fighting foam in Turkey has increased in recent years. In our country, Ministry of Forestry, Security Directorate, Metropolitan Municipalities, Airline Companies, various state and private sector institutions are in the firstrank in the purchase of fire fighting foam. Many public and private sector organizations have initiated a tender for purchase of high rate fire fighting foam. For example, in 2018, the General Directorate of Forestry Enterprises 154000 liters, the General Directorate of Security 125000 kg, Istanbul Metropolitan Municipality total 135000 kg, THK Gökçen Aviation Economic Enterprises 45750 liters.

Whether fire-fighting foam is harmful for human and environmental health, is directly related to foam's chemicals tructure. The most important thing to manufacture fire foam is usage low-carbon and straight-chainstructures for surfactants, various solvents, polymer film forming agents and chemicals with aqueous film forming fluorocarbon content.So, both the maximum performance products are obtained and the hazard is minimized.C-8 (8 Carbon) and C-10 (10 Carbon) Fluorocarbon products are generally used in the production of fire fighting foams. It is important and necessary for all manufacturers to pass to C-6 (6 carbons) Fluorocarbon product technology to less damage the environmentand nature.

Keywords: Fire, fire fighting foam, fire fighting foam to use in Turkey.

1.Giriş

Eski çağlardan beri insanlar yangınları söndürmek ve yayılmasını önlemek için çeşitli yöntemler aramışlardır. Fiziksel bazı yöntemler geliştirildiği gibi, bir takım kimyasal yöntemlerde geliştirilmiştir. Bu yöntemler zamanla gelişerek yangın söndürme köpüklerinin bulunmasına yardımcı olmuştur. Yangın söndürme köpüklerinin işlevini daha iyi anlayabilmek için, yanma ve yangın olayının tanımlanması gerekir.

1.1 Yanma ve Yangın

Yanma; bilimsel anlamda, bir maddenin oksijen molekülü ile reaksiyona girmesi sonucunda gerçekleşen bir olaydır. Bu reaksiyon, genellikle ısı ve ışık açığa çıkartır. Yanma reaksiyonları ikiye ayrılır, bunlar hızlı yanma ve yavaş yanmadır. Yavaş yanmaya örnek demirin havadaki oksijen ile zamanla paslanmasıdır. Hızlı yanmada ise alev oluşumu gözlenmektedir. Yangın ise yanma olayı sonrasındaki maddi ve manevi zararların tümünü kapsar. Yanma olayının gerçekleşmesi için üç temel bileşen gereklidir. Bunlar, yakıt, oksijen ve ısı kaynağıdır. Yanma olayının sonlanması için, üç bileşenden birini ortamdan uzaklaştırmak gereklidir.

1.2 Yangın Sınıfları

Yangın, türüne göre farklı sınıflara ayrılmıştır. Yangın sınıfları, literatürde A, B, C, D ve F(K) sınıfı yangınlar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflar TS-EN 1568 standardında (Yangın söndürme köpük konsantrelerinin sahip olması gereken özellikleri kapsayan standart) aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

− Sınıf A : Yanmanın, normal olarak parlak korların oluşumuyla yürüdüğü, genellikle organik esaslı katı madde yangınları,
− Sınıf B : Sıvılar veya sıvılaşabilir katılar ile ilgili yangınlar,
− Sınıf C : Gaz yangınları,
− Sınıf D : Metal yangınları,
− Sınıf F (K) : Pişirme gereçlerindeki pişirme ortamı (bitkisel veya hayvansal sıvı ve katı yağlar) yangınları.

Yangın sınıfları yukarıdaki şekilde farklılık gösterdiği gibi, yangın söndürme köpükleri de yangının sınıfına göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, yangının türüne göre yangın söndürme köpüğü seçimi yapmak gerekmektedir.

2. Yangın Söndürme Köpükleri

Yangın söndürme köpükleri, yanma olayını gerçekleştiren üç temel bileşenden birini ya da bir kaçını ortadan kaldırarak yanma olayına son veren kimyasal karışımlardır. Yangın söndürme köpüklerinin

çalışma şekli, yangın üçgenindeki bileşenler üzerinde soğutucu etki sağlayarak ısıyı düşürmek ve yangının üzerini kapatıp oksijen ile teması keserek yangının sönmesini sağlamaktır. Yangın söndürme köpükleri, üreticiye göre farklılık gösterse de, genel olarak yüzey aktif maddeler, çeşitli çözücü solventler, polimer film oluşturucu maddeler ve sulu film oluşturucu florokarbon içerikli kimyasallardan oluşmaktadır. Yangın söndürme köpüklerinin özellikleri Türkiye'de Türk Standartları Enstitüsünün kabul ettiği ve uygulamaya koyduğu, TS EN 1568 standardında belirlenmiştir. Bu standart yangın söndürme köpüklerini dört ayrı sınıfta toplamıştır. Bu sınıflar şu şekildedir;

- TS EN 1568-1 SUYLA KARIŞMAYAN SIVILARIN YÜZEYİNE UYGULANAN ORTA GENLEŞMELİ YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜK KONSANTRELERİ
- TS EN 1568-2 SUYLA KARIŞMAYAN SIVILARIN YÜZEYİNE UYGULANAN YÜKSEK GENLEŞMELİ YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜK KONSANTRELERİ
- TS EN 1568-3 SUYLA KARIŞMAYAN SIVILARIN YÜZEYİNE UYGULANAN DÜŞÜK GENLEŞMELİ YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜK KONSANTRELERİ
- TS EN 1568-4 SUYLA KARIŞABİLEN SIVILARIN YÜZEYİNE UYGULANAN DÜŞÜK GENLEŞMELİ YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜK KONSANTRELERİ

Bu standartlarda belirtilen özellikler spesifik testler haricinde aynıdır. Çökelti, viskozite, pH, sıcaklıkla şartlandırma, donma noktası tayini, yüzey gerilimi, insan sağlığı ve ekotoksikolojik bilgiler gibi testler tüm standart türleri için aynıdır. Fakat genleşme ve drenaj, söndürme performansının tayini ve film oluşturma özelliğinin değerlendirilmesi (film oluşturma özelliği sadece 1568-3 standardında uygulanmaktadır) gibi testler içerik olarak farklılık göstermektedir.

TS EN 1568 standardı, yangın söndürme köpüğünün uyması gereken şartları belirlediği gibi, yangın söndürme köpüğünün güvenilirliğini de kanıtlaması açısından önemli ve gereklidir.

2.1 Yangın Söndürme Köpüğünün Yapısı

Yangın söndürme köpükleri yapılarına göre söndürme özelliği gösterirler. Polar yapıdaki bir sıvı yangınını yine polar yapıdaki su ile söndürmeye çalışmak, anlamsız bir çaba olacaktır. Yoğunluğu sudan daha düşük olan ve su ile karışmayan bir sıvı yangınını su ile söndürmeye çalışmakta başarısız bir girişim olacaktır. Bu nedenle yangın türüne özel yangın söndürme köpüğü seçmek daha doğrudur. Yangın söndürme köpüğü seçilirken, köpüğün insan sağlığı ve çevre sağlığı açısından zararsız olması tercih sebebi olmalıdır.

Yangın söndürme köpüğünün insan sağlığı ve çevre sağlığı açısından zararsız olması, sahip olduğu kimyasal yapı ile doğrudan bağlantılıdır. Yüzey aktif maddeler, çeşitli çözücü solventler, polimer film oluşturucu maddeler ve sulu film oluşturucu florokarbon içerikli kimyasalların tamamında zararlılığı azaltmak için yapılması gereken genel olarak düşük karbon sayılı ve düz zincirli yapıdaki kimyasalların tercih edilmesidir. Böylece hem maksimum performanslı ürünler elde edilir hem de zararlılık boyutu en aza indirgenmiş olur. Bu bilgiler ışığında, ortalama bir AFFF köpük formülasyonunda, tüm bileşenler sabit tutulup sadece ana yüzey aktif madde üzerinde yapılan değişiklikler kaydedildiğinde, yüzey gerilimi aşağıdaki gibi değişiklik göstermiştir:

Tablo1: Yüzey Aktif Türüne Göre Değişen Yüzey Gerilimi Ölçümleri.

10 C'lu Yüzey aktif madde kullanılan formülasyonda	Yüzey Gerilimi: 20,5 mN/m
8 C'lu Düz Zincirli olmayan Yüzey aktif madde kullanılan formülasyonda	Yüzey Gerilimi: 19,5 mN/m
8 C'lu Düz Zincirli Yüzey aktif madde kullanılan formülasyonda	Yüzey Gerilimi: 18,5 mN/m

Yüzey geriliminin düşük olması yangın söndürme köpüğünün film oluşturma özelliğini gösterir. Bu nedenle önemlidir. Fakat filmin kalitesini göstermez. Bunun anlamı şudur, yangın söndürme köpüğünün yüzey gerilimi düşük olduğu için iyi film oluşturur diyemeyiz. Film oluşturma özelliği köpük formülasyonundaki florokarbon içerikli kimyasalların konsantrasyonuna bağlıdır.

Florokarbonlu hammaddeler köpük konsantresinin film oluşturması açısından önemlidirler. Fakat çevre açısından zararlılıkları oldukça yüksektir. Bu zararı yok etmek adına düşük karbon sayılı ve düz zincirli yapıya geçmek burada da önemlidir. Dünyada hala daha C-8 (8 Karbonlu) ve C-10 (10 Karbonlu) Florokarbonlu hammaddeler, yangın söndürme köpüklerinin üretiminde kullanılmaktadır, çevreye ve doğaya zarar vermemek adına bütün üreticilerin C-6 (6 karbonlu) Florokarbonlu ürün teknolojisine geçmesi önemli ve gereklidir.

2.2. Yangın Söndürme Köpükleri Kullanım Gereklilikleri

Yangın söndürme köpükleri kullanım kolaylığı, verimi, çevreye karşı zararsız oluşu ve söndürme performansı gibi birçok sebepten dolayı yangın söndürmede tercih sebebidir. %0,1 ila%6 arasında bir oranda kullanılmasına karşı çözelti hacminin 500-1000 katına kadar hacme ulaşarak etkin bir söndürme imkanı sağlarlar. Ayrıca, her türlü yangın türüne uygun üretildikleri için, söndürme verimleri oldukça yüksektir.

3. Türkiye'de Yangın Söndürme Köpüğü Kullanımı

Türkiye'de sivil savunma ve itfaiye ekipleri yıl içerisinde onlarca hatta yüzlerce yangına müdahalede bulunmaktadırlar. Bu durum bu ekiplerin kullanmış olduğu ekipmanların ve söndürücü maddelerin performansının yüksek olması gerektiğini göstermektedir. Yangın söndürme köpükleri de bu söndürücülerin içerisinde yer almaktadır. Türkiye'de yangın söndürme köpüğü tüketimi son yıllarda artış göstermiştir. Ülkemizde Orman Bakanlığı, Emniyet Müdürlüğü, Büyükşehir Belediyeleri, Hava Yolu Şirketleri, çeşitli devlet ve özel sektör kuruluşları yangın söndürme köpüğü alımında miktar olarak ilk sıralarda gelmektedirler. Örneğin 2018 yılında;

Tablo2: 2018 Yılında Türkiye'de Bazı Kurumların Açtığı İhale Miktarları.

KURUM ADI	İHALEYE AÇILAN TOPLAM YANGIN SÖNDÜRME KÖPÜĞÜ MİKTARI
ORMAN İŞLETMELERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ	154000 LT
EMNİYET GENEL MÜDÜRLÜĞÜ	125000 KG
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	135000 KG
THK-GÖKÇEN HAVACILIK İKTİSADİ İŞLETMELERİ	45750 LT
DENİZ KUVVETLERİ KOMUTANLIĞI	60000 KG
İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	55000 KG

Yukarıdaki veriler yıllara göre artış ya da düşüş gösterse de her yıl bu miktarlara yakın ihaleler açılmaktadır. Ayrıca bu tabloda yazılmamış birçok kamu ve özel sektör kuruluşları çeşitli miktarlarda yangın söndürme köpüğü alım ihalesi açmışlardır. Buradan, yangın söndürme köpüğü kullanım miktarlarını göz önünde bulundurarak, yangın söndürme köpüğünde doğru seçim yapmanın ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuçlar

Tüm bu bilgiler ışığında; Yangın söndürme köpüğü seçerken dört duruma özellikle dikkat etmek gerekir,

- Yangın türünün tanımlanmasına,(Orman yangını mı?, Alkol yangını mı?, Yağ yangını mı? vs)
- Yangın söndürme köpüğünün istenen standarda uygunluğuna,(TS EN 1568, UL, IMO, Şartname vs.)

- Yangın söndürme köpüğünün performansına,(Söndürme performans testlerinde başarılı olmuş mu?)
- Doğada biyobozunabilirliğinin yüksek olmasına,(Çevre açısından zararlılık boyutu nedir? vs.)

Teşekkür
Bu bildiri hazırlanırken doğrudan veya dolaylı yoldan emeği geçen tüm Kolagom çalışanlarına teşekkür ederiz. Ayrıca, FCEF başta olmak üzere bu yolda bizi yalnız bırakmayan tüm dostlarımıza da saygılar sunarız.

Kaynaklar

EKAP (Elektronik Kamu Alımları Platformu) www.ekap.kik.gov.tr

Galioğlu Atıcı, O. (2016) *Yüzey Aktif Maddeler Kimyası ve Endüstriyel Uygulamaları,* İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları.

International Maritime Organization (IMO)

Sarıkaya, Y. (2006) *Fizikokimya*, Ankara: Gazi Kitabevi .

Türk Standartları Enstitüsü TS EN 1568-1 Suyla Karışmayan Sıvıların Yüzeyine Uygulanan Orta Genleşmeli Yangın Söndürme Köpük Konsantreleri, 2018

Türk Standartları Enstitüsü TS EN 1568-2 Suyla Karışmayan Sıvıların Yüzeyine Uygulanan Yüksek Genleşmeli Yangın Söndürme Köpük Konsantreleri, 2018

Türk Standartları Enstitüsü TS EN 1568-3 Suyla Karışmayan Sıvıların Yüzeyine Uygulanan Düşük Genleşmeli Yangın Söndürme Köpük Konsantreleri, 2018

Türk Standartları Enstitüsü TS EN 1568-4 Suyla Karışabilen Sıvıların Yüzeyine Uygulanan Düşük Genleşmeli Yangın Söndürme Köpük Konsantreleri, 2018

Underwriters Laboratories (UL)

BULUTLANMA NOKTASI EKSTRAKSİYONU SONRASI AMARANTH BOYASININ ESER MİKTARLARININ SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ

Yasemin Salih
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi/ Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya Bölümü
yaseminsalih93@hotmail.com

Doç. Dr. Tufan Güray
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi/ Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya Bölümü
tufanguray@gmail.com

Özet

Gıda renklendirici Amaranth, gıda, ilaç ve kozmetik ürünlerindeki yaygın gıda katkılarından biridir [1]. Amaranth'ın belirlenmesi için yüksek performanslı sıvı kromatografisi [2], voltametrik yöntem [3] ve spektrofotometri [4] gibi birçok teknik rapor edilmiştir. Bu analitik yöntemler, kullanılan çözücülerin özellikle laboratuar operatörlerine ve çevreye zararlı olduğu bir ekstraksiyon adımı gerektirir [5].Bulut noktası ekstrasyonu, diğer ayırma / konsantrasyon öncesi tekniklere alternatif olan basit, hassas, ucuz ve kirletici olmayan ve çevresel açıdan iyi huylu bir metodoloji sunmaktadır [6].Bu çalışmada, iyonik olmayan yüzey aktif madde Brij 58 kullanan bir bulut noktası ekstraksiyonu, toz içecek ve farmasötik preparasyonda Amaranth'ın ön konsantrasyon ve spektrofotometrik tayinine uygulanır. Sıcaklığın, pH'ın ve yüzey aktif cisimlerinin ve tuz konsantrasyonlarının boya ekstraksiyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Amarant, Bulutlanma Noktası Ekstrasyonu, Spektrofotomeri

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF TRACE AMOUNTS OF AMARANTH DYE AFTER CLOUD POINT EXTRACTION METHOD

Abstract

The food colorant amaranth is one of the common food additives to food, drug and cosmetics [1]. Many techniques have been reported for the determination of amaranth, such as high-performance liquid chromatography [2], voltammetric method [3] and spectrophotometry [4]. These analytical methods entail an extraction step, in which solvents used are harmful to lab operators in particular and environment [5]. The cloud point extraction offers a simple, sensitive, inexpensive, and non polluting and environmentally benign methodology which is alternative to other separation / pre-concentration technique [6]. In this work a cloud point extraction using nonionic surfactant Brij 58 is applied to the preconcentration and spectrophotometric determination of amaranth in powdered beverage and pharmaceutical preparation. The effect of temperature, pH and concentrations of surfactants and salt on the extraction of dye has been studied.

Keywords: Amarant, Cloud Point Extraction, Spectrofotometrie

1. GİRİŞ

Gıda katkı maddelerinin bir grubu olan gıda boyaları, uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (The Codex Alimentarius) tarafından “gıdanın rengini düzenleyen veya renk vermek amacıyla katılan madde” olarak tanımlanmaktadır. Renk verme özelliğine sahip pek çok madde kimyasal yapılarındaki farklılıklar nedeniyle farklı fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklere sahiptirler ve bu özellikler onların hangi tip ürünlerde ve hangi amaçla ne şekilde kullanılacaklarını belirlemektedir.

Gıda boyaları, doğal olarak bulunan rengi arttırarak ya da kaybolanı yerine koyarak gıdanın özelliğini korumak, teknolojik olarak üründe standart renk oluşturmak, başka bir renk veya değişik renk tonları vermek, kalite düşüklüğünü gizlemek koşuluyla cazip ve kabul edilebilen ürünler elde etmek amacıyla kullanılmaktadır.[7]

E123 Amarant gıda boyası , amarant adı verilen bitkiden elde edilen ve gıda sanayisinde gıdalara kırmızı renk vermek amacıyla kullanılan, suda çözünürlüğü yüksek, sentetik azo boyasıdır. Gıda sanayisinde hazır kek, meyveli tatlı dolgularda ve jölelerde kullanılmaktadır. Gıda haricinde ilaç, kozmetik, temizlik ürünleri, renkli taş, oyun hamuru vb insanla temas eden birçok ürünün renklendirilmesinde de kullanılmaktadır.

Amarant, salisatlara intoleransı olan kişilerde intolerans semptomlarına neden olabildiği [8] ve benzoatlarla kombinasyon oluşturduğunda çocuklarda ADHD sendromu adı verilen hiperaktivite sorununa neden olduğu bildirilmiştir [9]. Amarant insan vücuduna girdiğinde histamini serbest bırakma özelliğine sahiptir. Bu nedenle tüketildikten sonra astım benzeri belirtiler gözlenebilir. Günlük kabul edilebilir tüketim miktarı 0.5 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu miktarın üzerinde yüksek oranlarda tüketilmesi durumunda vücutta toksik etki göstererek sağlık sorunlarına yol açabilir.
Literatürde amarantın tayini için birçok çalışma vardır. Bunlar genel olarak HPLC[2], voltametri [3] ve spektrofotometri [4] tekniklerine dayanan yöntemlerdir.

Gıda boyası analizinde tercih ettiğimiz bulutlanma noktası ekstraksiyonu diğer tekniklere göre daha basit, ucuz maliyetli, sıvı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılan organik çözücülere nazaran daha az toksik, kısa süreli, pratik ve oldukça etkili bir ayırma ve zenginleştirme yöntemidir [8]. Bulutlanma noktası ekstraksiyonu yöntemi ilk olarak Hiroto Watanabe ve arkadaşları tarafından 1976 yılında yapılan çalışma ile ileri sürülmüştür. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra ayırma ve zenginleştirme amacıyla yüzey aktif maddelerin varlığında organik kirleticilerin zenginleştirilmesi ve analizi için analitik kimyacılar tarafından sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Sonraki yıllarda metal iyonlarının zenginleştirilmesi ve matriksten ayrılması amacıyla bu yöntemin kullanımı giderek yaygınlaşmış ve 2000' li yıllardan sonra bu alandaki çalışmalar hızla artmıştır [9].

Bulutlanma noktası ekstraksiyon yönteminin temeli, ortamdan ayrılması düşünülen metallerin sulu çözelti ortamında hidrofobik komplekslerinin oluşturulmasından sonra yüzey aktif maddelerin hidrofilik ve hidrofobik uç özelliklerini kullanarak miseller oluşturması ve bulutlanma noktası sıcaklığı olarak bilinen sıcaklığa kadar ısıtıldığında bulanıklaşması sonucunda iki ayrı faza ayrılmasıdır. Bunlar; yüzey aktif maddece zengin faz olarak isimlendirilen ortamda bulunan yüzey aktif maddenin miktarca fazla olduğu yoğun faz ve sulu faz olarak isimlendirilen yüzey aktif madde derişiminin çok daha düşük olduğu fazdır [10].

Elde edilen küçük hacimli yüzey aktif maddece zengin fazdan dolayı bulutlanma noktası ekstraksiyonunun diğer bir avantajı, son hacminin ilk hacmine göre çok az olması, dolayısıyla yüksek önderiştirme faktörü ve geri kazanımlar elde edilebilmesidir. Bulutlanma noktası ekstraksiyonu işleminde verimi arttırabilmek misel ile ekstrakte edilecek yapı arasında oluşacak bağlara bağlıdır. Oluşan bağ kuvvetli ise sulu ortamdan yüzey aktif maddece zengin faz içerisine alınan analit miktarı artar ve bu durum verimi arttırır.

Misel oluşumu için kullanılan yüzey aktif maddeler sıvı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılan organik çözücüler gibi fazla miktarda tüketilmezler, kolay tutuşmazlar, uçucu ve toksik değildirler. Yüzey aktif maddeler ucuz olup seyreltik çözeltileri esktrakte edici olarak kullanılarak laboratuar artıklarının azalması sağlanır.

Bu çalışmada, amarantın bulutlanma noktası ekstraksiyonu sonrasında spektrofotmetrik tayini için ilk kez noniyonik yüzey aktif madde olan Brij 58 kullanarak yeni bir ön deriştirme yöntemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için, ekstraksiyon veriminin ortam pH değerine, kompleksleştirici türüne, reaksiyon sıcaklığı ve süresine, ilave edilen farklı organik veya inorganik bileşenlere, yabancı iyon etkisine bağlı olarak optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Cihazlar

Numune tartımları için Sartorius terazisi kullanıldı. pH optimizasyonu için pH metre (ISO LAB Laborgerate GmbH), Amarant ilave edilmiş numunelerin homojenize edilmesi için Vorteks Mikser (ISO LAB Laborgerate GmbH) kullanıldı. Ultrasonik işlem için Bandelin Sonorex , sıcaklık süresini belirlemek için sıcak su banyosu (Water Bath RE 100 B) , tüpte bulunan maddelerin yoğunluklarına göre çöküp ayrılması işlemi için santrifüj cihazı (Sigma 1-6 P) kullanıldı. UV spektrumlarını belirlemek için 300-800 nm de (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) UV Spektroskopisi kullanıldı.

2.2. Reaktifler

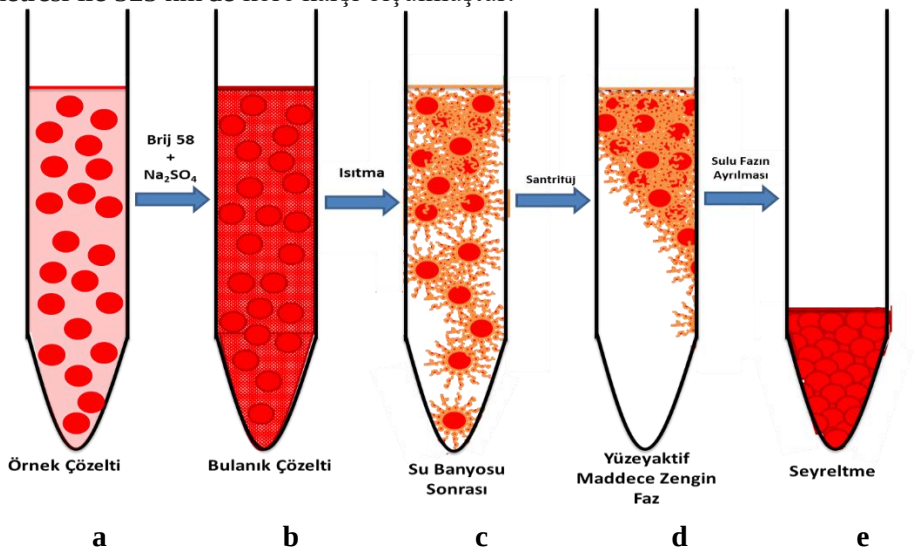
Amarant ilave edilmiş numunelerden boyanın ekstraksiyonunda Brij-58 yüzey aktif maddesi kullanıldı. Sodyumsülfat, Amarant gıda boyası Sigma-Aldrich'ten temin edilmiştir.

2.3. Standart çözeltilerin hazırlanması

100 mg mL^{-1} stok amarant çözeltisi hazırlamak için, 0.1 g boya deiyonize suda çözüldü ve 1000 mL'ye seyreltildi. Çalışma standardı çözeltiler istenen konsantrasyonları stok çözeltiden seyrelterek günlük olarak hazırlandı. Bu çözeltiler karanlıkta 4 ° C'de saklandı. % 20'lik (w/v) Brij 58 çözeltisi hazırlamak için, Brij 58'in yirmi gramı tartıldı ve bir ultrasonik banyoda 100 ml deiyonize su ile çözüldü.

2.4. Amarant gıda boyası tayini için önerilen ekstraksiyon yöntemi

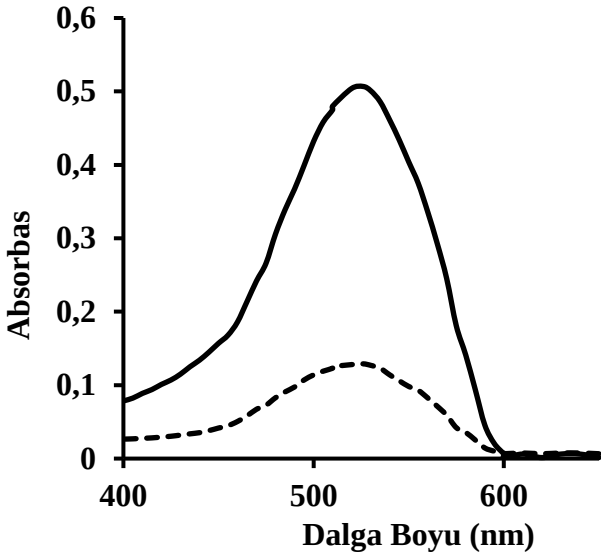
Yöntem, standart amarant çözeltisine uygulanmıştır: Yöntem, standart amarant çözeltisine uygulanmıştır: pH 7'de tamponlanmış 8 mL amarant içeren bir çözelti, 10 mL'lik bir vidalı kapaklı santrifüj tüpüne aktarılmıştır (Şekil 1 a). 1,5 mL% 10 (w/v) Brij 58 ilave edin, 1.0050 ± 0.0005 g Na_2SO_4 ve çözelti deiyonize suyla 10 mL seyreltildi (Şekil 1 b). Bu karışım hemen çözünene kadar karıştırılır. Karışım, bulutlu fenomen oluşana kadar 10 dakika 60 ° C'de bırakıldı. Daha sonra oda sıcaklığına soğutuldu (Şekil 1 c). Karışım, faz ayrımı için 4000 rpm'de 5 dakika boyunca santrifüjlenmiştir (Şekil 1 d). Sürfaktan bakımından zengin faz ayrıldı ve tüpün tepesinde toplandı (Şekil 1 e). Son olarak, sulu faz bir şırınga vasıtasıyla uzaklaştırılmış ve yüzey aktif madde bakımından zengin faz 0,5 mL suyla seyreltilmiş ve çözeltinin absorbansı UV-görünür bölge spektrofotometresi ile 525 nm'de köre karşı ölçülmüştür.



Şekil 1. a- Örnek çözeltisi, **b-** Brij 58 + Na_2SO_4'ten sonra karışım eklendi, **c-** İnkübasyondan sonra, **d-** Santrifüj işleminden sonra, **e-** 0,5 mL suda çözünür yüzey aktif madde bakımından zengin fazın ayrılmasından sonra.

3. SONUÇLAR

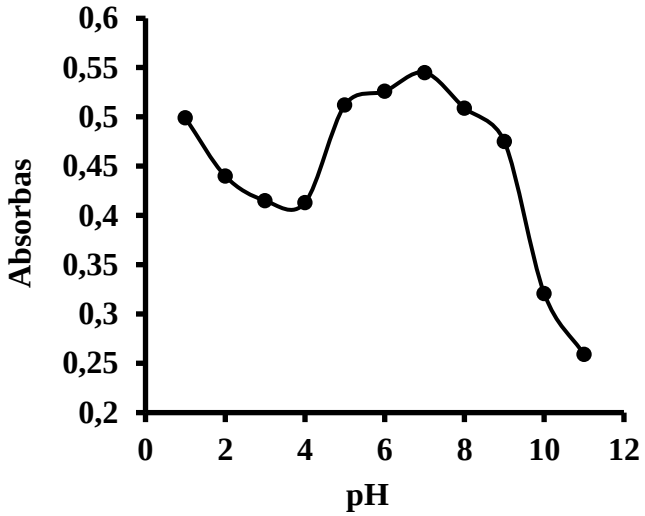
Amarant standart çözeltisinin 0.5-5.00 µg mL^{-1} maksimum absorbansı 525 nm'dir (Şekil 2a). Sürfaktan (Brij 58) ortama eklenmiştir. Amarant çözeltisini karşılaştırarak boyanın maksimum dalga boyunda önemli bir değişiklik yapmamıştır (Şekil 2b). Bu nedenle, tüm absorbans ölçümleri bu dalga boyunda yapılmıştır. Bulutlanma noktası ekstraksiyonu yönteminde orta pH değeri, yüzey aktif madde konsantrasyonu, tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve zaman gibi ana değişkenlerin etkileri, maksimum hassasiyet ve geri kazanım elde etmek için optimize edilmiştir.



Şekil 2. a- Bulutlanma noktası ektraksiyonu olmadan ve **b-** sonrasında 2,5 µg mL^{-1} Amarant için absorpsiyon spektrumları.

3.1. pH'ın etkisi

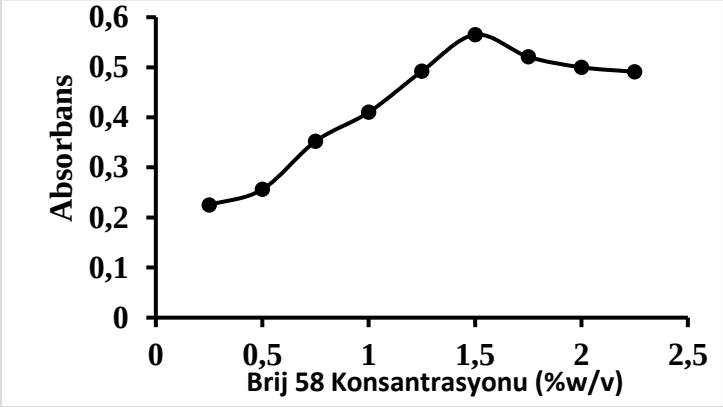
Bu yöntemde, pH, sulu faz ile yüzey aktif madde bakımından zengin faz arasındaki analitin dağılma katsayısını arttıran önemli bir parametredir. Bu nedenle, amarant ekstraksiyon verimliliğini etkileyen pH, pH 2 ve 11 arasında incelenmiştir. çözeltinin pH'ı, hidroklorik asit ve sodyum hidroksit ilavesi ve bir pH metre kullanılarak istenilen değerine ayarlanmıştır. Amarantın absorbansı 525 nm'de ölçülmüştür (Şekil 3). pH 1'den 4'e kadar azalmış ve tekrar pH 7'ya kadar absorbansta artış gözlenmiştir. Sonrasında absorbans, düşmüştür. Sonuçlar, pH 7 nın en uygun olduğunu göstermektedir. Bu pH, optimum pH olarak seçilmiştir. Bütün çalışmalar pH 7 yapılmıştır.



Şekil 3. pH'nın ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi. 2,5 µg mL^{-1} Amarant, % 10 Brij 58, 1.00 g Na_2SO_4, 60 ° C'de 10 dakika süreyle inkübasyon.

3.2. Yüzey aktif madde derişiminin etkisi

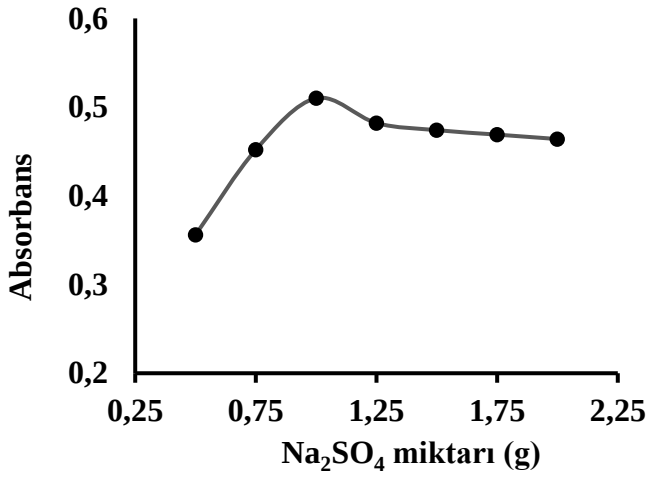
Yüzey aktif madde derişiminin optimize etmek, ekstraksiyon verimini arttırmak için önemli parametrelerden biridir. Böylece, Brij 58'in konsantrasyonunun amarantın absorbansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Görülebileceği gibi, absorbans Brij 58'in % 1,5 (w/v) 'den daha yüksek derişimlerde değişmemiştir.



Şekil 4. Brij 58 derişiminin amarantın ektraksiyonu üzerine etkisi. 2,5 µg mL^{-1} Amarant, pH 7, 1.00 g Na_2SO_4, 60 ° C'de 10 dakika süreyle inkübasyon.

3.3. Tuzun Etkisi

Ekstraksiyon yönteminde, tuz konsantrasyonu önemlidir, çünkü faz ayrılmasına, analitin sulu fazdan yüzey aktif madde bakımından zengin faza kütle transferini arttırmaya ve bulutlanma noktası sıcaklığını azaltmaya yardımcı olur. Bu nedenlerden dolayı, NaCl, Na_2SO_4 ve Na_2CO_3 gibi yaygın olarak kullanılan tuzlar denenmiş ve ekstraksiyon işlemi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Na_2SO_4 dışındaki diğer tuzlar kullanıldığında faz ayrımı olmadı veya yüzey aktif madde bakımından zengin faz, ayrılmayacak kadar zayıftı. Bu nedenle, amarantın absorbans değerini en yüksek yapan 1,00 g Na_2SO_4 miktarı, optimum tuz miiktarı olarak seçildi. Sonuçlar, Şekil 5'te verilmiştir.



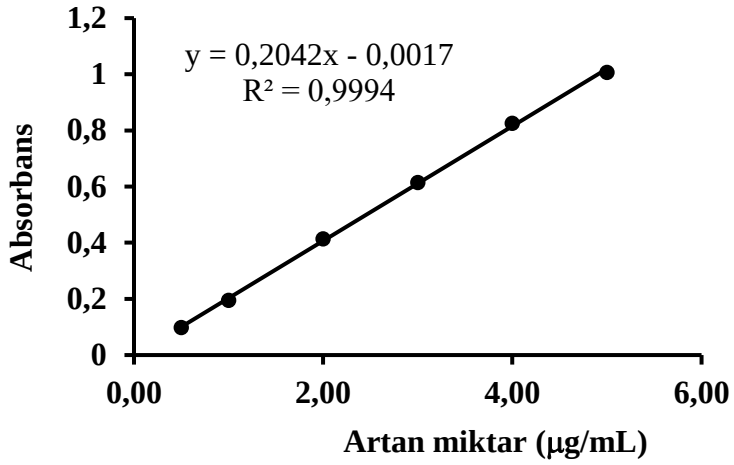
Şekil 5. Na_2SO_4 konsantrasyonunun amaranthın ekstraksiyonun verimi üzerindeki etkisi. 2,5 µg mL^{-1} Amarant, pH = 7,0 % 10 Brij 58, 60 ° C'de 10 dakika süreyle inkübasyon.

3.4. Denge sıcaklığı ve kuluçka süresinin etkisi

Bulutlanma noktası ekstraksiyonuyönteminde incelenen diğer iki önemli parametre, denge sıcaklığı ve inkübasyon süresidir. Çalışılan sıcaklık aralıkları 50-90 ° C idi ve en yüksek ekstraksiyon etkinliği 60 ° C'de gözlendi. 10-40 dakika arasında inkübasyon süresi çalışılmıştır. Maksimum emilim, 10 dakika boyunca elde edilmiştir. Diğer çalışmalarda, bu en yüksek koşullar gerçekleştirilmiştir.

3.5. Analitik Performans

Önerilen yöntemle korelasyon grafikleri, ölçülen absorbansa karşı artan amarant konsantrasyonları arasındaki optimum şartlarda elde edilmiştir. Amarantın absorbansı, optimum koşullarda, 0.5 µg mL^{-1} ile 5.00 µg mL^{-1} arasındaki Lambert-Beer yasasına uyar. Amarant için korelasyon katsayısı 0,9994'tir. Eğimin değeri 0.2042 ve kesişme + 0.0017'dir. Böylece, kalibrasyon denklemi A = 0.2042 C (µg mL^{-1}) + 0.0017 idi.Bu yöntemin doğruluğu, 2.0 µg mL^{-1} amarantın beş tekrarı yapılarak belirlendi. RSD değeri% 1,27. Metodun saptama sınırı (LOD), 3 sayısı tekrarlanan boş standart sapmaya bağlı olarak 0.0080 µg mL^{-1}'dir.



Şekil 6. Amarantın bulutlanma noktası sonrasındaki kalibrasyon grafiği

4. TARTIŞMA

Geliştirilen bulutlanma noktası ekstraksiyonu yöntemi, düşük maliyetli, hassas, seçici, yüksek ekstraksiyon verimli ve çevre dostu gibi avantajlara sahiptir. Brij 58, bulutlanma ektraksiyonundan sonra amarantın tayini için, bir yüzey aktif madde olarak ilk kez tarafımızdan kullanılmıştır. Bu yeni geliştirilen yöntem, rutin analizlerde kısa sürede amaranhtın hassas, seçici ve tekrarlanabilir tayini için literatürdeki çalışmalara alternatif bir yöntem olarak kullanımı düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1) Karaali, A. , Özçelik , B. (1993), Gıda Katkısı Olarak Doğal ve Sentetik Boyalar, Gıda, 18, 389-396.

2) Iammarino, M. , Mentana, A. , Centonze, D. , Palermo,C. , Mangiacotti, M. , Chiaravalle, AE.(2019), Simultaneous determination of twelve dyes in meat products:Development and validation of an analytical method based on HPLC-UV-diode array detection, Food Chemistry, 285, 1-9.

3) Tvorynska, S. , Josypcuk, B. , Barek, J. , Dubenska, L. (2019), Electrochemical Behavior and Sensitive Methods of the Voltammetric Determination of Food Azo Dyes Amaranth and Allura Red AC on Amalgam Electrodes, Food Analytical Methods ,12 ,409-421.

4) Wang, ST. , Peng, T. , Li, MS. ,Wang, GC. , Kong, DM. , Wang, YT. [2019], Determination of the Carmine Content Based on Spectrum Fluorescence Spectral and PSO-SVM, Spectroscopy And Spectral Analysis, 39, 150-155.

5) Wang, Y. , Zhang, Z. , Xiao, Y. , Li, N. (2014), Spectrophotometric determination of Sunset Yellow in beverage after preconcentration by the cloud point extraction method, Anal. Methods, 6, 8901-8905.

6) Kaur, A. , Gupta, U. , (2013), The Review on Spectrophotometric Determination of Synthetic Food Dyes and Lakes, Gazi University Journal of Science, 25(3), 579-588

7) Yaman, M. (1996),Bazı Gıda Maddelerine Katılan Sentetik Boyaların Miktarlarının Araştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Analizleri ve Beslenme Bilim Dalı, Ankara Yentür, G., Karakaya, A.E. (1985), Kullanımı Yasaklanan Aromatik Azo Yapısındaki Gıda Boyalarının Bazı Gıda Maddelerinde Araştırılması, Gıda, 10(6), 371-376.

8) Marks, Diane ,/*What is an Amarant allergy/* 24 Nisan 2019 tarihinde : https://healthfully.com/350160-what-is-an-amaranth-allergy.html adresinden alındı.

9) Gültekin, F.(2014), Gıda Katkı Maddeleri, N. Yılmaz, /*Farketmeden Yediklerimiz Gıda Katkı Maddeleri*/, 12-14 İSTANBUL

10) Wade, L.G, Organic Chemistry, Whitman College. 1168 - 1169. New Jersey,2002.

11) Willie, L.H., Pramauro, E., "A Critical Review of Surfactant – Mediated Phase Separations (Cloud-Point Extractions) :Theory and Applications", *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 24 (2), 133 -177, (1993).

12) Zorida S.F., Carolina P.S., Cristina M.S., Jose J.S.R. 2004. The use of micellar systems in the extraction and pre-concentration of organic pollutants in environmental samples, Trends in Analytical Chemistry, 23

PV SİSTEMLERDE ÇEVRESEL PARAMETRE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Öznur SAĞLAM
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,
Akademik Enerji Çalışma Grubu(AKEN), Karaman
oznur2070@gmail.com

Dr. Selmin ENER RUŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,
Akademik Enerji Çalışma Grubu(AKEN), Karaman
selmin.enerrusen@gmail.com

Özet
Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren Fotovoltaik (FV) sistemlerdir. Ancak dış ortam şartlarında bulunan FV sistemlerin verimini etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerden güneş ışınım şiddeti FV sistemler için verimliliğe etki eden en önemli parametredir. Bunun yanı sıra, yanlış eğim açısı ile yerleştirilen sistemlerde, ortam sıcaklığı yüksek olan yerlerde ve gölgelenme olan bölgelerde FV sistem verimliliği etkene bağlı olarak düşmektedir. Ayrıca, pek çok bölgede FV sistemlerde oluşan tozlanmadan ve kar yağışlarından dolayı meydana gelen verim kayıpları mevcuttur. Bu çalışmada, FV sistemlerde dış ortam parametrelerine bağlı oluşan kayıplar incelenmiştir. Referans FV modül ve doğal güneş benzeticisi kullanılarak oluşturulan deney düzeneği tozlanma miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Toz miktarına bağlı olarak FV modül performansı referans FV modül ile tozlanmış modül performansları Akım-Volt ve Verim-Zaman grafikleri oluşturularak karşılaştırılmıştır. Çevresel parametrelerinin (kirlilik, sıcaklık, nem ve güneş ışınımı) FV performansına etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafikler ve tablolar ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların bölgemizde kurulacak güneş enerjisi yatırımlarına önemli katkıda bulunacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Sistem, Performans Analizi, I–V Analizi.

DETERMINATION OF THE ENVIRONMENTAL PARAMETER EFFECT ON PV SYSTEMS

Abstract

Photovoltaic (PV) systems that convert solar energy directly into electrical energy. However, there are many factors affecting the efficiency of PV systems in external environmental conditions. Among these factors, solar radiation is the most important parameter affecting the efficiency of PV systems. And also, FV system efficiency decreases depending on the factor in systems with high inclination angle and in places with high shading. In addition, there are energy losses due to dust and snowfall in PV systems in many regions. In this study, the energy losses due to the external environment parameters in PV systems were investigated. The experimental set-up using the reference PV module and the natural solar simulator was used to determine the amount of dust effect. Based on the amount of dust, the reference module and the dusty PV module performances were compared with creating Current-Voltage and Efficiency-Time graphs. The effects of environmental parameters (pollution, temperature, humidity and solar radiation) on PV performance were determined. The results were analyzed by graphs and tables. It is foreseen that the results will contribute significantly to the solar energy investments to be established in our region.

Keywords: Photovoltaic System, Performance Analyses, I–V Analyses.

1.GİRİŞ

Dünyada enerji talebinin %85'i fosil kökenli enerji kaynaklardan karşılanmaktadır. Bununla birlikte, fosil kaynakların sınırlı olması ve çevresel zararlara yol açması nedeniyle daha temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan ve gün geçtikçe enerji talebi artmakta olan bir ülkedir. Ülkemizin verilerine göre 2009 yılı itibariyle gerçekleşen toplam birincil enerji tüketimi 103.499 kTEP(Ton Petrol Eşdeğeri) iken artan nüfus ve gelişime bağlı olarak bu miktarın 2020 yılında 222 MTEP'e çıkması tahmin edilmektedir (Kahraman et al. 2013; Varınca and Talha 2006; Türkyılmaz 2011).

Artan enerji ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak gelişen teknoloji ile artık mümkün hale gelmiştir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi ve teknolojisi son on yılda ön plana çıkmaktadır. Ülkemiz sahip olduğu coğrafi konum sebebiyle güneş enerjisi bakımından önemli bir konumda olup yıllık ortalama 2640 saatlik güneşlenme süresi ile güneş enerji potansiyeli en yüksek ülkeler arasında bulunmaktadır (Yildirim 2013; Kırbaş, Çifci, and İşyarlar 2013; Ener Rusen 2018). Bu potansiyelin optimum şartlarda değerlendirilmesi, uygun teknolojilerin geliştirilmesi ve verimli güneş enerjisi sistemlerinin Ar-Ge faaliyetlerinin yürütülmesi ülke enerji politikamızda da yer almaktadır.

Güneş enerjisinden elektrik üretilmesi Fotovoltaik (FV) teknolojisi ile olmaktadır. FV sistemlerin gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmesini etkileyen pek çok parametre vardır. Bunlar; güneş ışınımı şiddeti, güneş açısı, rüzgâr yönü ve hızı, sıcaklık, nem, FV yüzeyinin temizliği, kullanılan FV panelin yarı iletken yapısı ve FV verimlilik oranıdır. Yüksek güneş ışınımı değerleri PV sistemlerinde güneş radyasyonu güç çıkışı üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Ayrıca atmosfer şartları (ortam sıcaklığı, açı, toz vb.) enerji üretiminde güç çıkışını etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı FV sistemlerinin performansını etkileyen dış ortam parametrelerini ve oluşan kayıpları incelenmektir. PV sistemi verimine ne kadar etkisi olduğunu çözümlemektedir. FV sistemlerde tozlar nedeniyle oluşan performans kayıpları Akım-Volt ve Verim- Zaman grafikleri oluşturularak karşılaştırılmıştır. Çevresel parametrelerinin (kirlilik, sıcaklık, nem ve güneş ışınımı) FV performansına etkileri belirlenmiştir.

2.MATERYAL VE METOD

Fotovoltaik (FV) sistemlerde güneş panellerinin maruz kaldığı güneş ışınlarından dolayı ısınmalar, dış atmosfer şartlarından dolayı tozlanmalar oluşmaktadır. Oluşan verim kayıpları bu atık ısılardan, nem, ışınım ve özellikle dış ortamda oluşan tozlanmadan kaynaklanır. FV sistemler üzerinde bu parametrelerin etkileri, özellikle doğal olarak oluşan ve verimliliği önemli oranda etkileyen tozlanmanın tespiti ve performansa etkileri incelenmiştir. Analizlerde FV hücre I-V karakteristik grafikleri kullanılmıştır.

2.1.FV Sistemlerde Işınım, Nem ve Sıcaklık

Güneş Enerjisinden elektrik elde edilmesinde kullanılan FV sistemler yüzeyinde sıcaklığın yükselmesi FV hücrenin çıkış gerilimini olumsuz yönde etkilemektedir (Ozden et al. 2015; Hamrouni, Jraidi, and Chérif 2008; Dusabe, Munda, and Jimoh 2009). Sıcaklığın artması durumunda akım daha az oranda etkilenirken, sıcaklıktaki değişim FV hücrenin çıkış gerilimini daha fazla etkilemektedir. Ortam sıcaklığının yüksek olması, FV hücrenin çalışma sıcaklığını da olumsuz etkilemektedir. Dış ortam sıcaklığının düşük olduğu mevsimlerde FV sistemlerin verimleri daha yüksek olmaktadır. Gerilimdeki azalma doğrudan doğruya güce yansıdığından, çalışma sıcaklığındaki artış çıkış gücünü de olumsuz yönde etkilemektedir(Çıtıroğlu 2000). Güneş ışınımı şiddetinin FV sistem üzerinde fazla olması istenmektedir. Ancak ışınım miktarı artışı da FV sistemlerin ısınmasına ve özellikle nem ile birlikte yaz aylarında FV sistemlerde önemli verim kayıplarına neden olabilmektedir. Yapılan ışınım, nem ve sıcaklık deneylerinde Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi çatısına kurulan prototip güneş enerjisi sistemi ve güneş radyasyonu ölçüm cihazları kullanılmıştır. Sisteme ait görseller Şekil 1 'de verilmektedir.

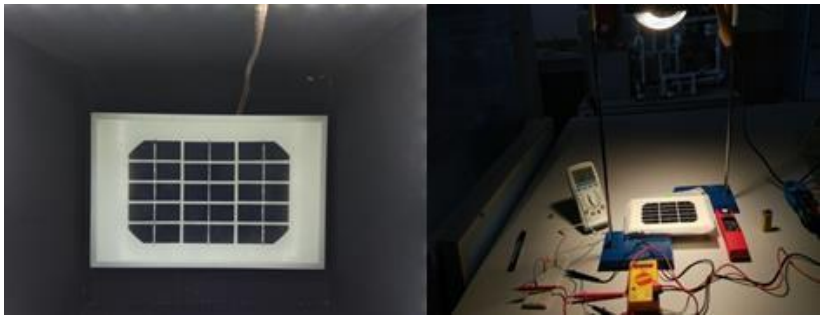


Şekil 1. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Prototip Güneş Enerjisi Sistemi (Ener Rusen 2019)

2.2. FV Sistemlerde Tozlanma

Az yağış alan ve iklimsel özellikleri nedeniyle toz miktarının fazla olduğu bölgelerde tozlanma nedeniyle oluşan kayıplar %20 oranlarına ulaşabilmektedir (Genc 2018). Bu durumun önlenebilmesi için yapılan işlem direkt FV panel yüzey temizliği şeklindedir. Fakat büyük kapasiteye sahip güneş enerjisi santrallerinde temizleme işlemi kolay ve sıklıkla yapılamamaktadır. Tozlanmadan kaynaklanan güç kaybı tozun cinsine, en son düşen yağmurdan beri geçen zamana ve temizlik uygulamasına bağlıdır. Yatayla eğim açısı 15˚ den büyükse yağmurun tozu temizlemede etkili olacağı varsayılır (Deniz 2013; Genc 2018).

Bu çalışmada tozlanmadan kaynaklanan verim kayıplarının belirlenmesi için bir deney düzeneği tasarlanarak tozluluk oranının tespiti ve analizleri yapılmıştır. Şekil 2'de yapılan deneylerde kullanılan deney düzeneği verilmiştir.



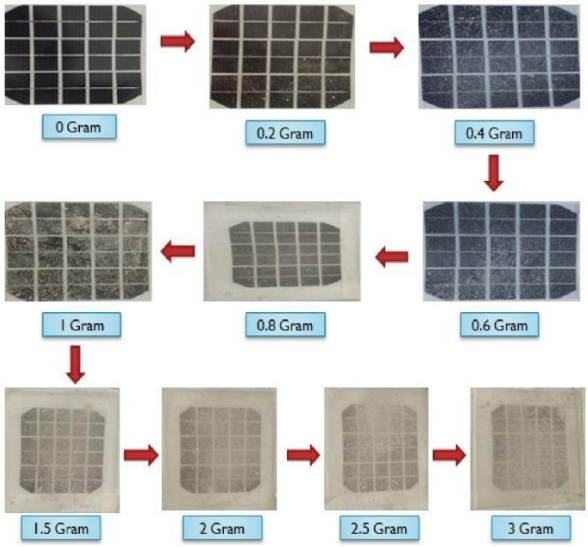
Şekil 2. FV sistemlerde kullanılan tozluluk deney seti (Ener Rusen 2019).

3.ARAŞTIRMA SONUÇLARI

FV sistemlerin iklim koşullarından etkilendiklerini, özellikle sıcaklık ve tozlanma nedeniyle önemli oranda verim kayıpları oluştuğu bilinmektedir. Soğuk iklim şartlarında maksimum performansta çalışan bu sistemlerde tozlu yüzeyler verimlilik oranını düşürmektedir. Toz miktarına bağlı olarak panel yüzeylerinin kapanması (gölgeleme) güneş ışınları FV hücrelere ulaşamaması anlamına gelmektedir. Bu durum önemli oranlarda elektrik üretiminde düşüşler oluşturabilmektedir. Günümüzde güneş enerjisi sistemlerinin en büyük problemlerden biri tozlanmış yüzeyler nedeniyle

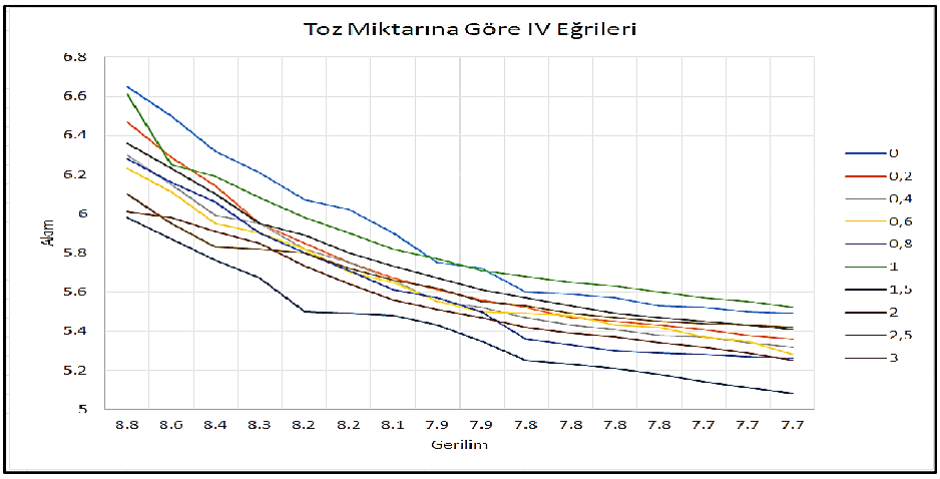
üretimde yaşanan kayıplardır. Sektörde bu problemin etkin ve kesin bir çözümü henüz getirilememiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarda, FV modül üzerinde bulunan toz miktarına (0.2 gr, 0.4 gr, 0.6 gr, 0.8 gr, 1 gr, 1.5 gr, 2 gr, 2.5 gr ve 3 gr) bağlı olarak FV modül performans testleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan toz ve modül yüzeyindeki görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. FV modül yüzeyi toz miktarı (Ener Rusen 2019)

Elde edilen gerilim (V) ve akım (A) değerleri Şekil 4'de karşılaştırılmıştır. Verilere göre FV modülün düşük toz miktarında yüksek performansta çalıştığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. FV modül yüzeyi toz miktarına göre Akım-Gerilim Analizi

4.TARTIŞMA

Dış ortam şartlarında FV Sistem performansını belirlemek üzere referans FV modül kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneylerde farklı miktarlarda (0.2 gr, 0.4 gr, 0.6 gr, 0.8 gr, 1 gr, 1.5 gr, 2 gr, 2.5 gr ve 3 gr) toz referans FV modül üzerine kaplanarak modül performansları Akım-Volt grafikleri oluşturularak karşılaştırılmıştır. Ayrıca termal olarak ortam sıcaklığı ışınım, nem ve FV modül yüzey sıcaklıkları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, FV modül yüzeyinde toz yoğunluğu (g/m^2) arttığında Akım-Volt eğrilerinin azaldığı görülmüştür. Tozlanma miktarı arttıkça sistem veriminin önemli oranda düştüğü ve sistem akım değerinin yaklaşık %10.44 oranında azaldığı deneysel olarak tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Akademik Enerji Çalışma Grubu desteği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Güneş Enerjisi Test ve Ölçüm Ar-Ge Laboratuvarı alt yapısı kullanılarak Lisans Bitirme Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Destekten dolayı Nuh Cevdet ALPARSLAN'A teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Çıtıroğlu, A. 2000. Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi. *Mühendis ve Makine Dergisi* 485: 14–19.

Deniz, Esref. 2013. Güneş Enerjisi Santrallerinde Kayiplar. *Türkiye Elektrik Mühendisleri Odası* 1 (1): 1–14. www.emo.org.tr/ekler/38f0038bf09a40b_ek.pdf.

Dusabe, Deo, Josiah Munda, and Adisa Jimoh. 2009. Modelling of Cloudless Solar Radiation for Pv Module Performance Analysis. *Journal of Electrical Engineering* 60 (4): 192–97.

Ener Rusen, Selmin. 2018. Modeling and Analysis of Global and Diffuse Solar Irradiation Components Using the Satellite Estimation Method Of. *CMES: Computer Modeling in Engineering & Sciences* 115 (3): 327–43. doi:10.3970/cmes.2018.00159.

Ener Rusen, S. 2019. Academic Energy Research Group Solar Energy Lab. *Academic Energy Research Group Web Page*.

Genc, Gozde. 2018. Analysis of Dust and Shadow Effect on Photovoltaic Modules.

Hamrouni, N, M Jraidi, and a Chérif. 2008. Solar Radiation and Ambient Temperature Effects on the Performances of a PV Pumping System. *Revue Des Energies Renouvelables* 11: 95–106. http://www.webreview.dz/IMG/pdf/solar_radiation.pdf.

Kahraman, Abdullah, Ceyhan Kahya, Sema Top, Zafer Aslan, Burak Barut, Serim Sakarya, Ali Den, and Z E T Bu. 2013. Wrf Model İle Güneş Radyasyonu Öngörüsünde Aerosol Etkisinin Değerlendirilmesi, 18–20.

Kırbaş, İbrahim, Ahmet Çifci, and Barış İşyarlar. 2013. Burdur İli Güneşlenme Oranı ve Güneş Enerji Si Potansiyeli Sunbathing Rate and Solar Energy Potential of Burdur, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4 (2): 20–23.

Ozden, Talat, Ugur Yardim, Bulent G. Akinoglu, and Rasit Turan. 2015. Outdoor Efficiency Analyses and Comparison of On-Grid CdTe and Mc-Si/a-Si Thin-Film PV Systems for Three Years in Ankara - Turkey. *Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics*, no. November. doi:10.1002/pssc.201510077.

Türkyılmaz, Oğuz. 2011. Türkiyenin Enerji Görünümü.

Varınca, Kamil B., and M. Talha. 2006. Türkiye ' de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi , Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. In *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi (UGHEK_2006)*, 270–75. Eskişehir: Eskişehir OsmangaziÜniversitesi.

Yildirim, Ugur. 2013. Analysis of Sunshine Duration Between 1970 and 2010 for Turkey. *The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University*. Middle East Technical University. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.

OTOMATİK METEOROLOJİ İSTASYONU VERİLERİ İLE FOTOVOLTAİK SİSTEMİN PERFORMANSININ VE OPTİMİZASYONUNUN ARTIRILMASI

Leyla ÜLKER
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Akademik Enerji Çalışma Grubu(AKEN), Karaman
leylaulker40@gmail.com

Dr.Selmin ENER RUŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Akademik Enerji Çalışma Grubu(AKEN), Karaman
selmin.enerrusen@gmail.com

Özet

Dünya çapında yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji elde etme çalışmalarında güneş enerjisi teknolojileri önemli bir yer tutmaktadır. En yaygın teknoloji güneş ışığından doğrudan elektrik sağlayan fotovoltaik (PV) modülleri kullanılarak elde edilen Güneş Enerjisi Santralleri (GES)'dir. Geniş alanları kaplayan ve dış atmosfer şartlarında bulunan GES sahalarının temizliği, güneş ışınları, sıcaklık, rüzgâr, nem gibi parametreler verimi direkt etkilemektedir. Bu çalışmada, GES verimini etkileyen çevresel parametrelerin belirlenmesi amacıyla meteorolojik verilerin kaydedildiği akıllı bir sistem tasarlanmıştır. Ayrıca, Karamanoğlu Mehmetbey Üniveritesi'nde oluşturulan güneş enerjisi test laboratuvarında Karaman iklim şartlarındaki PV modüllerin analizleri yapılmıştır. Tasarlanan akıllı sistem ile kaydedilen meteorolojik parametreler dış ortam test laboratuvarında bulunan PV modüllerin performansı ile karşılaştırılmıştır. Bu araştırma bir ön çalışma niteliğinde olup, elde edilen sonuçlarının mevcut veya yeni kurulacak FV sistemlerin verimlerinin arttırılması ve optimum elektrik üretiminin sağlanması amacıyla ileride kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Sistem, Otomatik Meteoroloji İstasyonu, Performans Analizi, Optimizasyon.

THE STUDY OF INCREASING THE PERFORMANCE AND OPTIMIZATION OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM WITH AUTOMATIC METEOROLOGICAL WEATHER STATION DATA

Abstract

Solar energy technologies have an important place in the efforts to obtain renewable and sustainable energy worldwide. The most common technology is solar power plants (GES) which are obtained by using photovoltaic (PV) modules that provide direct electricity from sunlight. The parameters such as the cleaning of the GES fields, sunlight, temperature, wind, humidity, which cover the larger areas and which are in the external atmospheric conditions, directly affect the efficiency. In this study, an intelligent system with meteorological data was designed to determine the environmental parameters that affect GES efficiency. In addition, the analysis of PV modules in Karaman climate conditions was performed in the solar energy test laboratory at the Karamanoğlu Mehmetbey University. The meteorological parameters recorded by the designed, intelligent system were compared with the performance of the PV modules in the external test laboratory. This research is a preliminary study and it is predicted that the obtained results will be used in future to increase the efficiency of existing or newly installed FV systems and to provide optimum electricity production.

Keywords: Photovoltaic System, Meteorology Weather Station, Performance Analyses, Optimization

1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye'de enerji ihtiyacı insanların teknolojiyi daha fazla kullanımı ve nüfus artışı nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemiz bu enerji talebi karşılamak için %75 dış ülkelere bağımlı

durumdadır. Ülke menfaatlerini gözeterek enerji talebini karşılamak, sürdürülebilir enerji kaynakları oluşturmak ve dışa bağımlılığı en aza indirecek şekilde enerji alandaki gelişmeleri yürütebilmek günümüzde Türkiye için kaçınılmaz olmuştur. Ayrıca fosil yakıtların neden olduğu çevresel zararlar da göz önüne alındığında enerji ihtiyacının ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması önemli bir politika oluşturmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü 2018). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında oldukça önemli bir yere sahip olan güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payı teknolojik gelişmeler sonucunda giderek artmakta ve bu alanda yapılan çalışmalarda önem kazanmıştır(Türk Toğrul and Toğrul 2002; Aksoy 1997).

Güneş ışınımından elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılan Fotovoltaik (FV) sistemler yarı iletken maddeler olup, güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştürürler (Kühnert et al. 2011). Günümüzde maliyetli olan FV teknolojilerin tasarım ve kurulum açısından optimum verimle çalıştırılması oldukça önemlidir. Herhangi bir FV sistemi için enerji dönüşüm faktörü, o sistemin verimi olarak tanımlanmaktadır. FV sistemlerin verimlerini etkileyen başlıca etkenler yapım malzemeleri ve bu malzemelerin özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ancak, bu sistemlerde küresel iklim değişikliği, tozlanma, güneş radyasyonu gibi çevresel etkiler ile verimlerinde önemli kayıplar oluşmaktadır (Deniz 2013; Genc 2018). Bu çalışmada FV sistemlerinin performansını etkileyen dış ortam parametreleri ve oluşan kayıpların ölçülebilmesi için akıllı bir sistem tasarlanmıştır.

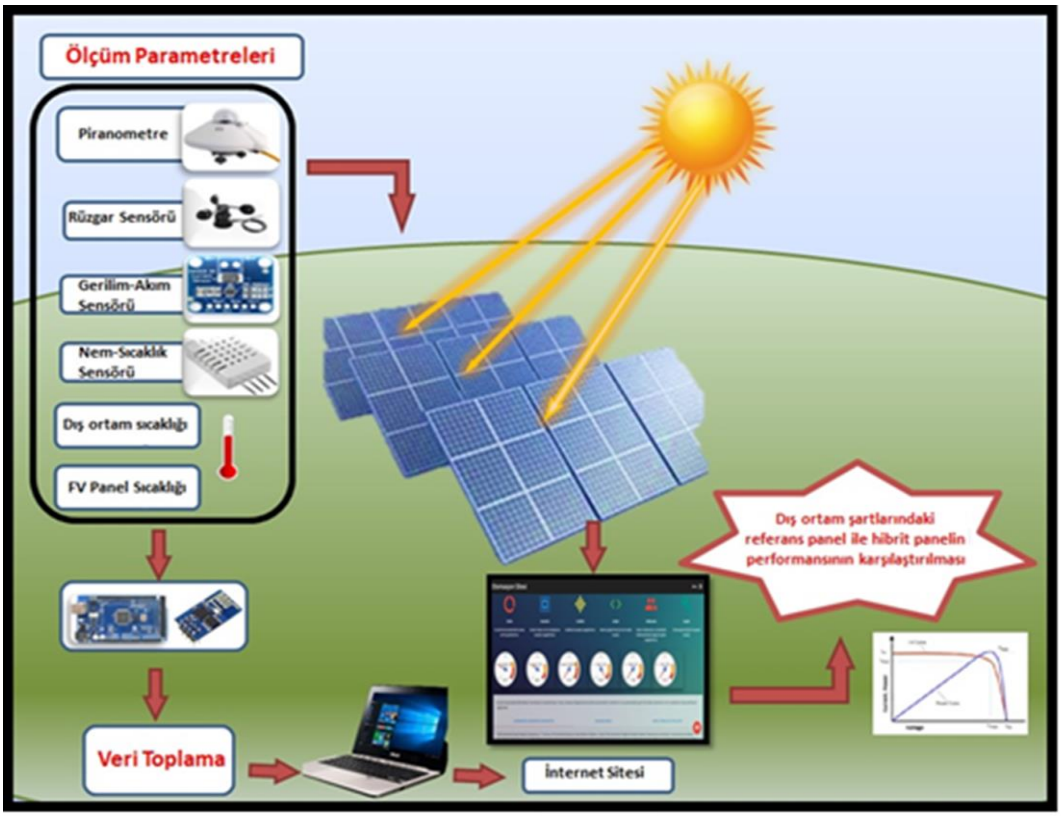
2. MATERYAL VE METOD

FV sistem performansını belirlemek üzere çeşitli deneyler yapılmıştır. Deneylerde dış ortam koşullarını ölçmek üzere FV modüller, Arduino MEGA tarafından kullanılan Cmp3 pyronametre, CR800 datalogger, Esp8266 wifi modül ve Max6675 thermocupl sensörler yardımıyla FV modül test laboratuvarında sıcaklık, ışınım, güç, akım, gerilim değerleri elde edilmiştir. Alınan veriler MySQL veri tabanında saklanmaktadır (Vengatesh and Rajan 2011; Ozden et al. 2015; Hamrouni, Jraidi, and Chérif 2008). Şekil 1'de Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Prototip Güneş Enerjisi Sistemi görselleri verilmiştir.



Şekil 1. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Prototip Güneş Enerjisi Sistemi (Ener Rusen 2019)

Termal olarak FV modüllerin yüzey sıcaklıkları, nem miktarı ve ışınım şiddeti ve bu verilerin ölçülmesi ile ilgili kurulan deneysel sistemin şematik gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.

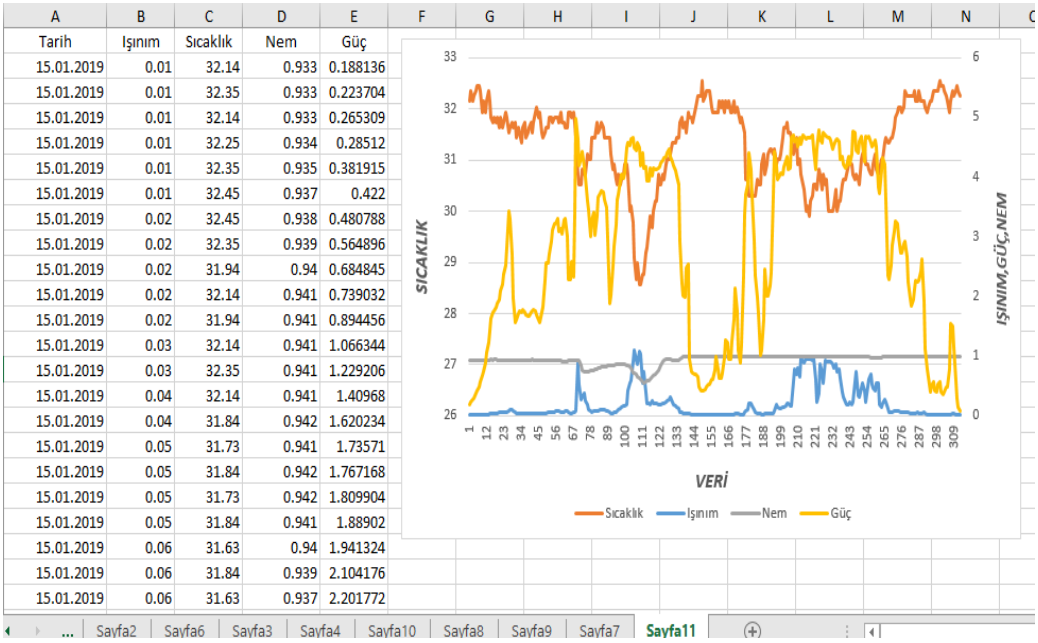


Şekil 2. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarı (Ener Rusen 2019)

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

FV sistemlerin iklim koşullarından etkilendiklerini, özellikle güneş ışınımı, sıcaklık ve nem parametrelerinin doğru tespiti önemlidir. Bu parametrelerin kolaylıkla ve ucuz olarak ölçülmesi, toplanması ve analiz edilebilmesi için bu sistem tasarlanmıştır. Kasım 2018- Mart 2019 ayları arasında toplam beş ay süreyle ölçülmeler alınmıştır. Şekil 3'te tasarlanan akıllı kontrol sistemine ait 15.01.2019 tarihli güneş ışınımı, sıcaklık, nem ve FV güç verileri örnek veri gösterimi Karaman iklim koşullarında tasarlanan sistem ile kaydedilmiştir.

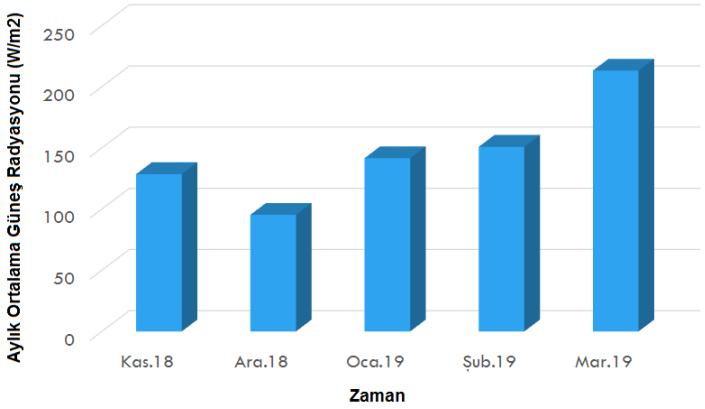
Yapılan akıllı sistem ile meteorolojik veriler değerlendirilmekte ve farklı FV modüller üzerinde performans test ve ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Elde edilen veriler internet üzerinden kontrol edilerek bir veri tabanında uzun süreli kayıt altına alınmaktadır. Bu uzun süreli veriler FV sistemlerin performansını iyileştirme ve verimlilik çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu veriler KMU Mühendislik Fakültesi web sitesinde günlük olarak alınmaktadır. Böylelikle veriler daha anlaşılır ve kolay hale getirilmiştir.



Tarih	Işınım	Sıcaklık	Nem	Güç
15.01.2019	0.01	32.14	0.933	0.188136
15.01.2019	0.01	32.35	0.933	0.223704
15.01.2019	0.01	32.14	0.933	0.265309
15.01.2019	0.01	32.25	0.934	0.28512
15.01.2019	0.01	32.35	0.935	0.381915
15.01.2019	0.01	32.45	0.937	0.422
15.01.2019	0.02	32.45	0.938	0.480788
15.01.2019	0.02	32.35	0.939	0.564896
15.01.2019	0.02	31.94	0.94	0.684845
15.01.2019	0.02	32.14	0.941	0.739032
15.01.2019	0.02	31.94	0.941	0.894456
15.01.2019	0.03	32.14	0.941	1.066344
15.01.2019	0.03	32.35	0.941	1.229206
15.01.2019	0.04	32.14	0.941	1.40968
15.01.2019	0.04	31.84	0.942	1.620234
15.01.2019	0.05	31.73	0.941	1.73571
15.01.2019	0.05	31.84	0.942	1.767168
15.01.2019	0.05	31.73	0.942	1.809904
15.01.2019	0.05	31.84	0.941	1.88902
15.01.2019	0.06	31.63	0.94	1.941324
15.01.2019	0.06	31.84	0.939	2.104176
15.01.2019	0.06	31.63	0.937	2.201772

Şekil 3. Tasarlanan akıllı kontrol sistemine ait 15.01.2019 tarihli güneş ışınımı, sıcaklık, nem ve FV güç verileri örnek veri gösterimi

Ayrıca tasarlanan akıllı sisteme ait Kasım 2018-Mart 2019 tarihleri arasında toplam beş aylık ölçülen güneş ışınım değerleri örnek olarak incelenmiştir. Anlık olarak kaydedilen güneş radyasyonu değerleri günlük toplam radyasyon olarak belirlenmektedir. Aylık ortalama günlük radyasyon değeri Karaman ili iklim koşullarında Cmp3 pyronametre, CR800 datalogger, Esp8266 wifi modül kullanarak kayıt altına alınmıştır. Şekil 4'te aylık ortalama günlük güneş radyasyonu (ışınımı) verileri beş aylık süre için örnek grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4. Karaman ilinde Tasarlanan akıllı sistem ile kaydedilen aylık ortalama günlük güneş radyasyonu (ışınımı) verileri

4. TARTIŞMA

FV sistemlerin iklim koşullarından etkilendiklerini, özellikle güneş ışınımı, sıcaklık ve nem parametrelerinin doğru tespiti önemlidir. Bu parametrelerin kolaylıkla ve ucuz olarak ölçülmesi, toplanması ve analiz edilebilmesi için bu çalışmada akıllı bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan akıllı sistem Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde bulunan güneş enerjisi test ve ölçüm laboratuvarında Karaman iklim şartlarında test edilmiştir. Tasarlanan sistem kalibrasyonu yapılmış cihazlardan oluşturulmuştur. Ayrıca T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden

alınan veriler ile karşılaştırılarak doğruluğu kesinleştirilmiştir. Tasarlanan akıllı sistem ile kaydedilen meteorolojik parametreler dış ortam test laboratuvarında bulunan PV modüllerin performansı ile karşılaştırılmıştır. Akıllı, ucuz ve kolay yolla meteorolojik verilerin elde edilmesini sağlayan bu akıllı sistem tüm güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve performans testleri açısından önemlidir. Bu araştırma bir ön çalışma niteliğinde olup, elde edilen sonuçlarının mevcut veya yeni kurulacak FV sistemlerin verimlerinin arttırılması ve optimum elektrik üretiminin sağlanması amacıyla ileride kullanılabileceği öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Akademik Enerji Çalışma Grubu desteği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Güneş Enerjisi Test ve Ölçüm Ar-Ge Laboratuvarı alt yapısı kullanılarak Lisans Bitirme Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne (DMİ) veri setleri kullanılmıştır. Çalışmaya verdiği destekten dolayı Nuh Cevdet ALPARSLAN'A teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Aksoy, Bülent. 1997. Estimated Monthly Average Global Radiation for Turkey and Its Comparison with Observations. *Renewable Energy* 10 (4): 625–633. doi:10.1016/S0960-1481(96)00035-3.

Çıtıroğlu, A. 2000. Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi." *Mühendis ve Makine Dergisi* 485: 14–19.

Deniz, Esref. 2013. Güneş Enerjisi Santrallerinde Kayiplar. *Türkiye Elektrik Mühendisleri Odası* 1 (1): 1–14. www.emo.org.tr/ekler/38f0038bf09a40b_ek.pdf.

Dusabe, Deo, Josiah Munda, and Adisa Jimoh. 2009. Modelling of Cloudless Solar Radiation for Pv Module Performance Analysis. *Journal of Electrical Engineering* 60 (4): 192–97.

Ener Rusen, Selmin. 2019. Academic Energy Research Group Solar Energy Lab. *Academic Energy Research Group Web Page*.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. 2018. 2000- 2016 Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu. http://www.yegm.gov.tr/.

Genc, Gozde. 2018. Analysis of Dust and Shadow Effect on Photovoltaic Modules.

Hamrouni, N, M Jraidi, and a Chérif. 2008. Solar Radiation and Ambient Temperature Effects on the Performances of a PV Pumping System. *Revue Des Energies Renouvelables* 11: 95–106. http://www.webreview.dz/IMG/pdf/solar_radiation.pdf.

Kühnert, J., T. Behrendt, J. Betcke, E. Lorenz, A. Hammer, and D. Heinemann. 2011. Spectral and Reflection Effects for Different PV Technologies Based On Ground Measurements And Satellite Data. *26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, no. 2: 3619–24.

Ozden, Talat, Ugur Yardim, Bulent G. Akinoglu, and Rasit Turan. 2015. Outdoor Efficiency Analyses and Comparison of On-Grid CdTe and Mc-Si/a-Si Thin-Film PV Systems for Three Years in Ankara - Turkey. *Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics*, no. November. doi:10.1002/pssc.201510077.

Türk Toğrul, Inci, and Hasan Toğrul. 2002. Global Solar Radiation over Turkey: Comparison of Predicted and Measured Data. *Renewable Energy* 25 (1): 55–67. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00197-X.

Vengatesh, R. Pon, and S. Edward Rajan. 2011. Investigation of Cloudless Solar Radiation with PV Module Employing Matlab-Simulink. *Solar Energy* 85 (9). Elsevier Ltd: 1727–34. doi:10.1016/j.solener.2011.03.023.

BİR LASTİK ÜRETİM FİRMASINDA ÇALIŞMA DURUŞLARININ REBA YÖNTEMİ İLE ERGONOMİK ANALİZİ

Gülçin Çakmak
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü
gulcin.ckmk@gmail.com

Arş. Gör. Murat Çolak
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü
colak.murat@kocaeli.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Hatice Esen
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü
hatice.eris@kocaeli.edu.tr

Özet

Çalışma esnasında vücudun duruşu ve hareketlerin doğruluğu, çalışan performansını etkileyen önemli unsurlardır. Uygunsuz çalışma duruşları çalışanın performansını ciddi anlamda düşürmekte ve bu uygunsuz duruşların sonucunda uzun vadede Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) ortaya çıkmaktadır. KİSR çalışanlar, işverenler ve devlet açısından maddi ve manevi kayıplara neden olmaktadır. Bu noktada işin insana insanın da işe uyumunu sağlayabilmek için ergonomik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Çalışma duruşu analizi bu kapsamda işe özgü uygunsuz duruşların tespit edilmesini ve iyileştirmesini sağlamaktadır. REBA (Rapid Entire Body Assessment) çalışma duruşlarının sebep olduğu riskleri sayısal olarak ifade edebilmeyi sağlayan bir çalışma duruşu analizi yöntemidir. Bu çalışma, bir lastik üretim firmasının hammadde hazırlama işlemlerinin yapıldığı ilaç odasında gerçekleştirilmiştir. İlaç hazırlama işine ait 9 farklı işlemdeki çalışma duruşlarının analizleri uMED Ergonomi programında REBA yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Yüksek REBA skoruna sahip çalışma duruşları için iyileştirme önerileri belirlenmiştir. Önerilen iyileştirmelerin uygulanması sonucunda REBA skorlarında oluşabilecek iyileşmeler ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, çalışma duruşu analizi, REBA yöntemi

ERGONOMIC ANALYSIS OF WORKING POSTURES WITH REBA METHOD IN A TIRE MANUFACTURING COMPANY

Abstract

Good working posture is an important indicator related to employee performance. Poor working postures significantly reduce the performance of employees and Musculoskeletal Disorders (MSDs) are occured as a result of these poor postures in a long-term time period. MSDs cause tangible and intangible losses in terms of employees, employers and government. At this point, ergonomic studies are carried out in order to provide work-employee adaptation. Working posture analysis provides to identify and improve poor postures. REBA (Rapid Entire Body Assessment) is a working posture analysis method which enables to express risk of postures as numerically. This study has been realized in raw-material preparation department of a tire manufacturing company. Posture analyses of 9 different oprations have been made in uMED Ergonomy program by using REBA method. Improvement suggestions have been determined for working postures which have high REBA scores. Possible improvements obtained in REBA scores as a result of implementation of the proposed improvements have been revealed.

Keywords: Ergonomics, working posture analysis, REBA method

1. GİRİŞ

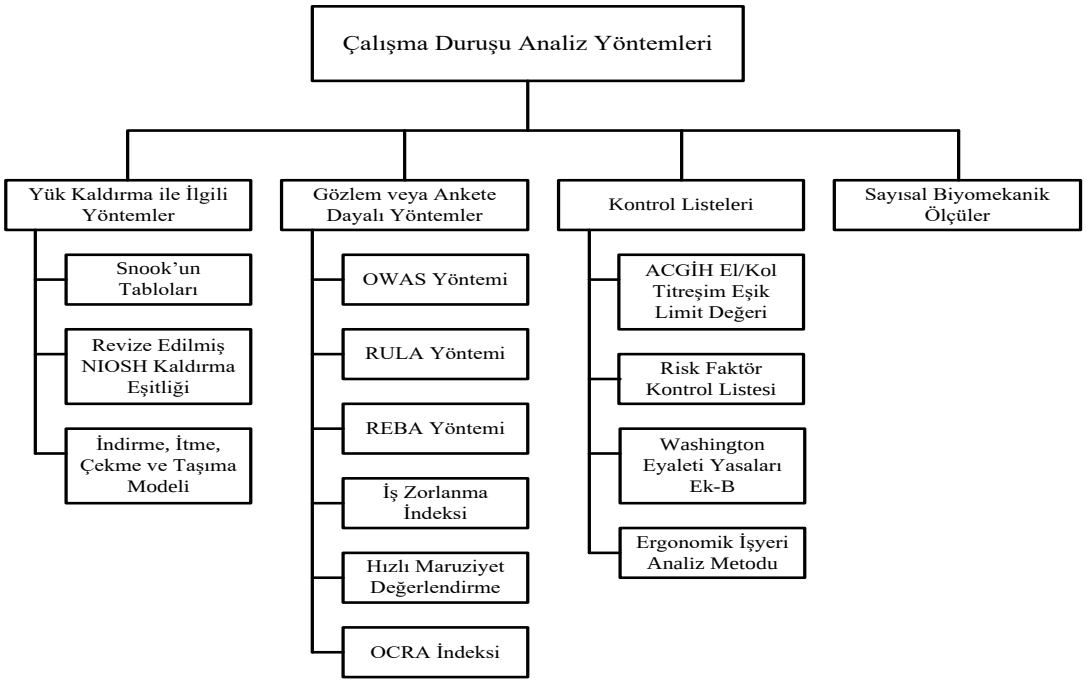
Günümüzde endüstrileşmenin artmasıyla birlikte üretim sistemlerinde çeşitli teknolojik gelişmeler gerçekleşmiş olsa da insan gücü hala önemini korumaktadır. Bu noktada, çalışanların daha verimli çalışabilmesini sağlamak için çalışma duruşlarının ergonomik analizi gerekmektedir. Uygunsuz çalışma duruş ve hareketleri çalışan performansının ve üretim kalitesinin düşmesine neden olmakla birlikte bu duruş ve hareketlerin sürekli tekrarlanmasından dolayı uzun vadede KİSR'na sebep olmaktadır. KİSR çalışanlar, işverenler ve devlet açısından maddi ve manevi büyük kayıplara sebep olduğundan çalışma duruşlarının ergonomik risk analizinin yapılarak bu rahatsızlıkların önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Geliştirilen çeşitli yöntemler yardımıyla uygunsuz çalışma duruşlarının analizi gerçekleştirilmekte ve çeşitli iyileştirme önerileri sunulmaktadır. Literatür incelendiğinde çalışma duruşlarının ergonomik analizi ile ilgili birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Atıcı vd. (2015) otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygunsuz çalışma duruşlarının analizi için REBA yöntemini kullanmışlar ve çalışanlarda meydana gelecek zorlanmaları azaltacak iyileştirme önerileri sunmuşlardır. Sağıroğlu vd. (2015) bir kompresör fabrikasında REBA yöntemini kullanarak ergonomik risk değerlendirmesi yapmışlar ve 10 iş istasyonu için iyileştirme önerileri sunmuşlardır. Koç ve Testik (2016) bir mobilya fabrikasında OWAS, REBA, QEC ve ManTRA yöntemlerini kullanarak çalışma duruşlarının ergonomik analizini yapmışlardır. Alıcı vd. (2017) mobilya imalatına ait pnömatik zımbalama ve pnömatik vidalama işlerinin ergonomik risk değerlendirmesini REBA, OWAS, OCRA, QEC ve ManTRA yöntemlerini kullanarak yapmışlar ve bu işler için en uygun yöntemin OCRA yöntemi olduğunu belirlemişlerdir. Erginel vd. (2018) bulanık REBA yöntemini kullanarak bir mobilya fabrikasında çalışma duruşlarının analizini gerçekleştirmişler ve ergonomik iyileştirme önerileri sunmuşlardır. Gönen vd. (2018) otomotiv sektöründe faaliyet yürüten bir firmada KİSR'nın değerlendirilmesi için bir risk değerlendirme metodolojisi önermişler ve elde edilen sonuçlar ile yöntemin geçerliliğini ortaya koymuşlardır. Kahya vd. (2018) COMSOAL ve REBA yötemlerini birleştiren yeni bir ergonomik montaj hattı dengeleme modeli önermişlerdir. Bu model yardımıyla performansta %3,34 oranında iyileşme sağlamışlardır. Ensarı Özay ve Doğanbatır (2018) bir süpermarkette calışanların yaptıkları kaldırma işleri ve çalışma duruşları için REBA, NIOSH kaldırma eşitliği ve SNOOK'un tabloları yöntemlerini kullanarak ergonomik risk analizi yapmışlardır. Aydın Sayılan ve Öztekin (2018) ameliyathane hemşirelerinin vücut duruşları ile mesleki ve demografik bilgileri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla REBA yöntemi kullanılarak elde edilen verilerin istatistiksel analizini gerçekleştirmişlerdir. Eldem vd. (2019) REBA ve RULA yöntemleri yardımıyla dijital insan modelleri kullanarak otomobil sürücülerinin farklı duruş pozisyonları için ergonomik risk değerlendirmesini yapmışlardır.

Bu çalışmada, bir lastik üretim firmasında çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirmesi REBA yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapılacağı bölüm, bölüm bazında çalışanların ne kadar ve ne sebeple istirahat aldıklarını belirten istirahat raporlarına göre belirlenmiştir. İncelenen istirahat raporlarından elde edilen sonuçlara göre fabrika ilaç odası çalışanlarının genellikle bel ağrısı ve tenisçi bilek ağrısı şikayetleriyle rapor aldıkları görülmüş ve bu bölüm çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma 4 bölümden meydana gelmektedir. İkinci bölümde kullanılan yöntem detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Üçüncü bölümde çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulama anlatılmıştır. Dördüncü bölümde sonuç ve önerilere yer verilerek çalışma sonlandırılmıştır.

2. REBA YÖNTEMİ

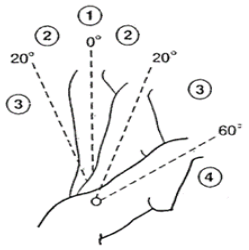
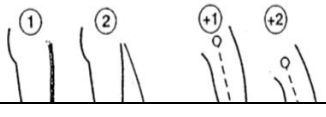
Uygun olmayan çalışma duruşları çalışan performansını düşürdüğünden ve uzun vadede KİSR'na neden olduğundan bu duruşların bilimsel yöntemler yardımıyla analiz edilmesi ve iyileştirme önerilerinin ortaya konulması ergonominin önemli bir çalışma alanını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, uygunsuz çalışma duruşlarının ergonomik analizi için literatürde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemleri yük kaldırma ile ilgili yöntemler, gözlem ve ankete dayalı yöntemler, kontrol listeleri ve sayısal biyomekanik ölçüler olmak üzere 4 ana başlık altında toplamak mümkündür (Esen ve Fığlalı, 2013). Bu yöntemlere ilişkin sınıflandırma Şekil 1'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Çalışma duruşu analiz yöntemleri

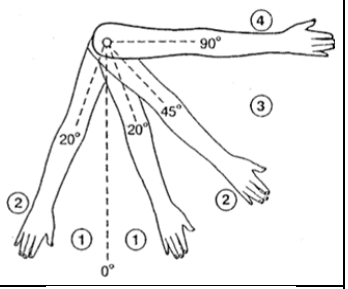
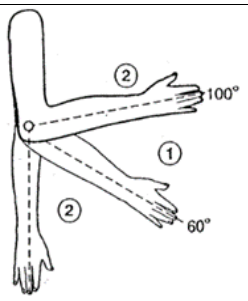
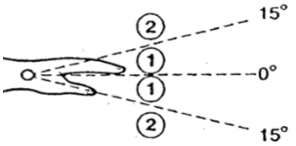
Gözlem ve ankete dayalı yöntemlerden biri olan REBA (Rapid Entire Body Assessment) tüm vücudun duruşsal analizi için hızlı ve kolay bir yöntemdir. İyi bir gözlem ve az miktarda ekipmanla tüm vücuttaki kas aktivitesi için bir puanlama sistemi sunmaktadır. Yöntemin uygulanması için vücut A ve B olarak adlandırılan iki bölüme ayrılır. Gövde, boyun ve bacaklar A grubu olarak, üst kollar, alt kollar ve bilekler B grubu olarak adlandırılmaktadır. Bir çalışma duruşu için vücudun A ve B bölümlerinde ortaya çıkan fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine ve bu duruşlar esnasında maruz kalınan yüklere bağlı olarak skorlar belirlenmektedir. A ve B gruplarına ait hareketlere ilişkin skorlar sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. A grubu için fleksiyon ve ektansiyon hareketlerine ait skorlar (Atıcı vd., 2015)

Grup A	Hareket	Skor	Skor Değişimi	Şekil
Gövde	Dik	1	Yana esneme veya dönme varsa +1	
	0°- 20° Fleksiyon 0°- 20° Ekstansiyon	2		
	20°- 60° Fleksiyon > 20° Ekstansiyon	3		
	> 60° Fleksiyon	4		
Boyun	0°- 20° Fleksiyon	1	Yana esneme veya dönme varsa +1	
	> 20° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2		
Bacak	Bilateral (iki taraflı) ağırlık taşıma, yürüme veya oturma	1	Diz(ler)de 30°- 60° arası	

	Unilateral (tek taraflı) ağırlık taşıma veya sabit olmayan duruş	2	Fleksiyon +1 Diz(ler)de > 60° Fleksiyon (oturma hariç) +2	

Tablo 2. B grubu için fleksiyon ve ektansiyon hareketlerine ait skorlar (Atıcı vd., 2015)

Grup B	Hareket	Skor	Skor Değişimi	Şekil
Üst Kol	20° Fleksiyon 20° Ekstansiyon	1	Kolda Abdüksiyon varsa Rotasyon varsa +1 Omuz yükselmişse +1 Kol duruşunda yerçekimi desteği etkiliyse -1	
	20°- 45° Fleksiyon > 20° Ekstansiyon	2		
	45°- 90° Fleksiyon	3		
	> 90° Fleksiyon	4		
Alt Kol	60°- 100° Fleksiyon	1		
	< 60° Fleksiyon veya > 100° Fleksiyon	2		
Bilek	0°- 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	1	Bileklerde yana esneme veya dönme varsa +1	
	> 15° Fleksiyon veya Ekstansiyon	2		

REBA yönteminin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur:

Adım 1: Yapılan gözlemler sonucunda gövde, boyun ve bacaklar için ayrı ayrı skorlar belirlenir. Tablo A'dan elde edilen skora Yük/Kuvvet skoru da eklenerek A skoru elde edilir. Tablo A değerleri ve yük/kuvvet skorları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Tablo A değerleri ve yük/kuvvet skorları (Atıcı vd., 2015)

Tablo A	BOYUN												Yük/Kuvvet	Skor
	1				2				3				< 5 kg	0
	BACAKLAR				BACAKLAR				BACAKLAR					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5-10 kg	1

Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6			
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7		> 10 kg	2
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8			
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9		Ani veya hızlı kuvvet artışı	1
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9			

Adım 2: Üst kollar, alt kollar ve bilekler için belirlenen skorlar doğrultusunda Tablo B'den elde edilen skora kavrama skoru da eklenerek B skoru elde edilir. Tablo B değerleri ve kavrama skorları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Tablo B değerleri ve kavrama skorları (Atıcı vd., 2015)

Tablo B		ALT KOL					
		1			2		
		BİLEK			BİLEK		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	0
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun Değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak tutuş uygun değil	3

Adım 3: Elde edilen A ve B skorları yardımıyla C skoru Tablo C'den belirlenir. Tablo C değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Tablo C Değerleri (Atıcı vd., 2015)

Tablo C		B Skoru											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A Skoru	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Adım 4: Belirlenen C skoruna aktivite skoru da eklenerek nihai REBA skoru elde edilir. Aktivite skorları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Aktivite skorları (Atıcı vd., 2015)

Aktivite	Skor
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (ör: 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (1 dakikada 4'ten fazla tekrar eden iş) (yürüme hariç)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	+1

Adım 5: Belirlenen REBA skorunun derecesi dikkate alınarak işler için risk seviyeleri belirlenir. REBA skorları ve karşılık gelen risk seviyeleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. REBA skorları ve karşılık gelen risk seviyeleri (Atıcı vd., 2015)

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içerisinde gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Hemen gerekli

3. UYGULAMA

Bu çalışmada bir lastik üretim firmasında çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirmesi amacıyla REBA yöntemi uygulanmıştır. Hammadde hazırlama işlemlerinin yapıldığı ilaç odasında gerçekleştirilen analizde işlemler hazırlık, doldurma ve tamamlama olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir. Hazırlık aşaması araba getirme ve poşet getirme işlemlerini, doldurma aşaması birinci kürekle alma, dökme, ikinci kürekle alma ve poşete boşaltma işlemlerini son olarak tamamlama aşaması ise arabaya koyma, etiketleme ve araba götürme işlemlerini içermektedir. Çalışma kapsamında bütün bu 9 işlem için REBA skorları ve ergonomik risk seviyeleri belirlenmiş ve iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Yüksek REBA skoruna sahip işlemler için REBA analiz sonuçları Şekil 2'de sunulmaktadır.

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	3	4	6	4	Üst Kol
Boyun	2			2	Alt Kol
Bacaklar	1			2	Bilek
Yük/Kuvvet		3	1		Kavrama
A Skoru		7	7		B Skoru
		C Skoru	9		
		Aktivite	0		
		Reba Skoru	9		

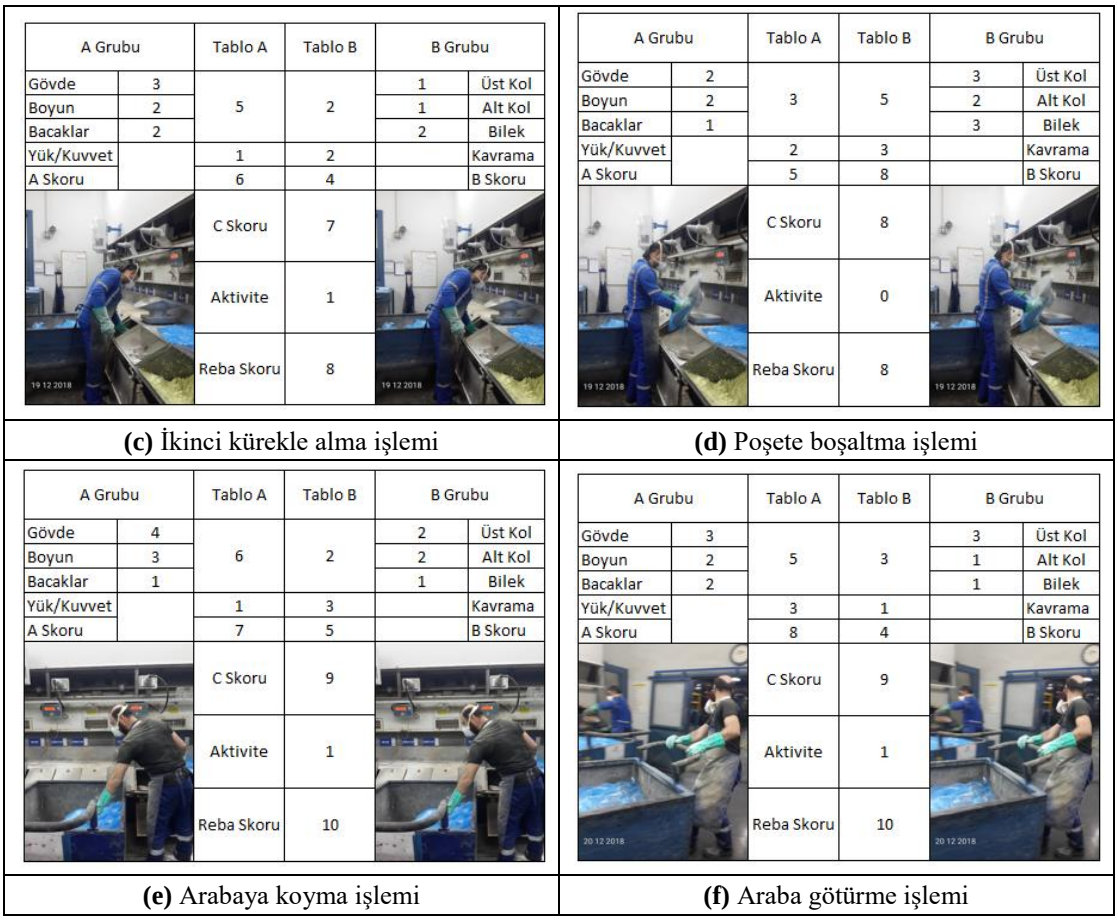


(a) Araba getirme işlemi

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	3	5	2	1	Üst Kol
Boyun	2			1	Alt Kol
Bacaklar	2			2	Bilek
Yük/Kuvvet		1	2		Kavrama
A Skoru		6	4		B Skoru
		C Skoru	7		
		Aktivite	1		
		Reba Skoru	8		



(b) Birinci kürekle alma işlemi



Şekil 2. Seçilen yüksek skorlu çalışma duruşları için REBA analiz sonuçları

Çalışma sonucunda ilaç odasında gerçekleştirilen işlemler için tezgah yüksekliği ve ekipman ağırlığı ile ilgili iyileştirme önerileri ortaya konulmuş ve bu iyileştirmelerin uygulanması durumunda elde edilecek yeni REBA skorları belirlemiştir. Tezgah yüksekliğinin ergonomik açıdan uygun olmaması nedeniyle çalışanların kürekle ilaç alma işleminde eğilmek ve dizlerini kırmak durumunda kaldıkları görülmüş ve bu durumun çalışanlarda bel ağrısı şikayetine sebep olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, gerçekleştirilecek bir kazı çalışması ile tezgah yüksekliğinin ergonomik olarak uygun hale getirilmesi önerilmiştir. Yapılacak bu çalışma ile kürekle ilaç alma işleminde gövdenin daha küçük açılı fleksiyon yapması ve dizlerde fleksiyona gerek kalmadan çalışılması sağlanabilir. Kürekler ve tartılacak ilaçların konulduğu kapların dökümden yapılmış olmaları sebebiyle oldukça ağır oldukları görülmüş ve bu durumun çalışanlarda tenisçi bilek ağrısı şikayetine sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu ekipmanın daha hafif ve kullanıma uygun alternatif ürünlerle değiştirilmesiyle yük/kuvvet skorunun azaltılabileceği ve böylece ergonomik risk seviyesinin düşürülebileceği belirlenmiştir. İlaç odasında gerçekleştirilen bütün işlemler için iyileştirme öncesi ve sonrası REBA skorları Tablo 8'de verilmektedir.

Tablo 8. Bütün çalışma duruşları için iyileştirme öncesi ve sonrası REBA skorları

	Hazırlık		Doldurma				Tamamlama		
Duruşlar	1	2	1	2	3	4	1	2	3
Gövde	3	4	3	1	3	2	4	3	3
Boyun	2	1	2	1	2	2	3	1	2
Bacaklar	1	1	2	1	2	1	1	1	2
Tablo A	4	3	5	1	5	3	6	2	5
Yük/Kuvvet	3	0	1	1	1	2	1	0	3
A Skoru	7	3	6	2	6	5	7	2	8

Üst Kol	4	3	1	3	1	3	2	3	3
Alt Kol	2	2	1	1	1	2	2	2	1
Bilek	2	2	2	3	2	3	1	1	1
Tablo B	6	5	2	5	2	5	2	4	3
Kavrama	1	0	2	2	2	3	3	0	1
B Skoru	7	5	4	7	4	8	5	4	4
C Skoru	9	4	7	5	7	8	9	3	9
Aktivite	0	0	1	0	1	0	1	1	1
REBA Skoru	**9**	**4**	**8**	**5**	**8**	**8**	**10**	**4**	**10**
İyileştirilmiş REBA Skoru	**8**	**3**	**4**	**4**	**4**	**6**	**9**	**3**	**7**

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Üretim faaliyetlerinin yerine getirilmesinde insan gücü büyük önem taşımaktadır. Bu noktada, işin insana insanın da işe uyumunu sağlamak ve çalışan performansını arttırmak amacıyla ergonomik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Çalışma duruşu analizi de ergonomi biliminin bir alanı olarak çalışma esnasındaki uygunsuz vücut duruş ve hareketleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda, bilimsel yöntemler yardımıyla uygunsuz çalışma duruşlarının ergonomik risk değerlendirmesinin yapılmasına imkan sağlamaktadır. Bir lastik üretim firmasında gerçekleştirilen bu çalışmada hammadde hazırlama sürecine ait 9 işlemin ergonomik risk değerlendirmesi REBA yöntemi kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak bu 9 işlem için çalışma duruşlarının analizleri sonucunda REBA skorları elde edilmiştir. Daha sonra ergonomik iyileştirme önerilerinin uygulanması sonucunda elde edilecek iyileştirilmiş REBA skorları belirlenmiş ve bu önerilerin yerine getirilmesiyle çalışma duruşlarına ait ergonomik risk düzeylerinin iyileşeceği görülmüştür. Bunun yanında çalışma ortamı ergonomik açıdan incelendiğinde düzen ve havalandırma yönünden iyileştirmeler yapılabileceği belirlenmiş ve bu düzenlemelerin yapılması önerilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında yapılacak iyileştirmeler ile çalışan performansının artacağını ve uzun vadede meydana gelebilecek KİSR'nın önüne geçilebileceğini söylemek mümkündür. Böylece, çalışanlar, işverenler ve devlet için maddi ve manevi kayıplar azaltılabilecektir.

KAYNAKLAR

ALICI, H., ATICI ULUSU, H., GÜNDÜZ, T. (2017), Mobilya Sektöründe Pnömatik Zımbalama ve Vidalama İşlerinin Ergonomik Risk Değerlendirmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 32(4), 211-226.

ATICI, H., GÖNEN, D., ORAL, A. (2015), Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların REBA Yöntemi ile Ergonomik Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,* 3(3), 239-244.

AYDIN SAYILAN, A., ÖZTEKİN, S. D. (2018), Ameliyathane Hemşirelerinin Vücut Postürleri ve İlişkili Faktörler, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi,* 7(1), 23-27.

ELDEM, C., TOP, N., ŞAHİN, H. (2019), Dijital İnsan Modelleri Kullanarak Otomobil Sürücüsü Duruş Pozisyonlarının Ergonomik Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 5(1), 22-31.

ENSARI ÖZAY, M., DOĞANBATIR, Ç. Ş. (2018), Perakende Sektöründe Bir Süpermarkette REBA, NIOSH Ve SNOOK Tabloları Yöntemlerini Kullanarak Ergonomik Risk Analizi Vaka Çalışması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,* 6(3), 448-459.

ERGİNEL, N., TOPTANCI, Ş., ACAR, I. (2018), Bulanık REBA ile Bir Mobilya İmalat Firmasında Ergonomik Risk Değerlendirmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,* 6, 92-101.

ESEN, H., FIĞLALI, N. (2013), Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 17(1), 41-51.

GÖNEN, D., KARAOĞLAN, A. D., OCAKTAN, M. A. B., ORAL, A., ATICI, H., KAYA, B. (2018), Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıklarının Analizinde Yeni Bir Risk Değerlendirme Yaklaşımı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 33(2), 423-438.

KAHYA, E., ŞAHİN, B. N., DAŞDELEN, E., DOĞRU, S. (2018). Ergonomik Risk Kısıtları Altında Yeni Bir Montaj Hattı Dengeleme Modeli Geliştirilmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,* 6, 49-57.

KOÇ, S., TESTİK, Ö. M. (2016), Mobilya Sektöründe Yaşanan Kas-İskelet Sistemi Risklerinin Farklı Değerlendirme Metotları ile İncelenmesi ve Minimizasyonu, *Endüstri Mühendisliği Dergisi,* 27(2), 2-27.

SAĞIROĞLU, H., COŞKUN, M. B., ERGİNEL, N. (2015), REBA ile Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339-345.

BLE TABANLI HASTANE ENVANTERİNİN KONUM TAKİP SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ

Mehmet Sena Altın
Pavo Tasarım Üretim Elektronik Tic. A.Ş.
mehmetsenaaltin@gmail.com

Prof. Dr. Emine Doğru Bolat
Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği
ebolat@kocaeli.edu.tr

Özet

Hastane, ofis, okul, depo gibi kapalı alanlarda kullanılacak konumlandırma ve takip sistemleri için birçok farklı teknoloji bulunmaktadır. Bu çalışmada, kapalı alan konumlandırma ve takip sistemi olarak kullanılabilen GPS, WiFi, Bluetooth Classic, RFID(NFC) ve BLE teknolojilerinin karşılaştırılmıştır. Bu teknolojilerin kapsama alanı, maliyet, hassasiyet, erişebilirlik ve güvenlik parametreleri kullanılarak birbirlerine karşı üstünlük ve eksikleri verilmiştir. BLE'nin kapalı alan konumlama, konum tabanlı bilgi mesajları, diğer sistemler ile entegre olabilme, çift yönlü haberleşme, güç tüketimi ve hareketli konum takibi projelerinde ön plana çıktığı görülmüştür. Bu nedenle, BLE teknolojisi detaylı olarak incelenmiş ve BLE kullanılarak hastanede bulunan hastane yatakları ve taşınabilir/sabit test makineleri, hastanelerde kaybolabilecek veya yanlış yerleştirilebilecek yüksek değerli envanterlerin anlık ve bölgesel konum takibi yapılmıştır. Ayrıca, envanterin konum belirleme, alan dışına çıkma, alan içine girme gibi temel fonksiyonlarını raporlayabilecek merkezi bir haberleşme sistemi de kurulmuştur. Merkezi haberleşme sistemi olarak MQTT sunucu kullanılmıştır. Her bölgeye 2 adet BLE-WiFi bağlantılı 220V ile çalışan toplayıcılar yerleştirilmiştir. Konumlama hassasiyeti bölgesel olarak başarılı olmuştur. Envanter kartının üzerinde bulunan hareket sensörü sayesinde hareketli/hareketsiz durumu, pil durumu ve RSSI bilgileri merkez tarafından anlık olarak takip edilebilmektedir. Envanter kartı pil tasarrufu için 2 saniye yayın 60 saniye uyku periyodunda olmaktadır. Envanter kartı CR2032 saat pili ile çalışacaktır ve mevcut konfigürasyon ile pil ömrü yaklaşık 1 sene olacaktır. Uyku periyodunda hareket sensörü tetiklendiğinde yayın periyoduna geçerek merkezi bilgilendirmektedir. Merkez uyku ve yayın süresini konfigüre edebilmektedir. Bu sayede, envanter kartları yayın süresi artırılarak bölgesel konum hassasiyetleri arttırılabilecektir. Yayın süresi arttıkça konum hassasiyeti artacak pil ömrü azalacaktır.

Anahtar Kelimeler: BLE, WiFi, Envanter Takip, MQTT, Beacon

IMPLEMENTATION OF LOCATION TRACKING SYSTEM OF BLE BASED HOSPITAL INVENTORY

Abstract

There are many different technologies for positioning and tracking systems to be used in indoor areas such as hospitals, offices, schools, warehouses. In this study, GPS, WiFi, Bluetooth Classic, RFID (NFC) and BLE technologies can be used as closed area positioning and tracking system. Superiority and deficiencies of these technologies are given comparing their coverage, cost, sensitivity, accessibility and safety parameters. It has been observed that BLE is prominent in closed area positioning, location based information messages, integration with other systems, bidirectional communication, power consumption and mobile location tracking projects. Therefore, BLE technology has been studied in detail. Instant and regional BLE based location tracking of the hospital beds, portable/fixed test machines and high-value inventories which could be lost or incorrectly placed in hospitals was performed. In addition, a central communication system has been installed which can report the basic functions of the inventory, such as positioning, entering or exiting the area. MQTT server is used as central communication system. Each zone is equipped with 220V powered collectors with 2 BLE-WiFi connections. Positioning sensitivity has been successful in the region. Thanks to the

motion sensor located on the inventory card, the moving/stationary status, battery status and RSSI information can be monitored instantaneously by the center. For battery save, the inventory card takes 2 seconds for broadcasting and 60 seconds for the sleep period. The inventory card will work with the CR2032 clock battery and battery life will be approximately 1 year with the current configuration. When the motion sensor is triggered during the sleep period, it passes the broadcasting period and informs the center. The center can configure sleep and broadcast time. In this way, regional position sensitivity can be increased by increasing the broadcasting time of the inventory cards. As the broadcast time increases, location sensitivity will increase and battery life will decrease.

Keywords: BLE, WiFi, inventory tracking, MQTT, Beacon

1. INTRODUCTION

The aim of this study is to perform a positioning system in the closed areas of the hospital. Instantaneous tracking of valuable inventories was realized for possible lost. In addition, changes of the basic location, such as positioning, moving out and entering the area, are recorded and reported to the center.

Positioning makes human life easier. According to the research conducted by M. Mohammadi et al. in 2018, people spend only 13% of their daily life in open areas and the rest are in closed areas (home, school, work places, etc.) [1]. In recent years, with the widespread use of mobile devices, the use of GPS in open area positioning systems has come to the fore. However, GPS is not suitable for closed area positioning systems since it cannot operate at the desired sensitivity due to both the high power consumption and the weakness of the GPS signal in the enclosed areas.

In closed area positioning systems, the most used technologies are WiFi and BLE (Bluetooth Low Energy). They have advantages over each other. Although the WiFi has a high infrastructure, power consumption is high. Therefore, it is not suitable for projects using the battery. The closed area position sensitivity is 3-4 meters [2]. BLE is an inexpensive technology with low power consumption with its infrastructure increasing day by day. For this reason, inventory tracking device designed with CSR1010 [3] integrated by Qualcomm company was used in hospital tracking system. The radio signal strength indicator is the power at the time a signal is received by the receiver. It can be used for finding the distance between the receiver and transmitter and for indoor positioning [4]. Location localization with wireless networks is performed using the BTS (Position Transceiver Station) system [5]. Studies using RSSI (radio signal strength indicator) in positioning systems can be given as by T.Chong et al., 2010 [6], P. Kornel et al., 2013 [7], N. Pritt et al., 2013 [8].

The MQTT (message queue telemetry transport) [9] protocol, an indispensable part of M2M and IoT projects, was developed by IBM / Eurotech. It is used to manage TCP / IP-based messaging traffic. Using MQTT as a communication protocol saves power and bandwidth [10]. The MQTT is a light protocol with a small message size [11]. The MQTT architecture is based on the ability to publish and subscribe. It is suitable for use with devices with power restrictions. The MQTT protocol is standardized by OASIS [12].

The central controller used to distribute messages on the MQTT protocol is called MQTT broker. Messages from MQTT broker publishers are forwarded to subscribers. Devices that can communicate with the publish/subscribe concept must indicate the topic to be communicated. Only device subscribers at the specified subject can communicate.

2. MATERIALS AND METHODS

The block diagram of the hospital tracking system is shown in Figure 1. BLE technology was used in both the server and the client. The receiving devices are arranged in a rectangular shape to fit the mesh topology. BLE and WiFi/Ethernet were used as receivers on the stable nodes. BLE inventory tracking cards were used as the transmitter in the mobile nodes.

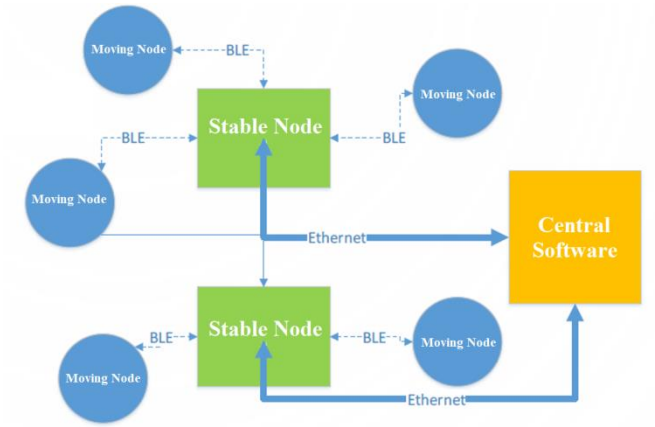


Figure 1. The block diagram of the hospital tracking system

The signal strength of the inventory card broadcasting the position information is 4dBm. In addition to the position information, the movement status information, permission information, card type information and battery level information are sent to the stable node. Since the time and frequency of broadcasting affects the battery consumption, the battery consumption varies according to the movement condition. L2G2IS [13] gyroscope was used to determine the movement status. If the inventory card is in a fixed state for 60 seconds, the power consumption is reduced by making the publication time 1000ms. If the inventory card is in a moving state, the publication time is set to 100ms.

Inventory tracking card;

- Signal strength: 4dBm
- Period of publication:
  - o Moving condition: 100ms
  - o Fixed case: 1000ms

The position information collected at the receiver/collector side is sent to the MQTT broker with periods of 10s.

For positioning systems with RSSI measurement, there is no need for any additional equipment, such as positioning systems with infrared and ultrasonic waves. As the distance increases in radio signals, the signal strength decreases. In studies with radio signals, it was concluded that there is not an accurate indoor radio propagation model [14]. The internal area propagation varies according to the environment material, the wall, the objects and the transceiver position in the environment. One of the formulas calculated with respect to these variables is the loss of distance pathway [15].

The RSSI (d) in Equation (1) is the signal strength between the receiver and the transmitter at a distance d. The RSSI (d_0) is the signal strength between the receiver and the transmitter at a distance of 1 meter. n is a variable path loss index in the propagation environment and is taken as 2 in free space.

$$\mathrm{RSSI(d)} = \mathrm{RSSI}(d_0) - 10 \text{ x n x } \log(\frac{\mathrm{d}}{d0}) \quad (1)$$

The equation in Equation (2) is arranged according to the distance parameter in Equation (1).

$$\mathrm{d} = 10^{\frac{(\mathrm{RSSI}(d_0) - \mathrm{RSSI(d)})}{10\,x\,n}} \quad (2)$$

If you want to calculate path loss index, Equation (3) is used.

$$n = \frac{(\mathrm{RSSI}(d_0) - \mathrm{RSSI}(d))}{10\,x\,\log(\frac{d}{d0})} \quad (3)$$

In the MQTT protocol, the administrator who controls the message traffic is called as “broker”, the message broadcaster is called as “publisher” and the subscriber who listens to the messages is called as “subscriber”. The MQTT communication system is shown in Figure 2.

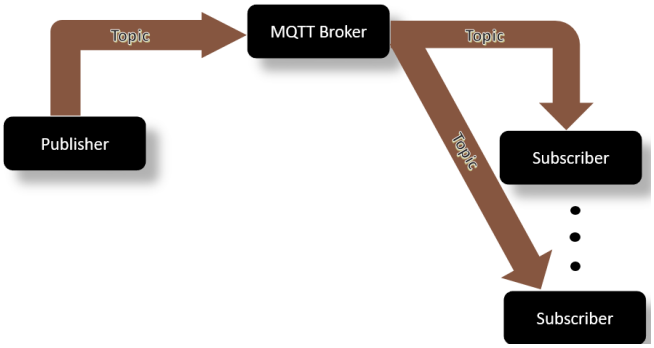


Figure 28. MQTT communication system

In the hospital tracking system, topics consist of 4 levels. Since the serial number of each receiver/collector connected to the broker is included in the topic, it is a single topic which it publishes and subscribes. An example topic is given in Figure 3:

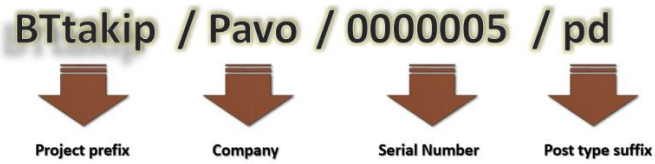


Figure 29. MQTT Topic

In the hospital tracking system, client (computer interface) application is used to connect with broker. The client will contact the broker with a username, password and subscribe on a specified topic. Client receives its incoming message as byte array. The message content is Topic ID, inventory ID, inventory battery and RSSI level. The message structure of each receiver sent to the MQTT brochure is shown in Figure 4.

Message Name	HEX	ASCII	LENGHT
Frame Prefix	01 AA 55	<SOH>ªU	3
Message Type (put on per ID)	7C	|	1
ID	00 01(MSB-LSB)	Dec value	2
Battery status(%)	64	Dec value	1
RSSI level	D8	Dec value	1
Permission status	00 01(MSB-LSB)	Dec value	2
Frame Suffix	55 AA 04	Uª< EOT >	3

Figure 30. Receiver-MQTT messaging structure

MySQL was used as a database in the hospital tracking system. There is a database storing the message packets coming from the client applications. The data of the inventory cards are kept in the database.

2.1. Realized Study

Hospital Inventory tracking system consists of two parts as moving nodes and collector stable nodes. The information of the location of moving nodes, battery information, motion state information and permission information are collected by collector stable nodes and processed in an intelligent central system.

The moving node is also named as inventory tracking device for this project. The inventory tracking device is a smart device that facilitates the tracking of objects that can be lost frequently, to prevent them from being displaced or stolen. To report the battery level, to report the motion status with the acceleration sensor, being eble to detect by stable nodes and usually the long life of the battery in sleep mode can be counted as its abilities. The CR2032 operates with a 240mAh capacity battery. The inventory tracking card is shown in Figure 5.



Figure 31. Inventory tracking card

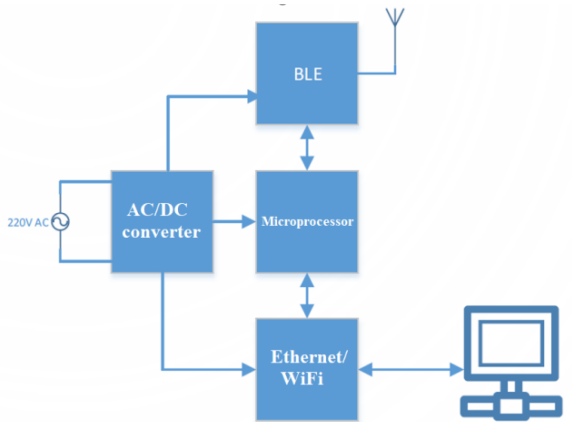


Figure 32. Hospital Tracking System

Stable nodes use WiFi and BLE technologies together. The stable node uses BLE to communicate with the mobile node. WiFi is used to transmit the information received from the mobile nodes to the central software. The purpose of using WiFi is that it can be used without any additional hardware because it is installed as an infrastructure. Hospital tracking system is shown in Figure 6.

Computer interface of the hospital tracking system opens. In our study, a sketch of the emergency floor of a private health center was used. The sketch file of the closed area is imported on the computer interface. An emergency service sketch with no collector is shown in Figure 7.



Figure 33. The sketch of an emergency service without a collector

The zones and locations of stable nodes are entered on the sketch. Figure 8 shows the location of the emergency service with the selected location and the collector.

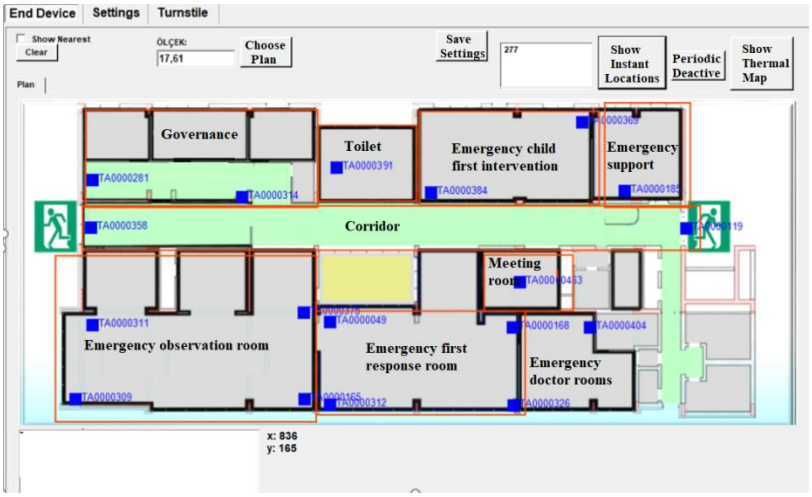


Figure 34. The sketch of thye emergency service with the collector

Click the Settings tab to connect to the MQTT broker. The MQTT topic name, broker address, broker port, user name and password information are entered as shown in Figure 9.

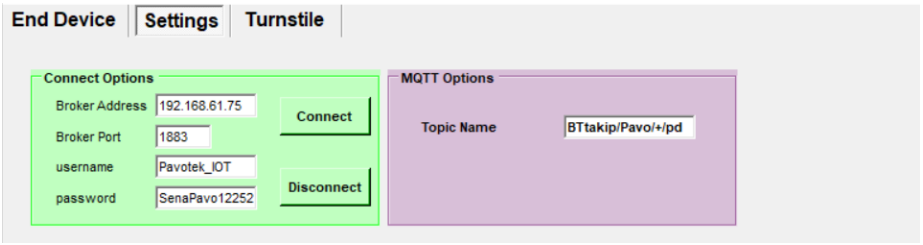


Figure 35. MQTT connection settings

Collector names, coordinates, and RSSI sensitivity of each collector at 1 meter are checked. Region names and coordinate information are checked in Figure 10.

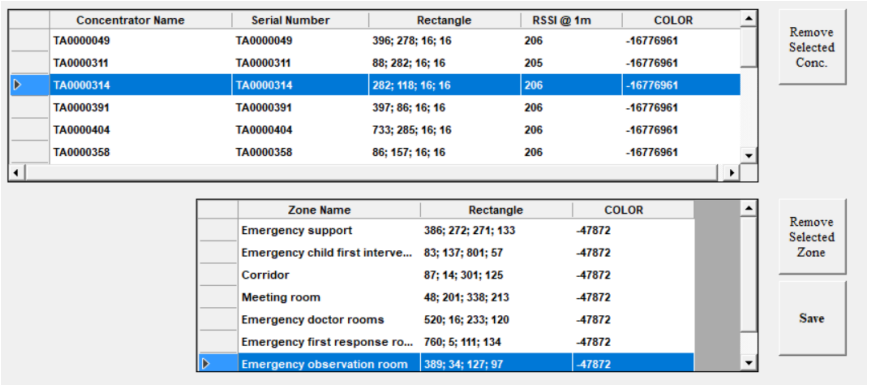


Figure 36. Collector adjustment page

To find out the location of valuable inventory numbered 277, write 277 on «Filter» tab and click «Show Instant Locations». The operation is processed according to the RSSI level of the closest 3 collectors to the inventory numbered 277. Figure 11 shows the location of the inventory numbered 277 in the Emergency First Response Room.

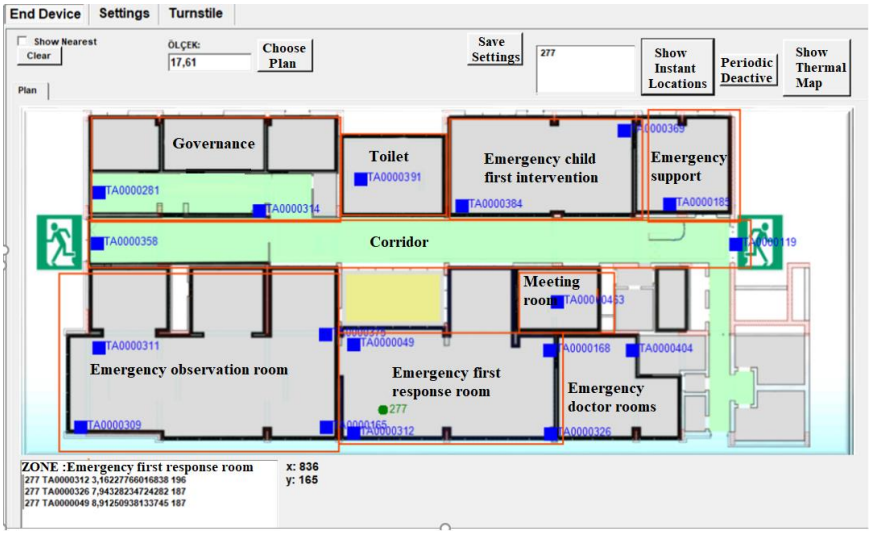


Figure 37. The location of the inventory numbered 277

3. RESULTS

It is seen that instant inventory tracking can be performed with hospital tracking system. As a result of the measurements, the positioning sensitivity is calculated as 2-3 meters. By increasing the number of stable nodes, the sensitivity level can be increased. Another way to increase the level of sensitivity is to increase the broadcasting frequency of moving nodes. As the frequency of broadcasting increases, the power consumption will increase and the battery change time will be shortened.

There is a MQTT protocol on the basis of hospital inventory tracking application. It is a messaging protocol for IoT and M2M applications. A computer interface is used as MQTT client. The most important feature that distinguishes the MQTT protocol from similar protocols is that the process load is light. MQTT broker was created based on Linux. The MQTT broker acts as a traffic cop on the communication by controlling the message traffic. It uses the 1883 port in the TCP/IP protocol. Access to the broker is provided by the user name, password and the static IP address of the server using the computer interface. Client receives its incoming message as byte array. Message Topic ID, End Unit ID, End Unit's Battery and RSSI level is converted.

The message packages from the client applications were stored in a database. MySQL was used as database. Data of collectors and inventory cards were kept in the database.

4. DISCUSSION

Instant and past inventory tracking for hospitals is of great importance. The reason for this is that the common used materials within the hospital are not known where they are in need. Another reason is that the costly inventory can be tracked instantaneously and when it is taken out of the zone without permission, it can provide a safety warning. The frequency of broadcasting of moving nodes (of inventory tracking cards) can be increased to increase the system security. Thus, the location sensitivity will be improved and system security will be increased.

Inventory tracking system was realized as the first stage of hospital tracking system. In addition to inventory tracking, hospital employee tracking, patient visitor tracking and attendant tracking will also be integrated into the system. Water-resistant emergency wristbands designed for patients will also be integrated into the system.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks to Pavotek company for the support of hardware and test environmet.

REFERENCES

[1]Mehdi Mohammadi "*Semi-supervised Deep Reinforcement Learning in Support of IoT and Smart City Services*", IEEE Internet of Things Journal, 10.1109

[2]Gints Jekabsons, Vadim Kairish, Vadim Zuravlyov, "*An Analysis of Wi-Fi Based Indoor Positioning Accuracy*", 10.2478/v10143-011-0031-4.

[3] 04.05.2019 tarihinde https://www.qualcomm.com/media/documents/files/csr1010-data-sheet.pdf alındı.

[4]R. Mardeni, Othman, Shaifull Nizam, "*Node Positioning in ZigBee Network Using Trilateration Method Based on the Received Signal Strength Indicator (RSSI)*", ISSN 1450-216X Vol.46 No.1 (2010), pp.048-061.

[5]M. Sauter (2010). "*3.7.1 Mobility Management in the Cell-DCH State*". From GSM to LTE: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband. John Wiley & Sons. ISBN 9780470978221.

[6] Tan Chong "*Efficient RFID tag placement framework for in building navigation system for the blind*," Asia-Pacific Symposium no. 8, pp. 1-6, 15-18 June 2010.

[7] P. Korbel "*Analysis of the influence of radio beacon placement on the accuracy of indoor positioning system*," (FedCSIS), pp..889Sept 2013.

[8] N. Pritt, "*Indoor location with Wi-Fi fingerprinting,*" Workshop: Sensing for Control and Augmentation, pp. 1-8, 23-25 Oct 2013.

[9] 04.05.2019 tarihinde Mqtt, Available: http://mqtt.org/ sitesinden alındı.

[10] I. Špeh and I. Heđ, "A Web - Based IoT Solution for Monitoring Data Using MQTT Protocol," 2016 Int. Conf. Smart Syst. Technol., pp. 249– 253, 2016.

[11] J. E. Luzuriaga, J. C. Cano, C. Calafate, P. Manzoni, M. Perez, and P.Boronat, "Handling mobility in IoT applications using the MQTT protocol," 2015 Internet

[12] Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS), 04.05.2019 tarihinde https://www.oasis-open.org/ sitesinden alındı

[13]https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/6f/7d/9c/da/78/f2/42/1b/DM00150082.pdf/files/DM00150082.pdf/jcr:content/translations/en.DM00150082.pdf Date of access 4 May 2019

[14] A. Goldsmith, "*Wireless Communications*," Cambridge University Press, New York, 2005.

[15] T. S. Rappaport, "*Wireless Communications: Principles & Practice*," Prentice-Hall:Upper Saddle River, NJ, 1996.

PLASTİK MEDİKAL BİR ÜRÜNÜN YOLLUK TASARIMI VE AKIŞ ANALİZLERİNİN İNCELENMESİ

***Simge AYKUL**
*Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği
aykul792@gmail.com

****Öğr. Gör. Dr. Ömer ERKAN**
** Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği
omererkan@duzce.edu.tr

****Ars. Gör. Emre YÜCEL**
** Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği
emreyucel@duzce.edu.tr

Özet

Günümüzde plastik malzemeler, medikal sektöründe de kullanım alanına sahiptir. Medikal sektöründe kullanılan plastik malzeme plastik PP (polipropilen) malzemeler, yorulmaya karşı çok iyi direnç gösterir. Düşük maliyetlidir, iyi bir darbe dayanımı vardır. Sürtünme katsayısı düşük olup, çok iyi elektrik yalıtımı sağlar. Kimyasal direnci iyidir. Tüm termoplastik işleme proseslerine uygundur. PP'nin, erime sıcaklığı 160° civarındadır. Polipropilen plastik malzemelerin kullanım alanları artmaya başladıkça plastik malzeme analizleri de önem arz etmektedir. Kalıp analizleri ile üretim öncesi ulaşılan verilerle zamandan tasarruf sağlanmaktadır

Yapılan çalışmada steril PP (Polipropilen)'den üretilen göz kalkanının 3B tasarımı yapılarak Autodesk Moldflow Adviser 2019 yazılımında yolluk tasarımı yapılarak çoklu imalata uygun hale getirilmiştir. Tasarlanan yolluk sistemi akış analizlerine tabi tutulup, Yolluk Konumu, Dolum, Soğuma Kalitesi, Soğutma, Çarpılma ve Çökme İzleri analiz sonuçları incelenerek değerlendirmelerde bulunulmuştur..

Anahtar Kelimeler: Moldflow Adviser, Steril PP(polipropilen), Plastik malzemeler, yolluk tasarımı, akış analizleri.

INVESTIGATION THE RUNNER DESIGN OF A MEDICAL PRODUCT AND FLOW ANALYSIS

Abstract

Nowadays, plastic materials are also used in medical sector. The plastic material used in the medical sector plastic PP (polypropylene) materials exhibit very good resistance to fatigue. Low cost, good impact resistance. Friction coefficient is low and provides very good electrical insulation. Chemical resistance is good. It is suitable for all thermoplastic processing processes. The melting temperature of PP is around 160 °. Plastic materials analysis is also important as the usage areas of polypropylene plastic materials increase. Saving time with pre-production data by mold analysis

In the adhering study, 3D design of the eye shield made of sterile PP (Polypropylene) was made and Autodesk Moldflow Adviser 2019 software was designed to be suitable for multiple manufacturing. The planned runner system was subjected to flow analyzes and the results of the analysis of the Runway Location, Filling, Cooling Quality, Cooling, Distortion and Crashes were evaluated and evaluated.

Key Words: Moldflow Adviser 2019, Sterile PP (polypropylene), Plastic materials, runner design, flow analysis.

1. GİRİŞ

Plastik malzemeler günlük hayatta oldukça çok kullanılan malzemeler arasındadır[Koyun, 2005]. Son yıllarda plastik malzeme üretimi ve tüketimi dünyada 200 milyon tona ulaşmıştır. Bu artış ile birlikte

plastik malzeme üretim , tasarım ve analiz çalışmalarına olan ihtiyaçta giderek artmıştır [Çelikkol, 2008]. Plastik malzemelerin yoğunluklarının düşük olması, ısıtıldıklarında akıcı hale gelmeleri ve karmaşık geometriye sahip ürünlerin bile tek bir kalıplama işlemi ile üretilebilir olması en önemli tercih sebebidir. Düşük ısı iletim katsayıları ve elektrik iletmeme gibi özellikler plastik malzemelerin alternatif diğer malzemelerin yerine tercih edilmesini sağlamaktadır. Bundan dolayı son yıllarda başta ambalaj olmak üzere medikal, otomotiv, gıda ve diğer pek çok alanda tercih sebebidir. Plastik ürünlerin kullanım alanlarının ve kullanım miktarının giderek artması, üretim için gerekli yöntemlerin de artmasını ve gelişmesini beraberinde getirmiştir. Plastik ürünler sahip oldukları özelliklere göre genellikle ısıtarak ergiyik hale getirme, basınç uygulayarak şekillendirme (kalıplama) ve soğutularak kullanıma hazır son şeklini alma aşamalarından oluşan kalıplama yöntemlerinden biri tercih edilerek üretilmektedir. Enjeksiyonla kalıplama, plastik ürünlerin üretiminde en fazla paya sahip yöntemlerin başında gelmektedir [Uluer ve ark., 2005-2006-2008]. Yüksek sipariş miktarlarında plastik ürün üretimi gereken durumlarda, alternatif diğer üretim yöntemlerine göre önemli avantajları bulunmaktadır. Enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle, yüksek sipariş miktarlarındaki plastik ürünler hızlı, tam detayları ile birlikte bir çevrimde, düşük üretim maliyetleri ile ve en önemlisi tekrarlanabilir özelliklerde üretilebilmektedir [Uluer, 2009].

Lee ve arkadaşları, enjeksiyon kalıpları için bir kalıp tasarım sistemi geliştirmişlerdir. Sistemde, plastik parça tasarımı ve kalıp imalatı için işlem planlama adımları birlikte gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistemle, kalıp tasarımı gerçekleştirilmiş ve kalıp imalat zamanı önemli ölçüde düşürülmüştür [Lee ve ark., 1997]. Spina, farklı yolluk sistemlerini, yolluk girişini ve ürün konfigürasyonlarını dikkate alarak, plastik parçaların kalıplanmasına yönelik bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada, karmaşık şekilli plastik parçaların işlemeye uygunluğu, imal edilebilirliği, kalıp dolumu ve kalıbın soğutulması işlemleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir [Spina, 2004]. Huang ve arkadaşları, iki parçalı kalıplarda üretilemeyecek ürünler için çok parçalı kalıp tasarımına yönelik bir algoritma geliştirmişlerdir. Yapılan çalışma sayesinde, karmaşık şekilli plastik parçalar için kalıp tasarım aşamaları kolaylaştırılarak, kalıp tasarım zamanı önemli ölçüde azaltılmıştır [Huang ve ark., 2003]. Priyadarshi ve Gupta çok parçalı kalıpların otomatik tasarımına yönelik bir algoritma geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada, parça yönünün ve kalıp açılma çizgisinin tespiti, parça yüzeylerinin oluşturulması ve kalıp parçalarının tasarımı gibi önemli kalıp tasarım aşamaları dikkate alınmıştır. Geliştirilen algoritma, kalıp parçalarının analizini yaparak, komple kalıp setinin montajını ve demontajını gerçekleştirmekte ve düzlemsel olmayan kalıp açılma çizgilerini de oluşturulabilmektedir [Priyadarshi ve Gupta, 2004]. Nezhad ve Siores, enjeksiyonla kalıplamada işlem parametrelerini belirleyebilmek için kullanıcı etkileşimli bir sistem geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada belirlenen işlem parametreleri Moldflow paket programına aktarılıp simülasyonu gerçekleştirilerek, enjeksiyon parametrelerini belirlemede uzman kişi gereksinimini azaltmak amaçlanmıştır [Nezhad ve Siores, 1997].

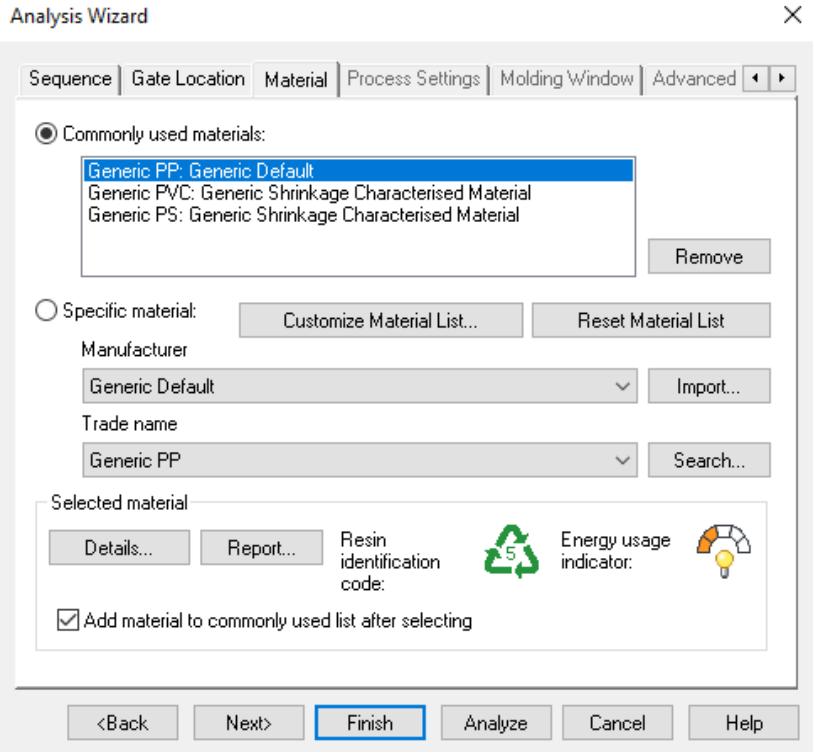
Bilgisayar Destekli Mühendislik (Computer Aided Engineering, CAE) yazılımı olarak, mühendislik çalışmalarının yürütülmesinin her aşamasında, ürün ve proseslerin tasarımında, analizinde, ürünlerin üretilmesinde, Moldflow Adviser 2019 kullanılmaktadır. Moldflow Adviser 2019, CAD programı ile yapılan bir tasarımın analizini yapmaktadır. 2 ve 3 boyutlu akış analizlerinde ve özellikle ince cidarlı parçaların analizinde oldukça güvenilir sonuçlar vermektedir. Güvenirliği nedeni ile yaygın olarak kullanıma sahiptir. Kalıp tasarımında analiz, üreticiye zaman kazandıran ve imalatta karşılaşılabilecek kötü sürprizleri önleyen yegane yardımcıdır [Erkan ve Kavak, 2014]. Moldflow Adviser 2019 ile parça geometrisindeki ve kalınlıktaki değişimlerin, yolluk sisteminde ve yolluk giriş noktasındaki değişikliklerin, malzemedeki değişikliklerin, ürün kalitesine olan etkisini ve plastik enjeksiyon süreci ile ilgili olarak ortaya çıkabilecek sorunları önceden görebilmemize olanak sağlar [İdrizoğlu, 2010].

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Göz kalkanı ürününde malzeme olarak geri dönüşümü yüksek olan steril PP(Polipropilen) malzeme kullanılmıştır. Steril PP malzeme, yorulmaya karşı çok iyi direnç gösterir. Düşük maliyetlidir, iyi bir darbe dayanımı vardır. Sürtünme katsayısı düşük olup, çok iyi elektrik yalıtımı sağlar. Kimyasal

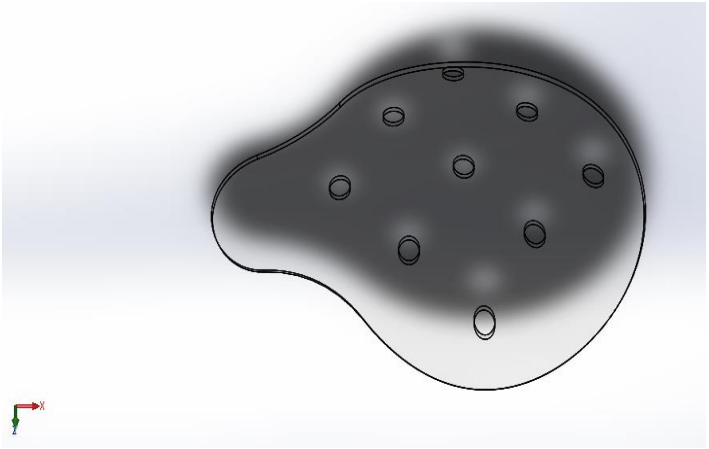
direnci iyidir. Tüm termoplastik işleme proseslerine uygundur. PP'nin, erime sıcaklığı 160° civarındadır [Koç, 2016]. Yapılan tasarımda , öncelikle SolidWorks üzerinde malzeme tanımı yapılır. Daha sonra Moldflow Adviser 2019 'da yolluk konumu analizine başlamadan önce Şekil 1'de görüldüğü gibi malzeme üretici firması ve plastik malzeme cinsi seçilir.



Şekil 1. Malzeme Seçimi

2.2 Yöntem

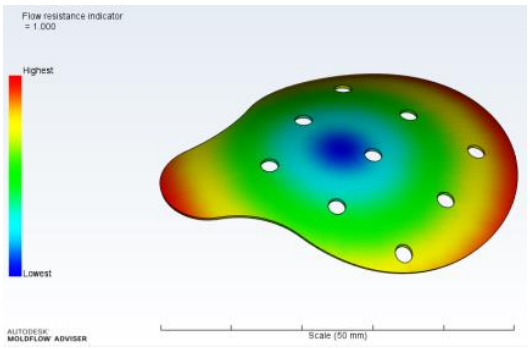
Yapılacak ürünün analizi için öncelikle tasarım SolidWorks programı kullanılarak çizilir ve "sldprt, IGES, stl veya x_t " uzantılı olarak kaydedilir. Tasarımı yapılan göz kalkanının 3B modeli Şekil 2'de gösterilmektedir.



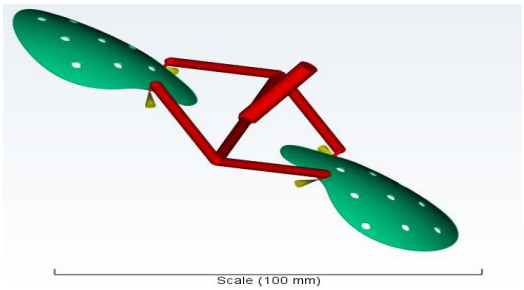
Şekil 2. Göz kalkanının 3B modeli

Çizilen göz kalkanı daha sonra analiz yapılabilmesi için CAE yazılımı olan Autodesk Moldflow Adviser 2019 programına aktarılır. İlk olarak yolluk konumu analizi yapılır. Bu analiz enjeksiyon noktasını belirlemek için önemlidir ve Şekil 3'de görüldüğü gibi bu nokta için en uygun renk mavi ile gösterilen orta kısımdaki bölgedir. Fakat parçada çok yolluklu analiz yapılacağı için o aşamaya

geçildiğinde enjeksiyon noktası modelin çoğaltılmış haline uygun olmalıdır. Çok yollu kalıp tasarımdaki enjeksiyon konumu Şekil 4'teki gibidir.

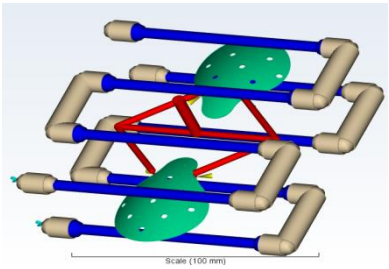


Şekil 3. Yolluk konumu sonucu akış direnç göstergesi



Şekil 4. Çok yolluklu analizde enjeksiyon noktası

Analiz başlangıç değerleri; erime sıcaklığı, kalıp sıcaklığı ve maksimum enjeksiyon basıncı malzemeye özel olarak yazılım tarafından belirlenmiştir. Analiz böylece hazır hale gelir ve yolluk konumu sonrası diğer analizler yapılmaya başlanır. Yanlızca soğutma analizini yapabilmek için kalıba soğutma kanalları eklemek gereklidir. Soğutma kanalları ise Moldflow Adviser 2019'da 'Cooling Wizard ' kullanılarak gerekli soğutma kanalı sayısı ve diğer ayarlar yapılarak eklenir. Göz kalkanı modeli için kanal sayısı Şekil 5'te görüldüğü gibi belirlenmiştir.



Şekil 6. Soğutma Kanalı

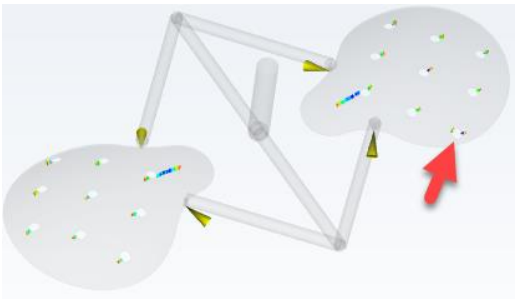
Yolluk konumu analizi sonrası dolum, soğuma kalitesi, soğutma, çarpılma ve çökme izleri analizi yapılmıştır. Çökme izleri analizi sadece part only ve single cavity (tek yolluk) modülünde yapıldığından analiz sonuçlarında tek ürün üzerinde gösterilmiştir.

3. ANALİZ SONUÇLARI

Yolluk konumu analizi sonrasında yapılan yolluk ile dolum analizi sonucunda dolumun %100 olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca göre akışkan kalıbı tamamen doldurmuş ve hiç boşluk kalmamıştır. Enjeksiyon yerlerinin ve sayısının doğru olması bu sonucu oluşturmaktadır. Dolum analizi altında yapılan analiz sonuçlarına göre ;

Dolum süresi analizi sonucuna göre, dolum süresi yaklaşık 0,36 saniyedir. Akışın en hızlı olduğu yer enjeksiyon noktasıdır. Dolum güvenliği %100'dür bu da enjeksiyon noktasından modeli dolduran akışkanın kalitesi göstermektedir. Akışkan %100 kaliteye sahiptir. Model için seçilen plastik malzeme yerinde bir tercih olmuştur. Kalite tahmininde %99.9'luk bir kalite ortaya çıkmaktadır. %0.05'lik bir kısımda düşük kalite gözlenmiştir. Fakat bu çok küçük bir değer olduğundan göz ardı edilebilmektedir ve akış tamamlandıktan sonra kalitenin yüksek olduğu söylenebilmektedir. Enjeksiyon basıncı analizi akışkanın basıncını belirtir ve maksimum basıncın enjeksiyon noktasında olduğu söylenebilmektedir. 39,43 MPa basınç ile akışkan modele basılacaktır. Modelde en yüksek sıcaklık enjeksiyon noktasında olduğu gözlenmiştir. Akışkan cephe sıcaklığı analizi malzemedeki yüzey kusurları ve malzeme bozulması hakkında bilgi vermektedir. Modelde sıcaklık dağılımının yüksek olduğu alanlarda malzeme bozulması ve yüzey kusurlarının oluşması beklenmektedir. Modelde görüldüğü gibi sıcaklık dağılımları istenilen düzeydedir, bu da malzemenin bozulmasını ve yüzey kusurlarının olmasını engelleyecek bir unsur olarak gözlenmiştir. Yüzey yönelimi plastik akışkanın enjeksiyon noktasından çıktıktan sonraki akış yönlerini göstermektedir. Enjeksiyon noktasından gelen akışkan modelin her noktasında eşit dağılmıştır. Bu eşit dağılım da modelin doğru ve istenilen geometride olacağının göstergesidir. Modelin enjeksiyon sıcaklığına ulaşması yaklaşık 1.117 saniyedir. Sorun yaşamamak için kalıp soğuk tutulmalıdır. Modele akan iki akışkanın karşılaştığı noktalarda hava boşlukları görülmektedir.

Akış yolunda sorun varsa, parça cidarı ve plastik ince yoldan geçerken akış kararsızlığı yaşıyorsa bu durum meydana gelmektedir. Önlemek için parça cidarı ve plastik malzeme değiştirilebilir. Enjeksiyon sayısını arttırmakta bu sorunu çözebilir. Fakat yapılan analizde hava kabarcıkları tek bir bölgede görülmektedir. Parçanın önemsiz bölgesinde yer aldığı için de göz ardı edilebilmektedir. Kaynak izleri genel olarak iki akışkanın karşılaştığı noktalarda ve Şekil 6'da görüldüğü üzere delik bulunan kısımlarda görülmektedir. Bunun nedeni akışkanın birden fazla yerde kesişmesidir.Kaynak izleri parçanın kırılgan bir yapıya sahip olmasına ve kötü gözükmesine neden olmaktadır. Önlemek için enjeksiyon yeri değiştirilebilir veya geometri değişikliği yapılmalıdır.

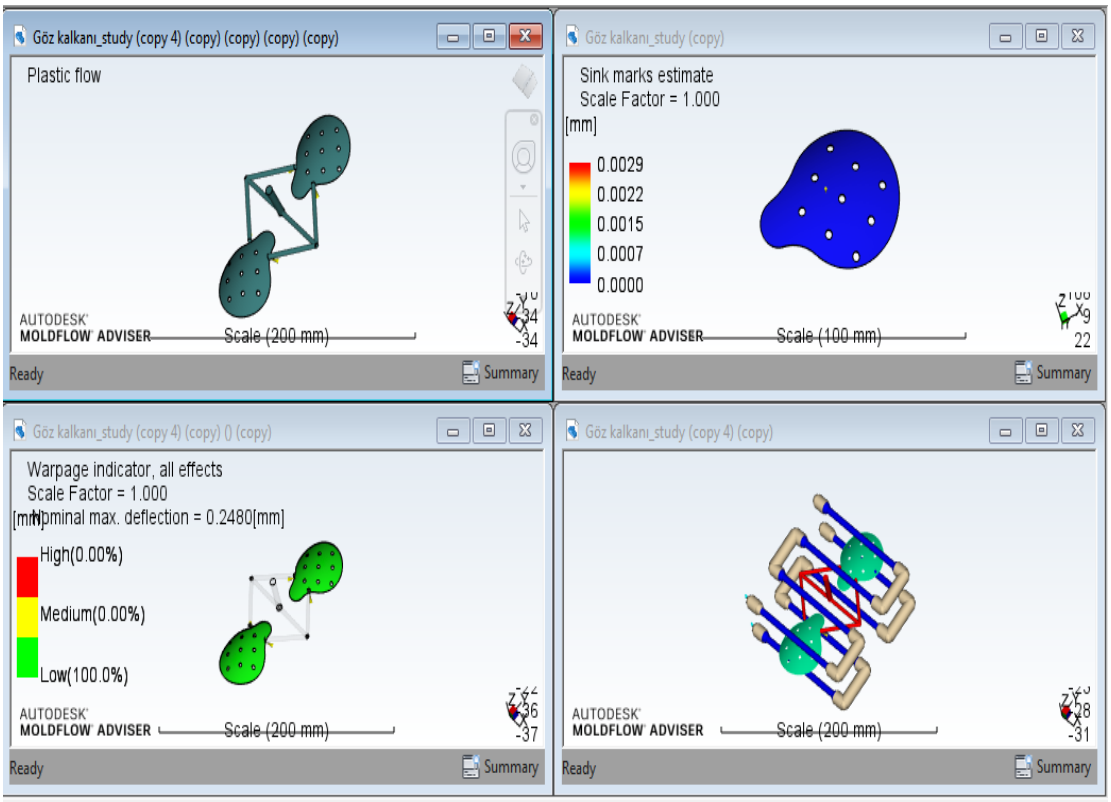


Şekil 6. Kaynak İzleri

Çok yolluklu kalıp analizinde dolum analizi sonrası soğutma kanalları belirlendikten sonra soğuma analizi yapılmıştır. Plastiğin hızlı ve düzgün bir şekilde soğutulması , kaliteli ve ekonomik bir ürün için plastik enjeksiyon sürecinde büyük önem arz etmektedir. Soğutma analizindeki sonuçlara göre soğuma kalitesinin %100 olduğu tespit edilmiştir. Analiz cetvelindeki ; yeşil renk, modelin en iyi soğuma kalitesine sahip olduğu bölgeleri gösterir. Yapılan analizdeki göz kalkanı modelinde bütün parça yeşil renk olduğundan modelin soğuma kalitesi %100'dür. Bu modelin soğuma kalitesinin %100 olmasının en önemli sebebi soğutma kanallarının kullanımıdır. Soğuma zaman farkı -0,26 ile 0,0046'dır. Kalıp içinde soğuma için beklenen süre fazla uzun değildir. Soğutma analizi içindeki devredeki soğutma sıcaklığı sonucu, suyun soğutma kanallarından geçen sıcaklığını göstermektedir. Yapılan modelde soğutma sıvısı sıcaklığı devrenin girişinde düşük, çıkışında maksimum değerdedir.

Çarpılma analizi parçanın modelden çıktıktan sonraki çarpılma durumunu göstermektedir. Çok yolluklu kalıp ile yapılan analiz sonucunda parçada hiç çarpılma olmadığı gözlenmiştir. Çarpılma olmadığı için modelin kalıplama sıcaklığı ve kenar kalınlıkları ideal değerlerdedir. Çökme izleri analizi sadece part only ve single cavity (tek yolluk) modülünde gerçekleşebilmektedir ve model üzerinde oluşabilecek çökmeler hakkında tahminde bulunur. Çökme izleri, kalıplanmış parçanın

yüzeyinde çöküntü olarak görülmektedir. Bunlar küçük olmasına rağmen görülebilmektedir. Parça dayanımı veya işlevini etkilemez fakat kalite kusuru olarak kabul edilir. Model analizinde 0.0029 mm değerinde çökme görülür. Model üzerinde yapılan analizde mavi renk ağırlıktadır. Model genel anlamda çökmeye karşı dayanıklıdır. Bütün bu analiz sonuçları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Plastik akışı, çökme, çarpılma, soğutma kanalı

4. SONUÇLAR

Medikal göz kalkanı ürününün 3B modeli üzerinde Moldflow Adviser yazılımı ile plastik akış analizleri başarıyla gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Model üzerindeki dolum ve yolluk ile dolumun %100 olduğu gözlemlenmiştir.
- Akışkan kalıba yaklaşık 0,36 sn'de dolmaktadır.
- Yüzey yöneliminin eşit olması modelin doğru ve istenilen geometride üretilmesine olanak sağlar.
- Model üzerinde kalitenin çok yüksek olduğu gözlenmiştir.
- İki akışkanın karşılaştığı noktada hava kabarcıkları tespit edilmiştir. Fakat parçanın önemsiz yerinde olduğu için göz ardı edilebilmektedir.
- Akışkanın birden fazla yerde kesişmesi sonucu kaynak izleri meydana gelmiştir.
- Model %100 soğuma kalitesine sahiptir.
- Modelde çarpılmanın olmadığı gözlemlenmiştir.
- Çökme izleride yok denecek kadar azdır.

KAYNAKÇA

ÇELİKKOL E., (2008), Plastik Hata Analizi ve Çözümleri, *Y.T.Ü Yüksek Lisans Tez çalışması*, İstanbul.

ERKAN Ö., KAVAK Y., (2014), *Autodesk Moldflow Ultimate 2014 ile Plastik Akış Analizleri*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

GÜLDAŞ A., ULUER O., ÖZDEMİR A., (2006) The determination of viscosity and density variations of molten plastics, *Teknoloji Dergisi*, 9, 127-135.

GÜLDAŞ A., ULUER O., (2006), Termoplastiklerin Akış Davranışları, *Aylık Kalıp ve Teknolojileri Dergisi*, 1, 121-124.

GÜLDAŞ A., ULUER O., ÖZDEMİR A., (2005), Enjeksiyon kalıplarındaki akışın analizi, ergimiş plastik akışının matematiksel modellenmesi için temel denklemlerintüretilmesi, *Gazi ÜnİversitesiFen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18, 517–528.

GÜLDAŞ A., ULUER O., ÖZDEMİR A., (2005), Ergimiş plastiğin kalıp boşluğundaki gerçek akış davranışının gözlenmesi için kalıp tasarımı ve imalatı, *Teknoloji Dergisi*, 8, 181-189.

GÜLDAŞ A, ULUER O., ÖZDEMİR A., (2008), YYPE malzemesinin reolojik özellikleri, *12th International Materials Symposium*, Denizli.

HUANG J., GUPTA S. K., STOPPEL K.,(2003), Generating sacrificial multi-piece molds using accessibility driven spatial partitioning, *Computer-Aided Design*, 35, 1147-1160.

İDRİZOĞLU İ., (2010), *Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımında Analiz Yazılımlarının Yeri*, 4 Mayıs tarihinde Uludağ Üniversitesi: http://www.turkcadcam.net/rapor/pek-analiz/index.html adresinden alındı.

KOYUN Ç., (2005), Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Analizi, *Y.T.Ü Yüksek Lisans Tez çalışması*, İstanbul.

KOÇ İ, (2016), *PP Malzeme Özellikleri*, 3 Mayıs tarihinde İshak Koç : https://ishakkoc.net/pp-malzeme-ozellikleri/ adresinden alındı.

Lee R.S., Chen Y.M., Lee C.Z., (1997), Development of a concurrent mold design system: a knowlodge-based approach, *Computer Integrated Manufacturing System*, 10, 287-307.

Nezhad S.K., Siores, E., (1997), An intelligent system for plastic injection molding process design, *Journal of Materials Processing Technology*, 63, 458-462.

PRIYADARSHI A. K., GUPTA S. K., (2004), Geometric algorithms for automated design of multi-piece permanent molds, *Computer-Aided Design*, 36, 241-260.

SPINA R., (2004), Injection moulding of automotive components: comparison between hot runner systems for a case study, *Journal of Materials Processing Technology*, 155-156, pp.1497-1504.

ULUER O., (2008), Enjeksiyonla kalıplamada işleme parametrelerinin katılaşmış katman oluşumuna etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 , 249-255.

ULUER O., (2009), Enjeksiyonla kalıplamada üç boyutlu polimer ergiyik akışların sayısal analizi ve deneysel incelenmesi, Gazi Üniv. *Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, Ankara.

THE EFFECT OF SHORT GLASS FIBER CONTENT ON THE PHYSICAL, MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PPROPERTIES OF POLYAMIDE-6

Öğr. Gör. Irfan Akgul
Düzce Üniversitesi/ Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi
irfanakgul@duzce.edu.tr

Prof. Dr. Huseyin Unal
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
unal@sakarya.edu.tr

Özet

Bu deneysel çalışmada; ağırlık olarak farklı oranlarda (%5-30) kısa cam elyaf takviye edilmiş poliamit-6 kompozit malzemelerin fiziksel, mekanik ve mikroyapısal özelliklerine cam elyaf katkı oranının etkisi araştırılmıştır. Cam elyaf takviyeli poliamit-6 esaslı kompozit granülleri üretmek için çift vidalı bir ekstrüder kullanılmıştır. Enjeksiyonla kalıplama tekniği kullanılarak ASTM standartlarına uygun test numuneleri üretilmiştir. Deneysel çalışmada, poliamit-6 esaslı kompozit malzemelerin fiziksel, mekanik ve mikroyapısal özellikleri araştırılmıştır. Yoğunluk, çekme, darbe ve eğilme testleri yapılmıştır. Mikroyapısal çalışmalar için ise taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, polyamit-6 polimer matris malzeme bünyesindeki kısa cam elyaf oranı arttıkça, kompozitin yoğunluk, çekme mukavemeti, elastiklik modülü, eğilme dayanımı, eğmedeki elastiklik modülü değerleri artmış ancak kopmadaki (%) uzama ve darbe mukavemeti değerleri azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Poliamid-6, cam elyaf, karışım, mekanik, fiziksel, takviye

THE EFFECT OF SHORT GLASS FIBER CONTENT ON THE PHYSICAL, MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PPROPERTIES OF POLYAMIDE-6

Abstract

In this experimental study; the effect of glass fiber reinforcement on the physical, mechanical and microstructural properties of short glass fiber reinforced polyamide 6 composite materials, in different ratios (5-30%), was investigated. A twin screw extruder was used to produce glass fiber reinforced polyamide 6 composite granules. It was used by injection molding technique to produce test samples in accordance with the ASTM standards. Physical, mechanical and microstructural properties of polyamide-6 based composite materials produced in experimental study were researched. Density, tensile, impact and bending tests were performed. For the microstructural studies, a scanning electron microscope was used. As a result of the experiments, as the ratio of short glass fiber content in the polyamide-6 polymer matrix material increased, the density, tensile strength, modulus of elasticity, flexural strength, flexural modulus of the polyamide-6 composite materials, increased, while the elongation at break (%) and impact strength values decreased.

Keywords: Polyamide-6, glass fiber, compound, mechanical, physical, reinforcement

1. GİRİŞ

Polimer malzemeler çok çeşitli kullanım alanları, üretim kolaylığı ve düşük üretim maliyetleri gibi özelliklerinden dolayı metalik malzemelere alternatif olarak kullanılmaktadır. Polimer kompozit matis yapısına eklenen katkı malzemelerin boyut, şekil, dağılımları ve matri ve katkı yüzeylerinin yapışma özellikleri kompozit malzemesinin çekme dayanımı, elastikiyet modulu gibi mekanik özelliklerini geliştirir[1,2]. PA-6 polimer malzemesi düşük yoğunluk, eletriksel özellik, kimyasal dayanım, düşük maliyet gibi özelliklerinden dolayı otomotiv, elektrik, makine v.b. geniş alanlarda kullanılmaktadır.

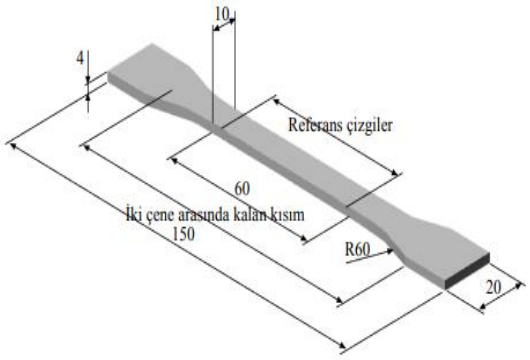
Dayanım ve aşınma gibi özelliklerini iyileştirdiğinden dolayı katkı malzemesi olarak düşük maliyetli olan kısa elyaflar tercih edilmektedir[3,4].

Bu çalışmada kısa cam elyaf ilaveli PA-6 Polimer kompozit malzemelerin mekanik özellikleri incelendi. %5-10-20-30 kısa cam elyaf ilaveli kompozit malzemelerin çekme tesi, eğme testi, izod darbe testi ve yoğunluk testleri gerçekleştirildi. Yapılan testlerde çekme dayanımı, elastikiyet modulu, eğme dayanımı, eğme modulu, izod darbe dayanımı ve yoğunluk testi sonuçları elde edildi. Son olarak tarama elektron mikroskobunda mikroyapı ve kırık yüzey incelemeleri gerçekleştirildi.

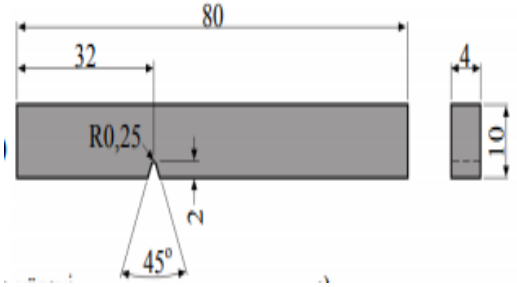
2. MATERYAL VE METOD

Deneysel Çalışmada kullanılan 1,13 g/cm^3 yoğunluktaki matris malzemesi olarak DSM Engineering Plastics firması tarafından üretilen Akulon K125A kodlu Pa-6 polimer malzemesi kullanılmıştır. Cam Elyaf malzemesi olarak Cam Elyaf Sanayi A.Ş. tarafından üretilen PA-2 tip amino silan yüzey modifiyeli cam elyaf malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler NR-II tip ikiz vidalı ekstruder kompound makinası kullanılarak 220-260ºC ısıtıcı sıcaklık aralığında PA-6+%5 GF, PA-6+%10 GF, PA-6+%20 GF, PA-6+%30 GF kompozitleri üretilmiştir. Darbe testi, eğme testi ve çekme testi deney numuneleri geleneksel tip enjeksiyon makinasında 220-250ºC ısıtıcı sıcaklık aralığında 100 bar enjeksiyon basıncında kalıplama ile yapılmıştır.

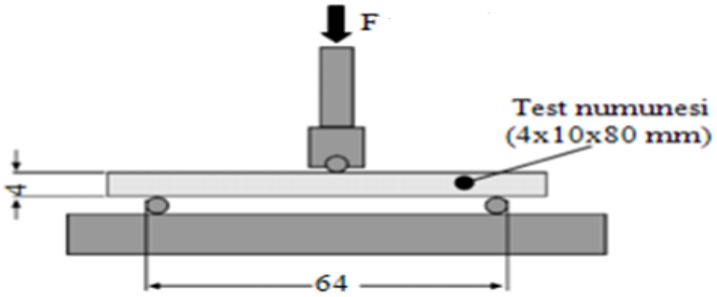
Çekme testleri Zwick Z020 marka cihazı kullanılarak ASTM D 638 standartına gore 10 mm/dk çekme hızında yapılmıştır. Çekme testleri için enaz 5 numune kullanılarak çekme dayanımı, elastikiyet modulu ve kopma uzaması değerleri belirlenmiştir. Çekme testi numune ölçüleri Şekil 1.'de gösterilmiştir. Izod darbe testi Zwick marka test cihazı kullanılarak ASTM D 256 standartına gore en az 10 numune kullanılarak darbe enerjileri belirlenmiştir. Izod darbe testi numune ölçüleri şekil 2.'de gsterilmiştir. Eğme testleri Testometric Micro 350 cihazı kullanılarak ASTM D 790 standartına gore 10 mm/dk çekme hızında yapılmıştır. Eğme testleri için enaz 5 numune kullanılarak Eğme dayanımı, elastikiyet modulu ve kopma uzaması değerleri belirlenmiştir. Eğme testi numune ölçüleri şekil 3.'de gösterilmiştir. Yoğunluk deneyleri ISO 1183 standardına uygun olarak daldırma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Mikroyapı ve kırılma yüzey incelemeleri için taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu incelmeleri için numune yüzeylerine altın kaplama işlemi uygulanmıştır.



Şekil 1. Çekme testi numune ölçüleri



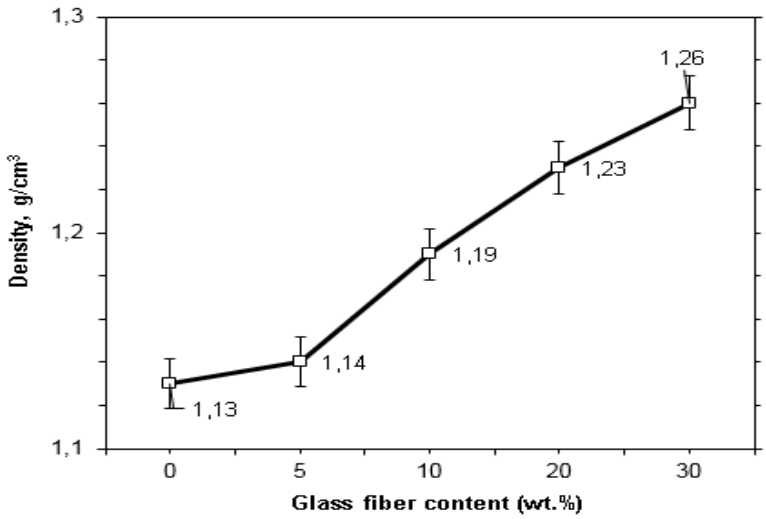
Şekil 2. Darbe testi numune ölçüleri



Şekil 3. Eğme testi testi numune ölçüleri

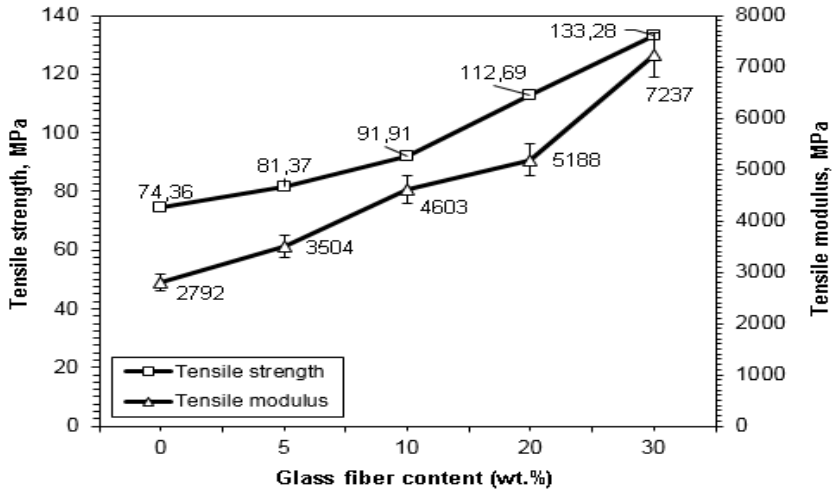
3. SONUÇ

PA-6, PA-6+%5 GF, PA-6+%10 GF, PA-6+%20 GF ve PA-6+%30 GF kompozitlerinin yoğunluk testleri sonucunda elde edilen grafikleri Şekil 4'de gösterilmiştir. PA-6 matris içerisine kısa cam elyaf takviyesi ile yoğunluk değerlerinde artış gözlemlenmiştir.



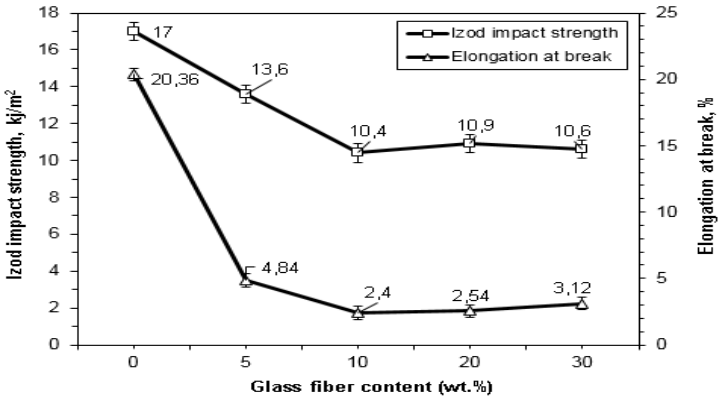
Şekil 4. PA-6 ve cam elyaf takviyeli PA-6 kompozitlerin cam elyaf oranına göre yoğunluk değişimleri

PA-6, PA-6+%5 GF, PA-6+%10 GF, PA-6+%20 GF ve PA-6+%30 GF kompozitlerinin çekme testleri sonucunda elde edilen grafikleri Şekil 5'de gösterilmiştir. PA-6 matris içerisine kısa cam elyaf takviyesi ile çekme dayanımı ve elastikiyet modulünde artış gözlemlenmiştir. PA-6 matris malzemesinin çekme dayanımı 74,36 Mpa iken %30 kısa cam elyaf takviyesiyle çekme dayanımı değeri yaklaşık %80 artarak 133,28 MPa değerine ulaşmıştır. PA-6 matris malzemesinin elastikiyet modulu 2792 MPa iken %30 kısa cam elyaf takviyesiyle elastikiyet modulu yaklaşık %160 artarak 7237 MPa değerine ulaşmıştır.



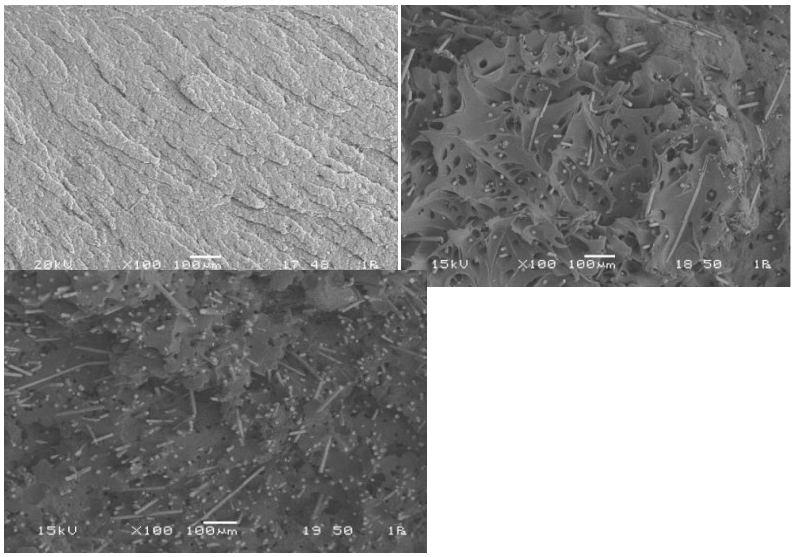
Şekil 5. PA-6 ve cam elyaf takviyeli PA-6 kompozitlerin cam elyaf oranına göre çekme mukavemeti ve elastiklik modülü değişimleri

PA-6, PA-6+%5 GF, PA-6+%10 GF, PA-6+%20 GF ve PA-6+%30 GF kompozitlerinin kopma uzaması değerleri ve izod darbe testleri sonucunda elde edilen grafikleri Şekil 6'de gösterilmiştir. PA-6 matris içerisine kısa cam elyaf takviyesi ile kopma uzaması değerleri ve izod darbe mukamvemetlerinde genel olarak azalma gözlemlenmiştir. PA-6+%5 GF , PA-6+%10 GF kompozitlerinde Kopma uzaması değerleri sırasıyla yaklaşık %20 ve %40 azalma daha sonrasında hafif bir artış göstermiştir. PA-6+%5 GF , PA-6+%10 GF kompozitlerinde izod darbe dayanımı değerleri sırasıyla yaklaşık %76 ve %85 azalma daha sonrasında hafif bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6. PA-6 ve cam elyaf takviyeli PA-6 kompozitlerin cam elyaf oranına göre izod darbe mukavemeti ve % uzama değişimleri

PA-6, PA-6+%10 GF ve PA-6+%30 GF kompozitlerinin mikroyapı ve kırılma yüzey görüntü resimleri şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. PA-6 ve %10 ile %30 cam elyaf takviyeli PA-6 kompozitlerin çekme deneyi kırık yüzeyi taramalı elektron mikroskop görüntüsü

4. TARTIŞMA

Artan kısa cam elyaf takviyesiyle çekme dayanımı, elastikiyet modulu, eğme dayanımı, eğme modulü artış göstermesinin nedeni olarak kısa cam elyaflarının polimer matris içerisinde polimer hareketini engellediği, mikro çatlak oluşumunu ve ilerlemesini geciktirmesi ile açıklayabiliriz. İzod darbe mukavemeti ve kopma uzamasındaki azalmayı kısa cam elyaf takviyesiyle gevrekleşen matris malzmenin sert ve kırılgan halini alması ile açıklayabiliriz. Ayrıca çekme ve eğme mukavemet değerlerinin azalması ve izod darbe mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinin azalması, taramalı elektron mikroskop görüntülerindeki kısa cam elyaf takviyelerin homojen olarak dağılmış ve matris yapı ile uyumlu görülen yapı ile ilişkilendirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Sreekanth , M. S. ; Bambole , V. A. ; Mhaske1 , S. T. ; Mahanwar1 , P. A. J. Min. Mat. Char. & Eng. 2009 , 8 (4), 271 – 282 .
2. Mahanwar , P. A. ; Bose , S. ; Tirumalai , A. V. Polymer-Plastics Technology and Engineering 2006 , 45 , 597 – 600 .
3. Botelho, E., et al., Mechanical behavior of carbon fiber reinforced polyamide composites Composite Science and Technology, 2003.68(13):1843-1855
4. Unal, H. and Mimaroglu A., Mechanical and Morphological Properties of Mica and Short Glass Fiber Reinforced Polyamide 6.Compositesymers. International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials, 2012. 64: 834-846.

SU ISITICISI MODELİNİN MOLDFLOW İLE PLASTİK AKIŞ ANALİZLERİNİN YAPILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

***Selin YILMAZ**
*Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği
slinyilmz4@outlook.com

****Öğr. Gör. Dr. Ömer ERKAN**
** Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği
omererkan@duzce.edu.tr

****Ars. Gör. Emre YÜCEL**
** Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği
emreyucel@duzce.edu.tr

Özet:

20. yüzyılın bir malzemesi olan plastikler üzerinde ilk gelişmeler 19. yüzyılda endüstri alanında görülmektedir. Günümüzde plastik malzemeler dayanıklı ve pratik yapıları sebebi ile çokça tercih edilen malzemelerdir. Su ısıtıcıları küçük ev aletlerinde önemli bir satış payına sahiptir. Bu nedenle farklı biçim ve özelliklerde üretilmektedirler. Bunlardan en kolay ve ucuz olanı plastik enjeksiyon kalıbıyla üretilen çeşitlerdir. Su ısıtıcının gövdesi genellikle PVC den imal edilmektedir. Polietilenden sonra en çok kullanılan plastik türü PVC olup oldukça ucuzdur. Mukavemeti yüksek, kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklıdır. Alevle yanmaya karşı dirençli olmakla beraber zehirli gaz yaymaktadır. Plastik enjeksiyon ile kalıplamada en çok karşılaşılan sorunlar hava kabarcıkları, kaynak ve karma çizgileri, eksik basım, düşük enjeksiyon basıncı, çökelmeler ve çarpılmalar olarak sıralanabilir. Bu olumsuz durumların kalıp imal edilmeden önce tespit edilmesi hem zaman hem de maliyet açısından önem arz etmektedir. Plastik akış simülasyonlarının gerçekleştirildiği yazılımlar bu nedenle son yıllarda ön plana çıkmışlardır. Yapılan çalışmada plastik bir su ısıtıcı gövdesinin 3B tasarımı yapılarak Autodesk Moldflow Adviser 2019 yazılımı ile plastik akış analizleri gerçekleştirilmiştir. Tek gözlü olarak tasarlanan plastik enjeksiyon kalıbı için uygun enjeksiyon noktası analizinin yanı sıra dolum kalitesi, soğuma kalitesi ve çarpılma analizleri de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan uygun şartlarda bir kalıp tasarlanması için tasarlanan su ısıtıcısı gövdesinin geometrisinde yapılacak değişiklikler için değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bununla birlikte elde edilen tüm analiz sonuçları elde edilecek ürün kalitesi açısından yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Moldflow, akış analizi, plastik ürün, plastik enjeksiyon, tasarım

EVALUATION OF PLASTIC FLOW ANALYSIS OF THE WATER HEATER MODEL WITH MOLDFLOW

Abstract:

The first developments on plastics, a material of the 20th century, are seen in the industrial field in the 19th century. Nowadays, plastic materials are the most preferred materials due to their durable and practical structures. Water heaters have a significant share in small household appliances. Therefore, they are produced in different shapes and features. The easiest and cheapest of these is the plastic injection molded varieties. The body of the water heater is usually made of PVC. The most commonly used type of plastic after polyethylene is PVC and it is very cheap. It is resistant to high chemical resistance and wear. It is resistant to flame combustion and emits toxic gas. The most common problems encountered in plastic injection molding are air bubbles, welding and composite lines, incomplete printing, low injection pressure, precipitations and distortions. It is important to determine these negative situations before the mold is manufactured, both in terms of time and cost. For this reason, the software which has simulated plastic flow has become prominent in recent years. In the

study, 3D design of a plastic water heater body was made and plastic flow analyzes were performed with Autodesk Moldflow Adviser 2019 software. The appropriate injection point analysis as well as filling quality, cooling quality and distortion analyzes were performed for the one-eyed plastic injection mold. The results were evaluated for the changes in the geometry of the kettle body designed to design a mold under suitable conditions. However, all the results of the analysis were interpreted in terms of product quality.

Keywords: Moldflow, flow analysis, plastic product, plastic injection, design

1.GİRİŞ

Plastikler 1800'lü yılların sonunda hayatımıza giren yeni malzemeler olsa da, üstün özellikleri sayesinde, plastik üretimi hızla artarak endüstriyel uygulamalarda her geçen gün daha önemli bir yer işgal etmektedir. Günümüzde plastikler; tıp, havacılık, otomotiv, elektrik-elektronik sanayisinde yoğun olarak ve birçok teçhizat yapımında kullanılmaktadır. (Tugaytimur, 2016) Günlük yaşamda özellikle küçük ev aletlerinde de yaygın kullanım alanına sahip olan plastik malzemelerin düşük maliyetli olması en önemli tercih sebeplerindendir.

Plastik ürün imalatında kullanılan teknolojilerin başında plastik enjeksiyon yöntemi ve enjeksiyon kalıpları gelmektedir. Plastik parçaların seri imalatında amaç yüksek kalite ve düşük maliyet ile verimliliği sağlamaktır. Verimliliğin yüksek seviyelerde tutulabilmesi için imalatta, plastik hammadde seçimi, parça tasarımı, kalıp tasarımı ve enjeksiyon işlemi önem kazanmaktadır.

Plastik bir ürünün kalitesini etkileyen en önemli faktörler, ürün tasarımı kullanılan plastik malzeme ve enjeksiyon işlem şartlarıdır. Bu şartların enjeksiyon kalıplama ile üretim aşamasından önce belirlenmesi oldukça önemlidir.

Plastik hammadde seçimi, parça tasarımı, kalıp tasarımı ve enjeksiyon parametreleri arasındaki etkileşimden kaynaklanan problemlerin önceden giderilebilmesi için günümüzde bilgisayar destekli programlara başvurulmaktadır. Bu programların başında enjeksiyon işleminin simülasyonunu gerçekleştiren, imalat sırasında oluşacak parça, kalıp veya 2 proses bazlı hataların belirlenmesi ve çözümü için kullanılan enjeksiyon kalıbı akış analizi programları gelmektedir.

Bir plastik ürünün meydana gelmesinde süreç parça tasarımıyla başlamaktadır. Plastik parça tasarımı yapılırken tasarımcı parçanın fonksiyonelliğine, işletme şartlarına ve maliyetine göre hangi hammadeyi kullanacağını belirlemelidir. Enjeksiyon ile kalıplama esnasında oluşabilecek hatalar, tasarım üzerinden yapılan analizler sayesinde önlenebilir. Bir parçada problem; proses öncesinde (malzeme tedariki ve depolama), proses sırasında (çevrim sırasındaki çalışma şartları) ya da proses sonrasında (parçalara son işlem uygulanması, paketleme) meydana gelir (Yakut, 2014).

Günümüzde enjeksiyon kalıplama prosesine uygun çok fazla plastik malzeme bulunmaktadır ve her plastik malzemenin kimyasal ve fiziksel özellikleri farklılık göstermektedir. Bu yüzden yapılacak üretime ve kullanılacak alana uygun plastik malzeme seçimi çok önemlidir. Günümüzde 20.000 civarında enjeksiyona uygun plastik malzeme çeşidi olduğu tahmin edilmektedir ve bu sayının her geçen gün değişen ihtiyaçlara göre arttığı bilinmektedir (İçten, 2004).

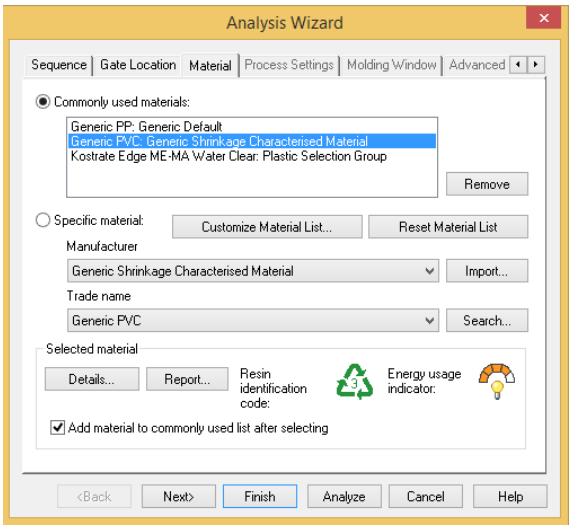
Enjeksiyon kalıplama yöntemi plastik parça üretiminde kullanılan en sorunsuz ve önemli yöntem olarak kabul edilir. Bu yöntem hammaddeyi tek bir işlem sonucunda ürüne dönüştürdüğü için kütle üretimine uygundur.Enjeksiyon yönteminin en önemli avantajlarından birisi, parça geometrisine kadar karmaşık olursa olsun ikinci bir işleme ihtiyaç duyulmadan sonuca ulaşmasıdır.(Tugaytimur, 2016)

Bu çalışmada su ısıtıcısının Moldflow Adviser 2019 programı kullanılarak plastik parça modelinin enjeksiyon yöntemi ile imalatında ortaya çıkabilecek hataların ciddi zaman kayıplarına ve maddi

kayıplara yol açmadan analiz programı yardımıyla önceden tespiti ve proses şartlarının optimizasyonunu yapılarak hataların giderilmesiyle imalat verimliliğin arttırılması amaçlanmıştır.

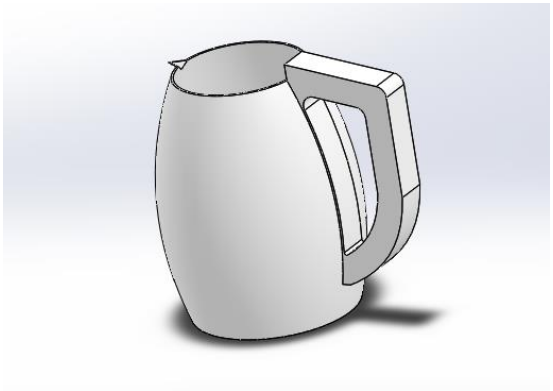
2.MALZEME VE YÖNTEM

Su ısıtıcısı ürününde malzeme olarak PVC kullanılmıştır. Polietilenden sonra en çok kullanılan plastik türü PVC'dir. Mukavemeti yüksek, kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklı bir malzeme olan PVC oldukça ucuzdur. Ayrıca alevle yanmaya karşı dirençli bir malzeme olup farklı biçim ve özelliklerde enjeksiyon kalıplamaya elverişlidir. Yapılan tasarımda, öncelikle SolidWorks üzerinde malzeme tanımı yapılır. Daha sonra Moldflow Adviser 2019 'da yolluk konumu analizine başlamadan önce Şekil. 1'de görüldüğü gibi malzeme üretici firması ve plastik malzeme cinsi seçilir.



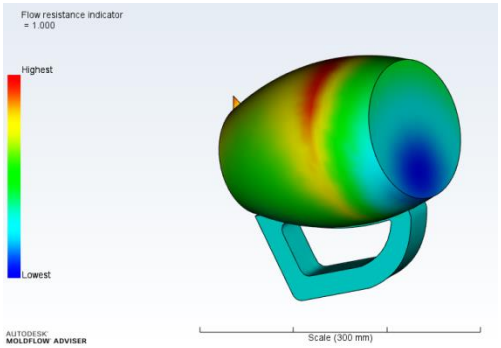
Şekil 1. Malzeme Seçimi

Yapılacak ürünün analizi için öncelikle tasarım SolidWorks programı kullanılarak çizilir ve "sldprt, IGES veya x_t " uzantılı olarak kaydedilir. Ürünün boyutları göz üzerinde uygun olacak şekilde ortalama değer hesaplanarak Şekil 2'deki gibi tasarlanmıştır.

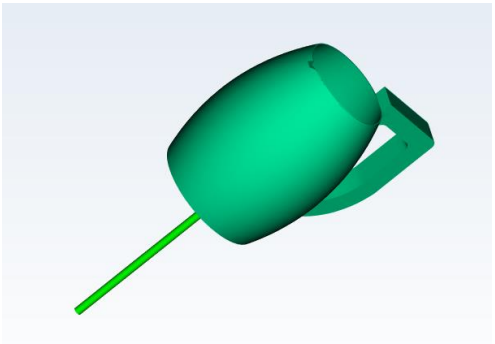


Şekil 2. Su ısıtıcısının CAD programı ile tasarımı

Modeli tasarlanan su ısıtıcısının daha sonra analiz yapılabilmesi için CAE programı olan Autodesk Moldflow Adviser 2019 programına aktarılır. İlk olarak yolluk konumu analizi yapılır. Bu analiz enjeksiyon noktasını belirlemek için önemlidir. Şekil.3'de görüldüğü üzere enjeksiyon noktası için en uygun yer mavi renk ile gösterilen modelin alt tabanıdır. Yapılan analiz sonucuna göre plastiğin enjekte edileceği nokta Şekil.4'deki gibi belirlenir.



Şekil 3. Akış direnç göstergesi



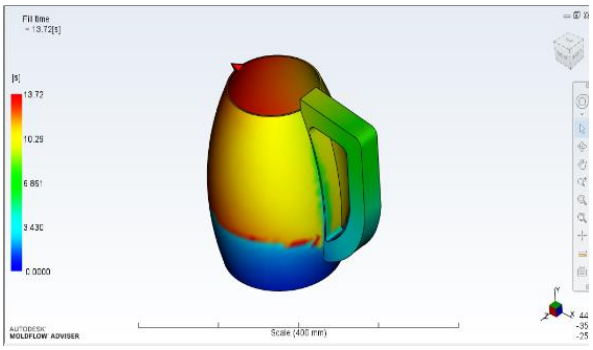
Şekil 4. Enjeksiyon noktası

3.ANALİZ SONUÇLARI

Analiz başlangıç değerleri; erime sıcaklığı, kalıp sıcaklığı ve maksimum enjeksiyon basıncı malzemeye özel olarak belirlenen değerler baz alınarak verilmiştir. Böylece model analize hazır hale gelir ve yolluk konumu sonrası diğer analizler yapılmaya başlanır. Yolluk konumu analizi sonrası dolum, enjeksiyon, çarpılma ve çökme izleri analizi yapılmıştır.

Dolum (Fill) Analizi, modeli oluşturan plastik akışkanın kalıbı doldurma süresini gösterir.

- Akışkan kalıbın içerisinde yaklaşık **13.72** saniyede dolmaktadır.
- Akışın en hızlı olduğu yer enjeksiyon noktasıdır.
- Geniş aralıklı renkler akışın hızlı olduğu bölgeleri ifade eder.
- Mavi ile gösterilen yer akışın ilk gerçekleştiği, kırmızı yerler ise akışkanın en son ulaştığı bölgelerdir.



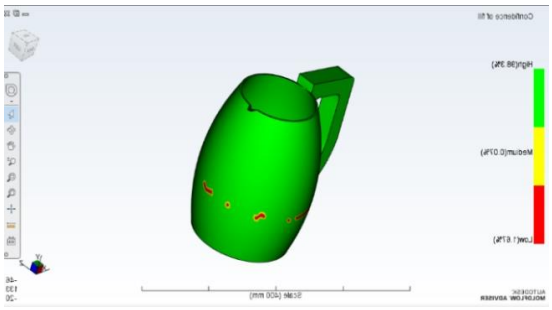
Şekil 5. Dolum Analizi

Plastik akışı (Plastic Flow) analizi; modelin enjeksiyon noktasından dağılımını göstermektedir.

- Akışkan kalıbın içerisini tamamen doldurmuştur.
- Kalıpta akışı tamamlanmayan bölge görülmemektedir.
- Bu değerlendirmelerin sonucunda; enjeksiyon noktasının akış için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Dolum güvenliği (Confidence of Fill) analizi; enjeksiyon noktasından modeli dolduran akışkanın kalitesi görülmektedir.

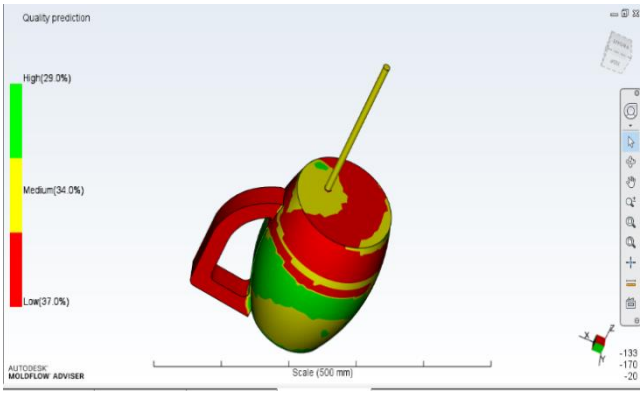
- Şekilde görülen yeşil renkte görülen bölgeler kesin dolacağını ifade etmektedir.
- Belirlenen akış noktasına göre model üzerine akan akışkan tüm parçaya eşit dağılmaktadır.
- Kırmızı ile gösterilen bölgelerde dolum kalitesi çok iyi olduğu söylenemez.



Şekil 6. Dolum Güvenliği Göstergesi

Kalite tahmini (Quality Prediction) analizi; model akışın tamamlanmasından sonra model üzerinde kalitenin düşük olduğu yerleri ifade eder.

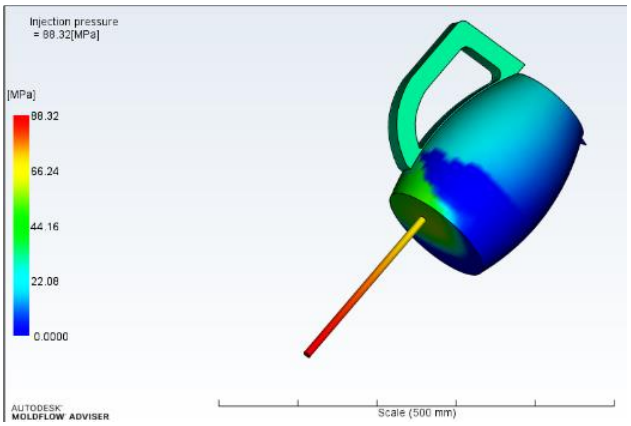
- Kalitenin düşük olduğu bölgeler akışkanın kalıp ile ilk karşılaştığı bölgelerdir ve kırmızı renk ile gösterilmiştir.
- **%37** düşük kaliteyi ifade etmektedir.
- Genel olarak bakıldığında **%37** düşük kalite elde edilmiştir.
- Modelin kalitesini yükseltmek için sıcaklık, basınç ve kullanılan akışkan değiştirilebilir.



Şekil 7. Kalite Tahmini Göstergesi

Enjeksiyon basıncı (Injection pressure) analizi ; modeldeki akışkanın basıncını gösterir.

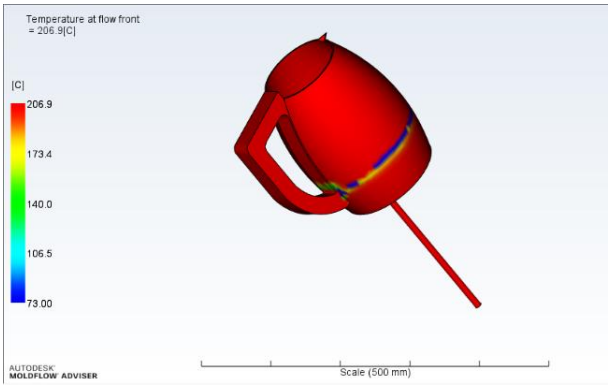
- Max basınç enjeksiyon noktasındadır.
- Enjeksiyon noktasından uzaklaştıkça akışkanın akışının rahatladığı resimde görülmektedir.
- Enjeksiyon noktasında basıncın max olmasının sebebi kalıbın karşılaşacağı ilk kuvvetin orada bulunmasıdır.
- Modele basılacak olan akışkan **88.32** MPa civarındadır.



Şekil 8. Enjeksiyon Basıncı Göstergesi

Akışkan cephe sıcaklığı (Temperature at Flow Front) analizi; modelde en yüksek sıcaklık enjeksiyon noktasında olduğu gözlenmiştir.

- Modelde sıcaklık dağılımının yüksek olduğu alanlarda malzeme bozulması ve yüzey kusurlarının oluşması için ideal ortamdır.
- Modelde görüldüğü gibi sıcaklık dağılımları istenilen seviyede değildir.
- Bu şekilde olması malzemenin bozulmasını ve yüzey kusurlarına sebep olacaktır.



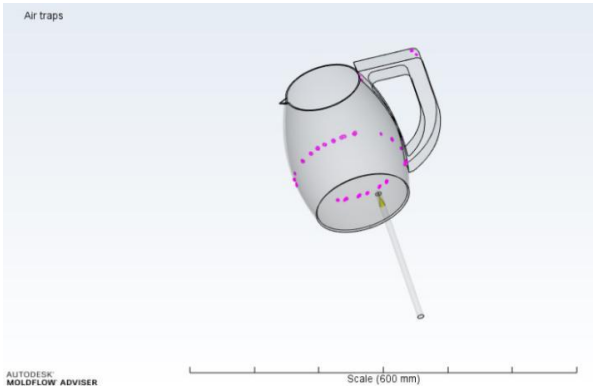
Şekil 9. Akışkan Cephe Sıcaklığı Göstergesi

Ortalama sıcaklık (Average Temperature) analizi; akışkanın ortalama sıcaklığını gösterir.

- Modelde max. sıcaklık değerleri kırmızı ile gösterilen yolluk üzerindedir.
- Mavi ile gösterilen bölgeler ise ortalama sıcaklığın düşük olduğu bölgelerdir.
- Model üzerinde görüldüğü gibi kırmızı renk yoğunluktadır.

Hava kabarcıkları (Air Traps) analizi; modele akan akışkanın karşılaştığı noktalarda hava boşlukları gözlenmektedir.

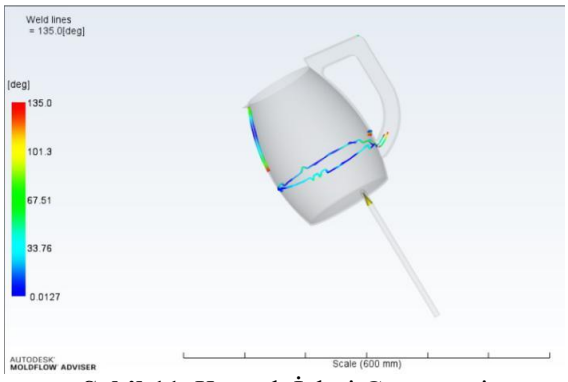
- Akış yolunda sorun varsa ve plastik ince yoldan geçerken akış kararsızlığı yaşadığında oluşabilir.
- Önlemek için plastik malzeme değiştirilebilir.



Şekil 10. Hava Kabarcıkları Göstergesi

Kaynak izleri (Weld Lines) analizi; modelde kaynak izleri akışkanın karşılaştığı noktalarda görülmektedir.

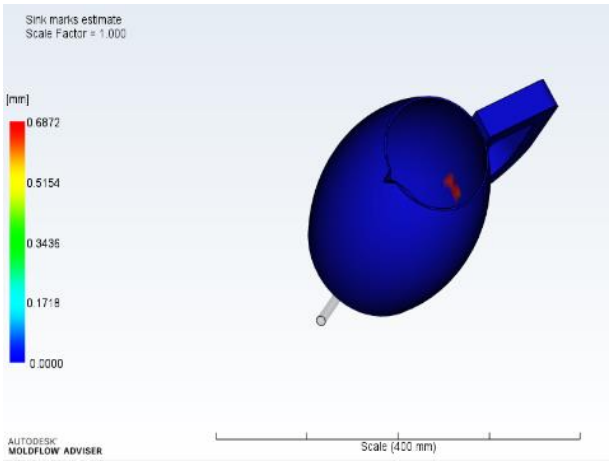
- Bunun nedeni akışkanın birden fazla noktada kesişmesidir.
- Kaynak izleri parçanın kırılgan bir yapıda olmasına ve kötü gözükmesine neden olmaktadır.
- Önlemek için enjeksiyon yeri değiştirilebilir veya geometri değişikliği yapılmalıdır.



Şekil 11. Kaynak İzleri Göstergesi

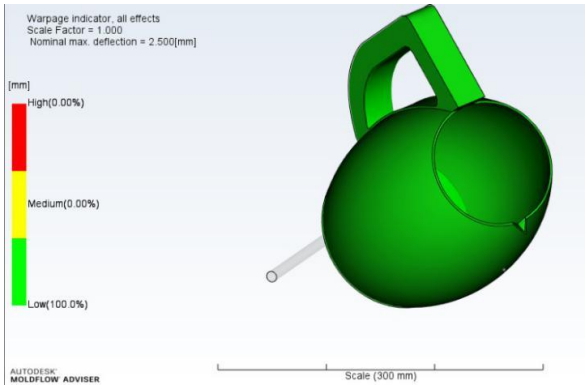
Çökme izleri tahmini (Sink Mark Estimate) analizi; model üzerinde oluşabilecek çökmeler hakkında tahminde bulunur. Çökme izleri, kalıplanmış parçanın yüzeyinde çöküntü olarak görülür. Bu çöküntüler küçük olmalarına rağmen görülür haldedir.

- Çökme izleri parça dayanımını ya da işlevini etkilememesine rağmen kalite kusuru olarak kabul edilir. Bu durumu önleyebilmek için plastik akışkan ve kalıp sıcaklığını azaltmak gerekir.
- Renk dağılımı kırmızı ile koyu mavi arasında değişir. Kırmızı bölgeler çökmenin en fazla yaşanacağı bölgelerdir. Koyu mavi bölgeler ise çökmenin yaşanmayacağı bölgelerdir.
- Model analizinde bazı bölgelerde **0,6872 mm** değerinde çökme görülür. Model genel anlamda çökmeye karşı dayanıklıdır.



Şekil 12. Çökme İzleri Göstergesi

Çarpılma (Warpage Indicator) analizi; çarpılma göstergesi modelin kalıptan çıktıktan sonraki çarpılma durumunu gösterir. Modelin çarpılma ihtimali yok denecek kadar azdır.



Şekil 13. Çarpılma Göstergesi

SONUÇLAR

Tasarımı yapılan su ısıtıcısı modelinin plastik akış analizleri Moldflow Adviser yazılımıyla gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Çökme izleri yok denecek kadar az olduğu gözlenmiştir.
- Enjeksiyon noktasından gelen akışkan modelin her noktasında eşit dağıldığı gözlenmiştir.
- Model üzerinde ve yolluk ile dolumun %100 olduğu gözlemlenmiştir.
- Modeli doldurmakta tek yolluk yeterli olduğu gözlenmiştir.
- Model akışın tamamlanmasından sonra model üzerinde kalitenin düşük olduğu gözlenmiştir.
- Modelde sıcaklık dağılımları istenilen seviyede olmadığı anlaşılmıştır. İstenilen seviyede olmaması malzemenin bozulmasına ve yüzey kusurlarına sebep olacaktır.
- Modele akan akışkanın karşılaştığı noktalarda hava boşlukları gözlenmiştir.
- Modelde akışkanın birden fazla noktada kesiştiği bölgelerde kaynak izleri görülmektedir.
- Modelde çarpılmanın olmadığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

Demirer A., 2011, Enjeksiyonda Kalıplanmış PP ve PP Kompozitin Birleşme İzleri Özelliklerinin İncelenmesi, *Dergipark,* Cilt 6, Sayı 4

Dimla E., 2015, DESIGN CONSIDERATIONS OF CONFORMAL COOLING CHANNELS IN INJECTION MOULDING TOOLS DESIGN: AN OVERVIEW *Dergipark,* Cilt 1

E., İstanbul. Akyürek, A., 2009, Plastik Enjeksiyon Süreci Optimizasyonunda Yapay Zeka Tekniklerinin Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi,* Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Eren Y. 03.05.2019 tarihinde http://taner.balikesir.edu.tr/arastirmaseminerleri/YaseminErenf10755 /pvc.html adresinden alındı.

İçten, B., 2004. Plastik Enjeksiyonda Basınç, Sıcaklık, Zaman, Hız Gibi Faktörlerin Parça Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* Yıldız Teknik Üniversitesi F. B.

M.Z. YAKUT, 2014, Plastik Enjeksiyon Kalıplama ile Bir Bardağın Dolum Analizi, *Dergipark,* Cilt 6, 57-58

Öğr Gör. Dr. Erkan Ö. , KAVAK Y. , 2014, *Autodesk Moldflow Ultimate 2014 ile Plastik Analizleri,* Ankara, Seçkin Yayıncılık

Öktem, H., Erzincanlı, F., 2012. Bir Dvd-Rom Ön Kapağının Plastik Enjeksiyonla Basılması Sonucunda Oluşan Çekmeye Etki Eden En Uygun İşlem Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi, *3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Balıkesir

ÖZMEN M. E., 2012, Plastik Enjeksiyonda Parça Yüzeyini İzleyen Soğutma Kanalları ile Parça Soğumasının Analizi*, Makine Tasarım İmalat Dergisi*, *Dergipark,* Cilt 13, Sayı 1

PINAR E. , 2010, Plastik Enjeksiyon Yöntemi ile İmalatta Hataların Tespiti ve Proses Şartlarının Optimizasyon Uygulaması , *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1-2

Tugaytimur C., 2016, Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı Kurallarının Analizi ve Uygulanması ,*Yüksek Lisans Tezi,* Gazi Üniversitesi, 1-3

Yılmazçoban, İ. K., 2003. Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Bilgisayar Destekli Malzeme Akış Analizleri Ve Kavite Optimizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi,* Sakarya Üniversitesi F. B. E., Sakarya.

JİROSKOPİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARININ İNCELENMESİ

Doç.Dr. Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK UME, KOCAELİ, TÜRKİYE;
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr

Burak Samet ELMAS
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, KOCAELİ, TÜRKİYE;
buraksametelmas@gmail.com

Esra AYAN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, KOCAELİ, TÜRKİYE; ayanesra13@gmail.com

Özet

Ölçüm bilimi olan metrolojinin ilgilendiği fiziksel büyüklüklerden birisi de kuvvettir. Kuvvet, farklı yöntemler ile ölçülebilmektedir. Bu yöntemlerle çalışan farklı yapılarda birçok kuvvet ölçme cihazı geliştirilmiştir. Jiroskopik kuvvet ölçme cihazları da bunlardan birisidir. Mekanizmalarının açısal momentum korunumu ilkesine göre çalışması ile dengeleme halkalarında (gimbal) dönüş meydana gelen aletlere jiroskop, bu dönüşlerin tamamlanmasına kadar geçen süreden kuvvet ölçümünü sağlayan aletlere de jiroskopik kuvvet ölçme cihazları denilmektedir. Bu cihazların temel özelliği, hareket algılamasıdır. Bu doğrultuda yapılan değişim ve gelişmeler neticesinde farklı sistemler ortaya koyulmuştur. Bu sistemler, temel jiroskop yapısı ve tanımının dışında kalsa da hareket algılama özellikleri ortak olduğu için jiroskop olarak anılmaktadır. Literatürde farklı türde birçok jiroskopik kuvvet ölçme cihazı yer almaktadır. Bu çalışma; jiroskop, jiroskopik kuvvet ölçme cihazları, türleri ve jiroskop uygulamalarının genel bir incelemesinden oluşmaktadır. Bu çalışma ile jiroskopik kuvvet ölçme cihazları için rehber bir doküman oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jiroskopik kuvvet ölçme cihazları, Jiroskop, Kuvvet ölçme cihazları, Kuvvet ölçümü

INVESTIGATION OF GYROSCOPIC FORCE MEASUREMENT DEVICES

Abstract

One of the physical quantities of metrology, which is the science of measurement, is the force. Force can be measured by different methods. Several force measuring devices have been developed in different structures working with these methods. Gyroscopic force measurement devices are one of these types. Gyroscope are devices that occur in the rotation in the gimbals according to the principle of conservation of angular momentum and gyroscopic force measurement devices are used to measure the force from the time to the completion of the rotations. The main feature of these devices is motion detection. As a result of the changes and developments in this direction, different systems have been introduced. Although these systems are outside the basic gyroscope structure and definition, it is called gyroscope because the motion detection features are common. There are many different types of gyroscopic force measurement devices in the literature. In this study, gyroscope, gyroscopic force measurement devices, types and an overview of gyroscope applications are included. In this way, it is aimed to create a guide document for gyroscopic force measuring devices.

Keywords: Gyroscopic force measurement devices, Gyroscope, Force measurement device, Force measurement.

1. GİRİŞ

Endüstri, bilim ve teknoloji sürekli gelişme kaydetmektedir. Uygulamaların ve gelişmelerin ayrılmaz bir parçası da ölçümdür. Endüstri, bilim ve teknolojide kaydedilen ilerlemeler ölçme yöntemlerine ve ölçme cihazlarına da yansımıştır. Fiziksel bir büyüklüğü, farklı yöntemler ile ölçebilen cihazlar geliştirilmiştir. Mühendislik çalışmalarında birçok fiziksel büyüklüğün ölçümü gerekmektedir. Kuvvet de ölçülmesi gereken bu fiziksel büyüklüklerdendir.

Kuvvet; cisimlerin hareket etme durumlarını, şekillerini ve basınçlarını değiştirebilen etkidir. Tasarımların imalatında, ürün testlerinde ve kalite kontrollerde kuvvet uygulamaları yaygın olarak yapılmaktadır. Mühendislik çalışmalarının doğru ilerleyebilmesi için de uygulanan kuvvetin doğru ölçülmesi gerekmektedir. Kuvvet ölçme yöntemleri şöyledir:

A. Bilinen Yük İle Dengeleme
B. Esnek Gövde Üzerinde Kuvvet ile Oluşturulan Deformasyondan Yararlanma
C. Uygulanan Kuvvet Etkisiyle Fiziksel Özelliklerin Değişiminden Yararlanma (Aydemir ve ark., 2017).

Bu yöntemlere göre kuvvet ölçümü yapabilen birçok cihaz geliştirilmiştir. Kuvvet ölçme cihaz türleri şöyledir:

A. Mekanik Kuvvet Ölçme Cihazları
    1) Martens Aynalı Kuvvet Ölçme Cihazları
    2) Ölçme Halkaları
    3) Hidrolik Kuvvet Ölçme Cihazları
    4) Titreşim Telli Kuvvet Ölçme Cihazları
    5) Rezonatör Kuvvet Ölçme Cihazları
    6) Jiroskopik Kuvvet Ölçme Cihazları
B. Elektriksel Kuvvet Ölçme Cihazları
    1) Direnç Uzama Ölçerli Kuvvet Ölçme Cihazları
    2) Piezoelektrik Kuvvet Ölçme Cihazları
    3) Kapasitif Kuvvet Ölçme Cihazları
    4) İnduktif Kuvvet Ölçme Cihazları
    5) Elektromanyetik Kuvvet Ölçme Cihazları
    6) Elektrodinamik Kuvvet Ölçme Cihazları
    7) Magnetoelastik Kuvvet Ölçme Cihazları
    8) Galvanomanyetik Kuvvet Ölçme Cihazları
    9) Akustik Kuvvet Ölçme Cihazları

Kullanım alanı, ölçüm kabiliyeti, ölçüm hassasiyeti vb. kriterlere göre tercih edilecek kuvvet ölçme cihazı uygun şekilde seçilmelidir (Aydemir ve ark., 2019). Bu çalışmada jiroskopik kuvvet ölçme cihazları ele alınmıştır.

2. JİROSKOP, JİROSKOPİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI VE TÜRLERİ

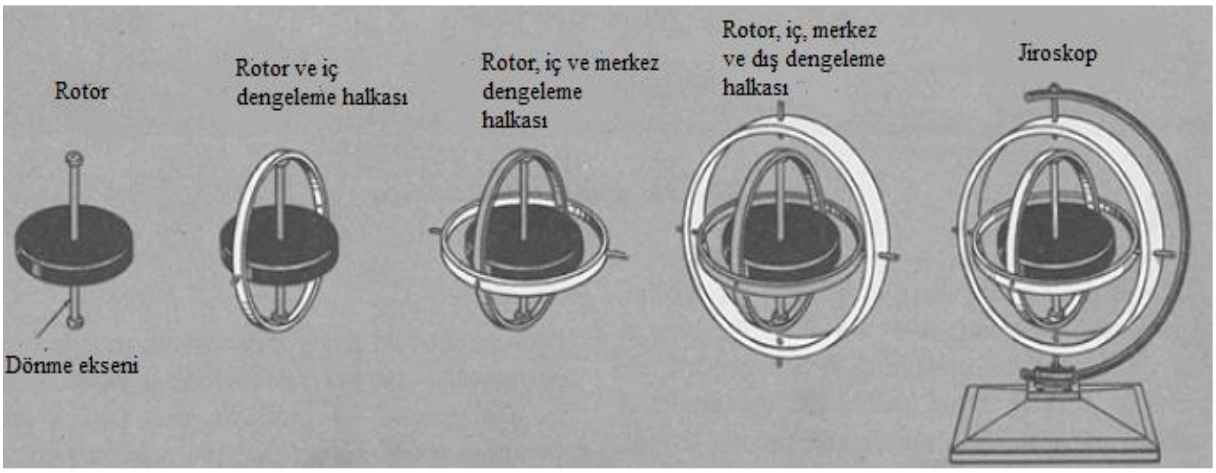
Bilim ve teknolojideki gelişmeler, jiroskop sistemlerine de yansıyarak uygulamaları ve cihaz türlerini etkilemiştir. Bu bölümde temel jiroskop yapısı incelenmiştir, jiroskopik kuvvet ölçme cihazları anlatılmıştır ve farklı türlerdeki cihazların sistemleri ele alınmıştır.

2.1. TEMEL JİROSKOP YAPISI

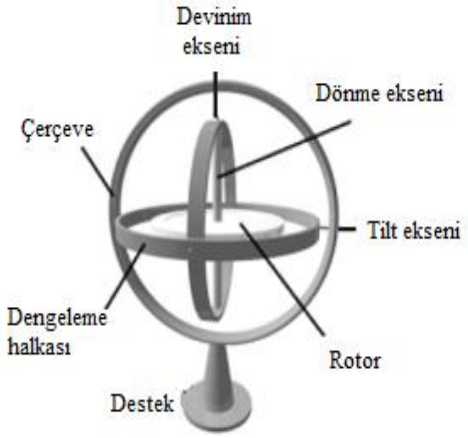
Jiroskop; iç içe mafsallı halkalardan ve en içteki halkaya ekseninden mafsallı döner bir diskten oluşan yön bulmak için kullanılan mekanik bir cihaz olarak tarif edilir. Düzdöner, cayroskop gibi farklı adlarla da anılmakta olsa da en yaygın kullanılan adlandırma jiroskoptur. Bu sebeple bu çalışmada jiroskop adı tercih edilmiştir.

Jiroskoplar, açısal momentumun korunumu ilkesine göre çalışan cihazlardır. Alışılagelmiş jiroskoplar eksen etrafında dönüşü sağlayan rotor ve dengeleme halkalarından (gimbal) oluşur (Şekil 1). Ancak bazı jiroskoplarda dış dengeleme halkasının kullanılmadığı durumlar da görülebilir (Şekil 2).

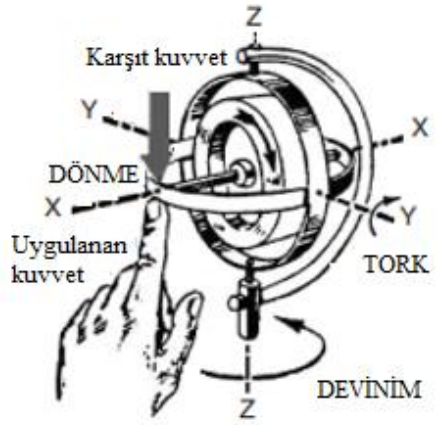
İç dengeleme halkası üzerinde yukarı doğru uygulanan bir kuvvetin Y-Y eksenindeki bir yaya uygulandığı Şekil 3'te görülmektedir. Uygulanan bu kuvvet, jiroskopik atalet direncine karşıdır ve jiroskopun Y-Y ekseni etrafında dönmesine engel olur. Rotor saat yönünde dönerken itme uygulanan kuvvet noktasından saat yönünde 90° olacak şekildedir. Jiroskop Z-Z ekseni etrafında ok yönünde hareket eder. Şekil 3'te verilen jiroskop üzerindeki hareketlerin tanımları şu şekilde yapılabilir:
- Dönme (dönüş) - jiroskop rotorun açısal hızı,
- Tork - rotor ekseninin yönünü değiştirmek için uygulanan döner hareket,
- Devinim - tork uygulandığında dönme ekseni açısındaki değişim (Stefanescu, 2011).



Şekil 1. Rotor, iç ve dış dengeleme halkalarına sahip bir jiroskop



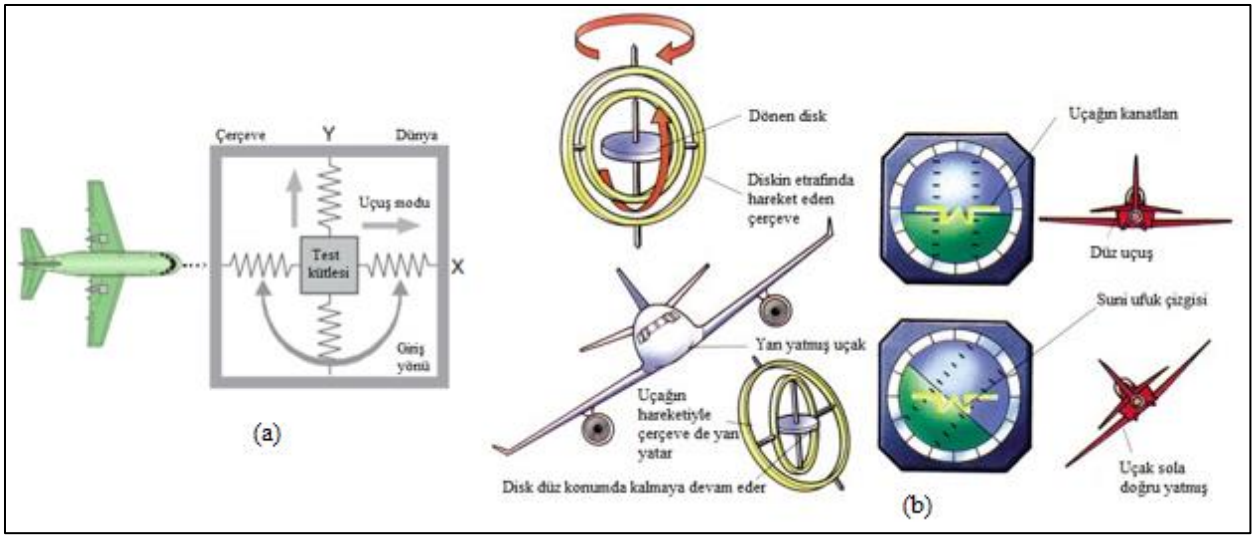
Şekil 2. Dış dengeleme halkası bulunmayan bir jiroskop



Şekil 3. Jiroskopun üzerinde oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi

Jiroskopun diğer hareket algılayıcılarına göre en dikkat çeken özelliği, hareketsiz bir zeminden referans almadan dönmeyi hassas bir şekilde ölçebilmesidir. Aynı zamanda jiroskop, Dünya'nın

dönüşünden bağımsız olarak yönelimini koruyabilen bir cihazdır. Bu özellikler sayesinde kara, hava, deniz ve uzay araçlarının açısal hareketleri algılayan navigasyon sistemlerinde jiroskoplardan faydalanılabilmektedir (Navruz ve ark., 2016). Şekil 4.a ve 4.b'de bu kullanıma yönelik bir uygulama verilmektedir. X yönünde hareket eden bir uçak, Dünya (bu sistem için çerçeve) Z yönünde dönerken Y yönündeki coriolis (koriyolis) kuvvetinden etkilenir. Z ekseni etrafındaki herhangi bir açısal hız, Y ekseni boyunca ikincil bir hareketi tetikler. Döndürülmüş çerçevede dikey yönde herhangi bir Coriolis (koriyolis) kuvveti algılanırsa test kütlesi belirli bir yönde salınım hareketi yapar (Şekil 4a) (Stefanescu, 2011). Jiroskop sistemleri ile de yön tayini yapılır (Şekil 4b).



Şekil 4. Jiroskopun navigasyon sistemlerinde kullanımı

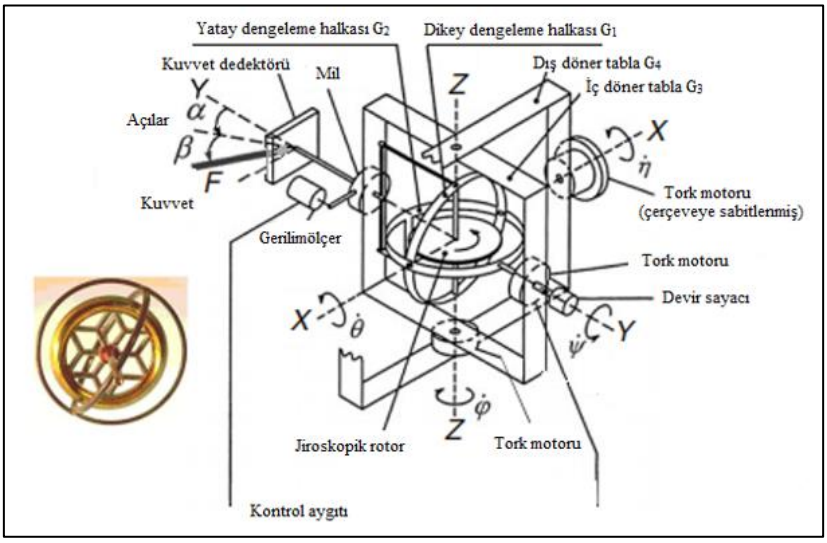
2.2. JİROSKOPİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI

Temel olarak jiroskopik kuvvet ölçme cihazı, jiroskopların açısal momentum korunumu ilkesine göre çalışması ile dengeleme halkalarında (gimbal) oluşan hareket süresinden kuvvetin büyüklüğünün ölçüldüğü sistemlerdir. Ancak bu temel yapı ve tanımlama dışında farklı tür jiroskopik kuvvet ölçme cihazları mevcuttur. Bu cihazların döner sistemleri bulunmasa da farklı yapıları sayesinde hareket algılayabilmeleri, jiroskoplara benzer bir özellik olduğu için jiroskopik kuvvet ölçme cihazları olarak adlandırılmaktadır. Farklı tür jiroskopik kuvvet ölçme cihazlarının yapıları farklı olsa da en temel olanı anlamak, diğer cihazları da daha anlaşılır kılacaktır. Bu sebeple bu bölümde temel jiroskopik kuvvet ölçme cihazlarına yer verilmiştir.

Temel yapıdaki bir jiroskopik kuvvet ölçme cihazı, dairesel bir dengeleme halkası veya kare çerçeve sistemine monte edilmiş bir jiroskopun kuvvete duyarlı olma özelliğinden yararlanır. Cihaz, iki dengeleme halkasından oluşan sistemin iç çerçevesine monte edilmiş mil üzerinde dinamik olarak dengelenmiş bir rotor içerir. Jiroskopik sensörler tarafından ölçülecek kuvvet, alt dönme ekseninden uygulanır. İç çerçevede bir çift dönme üretilir ve bu da dengenin bozulmasına neden olur. Dış dengeleme halkasının bir dönüşü tamamlaması için geçen süre, uygulanan kuvvetin bir ölçüsüdür (Stefanescu, 2011).

Şekil 5'te bir Jiroskopik Kuvvet Ölçüm Cihazı (GFMS) görülmektedir. Kuvveti vektörel olarak ölçmek için jiroskop etrafına servo mekanizmalar ile çalışan iki yardımcı döner tabla yerleştirilir. Burada kuvvet vektörünün geliş açılarını takip etmek için döner tabladan alınan çıktılara ihtiyaç vardır. Dikey ekseni ile dengeleme halkalarına monte edilen jiroskopik rotor, sabit bir hızla döner ve OY eksenini döndürür. Rotoru destekleyen dikey dengeleme halkası (G_1), yatay dengeleme halkasına (G_2) göre OX ekseninde dönmekte serbestken yatay dengeleme halkası (G_2), iç döner tablaya (G_3) göre OY ekseninde dönmekte serbesttir. G_2, döner kolun bir ucunu dikey olarak destekler. Bu kolun diğer ucu rotorun dönme ekseninin bir ucunda G_1 üzerine monte edilir. Jiroskopu destekleyen iç döner tabla (G_3) ve dış döner tabla (G_4), sırasıyla G_4 ve OZ ile OX çerçevesine göre dönmekte serbesttir. Ölçülecek olan kuvvet, dönme boyunca manivela merkezinin ortasına vektörel olarak etki eder ve bu

nedenle rotorun dönme ekseninin bir ucuna, á ve â gibi bilinmeyen açılarda yatay bir bileşen kuvveti uygulanır (Kodama ve ark., 2002).



Şekil 5. Dış ve iç dengeleme halkalarına sahip jiroskopik kuvvet ölçme cihazı

Kuvvet ölçümünü doğru şekilde gerçekleştirmek ve bozulmaları önlemek için iki telafi yöntemi mevcuttur:

- Yükün hareket etmemesi: Ölçülecek, aşağı doğru olan yük yönü, yatay düzlemde ortaya çıkan hareketlerden birine dik açılıdır. Jiroskop, çok çeşitli yüklerin hareketsiz kuvvet dengesi ölçümünü sağlar. Bu nedenle manivela sistemi histerezis ve doğrusallıktan bağımsızdır. Bu sayede cihazın çalışması, tork motorunun kullanımıyla kontrol edilir ve dönme sürtünmesinden de etkilenmez.

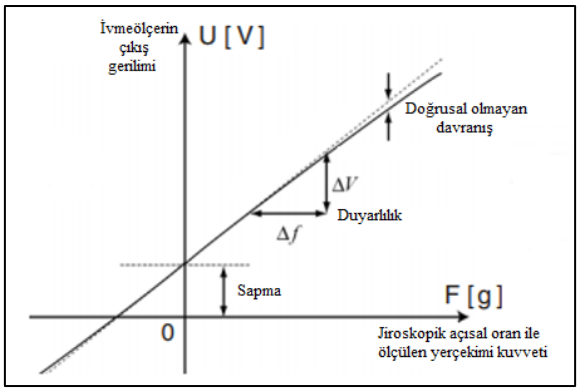
- Dinamik olarak dengeli kuvvet: Devinim oranı, doğrudan uygulanan yüke göre değişmektedir. Bu nedenle jiroskop uygulanan çiftteki hassas değişikliklere neredeyse anında tepki vererek doğrudan titreşim sinyalleri üretir. Yapısında yay veya denge ağırlığı bulunmadığından tepki verme süresi minimum ölçüm süresi 0,5 s ile karşılaştırıldığında mikro saniyeler seviyesindedir. Bu sebepten histerezis eksikliği ve yüksek tepkime hızı nedeniyle cihazın titreşiminden kaynaklanan reaksiyon kuvvetlerinden de etkilenmezler (Stefanescu ve Anghel, 2013).

2.3. MİKROJİROSKOPİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI

Mikroelektro mekanik sistem (MEMS) esaslı çalışan bu cihazlar, genellikle literatürde mikrojiroskopik kuvvet ölçme cihazları olarak adlandırılmaktadır. Bu cihazlar, türlerine göre alt başlıklar ile verilmiştir.

2.3.1. Atalet Jiroskoplar

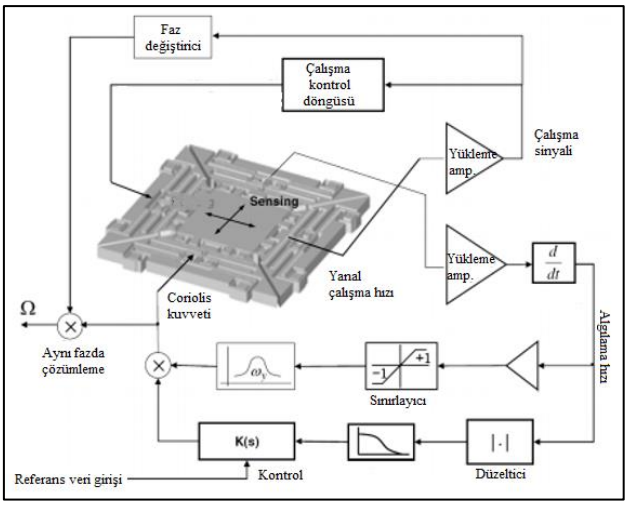
Düşük maliyetli bir evrensel navigasyon uydu sisteminde [global navigation satellite system (GNSS)] kullanılmak üzere mikroelektro mekanik sistemler (MEMS) dönüştürücü tabanlı bir eylemsizlik ölçüm birimi [inertial measurement unit (IMU)] oluşturulmuştur. Kalibrasyon, ivmeölçer için mekanik bir platform gerektirmez. Fakat jiroskop için basit bir döner tabla gerekir. Önerilen kalibrasyon yöntemleri, ideal bir özellik yani uygulanan kuvvetin büyüklüğüne ve dönme hızına karşılık gelen ivme ölçer ile jiroskoptan ölçülen çıktıların oranını kullanır. Atalet jiroskopları, algılanan ivme ve açısal hız ile orantılı olarak bir voltaj üretir. Bu durumun bir sonucu olarak atalet jiroskoplarında duyarlılık (S_G), $S_G = \frac{\Delta U}{\Delta F}$ ile ifade edilmektedir. Bu bağıntıdaki değişkenler Şekil 6'da verilmiştir (Stefanescu, 2011).



Şekil 6. Atalet jiroskoplarının duyarlılık oranı

2.3.2. Piezoelektrik jiroskoplar

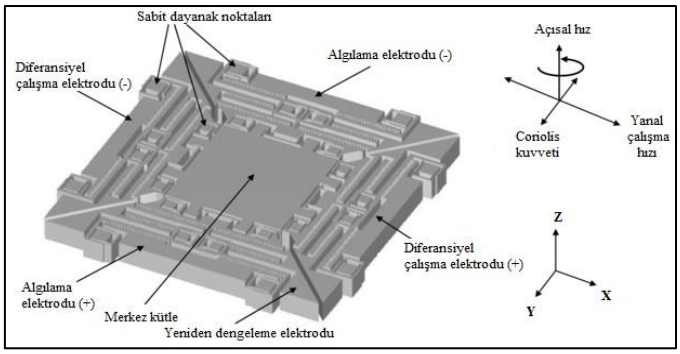
Piezoelektrik jiroskoplar, sistemin eylemsizlik referans çerçevesine göre açısal dönüşünü coriolis (koriyolis) prensibi ile ölçmektedir. Piezoelektrik jiroskopların eksenleri, piezoelektrik kristallerden oluşmaktadır. Böylece piezoelektrik jiroskoplar, birbirine dik iki eksen üzerindeki dönme hızını hassas bir biçimde ölçebilmektedir. Şekil 7'de çalışma prensipleri için bir blok diyagramı verilmiştir. Bu sisteme göre X ekseninde salınım oluşturan bir kuvvet ve Z ekseni boyunca uygulanan bir açısal hız neticesinde, Y ekseninde coriolis ivmesi sayesinde oluşan kuvvet, geri besleme kontrol sistemi vasıtasıyla dengelenir. Alt döngü kuvvet, üst döngü ise yanal salınım içindir. Yükleme amplifikatörünün çıkış sinyali, yer değiştirmeyle orantılı olduğundan döngüde taşınan hız sinyalini elde edebilmek için bir analog cihaz kullanılır. Böylelikle döngü sayesinde mekanik coriolis kuvvetine eşdeğer bir kuvvet oluşturulur (Stefanescu, 2011).



Şekil 7. Piezoelektrik jiroskop yapısı

2.3.3. Rezonatör/Titreşimli Jiroskoplar

MEMS jiroskopları, diğer mikro jiroskopların çoğunda olduğu gibi rotasyonu algılamak için titreşimli mekanik elemanlar kullanır. Bu elemanlar, coriolis ivmesinin neden olduğu iki titreşim modu arasındaki enerjinin transferine göre çalışır. Diyapazonlar ve titreşen kirişlerdeki değişiklikler ile farklı türlerde titreşimli jiroskoplar (VSGs) üretilmiştir (Şekil 8). Bu jiroskoplar balistik füzeler için rehberlik sistemlerinde kullanılabilmektedir (Sung ve ark., 2007).

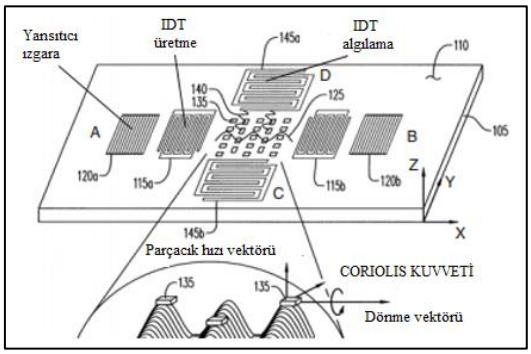


Şekil 8. Titreşimli jiroskop yapısı

2.3.4. Akustik ve Yüzey Akustik Dalgalı (SAW) Jiroskoplar

Akustik jiroskoplar, ses dalgalarını kullanmaktadır. Giriş ve çıkış sinyallerinin karşılaştırılması esasına göre çalışır. Yayılan sesin elektriksel olarak üretilmesiyle faz farklarını tespit etmek için girişimölçer gerekmez. Giriş ve çıkış sinyalleri doğrudan karşılaştırılır. Ancak ses hızının sıcaklığa büyük ölçüde bağlı olması nedeni ile bu cihazların kalibrasyonları zordur.

Yüzey akustik dalgalı (SAW) olan jiroskoplar, iki çapraz yüzey akustik dalgasının girişim etkilerine göre çalışan cihazlardır (Şekil 9). Yüzey akustik dalgalarının birisi coriolis kuvvetinin giriş rotasyonu tarafından diğeri ise aynı çalışma frekansına sahip yüzey akustik dalgalı cihazdan gelir. Yüzey akustik dalgalı jiroskoplar, akustik jiroskoplara göre daha gelişmiş cihazlardır (Stefanescu, 2011).



Şekil 9. Yüzey akustik dalgalı jiroskop yapısı

2.4. OPTİK JİROSKOPLAR

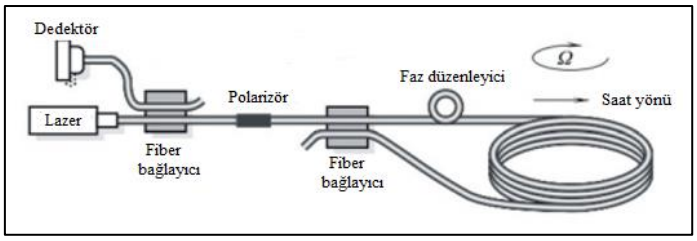
Optik bilimi esasına göre çalışan bu cihazlar, literatürde optik jiroskoplar olarak adlandırılmaktadır. Bu cihazlar, türlerine göre alt başlıklar ile verilmiştir.

2.4.1. Fiber Optik Jiroskoplar (FOGs)

Fiber optik jiroskoplar, fiber malzeme kullanılarak iki dalganın zıt yönlerde yayılmasıyla oluşan faz farkının ve hassasiyetin arttırıldığı optik sistemlerdir.

Kapalı devre kuvvet geri besleme sistemleri, yüksek hassasiyet potansiyeline sahiptir ve optik jiroskopik sistemlerde de kullanılmaktadır. Kapalı devre kontrol sistemleri, kütle konumunun kuvvet geri beslemesi ile kontrol edilmesine dayanmaktadır. Gereken kuvvet, yükün büyüklüğüne göre sağlanır.

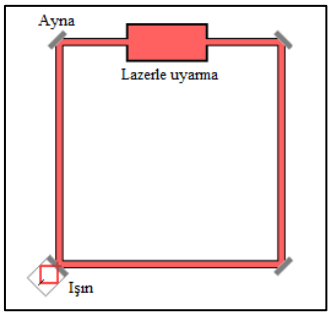
Şekil 10'da gösterilen fiber optik jiroskop, bir ışık kaynağı ve fiber optiğe birleştirilmiş bir detektörden oluşmaktadır. Işık polarizörü, her iki ışının da fiber optik bobin içinde aynı yolu izlemesini sağlamak için dedektör ve iki fiber optik bağlayıcı arasına yerleştirilmiştir. İki ışın rotasyonel olarak uyarılır ve faz değişimi sebebiyle detektöre çarpar. Bu tür bir optik jiroskop, rotasyona duyarlı ve küçük bir sensördür.



Şekil 10. Fiber optik jiroskop yapısı

2.3.2. Lazer Jiroskop

Işının faz farkını, dijital olarak ölçülen bir frekans farkına dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemlerde uyarma için lazer ve aynalar da kullanılmaktadır.



Şekil 11. Lazerli jiroskop

Lazer jiroskoplar, fiber optik jiroskoplarla karşılaştırıldığında daha küçük, daha hafif ve daha az maliyetlidir. Ayrıca dönmeye daha duyarlıdır.

3.2.3. Mikrooptik Elektro Mekanik Sistem (MOEMS) Jiroskopu

Mikroelektro mekanik sistemler ile optik sistemlerin birlikte çalıştığı cihazlardır.

MOEMS jiroskopları, fiber optik ve halka lazerli jiroskoplarla karşılaştırıldığında MOEMS jiroskopları, küçük ebat ve hafiflik avantajlarına sahiptir. Literatürde rezonans (RMOG) ve girişimsel mikrooptik jiroskoplar (IMOG) olarak sınıflandırılmaktadır (Stefanescu, 2011).

4. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE JİROSKOP UYGULAMALARI

Jiroskoplar, kuvvet ölçme cihazlarının haricinde daha birçok alanda kullanılmıştır. Bu bölümde bu uygulama alanlarıyla ilgili bir derleme yapılmıştır.

Modern jiroskop teknolojisinin performans ve uygulamalarının gelişimi 19. yüzyıl ortalarında başlamıştır. Başlangıçta gelişimleri donanma ve havacılık uygulamalarında olan bu mekanik sistemler, özellikle Birinci Dünya Savaşı sırasında gemileri yönlendirmek ve kendinden güdümlü füzeler için büyük kullanım alanları bulmuştur. Sistemleri geliştirmek için ilk olarak elektronik donanımlar eklenmiştir. 1970'lerde ortaya çıkan halka lazerli jiroskoplar (RLG) ve fiber optik jiroskopların (FOG) gelişimi uzun yıllar boyunca devam etmiştir. Hassas olmakla birlikte karışık olan bu tasarımlar, havacılık, taşınabilen hedef belirleme sistemleri ve üç ayak (tripod) sistemleri dahil olmak üzere çok çeşitli navigasyon uygulamalarında kullanılmıştır.

MEMS jiroskopları, ilk kullanılmaya başlandığından bu zamana kadar önemli gelişmeler kaydetmiştir. Piyasa talebini, sağlamlık ve kalite düzeyi bakımından yeterli olarak karşıladığı söylenebilmektedir. Araç fren sistemlerinin elektronik denge kontrolünde de jiroskoplar kullanılmıştır. Ayrıca tek kişilik taşıyıcılar [segway (ginger)], dronlar, akıllı telefonlar ve IOT [nesnelerin interneti (internet of things)]

cihazları da MEMS jiroskoplarının kullanıldığı alanlardandır. Endüstriyel uygulamalarda geri bildirim kontrolünün gerekli olduğu sistemlerin çoğu, MEMS jiroskopları ile donatılmıştır. Robot kullanımı ve fabrika taşıma sistemleri gibi endüstriyel otomasyon uygulamaları bunlara örnektir.

Boyut, güç ve maliyetin azaltılması teknolojik uygulamalar için önemli hususlardır. Fiber optik jiroskoplar, benzer performans ve boyutlara sahip bir teknoloji olan halka lazerli jiroskopların düşük maliyetli sürümleri olarak düşünülebilir. Buna bağlı olarak fiber teknolojisindeki gelişmeler, yüksek performanslı fiber optik jiroskopların tasarlanmasına zemin hazırlamaktadır. Fiber optik jiroskoplar ve MEMS jiroskopları için de benzer bir durum geçerlidir. Ürünün fiyatını etkileyen en önemli unsurlardan biri, jiroskopların performans derecesini etkileyen sapmadır. Fiber optik jiroskopların sapması, MEMS jiroskoplarından daha düşüktür. Bu nedenle taktiksel uygulamalar için daha uygundur (Passaro ve ark., 2017).

5. SONUÇLAR

Jiroskop sistemlerinin ortak özelliği, hareketleri algılamaları olarak kabul edilebilir. Ancak mikroelektro mekanik jiroskopik kuvvet ölçme cihazları ve optik jiroskoplar bölümlerinde belirtildiği üzere farklı çalışma yapılarında birçok jiroskopik sistem mevcuttur. Bu sistemler, geçmişten günümüze jiroskop uygulamaları bölümünde bahsedildiği gibi farklı uygulamalarda kullanılmıştır. Uygulamaların ihtiyaçları doğrultusunda yeni jiroskopik sistemler ortaya koyulmuştur ve bu sistemlerin geliştirilip değiştirilmesiyle daha da farklı sistemler türetilmiştir. Bu durum, jiroskopik sistemlerin yenilikler yapılarak kullanılmaya uygun olduğunu göstermektedir. Jiroskopik kuvvet ölçme cihazları da jiroskopik sistemlerin kullanıldığı uygulama alanlarından birisi olduğuna göre mevcut jiroskop sistemlerin geliştirilip değiştirilmesi ile oluşturulabilecek yeni jiroskopik sistemlerin geçmişte olduğu gibi gelecekte de uygulamalardaki ihtiyaçlara cevap verebilmesi ihtimal dahilindedir. Bu çalışma, kuvvet ölçme uygulamalarındaki jiroskopik sistemleri araştıracak, geliştirecek ve kullanacak kişiler için rehber bir doküman oluşturulması amacıyla ortaya koyulmuştur.

KAYNAKLAR

AYDEMİR, B., DİZDAR, H., VATAN, C. (2017), Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı, G2KV-010, TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Aralık 2017.

AYDEMİR, B., AYAN, E., ELMAS, B.S., DİZDAR, H. (2019), Piezoelektrik Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Avantajları ve Kalibrasyonu, 4th International Mediterranean Science and Engineering (IMSEC 2019), Alanya/Turkey.

KODAMA, K., KESAMARU, K., ADACHI, M., KAMIMURA, K., KUROSU, S. (2002), Force-measurement using gyroscopic force measuring system, 41st SICE Annual Conference (SICE 2002), Osaka/Japan.

NAVRUZ, İ., YÜCEL, K., ÇETİNKAYA, F.K. (2016), Fiber Optik Jiroskop Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi.

SINGHAB, A.P., GHOSHALA, S K. VE KUMAR, H. (2018), A contemporary investigation of force transducers: Past and present scenario, *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 56, 717-727.

STEFANESCU, D. M. (2011), *Handbook of Force Transducers*, Berlin: Springer-Verlag.

STEFANESCU, D. M., Anghel M. A. (2013), Electrical methods for force measurement – A brief survey, *Measurement 46*, 949–959.

SUNG, W.T., SUNG, S.K., LEE, J.G., KANG, T.S. (2007), Design and performance test of a MEMS vibratory gyroscope with a novel AGC force rebalance control, *Journal of Micromechanics and Microengineering*, Vol. 17, 10.

PASSARO, V.M.N., CUCCOVILLO, A., VAIANI, L., DECARLO, M., CAMPANELLA, C.E. (2017), Gyroscope Technology and Applications: A Review in the Industrial Perspective, *Sensors*, 17(10), 2284.

http://www.code7700.com/gyroscopes.htm (Ziyaret tarihi: 2 Nisan 2019).

https://tr.redsearch.org/images/3893977#images-7 (Ziyaret tarihi: 4 Nisan 2019).

KİMYA EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KULLANILMASI

Bekir EKİCİ
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
bekir.ekici@hotmail.com

Serdar BİROĞUL
Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
serdarbirogul@duzce.edu.tr

Özet

Fen Bilimleri eğitiminin temelinde, yaşamın tam merkezinde yer alan tabiat kanunlarının özümsenmesi ve becerilerin bu yönde geliştirilmesi, kısacası fen okuryazarlığının kazandırılması hedeflenir. Bu noktada eğitim başta olmak üzere birçok alanda kendisine çok iyi yerler edinmiş artırılmış gerçeklik uygulamaları kullanılarak Fen bilimleri eğitiminin desteklenmesi mümkündür. Üç boyutlu artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılması ile birlikte kavramların görsel açıdan zenginleştiği, daha ilgi çekici ve eğlenceli derslerin yapılmasına olanak sağlanabilmektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojileri günümüzde oldukça ilerleme kat etmiş ve geliştirilen yeni yazılım ve donanımlarla daha da hızlı bir şekilde ilerlemeye devam etmektedir.

Bu çalışmada, Kimya ders kitaplarındaki çeşitli görseller kullanılarak artırılmış gerçeklik uygulamaları hazırlanmıştır. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının Kimya derslerinde kullanılmaları ile elde edilecek görsel zenginlik sayesinde fen okuryazarlığına olumlu katkıları olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fen Okuryazarlığı, Artırılmış Gerçeklik, ARchemist

Abstract

In this research, in the base of science education it is aimed to assimilate the natural laws which are in the very center of life and to develop the skills in this direction. In short, the main purpose of this research is to gain science literacy to students. At this point, it is possible to support Science education by using augmented reality applications which have very good places in many areas, especially education. With the use of three-dimensional augmented reality applications, it is seen that concepts can be enriched visually and lessons can be done more interestingly and entertainingly. Augmented reality technologies have progressed quite a bit nowadays. It continues to progress even faster with new software and hardwares.

Thanks to this study, augmented reality applications were prepared by using various visuals in Chemistry textbooks. It is aimed to have positive contributions to science literacy through the use of augmented reality applications in chemistry lessons.

Keywords: Science Literacy, Augmented Reality, ARchemist

1. GİRİŞ

Hayatımız her alanda yıllardır süregelen hızlı bir teknolojik gelişme süreci ile beraber akıp gitmektedir. Bilgisayarlar, hesap makinesinin icadı ile hayatımıza girmiş ve günümüzde cebimize sığabilen boyutlara kadar küçülmüş, mobil hale gelmişlerdir. Birer mobil bilgisayar olan tabletler ve akıllı telefonlar hayatımızda sağlam bir yer edinmiş, her an yanımızda taşıyabildiğimiz online cihazlar olarak vazgeçilmezimiz olmuşlardır. Günlük yaşam standartlarımızı belirleyen teknolojik yenilikler sayesinde hayatın her alanında türlü kolaylıklar elde edilmiştir. Bu teknolojik yeniliklerin her alanda olduğu gibi dokunduğu noktalardan biri de eğitim alanıdır. Eğitim alanında yaygın olarak

kullanılmaya başlanan mobil teknolojiler sayesinde etkili ve eğlenceli öğretim ortamları yaratmak mümkündür.

Bu çalışmada mobil artırılmış gerçeklik uygulamaları ve kullanım alanları hızla yayılan bu uygulamaların eğitim sektörü içerisindeki ilerleyişi ele alınmıştır. Artırılmış gerçeklik teknolojilerinin eğitime yönelik geliştirilen örnek çalışmaları incelenmiştir. Kimya derslerinin öğretiminde birçok kavramın atomik düzeyde olması ve görsellere duyulan ihtiyacın fazla olması nedeniyle bu ders seçilmiştir. Ayrıca kimya dersleri üzerine yeterli düzeyde bir çalışma yapılmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda kimya ders kitaplarındaki görsellerin hedef olarak kullanıldığı ARchemist adını verdiğimiz örnek bir artırılmış gerçeklik uygulaması tasarlanmıştır. Bu örnek uygulama ile kimya ders kitaplarının görsellerinin canlandığı, hareketli, renkli ve eğlenceli bir yapı kazanması sağlanmıştır. Bu sayede kimya dersleri üzerine artırılmış gerçeklik uygulamalarının daha da çoğalarak zengin bir kaynağın oluşturulması hedeflenmiştir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının zamanla kimya derslerinin öğretiminde kullanıldıkça oldukça faydalı bir araç olarak tercih edileceği değerlendirilmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik terimi ilk kez Boeing şirketinde 1990 yılında araştırmacı Thomas P.Caudell ve ekip arkadaşı David Mizell tarafından ortaya atılmıştır [21]. Sanal grafikleri fiziksel bir gerçekliğe harmanlayan uçak elektrikçilerinin kullandığı dijital gösterimi tanımlamak için kullanılan Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality); gerçek görüntünün üzerine bilgisayarda oluşturulan çeşitli görsel, sesli ve hareketli sanal görüntülerin eklenerek zenginleştirilmesidir[2].

Bir başka ifadeyle artırılmış gerçeklik sanal ile gerçek arasındaki “orta yol” olarak düşünülebilir. Şöyle ki artırılmış gerçeklik, gerçeğin gerçeğe bindirilen veya birleştirilen sanal nesnelerle görülmesini sağlar[10]. Yani artırılmış gerçeklik gerçek ve sanal ortamların 3 boyutlu ve eşgüdümlü olarak bir araya getirilmesidir. Bu sayede gerçeğin değiştirilmesi yerine gerçeğin tamamlaması söz konusu olur [1]. Sanal gerçeklik ise bilgisayarda oluşturulan ve insanların kendilerini içerisinde bulunuyormuş gibi hissettikleri üç boyutlu ortamlardır. Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kavramları, her ikisinde de bulunan sanal nesnelerden ötürü çoğu zaman karıştırılabilmektedir. Artırılmış gerçeklik ile sanal gerçekliğin arasındaki en büyük fark artırılmış gerçeklikte kullanılan sanallığın gerçek dünya nesnelerinin üzerinde kurgulanması ve sunulan ortamın gerçek zamanlı olmasıdır. Kısacası gerçek nesneler ile sanal nesnelerin eşzamanlı olarak harmanlanmasıdır[22].

Artırılmış gerçeklik için en temel gereksinim görüntüyü almak için gerekecek bir kamera ve alınan görüntünün dijital olarak hazırlanan iki ya da üç boyutlu grafiklerle işlendikten sonra gösterimini sağlamak için gerekli olan bir monitördür. Artırılmış gerçeklik teknolojisi önceleri birbirlerine ayrı ayrı bağlanması gereken çevre birimleri ile sağlanabilirken günümüzde hepsinin bir arada bulunduğu mobil cihazlar olan tablet ve akıllı telefonlar ile yapılabilmektedir. Hatta mobil cihazların gelişen RAM ve işlemci gibi bileşenleri sayesinde çok daha gelişmiş artırılmış gerçeklik uygulamaları ortaya çıkarılabilmektedir.

Artırılmış gerçeklik yazılımlarından bahsedecek olursak, uygulama araçlarından bazıları ARToolkit, LayAR, Vuforia, Wikitude, Aurasma, Augment ve ARCore olarak sıralanabilir. Bu geliştirici araçlarının bir kısmı ücretsiz olarak kullanıcıların hizmetine sunulurken bir kısmı da ücretlidir.

Artırılmış gerçeklik uygulamaları çeşitlerine göre; Eğitim, tıp, mühendislik ve mimari, otomotiv, eğlence, telekomünikasyon, pazarlama, satış sonrası hizmetler, emlak işleri, sinema, müzeler, oyun, inşaat, savunma sanayii alanları başta olmak üzere daha birçok alanda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.2 Kimya Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik

Z kuşağı ya da iGeneration[25] ise bazı kaynaklara göre 1995 – 1996 – 1997 yılları ve sonrasında doğanları kapsadığı belirtilse de çoğunlukla kaynaklarda 2000 yılından itibaren dünyaya gelen, başka bir deyişle günümüzde 0-19 yaş aralığında olan bireyler olarak tabir edilirler. İnternet ağının içerisinde büyüyen ve çevrimiçi olmanın artık kendileri için sıradan olduğu bu kuşağa "İnternet Kuşağı" adı da verilir[23]. Ülkemiz nüfusunun % 32'sini kapsayan(Seymen A.F., 2016) Z kuşağı bireylerinin çeşitli kaynaklar incelenerek elde edilen kendilerinden önceki kuşaklara göre farklı olan bazı karakteristik özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- Zihinsel ve psikolojik açıdan hızlı gelişim gösterirler.
- Analitik düşünme yetenekleri dikkat çekici düzeydedir.
- Her şeyin mümkün olduğuna inanırlar. Yaratıcılığı ve öznelliği önemserler.
- Uygulamalı ve doğrudan öğrenmeye meyillidirler. Ekip çalışmasına çok uygun değillerdir.
- Teknolojiyi ileri derecede kullanırlar.
- Z kuşağı bireyleri için teknoloji olmazsa olmazdır. Teknolojinin içinde doğdukları için teknolojiyi çok iyi derecede kullanabilmelerinin getirdiği avantajı eğitimde de görmektedirler. Bu nedenle Z kuşağının önceki kuşaklara göre IQ'ları da yüksektir[24].

Somyürek(2014) çalışmasında artırılmış gerçekliğin eğitimdeki uygulama alanlarını sıralarken Fizik, Kimya, Biyoloji gibi alanlarda kavramların üç boyutlu gösterimi ya da deneylerin gerçekleştirilmesinde de yararlanılabileceğini belirtmiştir.

Enyedy ve arkadaşlarının çalışmalarında öğrencilerin kavramsal bir anlayış geliştirebildikleri görülmüştür[5].

Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları üzerine yapılan bazı çalışmalarda uygulamaların eğitimde sağladığı kazanımların bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz.

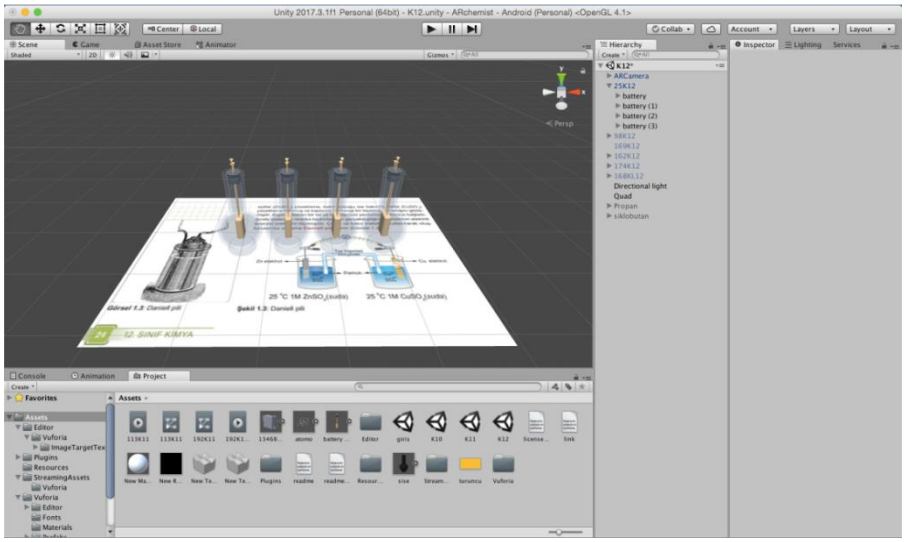
- Kavramların/süreçlerin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunur(Klopfer & Squire, 2008; Kaufmann & Schmalstieg, 2003; Shelton, & Hedley, 2002; Somyürek, 2014).
- Soyut kavramları somutlaştırmaya yardımcı olur(Dori & Belcher, 2005; Kaufmann, Schmalstieg & Wagner, 2000; Somyürek, 2014).
- Kavram yanılgılarının düzeltilmesini destekler(Tasker & Dalton, 2008; Shelton, & Hedley, 2002; Somyürek, 2014).
- Konuları görselleştirerek daha kolay anlaşılmasını sağlar(Kaufmann & Schmalstieg, 2003; Shelton, & Hedley, 2002; Somyürek, 2014).
- Öğrencinin dikkatini çekme ve öğrencinin motivasyonunu artırma noktasında büyük kolaylıklar sağlar(Witmer, Baily, & Knerr, 1996; Klopfer & Squire, 2008; Sumadio & Rambli, 2010; Di Serio, vd., 2012; Somyürek, 2014).
- Öğrencinn öğrenme sürecinden zevk almasını sağlar(Kaufmann, Schmalstieg & Wagner, 2000; Núñez vd., 2008 ; Somyürek, 2014).
- Öğrencilerin kendi öğrenme ortamları üzerinde kontrole sahip olmalarına imkân vermesi nedeniyle öz yeterliliklerini artırır(Majoros ve Neumann, 2001; Somyürek, 2014).

2.3 ARchemist Uygulaması Süreci

Mobil cihazlar birçok işimizde olduğu gibi öğretim faaliyetlerinde de en büyük yardımcımız olma yolundadır. Burada tasarladığımız örnek mobil uygulamada Unity 3D oyun motoru ve Vuforia kullanılmıştır. Unity ve Vuforia tercih edilmesinin en büyük nedeni İOS, Andorid ve Windows platformlarını destekliyor olmalarıdır.

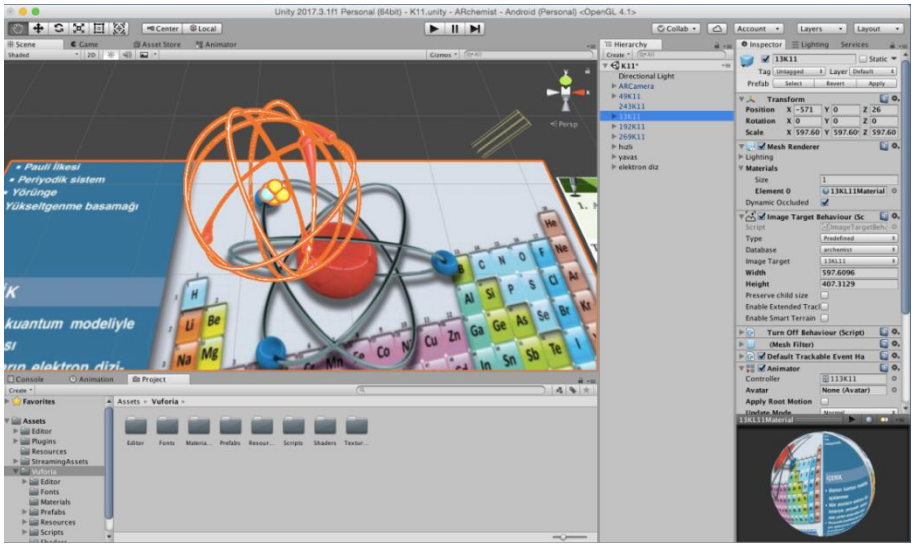
ARchemist adını verdiğimiz 3 boyutlu mobil artırılmış gerçeklik uygulaması, Kimya dersine ait 10, 11 ve 12. Sınıf konularına yönelik olarak hazırlanmaya çalışılmaktadır. Uygulamanın mantığında ise ders kitaplarındaki örnek alınmış görsellerin hedef ya da tetikleyici olarak tasarlanması ve ardından bu görsellere uygun olarak hazırlanan grafik, animasyon veya videolar ile sanal-gerçek buluşması sağlanmaya çalışılmaktadır.

Uygulamanın oluşturulması aşamasında ilk olarak Unıty3D web sitesinden ücretsiz olan Unıty personal sürümünü indirerek kurmamız, ardından Vuforia portalına üye kaydı oluşturup Android işletim sistemi için hazırlanmış olan Vuforia kütüphanesi ve SDK dosyalarını indirerek Unıty platformuna import etmek gerekir. Hangi resimlerin hedef olarak kullanılacağı belirlendikten sonra Vuforia Target Manager sayfasında bu hedef resimler yüklenerek veri tabanı oluşturulur. Bu veritabanı da Unity platformuna import edilmelidir. Resim 1'de 12. Sınıf Daniell Pili örneği görülmektedir.



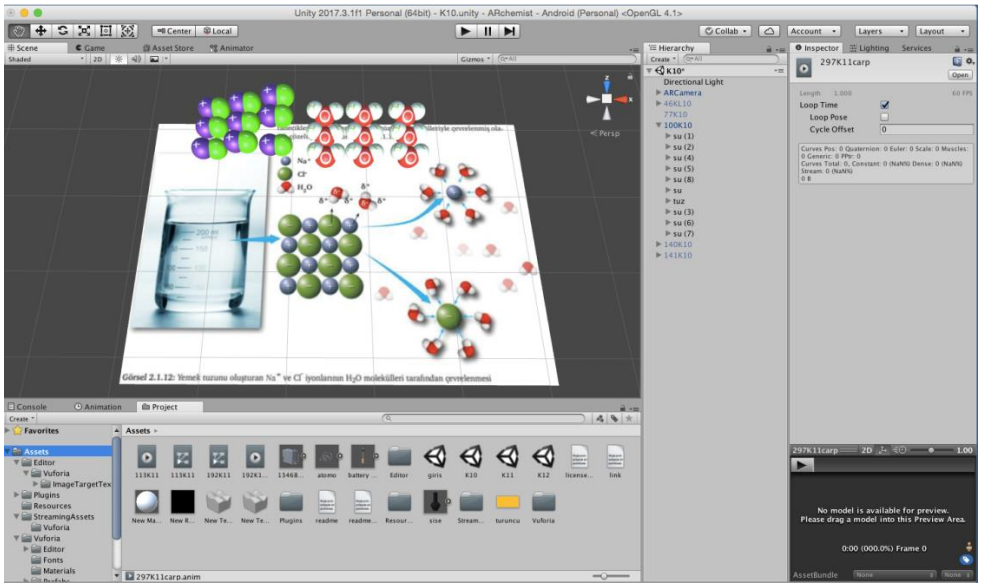
Resim 1: 12. Sınıf Daniell Pili örneği[18]

Veri tabanı oluşturma aşamasında Milli Eğitim Bakanlığı yayınlarının 10, 11 ve 12. Sınıf Kimya ders kitaplarından bazı görseller seçilmiştir. Resim 2'de 11. Sınıf atom örneği görülmektedir.



Resim 2: 11. Sınıf Atom modeli örneği[19]

Vuforia portalından veritabanı oluşturmanın yanında uygulamamızın çalışabilmesi için Licence Manager bölümünden lisans anahtarı alınıp Unıty'deki ARcamera/OpenVuforia Configuration kısmında ilgili alana girilmelidir. Bundan sonraki adımlarda artık iş hayal gücüne ve grafik yeteneklerine kalmaktadır. ARcamera'nın hedef görüntüyü algılaması durumunda hangi grafik, animasyon ya da video gibi zenginleştirici içeriğin gösterileceğinin düzenlenmesi gereklidir. Resim 3'te 10. Sınıf çözünme örneği görülmektedir.



Resim 3: 10. Sınıf Tuzun(NaCl) Suda Çözünmesi örneği[20]

Tüm içerik hazırlandıktan sonra geriye uygulamamızın apk dosyasını oluşturup mobil cihazlarımıza yüklemek ve eğlenceli kimya derslerine başlamak kalıyor.

3. SONUÇ

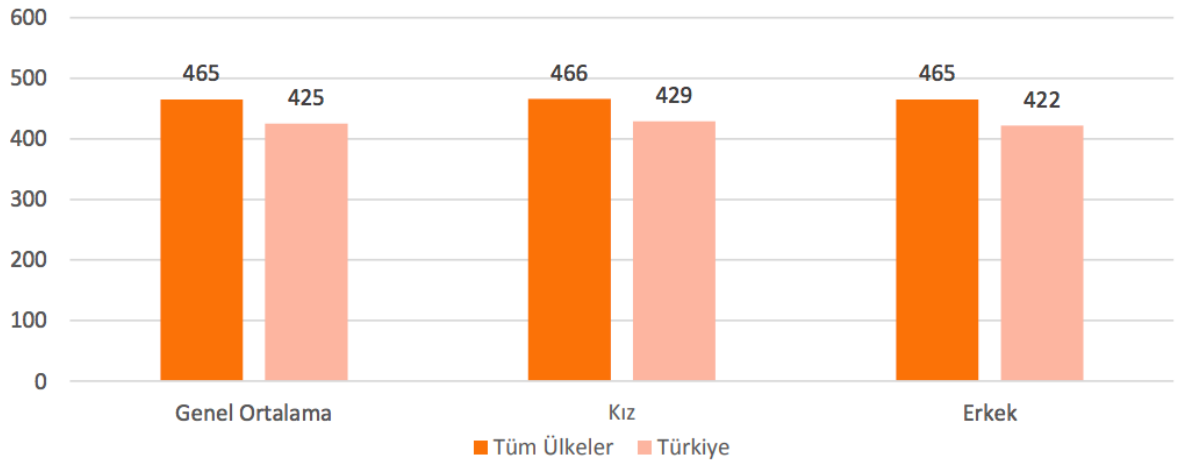
Eğitimde artırılmış gerçeklik üzerine literatür incelendiğinde bu konuda hazırlanmış birçok makale ve tez olduğunu ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim ortamını birçok yönden olumlu anlamda etkilediği noktasında değerlendirmelere ulaşılmıştır. Ancak Kimya dersi üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Artırılmış gerçeklik uygulamaları barındırdıkları güçlü nitelikleri sayesinde eğitim-öğretim süreçlerinin vazgeçilmez aktörleri olma yolundadır.

Bu çalışmada Milli Eğitim Bakanlığı yayınlarının 10, 11 ve 12. Sınıf Kimya ders kitaplarından bazı örnek görsellerin hedef görsel olarak seçilerek Unity oyun motoru ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak örnek bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiş ve artırılmış gerçeklik uygulamaları üzerine şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- Uygulama geliştirme süreçlerinin başka uygulamalara göre nispeten kolay olması,
- Uygulama geliştirime araçlarının birçoğunun ücretsiz olması nedeniyle herkesçe ulaşılabilir ve kullanılabilir olması,
- Geliştirici araçlarının kullanımının öğrenilmesi oldukça kolay olduğu için özellikle başlangıç düzeyinde uygulamalar hazırlanabilmesinin kolay olması,
- Bu uygulamaların ortaokul seviyesinden başlayarak lise ve üniversite seviyelerine kadar yayılmış bulunan akıllı telefonlar sayesinde öğrencilerin birçoğuna ulaştırılabilmeleri rahatlıkla mümkün olabilmektedir.

4. TARTIŞMA

PISA (Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı)'nın temel alanlarından birisi de "Fen Okuryazarlığı" dır. Üç yıllık periyotlarda gerçekleştirilen değerlendirmelerde her döngüde farklı bir alana ağırlık verilmektedir. 2015 yılının ağırlıklı alanı olarak fen okuryazarlığı belirlenmiştir. Ülkemiz, MEB 2015 PISA Ulusal Raporu verilerine göre 425 ortalama puan ile 72 ülke arasından ancak 54. sırada yer edinebilmiştir.



Grafik 1: PISA 2015 Fen Okuryazarlığı ortalama puanları[26]

Özellikle fen bilimleri gibi soyut nicelikleri fazlaca barındıran derslerin kalıcı ve etkili bir biçimde kavranması ve bu niceliklerin somutlaştırılabilmesi için artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılmasında son derece yarar vardır. Bu bağlamda hazırlanacak uygulamalar kimya dersi dışında başka dersler ve kavramların öğretimi süreçlerinde de çok iyi birer yardımcı olacaktır.

Kimya dersi özelinde hazırlanan bu örnek çalışmanın açacağı yolda yeni geliştirilecek olan daha üstün nitelikli artırılmış gerçeklik uygulamalarının fen okuryazarlığına olumlu katkılarının yanında laboratuvar gereksinimlerini de azaltabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] AZUMA, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: *Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

[2] CAUDELL, T. P., & MİZELL, D. W. (1992, January). Augmented Reality: An Application Of Heads-Up Display Technology To Manual Manufacturing Processes. *System Sciences, 1992. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on* (Vol. 2, pp. 659-669). IEEE.

[3] Dİ SERİO, Á., IBÁÑEZ, M. B. & KLOOS, C. D. (2012). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course, *Computers & Education*, 68, 586–596.

[4] DORİ, Y. & BELCHER, J. (2005). Learning electromagnetism with visualization and active learning, *Models and modeling in science education* (pp. 187-216). New York, NY: Springer.

[5] ENYEDY, N., DANİSH, J. A., DELACRUZ, G., & KUMAR, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. International journal of computer-supported collaborative learning, 7(3), 347-378.

[6] KAUFMANN, H. & SCHMALSTİEG, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality, *Computers & Graphics*, 27(3), 339-345.

[7] KAUFMANN, H., SCHMALSTİEG, D. & Wagner, M. (2000). Construct3D: a virtual reality application for mathematics and geometry education. *Education and Information Technologies*, *5*(4), 263-276.

[8] KLOPFER, E. & SQUİRE, K. (2008). Environmental detectives: The development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Education Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.

[9] MAJOROS, A. & NEUMANN, U. (2001). Support of Crew Problem-Solving and Performance with Augmented Reality. In *Bioastronautics Investigators' Workshop, Galveston, TX January* (pp. 17-19).

[10] MİLGRAM, P., & KİSHİNO, F., (1994) A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, 77 (12), 1321-1329.

[11] NÚÑEZ, M., QUİRÓS, R., NÚÑEZ, I., Carda, J. B., & CAMAHORT, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education, *WSEAS International Conference Proceedings Mathematics and Computers in Science and Engineering* (No. 5). WSEAS.

[12] SEYMEN, A.F. (2017). Y ve Z Kuşak İnsanı Özelliklerinin Milli Eğitim Bakanlığı 2014-2019 Stratejik Programı ve TÜBİTAK Vizyon 2023 Öngörüleri İle İlişkilendirilmesi. *Kent Akademisi Dergisi*,*10*(4),467-489

[13] SHELTON, B. E., & HEDLEY, N. R. (2002). Using Augmented Reality For Teaching Earth-Sun Relationships To Undergraduate Geography Students. *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop* (Vol. 8). IEEE.

[14] SOMYÜREK, S. (2014). Öğrenme Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama, 4*(1),63-80

[15] SUMADİO, D.D. & RAMBLİ, D.R.A. (2010). Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education *Second international conference on computer engineering and applications*, Vol. 2 (pp. 461–465). IEEE.

[16] TASKER, R. & DALTON, R. (2008). Visualizing the molecular world: Design, evaluation, and use of animation. Editör J. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh, *Models and modeling in science education* (pp. 103-131). New York, NY: Springer.

[17] WİTMER, B., BAİLY, J. & KNERR, B. (1996). Virtual Spaces and Real World Places: Transfer of Route Knowledge. *International Journal of Human – Computer Studies*, *45*(4), 413-428.

[18] İnternet: ÇİÇEK, K., DEMİROL, M., BOZYİL, O., DANIŞMAN, O. & YILDIZ, S. (MEB 2018). "*Kimya 12 Ders Kitabı*". Syf. 25. Web: http://www.eba.gov.tr/ekitap?icerik-id=6960 adresinden 15 Kasım 2018'de alındı.

[19] İnternet: ERTEKİN, A.B., KURT, A., DEMİRBAŞ, O. & ERKUŞ, S. (MEB 2018). "*Kimya 11 (Fen Lisesi) Ders Kitabı*". Syf. 13. Web: http://www.eba.gov.tr/ekitap?icerik-id=6916 adresinden 15 Kasım 2018'de alındı.

[20] İnternet: GÜNTUT, M., GÜNEŞ, P. & ÇETİN, S. (MEB 2018). "*Kimya 10 Ders Kitabı*". Syf. 100. Web: http://www.eba.gov.tr/ekitap?icerik-id=6956 adresinden 15 Kasım 2018'de alındı.

[21] İnternet: CAUDELL, T. (1990), *AR at Boeing*, 28 Mart 2019 tarihinde http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/presentations/hci-history/tsld096.htm adresinden alındı.

[22] İnternet: KATMER, Y. (2018), *Sanal ve Artırılmış Gerçeklik*, 2 Nisan 2019 tarihinde https://www.termodinamik.info/bilgi/sanal-ve-artirilmis-gerceklik adresinden alındı.

[23] İnternet: EĞİTİMPEDİA (2018), *Bir Kuşağı Anlamak: Z Kuşağı Kimdir?*, 20 Mart 2019 tarihinde https://www.egitimpedia.com/bir-kusagi-anlamak-z-kusagi-kimdir/ adresinden alındı.

[24] İnternet: 2000 yılından sonra doğanların IQ'su daha yüksek, 2 Nisan 2019 tarihinde **http://www.milliyet.com.tr/2000-yilindan-sonra-doganlarin-egitimdunyasi-1902518/** adresinden alındı.

[25] İnternet: ARIYÜREK, N. (2016), *Z kuşağı kimdir, neden anlamalıyız ve nasıl iletişime geçmeliyiz?*, 3 Nisan 2019 tarihinde https://www.pazarlama30.com/z-jenerasyonu-kimdir-anlamaliyiz-nasil-iletisime-gecmeliyiz/ adresinden alındı.

[26] İnternet:MEB Ölçme Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü, *PISA 2015 Ulusal Raporu*, 3 Nisan 2019 tarihinde http://pisa.meb.gov.tr/?page_id=22 adresinden alındı.

SÜREÇ İYİLEŞTİRME: OTOBÜS ÜRETİMİNDE BİR UYGULAMA

Samet TURHAN
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
sameturhan@gmail.com

Tuğçen HATİPOĞLU
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
tugcen.hatipoglu@kocaeli.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Hatice ESEN
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
hatice.eris@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüz işletmelerinin rekabetçi ortam içerisinde varlıklarını sürdürerek büyüme gösterebilmeleri, tüm kaynaklarını verimli kullanmaları ile oluşacak maliyet kazanımları ile mümkün olmaktadır. Teknoloji ile birlikte ihtiyaç duyulan insan kaynağında değişiklikler olsa da bu kaynağa olan ihtiyaçtan vazgeçilememektedir. Bu noktada üretim kaynaklarından biri olan insan kaynağının verimliliğinin arttırılması amacıyla yürütülen iş etüdü çalışmaları önemini korumaktadır. Ülkemizde sınırlı sayıda firmanın gerçekleştirdiği otobüs üretiminin her aşamasında, üretim proseslerinin uygulama tekniklerinden dolayı insan gücünden en etkili şekilde faydalanılması bir zorunluluktur. Bu çalışmada otobüs üretimi yapan bir firmadaki montaj proseslerinden biri olan ve insan gücünün yoğun olarak kullanıldığı, araç zemini muşamba döşeme operasyonu incelenmiştir. Metot ve zaman etüdü çalışmaları yapılarak işlem adımlarının iyileştirilmesi ve dolayısıyla verimliliğin arttırılması hedeflenmiştir. Zaman ve metod etüdü teknikleri uygulanarak sunulan çözüm önerileri ile gereksiz taşımalar azaltılarak işin standart zamanında % 13,76'lık bir iyileşme elde edilmiştir. Ayrıca çalışma ortamındaki faaliyetlerin daha ergonomik koşullar altında gerçekleştirilmesi için çeşitli ergonomik iyileştirme önerileri de sunulmuştur. Bu çalışma ile iş etüdü tekniklerinin işletmelerdeki verimliliği arttırıcı etkisi ortaya konmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, İş Etüdü, Otomotiv Sektörü

PROCESS IMPROVEMENT: AN APPPLICATION IN BUS PRODUCTION

Abstract

Today's enterprises need to use all their resources efficiently and reduce their costs in order to maintain their existence in a competitive environment. Although there are changes in the human resources needed as a result of technological developments, the need for this resource cannot be abandoned. Work studies remain important in order to increase the productivity of human resources. It is a necessity to make the most efficient use of manpower at every stage of the bus production performed by a limited number of companies in our country. In this study, one of the bus assembly processes in a company which performs bus production, the floor linoleum flooring operation where the human power is used intensively, was examined. Using time and motions study techniques, it is aimed to improve the process steps and thus increase the productivity. By applying time and motions study techniques, unnecessary transports have been reduced with the solutions offered and an improvement of 13.76% was achieved in the standard time of work. It has been ensured that activities in the working environment are carried out under more ergonomic conditions. This study clearly demonstrates the effect of work study techniques on business productivity.

Keywords: Productivity, Work Study, Automotive Industry

1. GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin rekabetçi ortam içerisinde varlıklarını sürdürebilmeleri maliyetlerin düşürülmesi ve verimliliğin arttırılması ile mümkündür. Bu sayede büyüme gerçekleştirip, sektörlerinde kalıcı olabilirler. 21. yüzyıl sanayi çağında teknolojinin ulaşmış olduğu nokta, düz işçiliğin azalmasına neden olmaktadır. İşletmelerde insan gücünden faydalanılarak, üretim faaliyetlerinin en etkili şekilde kullanılması gereklidir. Bu durum iş etüdü çalışmaları önemini arttırmaktadır. İş etüdü iki ana fonksiyonu yerine getirmektedir. Bunlardan ilki çalışma metodunun standartlaştırılması metot etüdüyle başarılır. İkinci fonksiyon yani çalışma süresinin standart hale getirilmesi iş ölçümü sayesinde olur. İş etüdü sadece sistemi iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda işlemler için gerekli standart zamanları da tespit eder. Bu sayede üretim planlama ve kontrolü ile teşvikli ücret sistemlerinde büyük faydalar sağlar.

Bu çalışma minibüs, otobüs üretimi gerçekleştiren bir firmanın araç zemini muşamba kaplama istasyonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışma da yöntem olarak İş Etüdü kullanılmıştır. İkinci bölümde genel hatlarıyla çalışmada kullanılan yöntem anlatılmış, üçüncü bölümde yapılan uygulamaların detayları sunulmuş ve son bölümde ise çalışma sonuçları özetlenmiştir.

2. İŞ ETÜDÜ

Verimlilik hemen her zaman, yeni ve gelişmiş makine ve donatıma yatırım yapmakla artırılabilir. Uzun dönemde verimliliği artırmanın en etkili yolu, daha modern tesis ve donatım kurmaktır. Oysa bu tür stratejiler büyük sermaye gerektirir ve eğer elde yeterli sermaye bulunmuyorsa dış kaynak gereksinimi doğar. İş Etüdü, yaptığı yeniden düzenlemelerle mevcut kaynaklarla gerçekleştirilebilecek üretimi, çok küçük bir yatırımla veya hiç yatırım gerektirmeksizin artırmak amacıyla kullanılmaktadır (Dizdar ve Özen, 2001).

İş Etüdü, metot etüdü ve iş ölçümü tekniklerini içeren genel bir terimdir. Alman İş Etüdü ve İşletme Organizasyonu'nun (Reichs Ausscuss Für Arbeitsstudium-REFA) iş etüdü tanımı şöyledir: İş etüdü, iş sistemlerinin incelenmesi ve düzenlenmesine ilişkin yöntem ve deneyimlerin, çalışan kişinin iş yapabilme gücünü ve gereksinimlerini de göz önünde tutarak, işin iyileştirilmesi ve işletmenin daha ekonomik çalışmasını sağlamak amacıyla uygulanmasıdır. Diğer bir taraftan Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization-ILO) iş etüdünü, bir faaliyetin gerçekleşmesi için gerekli insan ve malzeme kaynaklarının en uygun kullanımını sağlamaya yönelik, metot etüdü ve iş ölçümü tekniklerinin oluşturduğu bir terim şeklinde tanımlamaktadır.

İşlerin iyileştirilmesi ve işletmenin daha ekonomik çalışmasını sağlamak amacıyla, o işletmede bulunan her iş istasyonundaki iş akışlarının, yapılan işe uygun olarak yerleştirilmesi gerekir. Bu nedenle iş analisti, iş akışlarıyla ilgili analiz ve iş sistemlerinin düzenlenmesiyle ilgili sentez yöntemlerini kullanır (Yaman ve ark, 2008).

Metot etüdü, süreçlerin, ekipman tasarımlarının ve iş yeri planlarının iyileştirilmesinde, daha etkin üretim yöntemlerinin geliştirilmesinde, üretim girdilerinin azaltılmasında ve daha iyi çalışma şartlarının geliştirilmesinde kullanılan bir tekniktir (Demirbaş, 2010).

Zaman etüdü iş ölçüm tekniklerinden en yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Yapılan araştırmaların sonucunda işletmelerin standart zaman hesaplanmasında %94 oranında zaman etüdü kullanılmaktadır. Zaman etüdü, belirli koşullar altında yapılan belirli bir işin öğelerinin zamanını ve derecesini kayıt ederek ve bu yolla toplanan verileri çözümleyerek, o işin tanımlanan çalışma hızında yapılması için gereken zamanı saptamakta kullanılan iş ölçüm tekniğidir (Bircan ve İskender, 2005).

3. UYGULAMA

Bu çalışma minibüs, midibüs, ve otobüs üretimi gerçekleştirilen bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Esnek üretim yapısına sahip fabrikada, kendi markasının yanı sıra, 5 metre ile 25 metre arasında otobüs ve minibüs üretiminde yurtiçi ve yurtdışı kaynaklı farklı markaların belirli modellerinin üretim işlemleri gerçekleştirilmektedir. Firma üç vardiyada 100 bin araç üretim kapasitesine sahiptir.
Firmanın otobüs üretim faaliyetlerine ilişkin metodoloji aşağıda özetlenmiştir.

- Kaynak atölyesinde profillerin fikstürler yardımı ile ana gövde parçaları halinde toplanması ve gövde çatım operasyonu ile otobüs gövdesinin oluşturulması,
- Kaynak sonrası, boya atölyesinde sırasıyla, profiller üzerindeki yağların temizlenmesi, astarlama, fırınlama, mastik uygulaması, araç taban tahtalarının montajı, pvc kaplama, araç tavan levhasının yerleştirilmesi ve zımparalama işlemlerinin gerçekleştirilmesi,
- Montaj operasyonları kapsamında, izolasyon ve trim montajları, mekanik aksam montajları, araç zemin ve iç paneller montajı, cam montajı

ve iç aksam (hava ve ışık kanalları, koltuk ve tutunma boruları, kapı, şoför kabini ve elektronik aksamlar vb.) montajı ile otobüs üretimi gerçekleştirilmektedir.

- Tüm bu operasyonlar sonrasında montaj final istasyonunda aracın tüm elektrik ve mekanik testleri gerçekleştirilerek, fabrika içerisinde yer alan 2,8 km' lik yol testine hazır hale getirilmesi sağlanmaktadır.

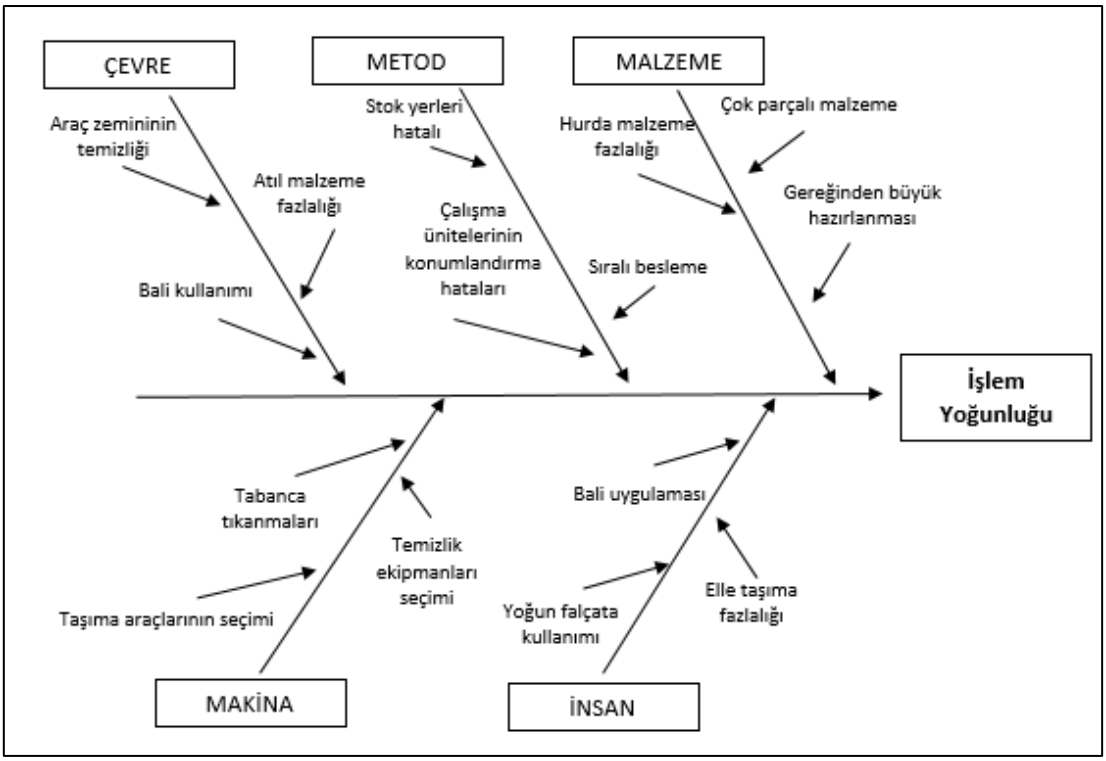
Yaşanan gecikme süresinin uzunluğu ve de hat genelinde manuel işlem yoğunluğu gibi sebeplerle montaj hattı araç zemini muşamba kaplama istasyonunda iyileştirmeler yapılmasına karar verilmiştir. Bir sonraki aşama olarak, inceleme yapılan araç zemini muşamba kaplama operasyonu için metod etüdü kapsamında, operasyonun tüm aşamaları adım adım izlenerek kaydedilmiş ve iş akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 1).

12 mt Cng Bari Araç Zemininin Muşamba Kaplama Uygulaması İş Akım Şeması (Mevcut)

ŞEMA NO: 1 SAYFA NO:1/1				**ÖZET**							
KONU:				**ETKİNLİK**		**MEVCUT**		**ÖNERİLEN**	**ARTIRIM**		
Otobüs Zemini Muşamba Döşeme Operasyonu				**İŞLEM**	○	24					
İŞ: 12 mt CNG Bari Araç Zemininin Muşamba Kaplanması				**TAŞIMA**	⇨	7					
YÖNTEM: MEVCUT / ~~ÖNERİLEN~~				**GECİKME**	D	0					
				YOKLAMA	□	0					
YER: Otobüs Montaj Hattı				**DEPOLAMA**	▽	0					
				UZAKLIK (M)		258					
İŞÇİLER:				**ZAMAN (ADAM / DK)**		303,36					
Ahmet Dutkuner				**MALİYET**							
Hasan Efe				**İŞÇİLİK**							
ÇİZEN: Samet TURHAN				**MALZEME**							
ONAYLAYAN: Montaj Yöneticisi **TARİH:** 01.05.2018				**TOPLAM**							
İşlem No	**Muşamba Uygulama Operasyonu İşlem Adımları**	**Miktar**	**Uzaklık (m)**	**Zaman (dk)**	**SİMGE** ○	⇨	D	□	▽	**AÇIKLAMALAR**	
1	Otobüs zemininin yüzeysel temizliğinin yapılması			25,82							
2	Muşambaların bali istasyonuna dizilmesi	26	21	21,77							
3	Bali uygulaması için ekipmanların hazırlanması			3,08							
4	Ön davlumbazlar ve şoför mahalli muşamba ve yüzeylerin balilenmesi	8		15,14							
5	Otobüs iç yan panel kenarlarına (ön bölge) fırça ile yapıştırıcı sürülmesi			6,03							
6	Ön davlumbaz ve şoför mahalli muşambalarının araç içine taşınması	8	52	4,01							
7	Ön davlumbazlar ve şoför mahalli muşambalarının yapıştırılması	8		27,1							
8	Yan panellerine sıçrayan yapıştırıcıların alkollü bez ile temizlenmesi			5,02							
9	Kişisel koruyucu donanım giyilmesi ve falçata uçlarının değişimi	4		4,01							
10	Arka davlumbazlar ve motor tüneli muşamba ve yüzeylerin balilenmesi	8		7,05							
11	Arka davlumbazlar ve motor tüneli muşambalarının araç içine taşınması	8	52	4,05							
12	Arka davlumbaz ve motor tüneli muşambasının yapıştırılması	8		49,01							
13	Kişisel koruyucu donanım giyilmesi ve falçata uçlarının değişimi	4		4,1							
14	Arka basamak muşambaların muşamba ve yüzeylerin balilenmesi	3		4,09							
15	Arka basamak muşambalarının araç içine taşınması	3	26	3,05							
16	Arka basamak muşambalarının yapıştırılması	3		12,91							
17	Yan panellerine sıçrayan yapıştırıcıların alkollü bez ile temizlenmesi			10							
18	Araç zeminindeki hurda muşamba parçalarının temizlenmesi			4,08							
19	Kişisel koruyucu donanım giyilmesi ve falçata uçlarının değişimi			4,09							
20	Ön ve arka kapı muşamba ve yüzeylerin balilenmesi	7		4,02							
21	Ön ve arka kapı muşambalarının araç içine taşınması	7	39	3,11							
22	Ön ve arka kapı zemin muşambasının yapıştırılması	7		8,91							
23	Otobüs zemin muşambasının araç içine taşınması	2	26	1,02							
24	Zemin muşamba rulosunun açılması ve ikiye katlanması			2,96							
25	Zemin muşambası ve araç yüzeyinin balilenmesi			13,32							
26	Zemin muşambasının orta ve arka kapı arasına yapıştırılması			18,05							
27	Zemin muşambasının aracın arka tarafına doğru katlanması			1,04							
28	Zemin muşambası ve araç yüzeyinin balilenmesi			13,19							
29	Zemin muşambasının orta ve ön kapı arasına yapıştırılması			17,18							
30	Otobüs zeminindeki hurda muşamba parçalarının temizlenmesi			2,06							
31	Malzemelerin uygulama yapılacak diğer araca taşınması		42	4,09							
	TOPLAM	114	258	303,36	24	7	0	0	0		

Şekil 1. Muşamba kaplama uygulaması mevcut duruma ait iş akış şeması

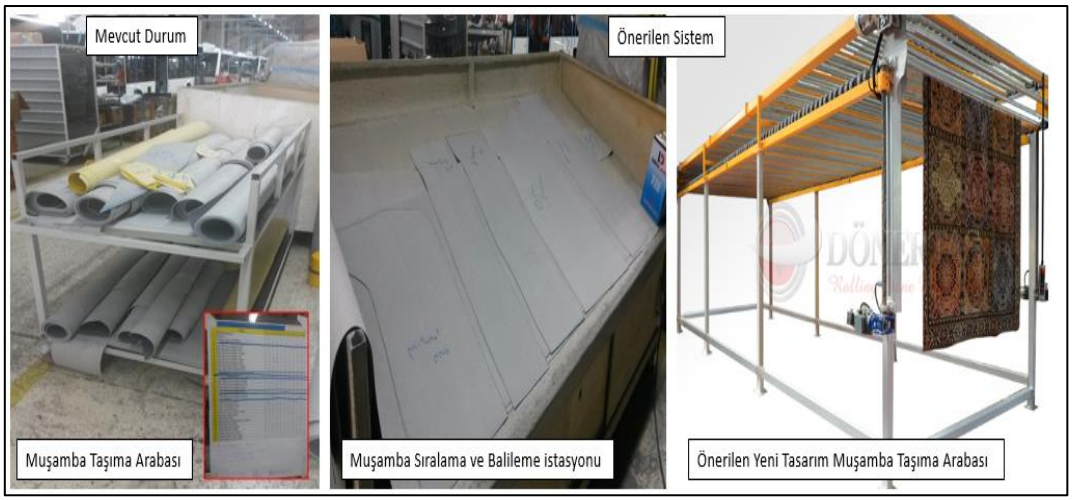
Sebep sonuç diyagramı ile araç zemini muşamba kaplama uygulama operasyonu için işlem yoğunluğunun nedenleri tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Muşamba uygulama operasyonuna ait sebep-sonuç diyagramı

İş ölçüm tekniklerinden, zaman etüdü tekniği kullanılarak, öncelikli olarak 6 farklı işlem basamağına ayrılarak incelenen araç zemini muşamba kaplama uygulaması için, standart zamanı belirsiz olan iş adımları için iş süresi ve yıllık tekrarlanma sayısı tablosuna göre minimum gözlem sayısı belirlenmiş ve ardından analizi gerçekleştirilen iş adımlarına ait 5 ayrı gözlem ile zaman ölçümleri yapılmış, her iş adımı westinghouse sistemine göre tempo takdiri hesaplanarak temel zamanlar bulunmuş ve tolerans hesabı yapılarak standart zaman hesaplanmıştır. Kişisel paylar; işletme tarafından tanımlanan kişisel dinlenme payı, % 3 olarak verilmiştir. Dinlenme payları; çalışma süresinin 60 dakikası ana dinlenme süresi, 15' er dakikalık iki kısmı ise ara dinlenme süreleridir. Yani, bir çalışanın gün içerisindeki net çalışma süresi 510 dakikadır. 90 dakikalık toplam dinlenme süresi, toplam çalışma süresinin % 15' lik kısmını oluşturmaktadır. İş geciktirici paylar değerlendirmeye alınmamıştır. Yorulma payları; 6 faktör üzerinden değerlendirilen yorulma payı analizinde, bedensel çaba %8, düşünsel çaba %2, duruş pozisyonu %4, gürültü %1, göz yorgunluğu %4 ve çevre şartları %6 olarak tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda yorulma payı %25 bulunmuştur. Standart zaman hesabını yapabilmek için yorulma paylarından, kişisel paylar ve dinlenme payları çıkartılarak net tolerans değeri %25 - %18 = %7 olarak hesaplanmıştır.

Operasyonun ilk aşaması hatta beslenen ürünlerin, muşamba hazırlama ve balileme ünitesine aktarılmasıdır. Muşambaların taşıma arabasına düzensiz koyulması ve üzerlerine sayı ile numaralandırma yapılması operatörün sıralamada yanılmasına veya tekrar kontrolüne neden olmaktadır. (Şekil 3.) Bu işlem için, muşambaların üzerine numara yerine hangi alana uygulanacak ise uygulama yerinin isminin yazılması ikinci bir kontrolü ve yanılgıyı ortadan kaldıracaktır. Hatta muşamba besleme arabasının yapısından dolayı üst üste istif şeklinde hatta beslenen muşambalar, taşıma arabasının yapısının tamamen değiştirilmesi ile uygulama sırasına göre dizileceğinden, operatörün daha seri bir şekilde muşamba hazırlamasına olanak sağlayacaktır.



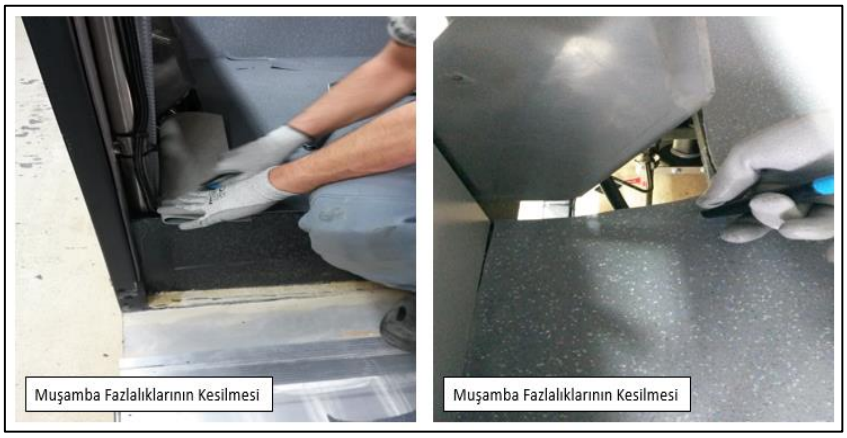
Şekil 3. Muşamba taşıma ve balileme işlemleri için mevcut ve önerilen ekipmanlar

Araç zemin temizliğinde el süpürgesi kullanılması zeminin tam olarak temizlenememesine ve muşamba yapıştırılması esnasında zaman zaman ikincil temizlik ihtiyaçları doğmasına neden olmaktadır. Ayrıca mevcut el süpürgelerinin kullanımı zaman almakta ve ortama toz yayması nedeniyle ergonomik riskler oluşturmaktadır. Bu uygulamanın yerine endüstriyel otomatik el süpürgesinin kullanılması, işlem süresinin kısaltılmasına, ikincil temizlik ihtiyaçlarının ortadan kalkmasına ve çalışma ortamına yayılacak tozların engellenmesine neden olacaktır (Şekil 4).



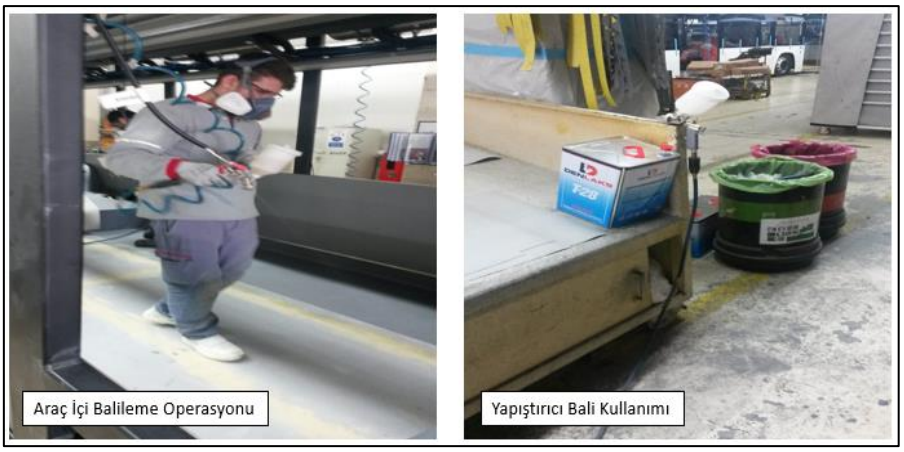
Şekil 4. Muşamba uygulama öncesi ve sonrası temizlik işlemi ekipmanları

Hatta beslenen muşambaların, araç içinde uygulanacakları alanların ölçüsünden daha büyük parçalar halinde kesilmesi, muşamba yapıştırma operasyonunu gerçekleştiren operatörün, her muşambayı falçata ile kesmesi zorunluluğu doğurmaktadır (Şekil 5). Araç içinde uygulama yapılacak alanların tam ölçüsünde şablonlar oluşturularak ve falçata yerine şarjlı muşamba kesme ekipmanı kullanılarak kesilmesi, hatta beslenen muşambaların ekstra ikinci kez işlem görmelerinin önüne geçecektir. Bu sayede hem ikincil bir işlem olan falçata ile fazlalık muşambaların kesilmesi operasyonu ortadan kaldırılarak muşamba uygulama süresi kısaltılabilir hem de falçata kullanımından kaynaklı iş güvenliği riskleri ve bu bağlı yaşanacak iş kazalarından doğacak iş gücü kayıpları önlenebilir. Bu uygulama ile bir takım maliyet kazançları da elde edilmektedir. Bunlardan bir tanesi falçatanın daha az kullanımı daha az uç değişimi gerektireceğinden ortaya çıkan kazançtır. Araç başına 12 adet olan falçata ucu kullanımı 3 adede kadar düşürülmüştür. Adet fiyatı 2,6 tl olan falçata uçlarından araç başına 23,4 tl kazanç elde edilmiştir. Bir diğer kazanç ise muşambaların kesilmesinden kaynaklı ortaya çıkan atıl muşamba miktarının azalmasıdır.



Şekil 5. Muşambaların fazlalıklarının falçata ile kesilmesi işlemi

Muşamba uygulamada yoğun olarak kullanılan yapıştırıcı maddenin (bali), çevresine koku yayması ve solunması durumunda uzun vadede ciddi sağlık sorunları, anlık olarak ta kişiyi fizyolojik açıdan etkilemesinden dolayı zararlı etkileri mevcuttur. Çalışanlar her bali uygulaması öncesinde kişisel koruyucu donanım kuşanmakta ve kullanılan solunum maskeleri çalışma performanslarını düşürmektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde aynı yapıştırma özelliğine sahip su bazlı bir yapıştırıcı ile insan sağlığına zarar vermeden ve kişisel koruyucu donanım kullanımına gerek kalmadan muşamba üzerine yapıştırıcı uygulanabilmektedir. Bu iyileştirme ile kişisel koruyucu donanım kullanımından kaynaklı performans kayıpları ve olası iş gücü kayıplarının önüne geçilebilir.



Şekil 6. Balileme operasyonları

Bu bölümde özetlenen çözüm önerilerinin hayata geçirilmesiyle elde edilen toplam kazanç sonuç bölümünde ele alınarak yorumlanmıştır.

4. SONUÇ

İşletmede, iş etüdü yöntemlerinden metod ve zaman etüdü teknikleri kullanılarak öncelikle uygulama yapılacak iş tanımlanmış ve problem tespiti yapılmıştır. Problemin tespit edilmesinden sonra problem analizinde kullanılacak veriler toplanmıştır. Bu doğrultuda mevcut operasyona ait işlem basamakları belirlenmiş ve iş akış şeması oluşturularak kronometraj yöntemiyle yıllık tekrarlanma sayısı ve iş süresi matrisiyle minimum gözlem sayısının tespit edilerek rastgele zamanlarda 5 adet gözlem yapılmıştır. İş akış şeması incelendiğinde işlem yoğunluğunun fazlalığı dikkate alınarak sebep sonuç diyagramı oluşturulmuş ve işlem yoğunluğuna neden olan faktörler tespit edilmeye çalışılmıştır. Mevcut yönteme alternatif çözüm önerileri getirilebilmesi ve olanaklı çözüm yollarının

belirlenebilmesi için uygulamayı gerçekleştiren çalışanlar ile birlikte eleştirerek inceleme tekniği kullanılarak mevcut operasyona ve geliştirilebilir yönlerine dair amaç, yer, sıra, kişi ve yöntem sorgulamaları yapılmıştır.

Ortaya konulan farklı çözüm alternatifi ile ve önerilen yeni metod için iş akış şeması oluşturulmuştur. Yeni yöntem ile işlem adımlarında 8 etkinlik arttırımı sağlanmıştır. Taşıma etkinliğinde arttırım elde edilememiş fakat taşıma işlemlerinde yeni ekipman tasarımı ve muşamba aktarma prosesinde değişiklikler yapılarak, mevcut yöntemde 258 metre tespit edilen mesafe değeri, 112 metreye düşürülerek, 146 metre mesafe bazında iyileştirme gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda işin standart yapılma zamanı 335,78 dakika iken, önerilen metot ile 289,55 dakikaya düşürülmüş ve toplam standart zamanda % 13,76' lik bir kazanım elde edilmiştir. (Tablo 1).

Tablo 1. Mevcut ve önerilen metodun etkinlik özet tablosu

ÖZET				
Etkinlik	Sembol	Mevcut	Önerilen	Artırım
İşlem		24	16	8
Taşıma		7	7	0
Gecikme		0	0	0
Yoklama		0	0	0
Depolama		0	0	0
Uzaklık (M)		258	112	146
Zaman (Adam / Dk)		303,36	252,05	51,31

Uygulama sırasında yüzey temizlikleri için kullanılan izo propil alkol kullanımı, tasarruflu kap kullanımı ile araç başına 0,15 litre, muşamba kesme işlemlerinde falçata kullanımının azaltılması ile araç başına 9 adet falçata ucu tasarrufu sağlanmıştır. Bunlardan elde edilen maliyet kazancı araç başına 24,75 TL olmuştur. Ayrıca araç zemin muşambalarının tam ölçüsünde şablon yardımı ile kesilmesi ve atıl haldeki muşambaların montaj üretim alanının farklı istasyonlarında kullanılan mastik sıyırma muşambasına dönüştürülmesi ile araç başına 67,5 TL tutarında maddi kazanç elde verilmiştir. 2018 yılında üretilmesi hedeflenen otobüs sayısı referans alındığında malzemelerden kaynaklı sağlanan tasarrufların toplam yıllık maliyet kazancı 49.815 TL olmaktadır.

Geliştirilen yeni yöntemin zaman ve maliyet kazançlarının yanında, operasyon sırasında kullanılan kimyasalların insan sağlığına daha az zararlı olanlar ile değiştirilmesi, el ile taşıma oranının azaltılması ve falçata gibi iş kazası oluşturma riski yüksek ekipmanların kullanımın ciddi oranda düşürülmesi hem ergonomik hemde iş kazalarından doğabilecek iş gücü kayıplarını önlenebilmesi açısından ciddi faydalar sağlayacaktır. Ergonomik iyileştirmeler ve çalışma alanının güvenli hale getirilmesi çalışan memnuniyetini olumlu yönde etkileyeceğinden, çalışanların performanslarında artış meydana getirdiği gibi kalite hatalarınında izlenebilir seviyede azalmasına temel oluşturacaktır.

Önerilen sistemin standart bir uygulama olacak şekilde sisteme yerleştirilmesi, çalışanların yeni sisteme adaptasyonu konusunda eğitilmesi ve düzenli aralıklarla standart uygulamanın denetlenmesi, sürdürülebilirllik ve yeni gelişim olanaklarının tespit edilebilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Demirbaş, A. Z. Verimlilik arttırma tekniği olarak metot etüdünün bir hazır giyim işletmesinde uygulanmasının işletme performansına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Ensitüdü, İzmir, 2010.

Bircan, H., & Güleren, İ. (2005). İş Ölçümü Tekniklerinden Zaman Etüdü Üzerine Bir Uygulama. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 6(2), 199-219.

Dizdar E.N., & Özen R. (2001). Ahşap Mobilya Endüstrisinde Üretim Verimliliği İçin İş Etüdü Uygulamaları. Teknoloji, (1-2), 1-9.

Yaman R., Uçmuş E., & Gönen D. (2008). Traktör Emniyet Kabini İmalatı Yapan Bir İşletmede Metot ve Zaman Etüdü Teknikleri İle Verimliliğin Arttırılması. Baü Fbe Dergisi, 10(2), 13-32.

VEKTÖRLERLE BULAŞAN HASTALIKLAR: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESELLEŞMENİN TETİKLEDİĞİ YENİ TEHDİT

Rüştü Taştan

Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu,
Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, Kocaeli, Türkiye
rtastan@kocaeli.edu.tr, rustu_tastan@yahoo.com.tr

Cüneyt Özer

Kocaeli Üniversitesi, Deneysel Tıp Araştırma ve Uygulama Birimi,
cuneyt.ozer@kocaeli.edu.tr

Alparslan Okcu

Kocaeli Üniversitesi, Kök Hücre ve Gen Tedavileri Araştırma Merkezi,
okcualparslan@hotmail.com

Özet

Son yarım yüzyılda ortaya çıkan ve 21. yüzyıla damgasını vuran Küreselleşme olgusu yalnızca iletişim, ticaret ve insan davranışlarında gözlenen değişimi hızlandırmakla kalmamış, klimatolojik ekolojik ve antropojenik dinamikleri de çokyönlü etkilemiştir. Küresel ölçekte zararları olan ve insan, hayvan, çevre -İHÇ sağlığını derinden etkileyen "değişimin dört atlısının" meydana getirdiği devasa sağlık sorunlarından biri sayısız Vektörler ve Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar-VBH'dır. Vektörler, sayıları sürekli artan viral, bakteriyel ve protozoonal patojenleri insanlara, evcil veya yabanıl hayvanlara bulaştırma potansiyeli taşımaktadır. Küresel antropojenik dinamikler ve iklimsel değişikliğin birlikte tetikledikleri VBH'lar, taşıdıkları risk potansiyelleri nedeniyle İHÇ-sağlığı bakımından çokyönlü biyo-tehdittiler. VBH'ların tehditleri, yalnızca mikrobiyolojik, entomolojik değil, aynı zamanda, sosyoekonomik, ekotoksikolojik ve hatta "agro-ekopolitik" özellik taşımaktadır.

Vektörler ve VBH'lar yalnızca İHÇ-sağlığını etkilemekle kalmıyor, gıda sektörü, turizm, ticaret ve toplum sağlığı gibi pek çok ekonomik, sosyokültürel dinamikleri derinden etkiliyor. Uluslararası düzeyli *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli*–IPCC raporları ve son literatür verileri, risk azaltıcı öngörüsel analizler ve Küresel İklim Değişimi-KİD bulguları, bu savı desteklemektedir.

Çalışmada, İklim Değişikliği ve son çeyrek yüzyıla damgasını vuran Küreselleşme olgusunun VBH'ları nasıl etkilediğini; sağlık hizmetlerinde hangi zararlara yol açtığını tartışmak amaçlanmıştır.

Güncel veriler ve "değişimin dört atlısının" etkileri gözlendiğinde; Küreselleşmenin ve KİD'nin yarattığı VBH'lar sorununun günümüzde ve yakın gelecekte İHÇ-sağlığında nasıl etkiler bırakacağı anlaşılacaktır. Günümüzde 'karmaşık sağlık sorunlarını' 21. yüzyılın stratejik yöntemleriyle gidermenin yolu, *disiplinlerarası işbirliği* yapmaktır. Diğer bir değimle, içselleştirilmiş *Tek Sağlık* yaklaşımını işlevselleştirmektir. Çünkü "değişimin dört atlısının" yarattığı sorunlar yalnızca stratejik düşünceyle beslenen, meslekleraraası işbirliğine açık *Tek Sağlık* yaklaşımıyla çözümlenebilir.

Anahtar Kelimeler: Vektörler, Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar, Küreselleşme, Küresel İklim Değişikliği, Tek Sağlık.

Vector-Borne Diseases: New Threats Triggered by Climate Change and Globalization

Abstract

The phenomenon of globalization emerged in the second half of the last century and marked it, accelerated the change observed in communication, trade and human behavior. Likewise, it affected the climatological, ecological and anthropogenic dynamics. One of the gigantic health problems

caused by “the four horsemen of change”, which has global impact and deeply affects human, animal, environmental-HAE health, is the numerous vectors and VBDs. Vectors have the potential to infect viral, bacterial and protozoonal pathogens whose numbers are constantly increasing to humans, livestock, or wild animals. The VBDs, triggered by global anthropogenic dynamics and climatic changes, were multidimensional biothreats in terms of the health of the HAE, because of their potential risk. The threats of VBDs are not only microbiological, entomological, but also socioeconomic, ecotoxicological and even “agro-ecopolitical”. Vectors and VBDs affect both HAE-health, and many economic, sociocultural dynamics thus the food sector, tourism, and community health. International *Intergovernmental Panel on Climate Change*-IPCC reports and recent literature data, risk-reducing predictive analyzes and Global Climate Change –GCC findings support this argument.

In this study, it is aimed to discuss the impact of climate change and globalization, which marked the last quarter of the century; affected VBDs, which damages caused by health services.

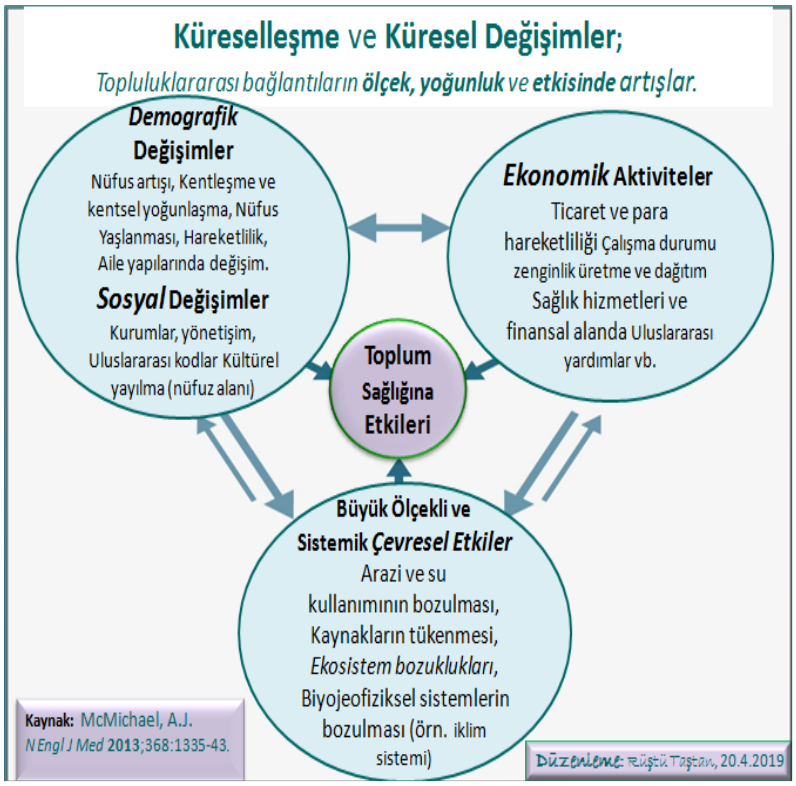
When current data and effects of “four horsemen of change” are observed; It will be understood how the problem of VBDs created by globalization and GCC, have an impact on the health of HAE in the near future. Today, the way to solve complex health problems with strategic methods of the 21st century is to make interdisciplinary cooperation i.e. to functionalize the internalized *One Health* approach. For the problems created by “the four horsemen of change” can only be solved by the *One Health* approach, nourished by strategic thinking and open to interprofessional cooperation.

Keywords: Vector-Borne Diseases, Vectors, Globalization, Global Climate Change, One Health

1. GİRİŞ

Küreselleşme olgusu son yarım yüzyılda ortaya çıkıp, çokyönlü etkileriyle 21. yüzyıla damga vurmakla kalmamış; yalnızca iletişim, ticaret ve insan davranışlarında gözlenen değişimleri hızlandırmakla yetinmemiştir. Aynı zamanda Küreselleşme olgusu, klimatolojik, ekolojik ve antropojenik dinamikleri de çokyönlü etkilemiştir(McMichael, A.J.2013).Genel tanımlamayla “Küreselleşme” kavramı, “Halkların ve/veya ülkelerin birbirine bağlılığı ve birbirine bağımlılığının artması, genellikle birbiriyle ilişkili ikili unsurları içerdiği anlaşılmaktadır: uluslararası sınırlarda malların, hizmetlerin, finansın, insanların ve fikirlerin giderek daha hızlı akması için sınırların açılması ve kurumsal, politik rejimlerde bu tür akışları kolaylaştıran veya destekleyen uluslararası ve ulusal düzeydeki düzenleme ve değişiklikleri içermektedir.” (NAM, 2016). İnsanlık tarihinde görülmemiş, hızlı bir değişimi ve çokyönlü etkileşimleri kapsayan küreselleşme olgusu aynı zamanda sağlığı ve sağlık bileşenlerini de etkilemiştir(Şekil-1). Son yarım yüzyılda yaşanmakta olan ve süregelen bu değişimin ivme kazandırdığı Küresel İklim Değişikliği-KİD ise 21. yüzyılda çok ciddi çevre ve “karmaşık sağlık sorunu” olarak toplumları etkilemeye devam etmektedir(Caminade, C. ve ark, 2019).

Küresel ölçekte zararları olan ve İnsan, Hayvan, Çevre (İHÇ) sağlığını derinden etkileyen “*değişimin dört atlısı* –Klimatoloji, ekoloji ve Antropojenik değişimler-” tarafından meydana getirilen devasa sağlık sorunlarından biri de kuşkusuz sayıları her geçen gün artan Vektörler ve Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar-VBH’dır (NAM, 2016, Savic, S., 2019).



Şekil-1 Küreselleşme ve Küresel değişimlerin Toplum sağlığı üzerindeki etkileri.
Bu şekilde, küreselleşme sürecinin ve değişimlerin yaşandığı **üç ana alanın** - *Sosyal, Ekonomik* ve *Çevresel*- şematik görünümü verilmiştir.
Bu üç ana bileşenler, aralarındaki iki yönlü etkileşimler ve her üç alanın da toplum sağlığının koşullarını ve seviyelerini etkilediği temel gerçeği gösterilmiş. Özellikle, nüfus büyüklüğü, dağılımı, hareketliliği, ekonomik faaliyetlerdeki düzey ve küresel sermaye ve emek akışlarının, mevcut "iklim değişikliğinin" temel nedeni olan sera gazı emisyonlarındaki son hızlı artış da dâhil olmak üzere, çevre için olumsuz sonuçları vardır. Bunca çevresel ve ekosistemsel değişimler, "Biyojeofiziksel sistemlerin" bozulmasının insan sağlığı için çeşitli ve kapsamlı etkilerini ve olumsuz sonuçlarını doğurmaktadır. (McMichael, A.J., 2013)

Vektörler olarak bilinen keneler, kanemici sinekler, yarasalar, fare ve diğer kemirgenler gibi canlılar, doğada İHÇ-arayüzündeki dinamik etkileşim ile sayıları sürekli artan viral, bakteriyel ve protozoonal patojenleri insanlara, evcil veya yabanıl hayvanlara ve/veya aynı topluluk içinde, kendi aralarında bulaştırma potansiyeli taşımaktadır(NAM, 2016). Vektörler ve VBH'lar, küreselleşme olgusu kapsamında düşünüldüğünde, antropojenik dinamikler, küresel iklim değişikliğin birlikte tetikledikleri risk potansiyelleri nedeniyle İHÇ-sağlığı bakımından ciddiye alınması gereken sağlık sorunu ve çokyönlü biyo-tehdittiler olarak değerlendirilmektedir(NAM, 2016, Beard, C.B. ve ark., 2016). VBH'ların sağlık üzerindeki tehditleri veya tehlikeleri, yalnızca mikrobiyolojik, entomolojik, ekolojik değil; aynı zamanda, sosyoekonomik, sosyokültürel, ekotoksikolojik ve hatta "agro-ekopolitik" özellikler taşımaktadır. Bu nedenle, VBH'lar insan, hayvan ve çevre sağlığı bakımından ciddi sağlık tehdidi oluşturmaktadırlar(Braks, M, 2014, Parham PE, 2015). Çokbileşenli, çokyönlü zararlı etkileri bulunan ve hala sağlığı çokyönlü tehdit etmekte olan Vektörler ve VBH'lar sorunu geleneksel yöntemlerle çözümlenemediğine göre "yeni bir paradigma" ile ele alınmalı ve disiplinlerarası işbirliği yaklaşımıyla sorgulanmalıdır(Aguirre, A.A., ve ark, 2019).

Bu çalışmada, iklim değişikliği ve son çeyrek yüzyıla damgasını vuran küreselleşme olgusunun VBH'ları ve ekolojilerini nasıl etkilediğini ve sağlık hizmetlerinde hangi zararlara yol açtığını dile getirmek, sorunu güncel litertür ışığında İHÇ-arayüzündeki etkileşimler açısından tartışmak ve "koruyucu sağlık Farkındalığı" oluşturmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

Bu derleme çalışmasında küreselleşme olgusu ve iklim değişikliği ve Vektörlerle Bulaşan Hastalık-VBH'lar arasındaki etkileşim ilişkisini tanımlamak ve VBH'ların sağlık üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla güncel literatürden yararlanılmıştır. Çalışmanın hipotezini oluşturma sürecinde ve konuyla ilgili kanıtları belirlemede ve sonuçları yorumlamada "küresel ve yerel" örneklerden yararlanılmış ve toplumda karmaşık sorunlarla mücadele etmek için kullanılacak yaklaşım örnekleri üzerinde durulmuştur.

3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, VEKTÖRLER VE VEKTÖRLERLE BULAŞAN HASTALIKLAR

Yaklaşık yarım yüzyıla yakın bir süredir, Küresel İklim Değişikliğinin (KİD) oluşum nedenleri ve toplumsal, ekosistemsel sonuçları, insan, hayvan ve çevre (İHÇ) arayüzündeki etkileşimleri araştıran ve bu etkileşimlerin sağlık üzerindeki çokbileşenli, çokyönlü zararlı etkilerini sorgulayan araştırmalar yaygın olarak yapılmakta, son yılların bilimsel toplantılarında önemli gündemi oluşturmaktadır(NAM, 2016). Bu alandaki çalışmaların büyük bir kısmı(McMichael, A.J. 2013, Parham, PE, 2014, Beard, C.B.,2016, Patz JA, Thomson, M.C. 2018) küreselleşeme ve KİD ilişkilerini çoğunlukla insan sağlığı açısından sürdürürken; bazı araştırmalarda(Weaver, S.C. 2013, İnci, A, 2018) ise insan ve hayvan sağlığı birlikte tartışılmaktadır. İHÇ-arayüzündeki dinamik etkileşimlerin birlikte incelenmesini gerektiren konulardan biri de Vektörlerin ekolojisi ve Vektörlerle Bulaşan Hastalık (VBH)'lar ve bunların "sağlık üzerinde" yaratmış oldukları riskler ve biyotehditlerdir.

3.1. Küresel İklim Değişikliği ve Sağlık Üzerindeki Etkileri

Kavram olarak Küresel İklim Değişikliği- KİD; sıcaklık, yağış ve rüzgâr gibi meteorolojik olaylarda uzun süre etkili olan değişiklikleri vurgulayan küresel bir olgudur. Özellikle son yarım yüzyılda sürekli artış gösteren İklim değişikliğinin yerel, bölgesel ve küresel etkileri tüm dünyada doğal dengeleri bozmakta; hayvan, insan ve çevre sağlığı sistemlerini etkileyerek sosyoekonomik zararlara yol açmaktadır(Şekil-2).



Şekil-2 Küresel İklim Değişikliği**:** Hazırlayıcı faktörler, Maruz kalma yılları ve Sağlık üzerindeki etkileri ve sonuçları (Salas, RN 2019).

Günümüzde İklim bilimcilerinin % 97'si arasındaki fikir birliği, iklim değişikliğinin meydana geldiği ve insan kaynaklı olduğu yönündedir. Ayrıca 2018, en yüksek sıcaklığın yaşandığı dördüncü yıl olduğu, etkilerin önceki üç yıldan daha fazla sürdüğü vurgulanmaktadır(Salas R., 2019). Bu bağlamda düşünüldüğünde KİD, turizm, tarım ve hayvancılık ve diğer üretim ekonomileri gibi bazı önemli sektörler açısından riskler taşımaktadır. Diğer bir deyimle KİD; aşırı sıcak, yükselen deniz seviyesi, aşırı yağış ve daha aşırı hava durumu olaylarına ve zararlı etkilerinin telafisi zor olan maruz kalma olaylarına yol açmaktadır(Şekil-2). Son yayınlara göre, örneğin, ABD'de 2017'de toplam maliyeti 16

milyar dolar olan hava ve iklim felaketi yaşandığı bildirilmiştir (Salas, R., 2019). Son yıllarda kayıtlara geçen dünya çapındaki bir dizi "çok aşırı hava durumu olayı" küresel iklim değişikliği ile ilgili olduğu düşünülmektedir..

KİD, yukarıda (Şekil-1'de) belirtildiği üzere, hazırlayıcı faktörleri, maruz kalma yılları ve sağlık üzerindeki "çokbileşenli olumsuz etkileri" ve sonuçları bakımından dünyadaki "*Karmaşık Sağlık Soranları'*ndan" biridir. KİD'nin oluşum nedenlerini hazırlayan faktörler ve İHÇ-sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri son derece yaşamsal önemdedir. Fakat bu derleme çalışmasında KİD'nin sadece vektör kaynaklı hastalıklar ile olan ilişkisi ve sonuçları üzerinde durulacaktır.

3.2. Vektörler ve Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar

Vektör kaynaklı hastalık (VBH)'lar tüm bulaşıcı hastalıkların % 17'sinden fazlasını oluşturmaktadırlar. VBH'lar dünyada yıllık yaklaşık 700.000'den fazla ölüme neden olmaktadırlar. Dünya genelinde, 128'den fazla ülkede 3.9 milyardan fazla insan, Dengue virüsü(DENV)'nün yol açtığı dang hastalığı riski altında olduğu bildirilmektedir(WHO, 2017). Dengue virüsü, özellikle Güney Asya ve Afrika ve Orta Amerika kıtası gibi tropikal bölgelerde yaygın olarak bulunan *Aedes spp*. sinekleriyle yayılan vektörel bir hastalıktır. Benzer şekilde, *Plasmodium spp.*'nin etkeni oldukları Sıtma küresel olarak her yıl 400.000'den fazla ölüme neden olmakta, ölen insanların çoğu 5 yaşaltı çocuklar olduğu bilinmektedir. Şagas hastalığı, leyşmaniyaz ve şisztozomiyaz gibi diğer paraziter hastalıklar dünya genelinde yüz milyonlarca insanı etkilemektedir(WHO, 2017).

Zoonotik enfeksiyonların ve *'Yeniçıkan' Vektörlerle Bulaşan Hastalıkların* (YVBH) meydana gelmesinde, yayılmasında ve ekosistematik dinamiklerin değişmesinde, sosyoekonomik zararların ortaya çıkmasında birbiriyle sıkı etkileşimde olan çoklu faktörler rol oynamaktadır. Birincisi grupta, küresel ısınma, kuraklık, aşırı yağışlar, selbaskınları, deniz taşkınları gibi çevresel değişikliklerden oluşan *ekolojik faktörler*dir. İkinci grupta ise, yasadışı insan göçleri ve yasadışı hayvan hareketleri, bölgesel sivil (askeri) savaşlar, bunların yarattığı yoksulluk, Temel Sağlık Bakım Hizmetlerinin yetersizliği, aşırı ve plansız kentleşme, insanların birincil neden olduğu "kentsel" çevre ve hava kirliliğinin bulunduğu *antropojenik faktörlerdir*. Hem ekolojik ve hem de antropojenik faktörlerin toplam etkilerinin bir sonucu olarak Yeniçıkan Enfeksiyon Hastalıkları (YEH) ve/veya Yeniçıkan Zoonotik Hastalıklar(YZH) meydana gelmektedir. Yukarıda sıralanan ve şekil-1 ve 2'de verilen ekolojik ve antropojenik faktörler yeryüzünde "daha önce hiç görülmemiş, "yeni" patojenlerin meydana gelmesinde etkin rol oynamakta ve YEH veya YZH'ların yayılmasında hazırlayıcı faktörler olup, bu hastalık tetikleyici faktörler İHÇ-sağlığı ve yakın gelecekteki "refah" için büyük tehdit oluşturmaktadırlar(McMichael, A.J. 2013, İnci A, 2018). Bu konuda yapılmış çalışmalarda, Toksoplazmoz, Lyme Hastalığı, Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi hastalığı gibi vektör kaynaklı hastalıklar örnek verilmekte ve olası salgınlar mücadelesi ve çözüm için "disiplinlerarası işbirliği" yapılması gerektiği vurgulanmaktadır(Aguırre, A.A.,ve ark, 2019). Gerek VBH'lar veya YVBH'lar ve gerekse zoonotik hastalıklar ve/veya YZH'lar gibi "karmaşık sağlık sorunlarının" "meslekleraası ve/veya disiplinlerarası işbirliğini" zorunlu kıldığı ve bu nedenlerle, 'Tek Sağlık' yaklaşımının öncelenmesinin kaçınılmaz olduğu vurgulanmaktadır(Parham Pe, 2015, Toews D.W., 2017). Günümüzde, insan ve/veya hayvan sağlığı bakımından ciddi sosyoekonomik sorunlara yol açan bazı önemli VBH'lar hakkında ayrıntılar Tablo-1'de verilmiştir. Dünyada VBH'ların insan sağlığına verdiği zararları gündeme taşımak ve tolumda "enfeksiyonlardan koruma farkındalığı oluşturmak" amacıyla Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 7 Nisan 2014 yılında "Dünya Sağlık Günü" etkinliklerinde Vektör kaynaklı hastalık (VBH)'lar konusu işlemiştir(WHO, (2014).

Tablo 1. Bazı Önemli Vektörler, Taşıdıkları Patojenler ve Vektör Kaynaklı Hastalıklar (WHO, 2014, Kilpatrick, 2016, İnci, 2018)

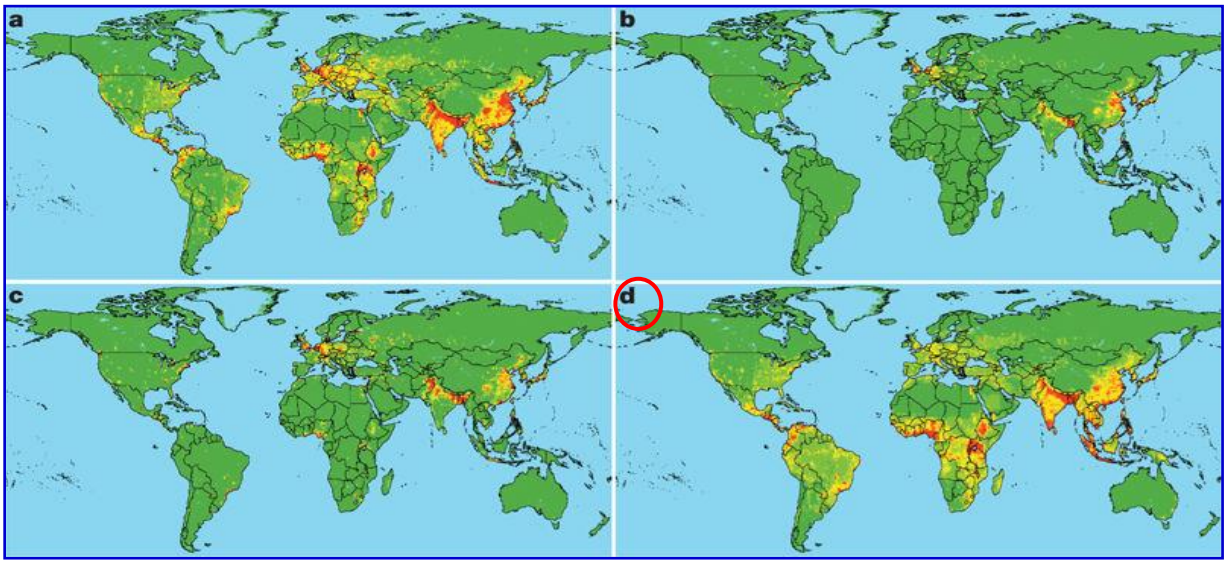
Vektörler	Hastalık Etkeni	Yaptıkları Hastalık	Dünyada	Türkiye'de
Kanemen Sinekler				
Aedes aegypti	DENV, YFV, CHIKV, ZIKV	Dank Ateşi, Sarı Humma, Çikungunya atesi, Zika ateşi	Subtropik bölgede	Yok,?
Aedes albopictus	CHIKV, DENV, WNV, ZIKV	Çikungunya atesi, Dank Ateşi, Batı Nil Virüsü ateşi	Subtropik ve Akdeniz bölgesinde	WNV, CHIKV?
Phlebotomus spp. (Sandfly)	*Bartonella henselea ve Bartonella spp.*	Kedi Tırmalama Hastalığı	Avrupa, Kuzey amaerika	Bulunuyor.
Phlebotomus spp.	*Leishmania spp.*	Leyşmaniyaz (Şarkçıbanı)	Subtropikal, Akdeniz Havzası	Bulunuyor. (Şarkçıbanı, Antepçıbanı)
Culicoides sp.	*Bluetongue Virus*(BTV) *(Mavi Dil Virisü)*	Mavi Dil Hastalığı (*Koyunlarda görülür*)	Avrupa, Akdeniz havzası	Bulunuyor
Culicoides sp. (Aedes aegypti)	*Lumpy Skin Disease* (LSD)	Sığır Nodüler ekzantemi	Akdeniz havzası	Bulunuyor
Keneler				
Hyalomma spp.	KKKA Virüsu	KKKA	Akdeniz, Karadeniz Havzası	Kuzeydoğu ve orta Karadeniz,
Ixodes scapularis	*Borrelia burgdorferi*	Lyme (Borelizyoz) Hastalığı	Kuzey Amerika, Avrupa	**+/?**
Ixodes scapularis	*Anaplasma phagocytophilum*	Anaplazmozis	Kuzey Amerika, Avrupa	Bulunuyor
AÇIKLAMA: KKKAV; Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi Virüsu, KKKA; Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi, CHIKV; Çikungunya virüsü, CHIKF; Çikungunya ateşi, DENV; Dank virüsü, DENF; Dank ateşi, WNV;Batı Nil virüsü, WNF;Batı Nil Ateşi , YFV; Sari Humma virüsü, YF; Sarı Humma, ZIKV; Zika Virüsü, ZIKF; Zika Ateşi				

Son 10-15 yıllık süreçte hem zoonotik enfeksiyonlar ve hem de zoonotik VBH'lar konusuna dikkat çekmek amacıyla 2015 yılında "*Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü* (*DHSÖ*/OIE)" 25 Nisan "Dünya Veteriner Hekimler Gününün" ana temasını "*Zoonotik Potansiyeli Olan Vektör Kaynaklı Hastalıklar*" olarak işlemiştir(WVA, 2015). Hem DSÖ ve hem de DHSÖ'nün birer yıl arayla VBH'lar konusunu gündeme taşımaları, VBH'ların neden oldukları sosyoekonomik zararların sağlık sisteminde yarattığı ekonomik yüklerden kaynaklanıyor olmalı.

3.3. Vektörler ve Vektörlerle Bulaşan Hastalıkların Küresel Yaygınlığı

Dünyada Küreselleşme dinamizmine koşut olarak, enfeksiyonlar ekolojisinde meydana gelen değişim, ekosistem ve sağlık üzerindeki etkileri yaklaşık çeyrek yüzyıl önce fark edilmiş ve Vektörler ve Vektör Kaynaklı Zoonotik Enfeksiyon(VBZH)'ların ekolojisi yeniden sorgulanmıştır(Karesh, W.B., Dobson, A.2012). Ortaya çıkması 20. Yüzylın son çeyreğine denk gelen "Küreselleşme fenomeni" etkileri bakımından yalnızca sosyal yaşamda, finans, turizm ve iletişim sektörlerinde değil¸tarım, hayvancılık sektörlerinde de önemli ölçüde gözlenir olmuştur (Taştan, R., 2008, McMichael, A.J., 2013, NAM 2016). Son çeyrek yüzyılda yaşanan pek çok ekolojik ve antropojenik değişimler, YEH'larının küreselleşmesinde önemli itici güç olmuş, meydana gelen yeni riskler küresel sağlık için tehdit olarak değerlendirilmiştir. Süregelen ve zamanla küreselleşen ekolojik ve antropojenik değişimler hem YZH'ların ve hem de VBZH'ların ekolojik dinamiklerinin ve epidemiyolojik özelliklerinin yeniden gözden geçirilmesini zorunluluk olmuştur(Jones, K., 2008, Karesh, W.B., Dobson, A. 2012, Paz, S. 2019). Çünkü Vektör Kaynaklı Patojen(VBP)'ler küresel iklim değişiminden

en çok etkilenen vektörler(Tablo-1) tarafından taşınmakta ve yayılmaktadırlar. VBP'ler ve yapmış oldukları hastalıklar sosyoekonomik yönden toplum sağlığını yakından ilgilendirmektedir. Örneğin, şekil-**3'**de verilen haritalar özellikle "d" kısmı dikkatlice incelendiğinde, süregelen ekolojik değişimler, kıtalararasında hızla genişleyen ticari mal ve canlı hayvan taşımacılığı ve insanların 24-36 saatte dünyayı gezebilme olanakları VBH risklerini artırmaktadır(NAM, 2016).



Şekil-3, Dünyada Yeniçıkan Enfeksiyonlar ve VBH'ların Küresel Dağılım Eğilimi
a)Yaban Hayatı kaynaklı zoonotik patojenler, **b)** Yaban Hayatı kaynaklı olmayan zoonotik patojenler, **c)**İlaca Dirençli patojenler, **d)** "*Vektör Kaynaklı Patojenlerin"* etken olduğu YEH olaylarını göstermektedir. Haritalarda, patojenlerin dağılımı bölgesel olarak, *yeşilden* (daha düşük değerler) *kırmızıya* (daha yüksek değerler) *doğrusal* bir ölçekte eşleştirilmiştir (Jones, K., 2008).

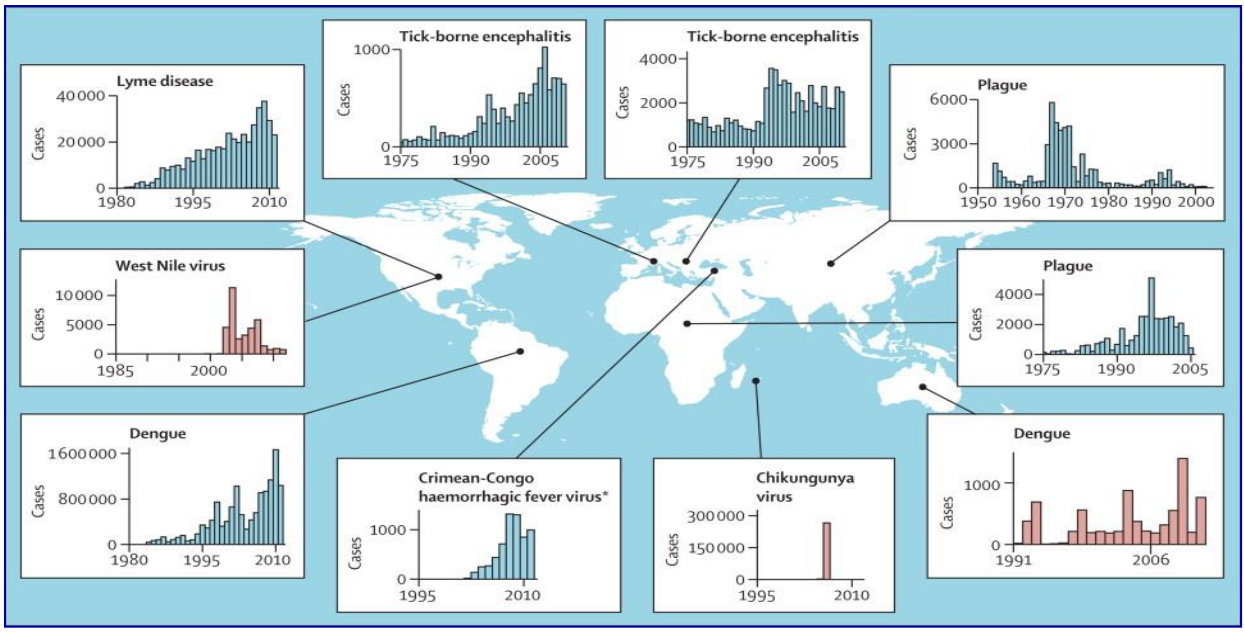
4. TARTIŞMA

Günümüzde sağlık üzerine olumsuz etkileri her geçen gün artan ve küresel sağlık sorunu olma özelliğini koruyan iklim değişikliği daha tehlikeli boyutlara varmıştır. Birleşmiş Milletlerin IPCC (*Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli*) raporlarına göre, küresel ölçekte yıllık ortalama ısı derecesi yükseldikçe, güney yarımküreden, kuzeye doğru vektörsel yayılmada artışlar gözlenmektedir (Jones, 2008, WHO, 2017). Bu artış eğilimin yakın gelecekte daha karmaşık sorunlarına (hayvansal yer değiştirmeler, kuraklık, gıda yetersizliği) yol açacağı ve sosyoekonomik tehlike olmaya devam edeceği yadsınamaz bir durum olduğu vurgulanmaktadır(NAM, 2016, Paz, 2019). Batı Nil Virüsünü(WNV) taşıyan *A. albopictus* sineğinin uzun yıllardır Güney Asya steplerinde bulunmasına karşın, insanlarda bu virüsün ilk defa 1999'da Kuzey Amerika'nın doğu kıyılarında (özellikle New York'da) tanımlanmış olması "Küreselleşme Fenomeni'nin" bir sonucu olarak değerlendirilmektedir(Paz, S. and Semenza, J., 2013). Ayrıca WNV ateşinin 2007'de Güney Avrupa kıyılarında (Sabatino, DD. 2014) ve 2010'da Türkiye'de (Uyar, Y, 2015) yeniden tanımlanmış olması, KİD'nin devam ettiğinin, eğer gerekli önlemler alınmaz ise VBH'ların daha çok bölgelerde etki göstereceğinin kanıtı olarak değerlendirilmektedir(Ogden, NH., 2017, Semenza, J.C. and Suk, J.E, 2018),



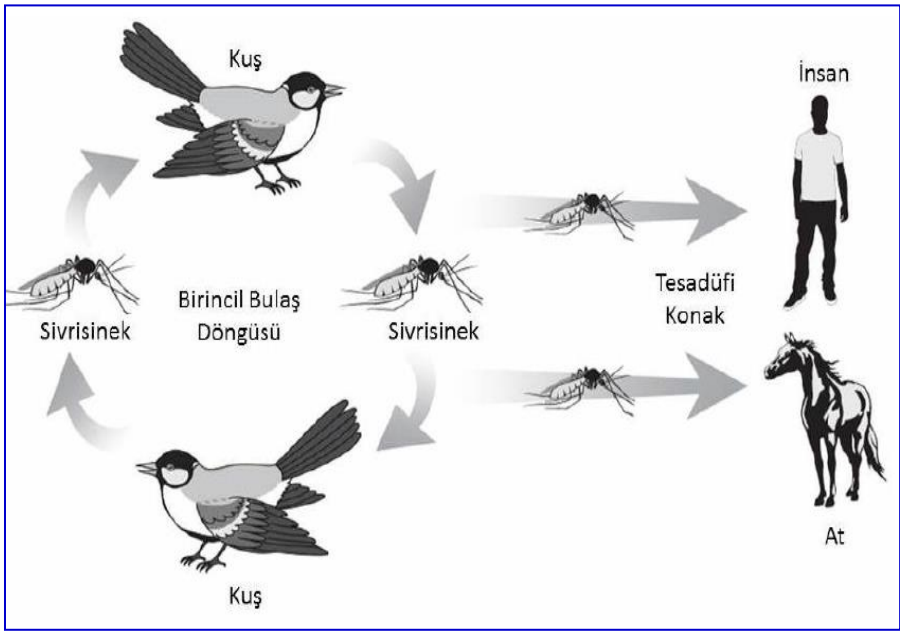
Şekil-4 Küresel Enfeksiyon Hastalıkları. Hastalık adı kırmızı renkli olanlar: Yeniçıkan patojen, Mavi renkli olanlar: Yenidençıkan patojenleri temsil etmektedir. Siyah renkli yıldız "zoonotik" patojenleri, Sarı renkli yıldız "vektör kaynaklı" patojenleri göstermektedir. (Fauci A. 2014)

"Yeniçıkan" Vektör Kaynaklı Patojen(YVKP)'lerin küresel ölçekte ciddi sağlık sorunu olduğu ve Küresel ısınmanın artışına koşut olarak; hem Tablo-1'de verilen vektörlerin yayılma alanının genişlediği ve hem de Şekil-4 ve Şekil-5'de verilen ve çoğunluğu viral patojen olan mikroorganizmaların yaratığı hastalıklar küresel sağlık sisteminde tehdit oluşturmaktadır (Semenza J.C. ve Suk, J.E., 2018).



Şekil-5. Dünyada tanı konulmuş bazı önemli *yeniçıkan* VBP'ler (*kırmızı*) ile endemik veya uzun zamandır bilinen hastalıklar (*mavi*) için bildirilen olguların zamansal düzenleri.
Bazı endemik veya köklü zoonotik vektör kaynaklı bazı insidanslar son yıllarda hastalıklar büyük ölçüde artmıştır. Burada KKKAV, Türkiye'de endemik olarak gösterilmektedir. Çünkü KKKA hastalığının halkta 2002'de ortaya çıkmasından, yıllar once Anadolu'da bulunduğuna dair kanıtların var olduğu belirtilmektedir (Kilpatrick ve Randolph, 2012).

Vektörler ve VBP'ler aynı zamanda yukarıda vurgulanan ülke ve/veya bölge ekonomileri bakımından da ciddi tehdit oluşturmaktadırlar. DSÖ'nün her yıl yayınladığı sağlığın 10 tehditi sıralamasında, "2019'da Küresel Sağlık İçin On Tehdit" listesinde bu yıl çevre (hava) kirliliği ve iklim değişikliğinin yanında VBH'lara (örn. DENF, Ebola hastalığına) yer verilmesi yukarıdaki öngörüleri desteklemektedir(WHO, 2019). Çünkü yeryüzünde yaklaşık 3.9 milyardan fazla insanın DENV'nün yol açtığı Dang Hastalığı riski ile karşı karşıya kalması Küresel Sağlık ve Sağlık ekonomisi bakımından son derece önemlidir. Diğer yandan, İklim Değişikliği Avrupa'daki diğer önemli hastalık vektörlerinin genişlemesinde önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Zika, Dang ve Çikungunya ateşi gibi viral hastalık etkenlerini (ZIKV, DENV, CHIKV) taşıyan veya bulaştıran *Aedes albopictus* ile Leyişmanyaz hastalık etkenlerini bulaştıran *Phlebotomus* spp. türleri Avrupada ve Akdeniz havzasında daha geniş alanlara yayılmayı sürdürmektedir. Ayrıca, 2010 yazında yüksek sıcaklıkların görülmesi ile Güneydoğu Avrupa'da, Ege ve Akdeniz havzasında Batı Nil Ateşi (WNF) salgını görülmesi de artan hava sıcaklığı ve vektörlerin ekolojik değişimi ile ilgili olduğu düşünülmüştür (Uyar ve Bakır, 2015, Semenza J.C. ve Suk, J.E., 2018). Türkiye'de Ağustos 2010'da görülen BNV epidemisinde *Culex (C. pipiens, C. Quinquefasciatus)* cinsi sineklerin yaygın vektor olarak rol oynadığı bildirilmiştir(Uyar ve Bakır, 2015). Batı Nil Virüsü'nün doğal döngüsü ve insana bulaşını tanımlayan *ekolojik döngü* durumu şekil-6'da verilmiştir.



Şekil-6. Batı Nil Virüsü (BNV)'nün Bulaşı Döngüsü.

BNV'nin doğadaki varlığı, primer vektör *Culex* cinsi sivrisinekler ile kuşlar arasındaki enzootik bulaş döngüsü ile korunur. Bu sebeple *Culex* türü sivrisinekler bulaş döngüsünde en önemli vektörlerdir Kuşlar, virüsün doğal olarak çoğaldığı ***birincil konak*** ve en önemli rezervuardırlar. (Uyar ve Bakır, 2016).

Kuşkusuz KİD dinamikleri ve VBP'leri taşıyan vektörlerin mevsimsel davranışları ile mikroorganizma, vektör ve konak ilişkileri gözden geçirildiğinde; VBH'ların küresel ısınmaya koşut olarak toplum sağlığını tehdit etme potansiyellerini koruduklarını görülmektedir. Gerek DSÖ'nün ve gerekse Avrupa Hastalıkları Önleme ve Kontrol Merkezi(ECDC)'nin periyodik raporları(ECDC, 2018) ve haritaları incelendiğinde, yukarıda vurguladığımız "*mikroorganizma, vektör ve konak ilişkisinin*" çok dinamik olduğunu ve İHÇ ilişkileri bakımından potansiyel riskler barındırdığını söylemek kehanet olmaz. Eğer söz konusu iklim raporları ve haritaları doğru değerlendirilmez ve VBH'lar için öngörü çalışmaları incelenmez ve/veya IPCC'nin son verileri ve KİD hakkındaki uyarı ve önerileri dikkate alınmaz ise; Türkiye'nin yakın gelecekte yeni bir BNV epidemisi veya Kuş Gribi salgını benzeri VBH'lar veya "etkeni henüz tanımlanmamış" yeniçıkan zoonotik ve/veya vektörel salgınlarla karşılaşması kaçınılmazdır. Hatta çok uzak bir olasılık da görünmemektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Küreselleşme olgusu son yarım yüzyılda ortaya çıkmış çokyönlü ve sosyoekolojik etkileri ve sosyopolitik dinamikleri bakımından insan yaşamını ve doğadaki İHÇ-arayüzündeki "konak, patojen" etkileşimlerini derinden etkilemektedir. Gerek Küresel İklim Değişikliği ve Vektörlerle Bulaşan

Hastalıklar bakımından(NAM, 2016, Taştan, 2016) ve gerekse 21. yüzyılın ilk çeyreğine damga vuran küreselleşme olgusunun yarattığı ekolojik bozulma ve antropojenik değişimler/dönüşümlerin toplum sağlığı ve İHÇ-arayüzü etkileşimleri bakımından VBP'lerin olumsuz etkileri olagelmeye devam etmektedir. Eğer, İHÇ-arayüzündeki enfeksiyon hastalıkları oluşum potansiyelleri ve VBP'lerin iklimsel değişimlere duyarlılık özellikleri dikkate alınmadan sağlık hizmetleri geleneksel (alışılagelmiş) yöntemlerle ve tutum anlayışı ile sürdürülürse, insanlığın yakın gelecekte olası yeni endemi ve/veya pandemilerle karşılaşması kaçınılmaz görünmektedir(Morse, S.S., Mazet, J.A.K., ve ark. 2012). Dünyada yeniden SARS salgınının görülmemesi, 21. Yüzyılda hala Dang ateşi, Ebola'dan onbinlerce insanın ölmemesi(WHO, 2019), VBH, viral bir hasalık olan ZIKV enfeksiyonundan kaynaklanan "mikrosefalik" çocuklar olmaması için, enfeksiyonlar tarihi gözden geçirilmeli ve "karmaşık sağlık sorunlarının" kaynağı ve sonuçları yeniden değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, son yarım yüzyılda ortaya çıkan, geçmiş 25 yıla damgasını vuran "Küreselleşme fenomeninin" sağlık üzerine etkileri tespit edilmeli ve acilen uygulamaya konulmalıdır.

Küreselleşme, KİD ile VBH'ların nedenleri çokbileşenli, sonuçları çokyönlü ve karmaşık ise eğer, bu karmaşık, çokfaktörlü sağlık sorunlarının çözümünün "geleneksel yaklaşımlarla" çözümlenemediği, çözümlenemeyeceği artık anlaşılmalıdır. Eğer, 21.yüzyılın karmaşık sağlık sorunlarının var olma nedenlerinden biri "disiplinlerarası iletişimsizlik" ise, o zaman "paradigma değişimi" kaçınılmaz olmuştur.



Şekil-7. Vektörler, Vektörlerle Bulaşan Hastalıklar ve Sorumlu Sağlık Mensupları ile 'Tek Sağlık' Yaklaşımı Arasındaki İletişim İlşkisi. (Braks, M., 2014, Taştan, 2016, Togami, E. ve ark. 2018).

Kuşkusuz, bu yeni paradigma ya da stratejik düşünce "Tek Sağlık" yaklaşımıdır. *Tek Sağlık;* insanlar, hayvanlar ve çevremiz için en uygun sağlık elde etmek amacıyla yerel, ulusal, bölgesel ve küresel ölçekte çalışılan çoklu disiplinlerarası anlayış, ortak çaba ve düşünce sistemidir(Taştan, 2016, Togami,

E. ve ark. 2018).Tıpkı VBH'lar konusunun çokbileşenli olması(Şekil-7) gibi, Tek Sağlık da çoktaraflı ve "disiplinlerarası işbirliğine" açık bir yaklaşım, düşünce sistemi veya "karmaşık sağlık sorunlarının" üstesinden gelmek için geliştirilen stratejik yöntemler bütünüdür. Diğer bir deyimle, Tek Sağlık, Düşünsel temelleri 165-170 yıl eskilere dayansa da "kavram" olarak 21.yüzylyın başında tanımlanmış bir" çoklu disiplinlerarası" anlayıştır. Bu anlayışın toplumda, eğitim kurumlarında ve yaşamını her alanında uygulamaya konulması, meslekler ve disiplinlerarasında onlarca yıldır var olan "tekil düşünme sisteminin" diğer adıyla "iletişimsel siloların" ortadan kaldırılması için en doğru yolun eğitim olduğu tarışmasız bir gerçektir. Dolayısıyla, 21. Yüzyıl karmaşık Sağlık sorunlarıyla başa çıkabilen bireyler yetiştirmenin en etkin yolu eğitimin hemen her aşamasında bireylere, özellikle Sağlık hizmetleriyle yakından ilişkili olan bütün Sağlık çalışanlarına 'Tek Sağlık Eğitimi-TSE' verilmelidir(Taştan, 2016, Togami, E. ve ark. 2018).

DSÖ uzmanlaınca hazırlanan 'Küresel Vektör Kontrol Yanıtı (GVCR) 2017–2030' kılavuzunda belirlenen hedeflere ulaşmak ve vektör kontrolünü güçlendirmek için hastalık ve salgınlara yanıt vermekte temel bir yaklaşım olarak ülkeler ve kalkınma ortaklarına stratejik ve teknik rehberlik sunmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda DSÖ, Vektör Kaynaklı Hastalıklarla mücadelede aşağıdaki hedefleri öncelemktedir:

- Vektörleri kontrol etmek ve insanları enfeksiyonlara karşı korumak için kanıta dayalı rehberlik sağlamak,
- Ülkelere, olguları ve salgınları etkin bir şekilde yönetebilecekleri teknik destek sağlamak,
- Ülkelerin raporlama sistemlerini iyileştirmelerine ve hastalıkların gerçek yükünün azaltmalarına destek olmak,
- Dünyadaki bazı işbirliği merkezleriyle klinik yönetim, tanı ve vektör kontrolü hakkında eğitim (kapasite geliştirme) sağlamak ve
- Vektör Kaynaklı Hastalıklar için yeni araçların, teknolojilerin ve yaklaşımların geliştirilmesini ve değerlendirilmesini desteklemek.

Vektör kaynaklı hastalıklarda çok önemli bir unsur davranış değişikliğidir. DSÖ, insanlar kendilerini ve topluluklarını sivrisineklerden, kenelerden, böceklerden, sineklerden ve diğer vektörlerden nasıl koruyacaklarını bilmeleri için "eğitim sağlamak" ve "farkındalığı artırmak" için ortaklarla birlikte çalışır (WHO, 2017).

Gerek Küreselleşmenin ve KİD'nin verdiği zararların azaltılması ve önlenmesi, gerek ise VBH'lar sorunun çözüme ulaştırılması için işlevselleştirilmiş Tek Sağlık yaklaşımına öncelik verilmeli, Tek Sağlık düşüncesinin temeli olan bütüncül yaklaşım ve disiplinlerarası işbirliği uygulamaya konulmalıdır. Hem DSÖ'nün vurguladığı "eğitim sağlama" ve "farkındalığı artırma" hedefine ulaşmak, hem de günümüzde ve yakın gelecekte "disiplinler/mesleklerarası işbirliğine yatkın, bilgi/beceri paylaşım kültürünü benimsemiş" hekimleri, Veteriner Hekimleri, Mikrobiyologları, Ziraat/Gıda Mühendislerini, Çevre sağlığı uzmanlarını yetiştirmek için "Tek Sağlık Eğitimi" önemsenmeli ve öğretim izlencelerine eklenmelidir(Taştan, 2016, Togami, E. ve ark. 2018). Genel anlamda eğitimde, özel anlamda *Sağlık Eğitiminde* öğretim izlencelerine "Tek Sağlık Eğitimini" entegre etmekte geç kalmak, hergün yenileriyle tanıştığımız ve ne zaman ortaya çıkacaklarını bilemediğimiz "yeniçıkan" patojenlere yenik düşmek ve her sıcak mevsimde yayılarak yaşamımızı tehdit eden vektörler yüzünden uykusuz ve yorgun düşmek kaçınılmaz olur. Sağlıklı yaşamak için, bu büyük bir risk değil mi?

KAYNAKLAR

1. ABOULNAGA, M.M., ELWAN, A.F., ELSHAROUNY, M.R. (2019): *Urban Climate Change Adaptation in Developing Countries.* s. 19-48, https://doi.org/10.1007/978-3-030-05405-2_2. (Google Scholar)

2. BEARD, C.B., R.J. EISEN, C.M. BARKER, J.F. GAROFALO, M. HAHN, M. HAYDEN, A.J. MONAGHAN, N.H. OGDEN, AND P.J. SCHRAMM (2016). Vectorborne Diseases. *The Impacts of*

Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 129–156. http://dx.doi.org/10.7930/J0765C7V

3. BRAKS, M., MEDLOCK, J.M., et al. (2014): Vector-borne disease intelligence: strategies to deal with disease burden and threats. *Front in Public Health, Epidemiology*, 2: 1-11. doi: 10.3389/fpubh.2014.00280

4. CAMINADE, C., MCINTYRE, K.M. and JONES, A.E (2019). Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Ann. N.Y. Acad. Sci*. 1436: 157–173. Erişim: 20.4.2019, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6378404/

5. CAMPBELL LP, LUTHER C, MOO-LLANES D, RAMSEY JM, DANIS-LOZANO R, PETERSON AT. (2015): Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140135. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0135

6. ECDC (*European Centre for Disease Prevention and Control*), (2018). West Nile Virus infections by affected areas, in the EU/EEA member states and EU neighbouring countries, 2018 transmission season. Erişim, 2.5.2019, https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/west-nile-virus-infections-affected-areas-eueea-member-states-and-eu-neighbouring

7. EVA JÁNOVÁ (2019): Emerging and threatening vector-borne zoonoses in the world and in Europe: a brief update, *Pathogens and Global Health*, DOI:10.1080/20477724.2019.1598127

8. FAUCI, A. (2014). Institute of Medicine Forum on Microbial Threats Emerging Viral Diseases –The "One Health" Connection, Emerging and Re-Emerging Viral diseases: A View from NIAID. Erişim: 4.5.2019. http://nationalacademies.org/hmd/~/media/Files/Activity%20Files/PublicHealth/MicrobialThreats/2014-MAR-18/March2014Presentations/06Fauci.pdf

9. JONES, K.E., PATEL, N.A., LEVY, M.A., STOREYGARD, A., BALK, D., GITTLEMAN, J.L. and DASZAK, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 451(7181): 990–993. Erişim: 4.5.2019 https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5960580/

10. KARESH, W.B., DOBSON, A., LLOYD-SMİTH, J.O., LUBROTH, J., DİXON, M.A. et al. (2012). Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *Lancet* 2012; 380: 1936–45
Erişim: 4.5.2019, https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2812%2961678-X

11. KILPATRICK, A.M. *and* RANDOLPH, S.E. (2012). Drivers, dynamics, and control of Emerging vector-borne zoonotic diseases. *Lancet*, 380: 1946–55

12. KILPATRICK, A.M. *and* RANDOLPH, S.E. (2016). Drivers, dynamics, and control of Emerging vector-borne zoonotic diseases. s. 182-201. *İçinde*, NAM (National Academy Medicine), (2016). *Global Health Impacts of Vector-Borne Diseases: Workshop Summary*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/21792. Erişim: 4.5.2019, https://www.nap.edu/download/21792

13. MACLACHLAN, N.J., ZIENTARA, S., et al. (2019): Bluetongue and epizootic hemorrhagic disease viruses: recent developments with these globally re-emerging arboviral infections of ruminants. *Curr Opin in Virol*, 34:56–62

14. McMICHAEL, A.J. (2013**).** Globalization, Climate Change, and Human Health. *N Engl J Med* 368; 1335-43. Erişim: 24.4.2019 https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1109341

15. MORSE, S.S, MAZET, J.A.K., WOOLHOUSE, M., PARRISH, C.R., CARROLL, D., KARESH, W.B., ZAMBRANA-TORRELIO, C., LIPKIN, W.L. and DASZAK ,P. (2012). Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet* 2012; 380: 1956–65. Erişim: 24.4.2019
https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2812%2961684-5

16. NAM (National Academy Medicine), (2016). *Global Health Impacts of Vector-Borne Diseases: Workshop Summary*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/21792. Erişim: 4.5.2019, https://www.nap.edu/download/21792

17. OGDEN, NH. (2017). Climate change and vector-borne diseases of public health significance. *FEMS Microbiology Letters*, 364, 2017, fnx186 doi: 10.1093/femsle/fnx186.

18. PARHAM PE, WALDOCK J, CHRISTOPHIDES GK, MICHAEL E.(2015): Climate change and vector-borne diseases of humans. *Phil. Trans. R. Soc*. B 370: 20140377. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0377

19. PAZ, S. and SEMENZA, J.(2013). Environmental drivers of West Nile fever epidemiology in Europe and Western Asia—a review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 10, 3543–3562 https://doi.org/10.3390/ijerph10083543

20. PAZ, S. (2019). Effects of climate change on vector-borne diseases: an updated focus on West Nile virus in humans. *Emerg Top in Life Sci*, s. 1-10, https://doi.org/10.1042/ETLS20180124

21. SABATINO, DD. et al. (2014). Epidemiology of West Nile Disease in Europe and in the Mediterranean Basin from 2009 to 2013. *BioMed Research International,* Article ID 907852, http://dx.doi.org/10.1155/2014/907852. Erişim: 2.5.2019, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4180897/pdf/BMRI2014-907852.pdf

22. SALAS, R.N. (2019) Climate Change: A Review of a Public Health Opportunity for the Northeast. *Rhode Island Med. J,* 102; 42-45. Erişim: 18.4.2019 http://www.rimed.org/rimedicaljournal/2019/02/2019-02-42-wilderness-salas.pdf

23. SAVIC, S., POTKONJAK, A., ZEKIC-STOSIC, M., PETROVIC, T.(2019). The Emergence of Vector-Borne Diseases in New Locations, B. ROİG, K. WEISS and V. THIREAU *İçinde. Management of Emerging Public Health Issues and Risks.* London, s: 89-99, Elsevier Pub. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813290-6.00004-4

24. SEMENZA, J.C. and SUK, J.E. (2018). Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, 365, 2018, fnx244, doi: 10.1093/femsle/fnx244

25. TAŞTAN, R. (2008): *Enfeksiyonlarda mı Küreselleşiyor*? Kocaeli Üniversitesi Kocaeli Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, (Konferans sunumu 21.5.2008). Erişim: 30.4.2019, http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/rtastan/toplanti/rtastan14.07.2014_00.49.12toplanti.pdf

26. TAŞTAN, R.(2016): Tek Sağlık Olmadan Sağlıklı Dünya Mümkün müdür? Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, (Konferans sunumu 3.11.2016). Erişim: 1.5.2019 https://www.researchgate.net/publication/310572970_Tek_Saglik_Olmadan_Saglikli_Dunya_Mumkun_mudur

27. TAŞTAN, R.(2019): Tek Sağlık Eğitimi: 21. Yüzyıl Sağlık Meslekleri İçin Disiplinlerarası Yeni Bir Yaklaşım. (Çalıştay Konuşması). 5. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekolulları Çalıştayı, 18-20 Nisan 2019, Eskişehir. Erişim: 1.5.2019, http://saglikcalistayi.com/program/

28. TOGAMI, E., GARDY, J.L., HANSEN, G.R., POSTE, G.H., RIZZO, D.M., WILSON, M.E. and MAZET, J.A.K. (2018). Core Competencies in One Health Education: What Are We Missing? Erişim: 1.5.2019. https://nam.edu/wp-content/uploads/2018/06/Core-Competencies-in-One-Health-Education-final.pdf

29. UYAR, Y., BAKIR E.(2016). Batı Nil Virüsü (BNV) ve Türkiye'de Batı Nil Virüsü'nün güncel durumu. *Turk Hij Den Biyol Derg*, 2016; 73(3): 279-292. Erişim: 2.5.2019 https://www.journalagent.com/turkhijyen/pdfs/THDBD_73_3_279_292.pdf

30. VONESCH, N., BINAZZI, A., et al. (2019): Emerging zoonotic viral infections of occupational health importance. *Pathogens and Disease*, 77 (2) *In Press*

31. WHO, (2014). *A global brief on vector-borne diseases*. Erişim: 2.5.2019 https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/111008/WHO_DCO_WHD_2014.1_eng.pdf;jsessionid=B7DFFE5A64C89AF1251AD40BCEE6B856?sequence=1

32. WHO (2017). Global vector control response 2017–2030. Geneva. Erişim: 1.5.2019, https://www.who.int/vector-control/publications/global-control-response/en/

33. WHO (2019). Ten threats to global health in 2019. Erişim: 1.5.2019 https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019

34. WVA(*World Veterinary Association*), (2015). World Veterinary Day Award 2015 25 April 2015, Erişim. 2.5.2019 http://www.worldvet.org/uploads/news/docs/wvd_2015_wva_en_final2.pdf

AISI 4140 ISLAH ÇELİĞİNİN TORNALAMA İŞLEMİNDE PARAMETRELERİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE TAKIM AŞINMASINA ETKİSİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Yüksek Lisans Öğr. Musa ŞEREMET
Hatice Bayraktar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi / Düzce Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği ABD
musaseremet@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Menderes KAM
Düzce Üniversitesi, Dr. Engin PAK Cumayeri Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Makine Programı
mendereskam@duzce.edu.tr

Özet

Endüstride imalat sürecinde kalite, verim ve maliyet en önemli bileşenler olarak görülmektedir. Bu bileşenleri en etkili şekilde ortaya çıkarmak en doğru malzeme, kesici takım ve kesme parametreleri seçimine bağlıdır. Bu bağlamda, AISI 4140 ıslah çeliği endüstride en çok kullanılan malzemeler arasında yer almakta ve özellikle otomotiv, uçak ve uzay alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle bu çelik malzemeyi etkili ve verimli şekilde işlemek büyük önem arz etmektedir. Literatürde, AISI 4140 ıslah çeliği üzerinde birçok deneysel çalışma yapılmış ve etkili sonuçlar alındığı görülmüştür. Bu çalışmada, literatürde AISI 4140 ıslah çeliğinin tornalama işleminde parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkisi üzerine yapılan çalışmaların genel bir değerlendirmesi verilmiştir. Bu araştırmalarda uygulanan deneylerin birçoğunda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği en etkili parametreler olduğu görülmüştür. Bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkisinin oldukça fazla olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI 4140, Tornalama, Titreşim, Yüzey pürüzlülüğü, Takım aşınması

AN EVALUATION ON THE EFFECT OF PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS AND TOOL WEAR IN THE TURNING PROCESS OF AISI 4140 STEEL

Abstract

In industry, quality, efficiency and cost are the most important components in the manufacturing process. The most accurate way to uncover these components depends on the choice of the most accurate material, cutting tool and cutting parameters. In this context, AISI 4140 (42CrMo4) steel is one of the most widely used materials in the industry and is used in automotive, aircraft and space fields. Therefore, it is very important to process this steel material effectively and efficiently. In the literature, a number of experimental studies have been performed on AISI 4140 steel and effective results have been obtained. In this study, a general evaluation of the studies on the effect of process parameters on surface roughness and tool wear in turning AISI 4140 steel is given in the literature. In most of these experiments; cutting speed, feed rate and depth of cut were found to be the most effective parameters. The effect of these parameters on surface roughness and tool wear was observed to be quite high.

Keywords: AISI 4140, Turning, Vibration, Surface roughness, Tool wear

1.GİRİŞ

Endüstride varlığını koruyabilmek ve sürekliliği sağlayabilmek için kalite, maliyet ve verim bileşkesini çok iyi dengelemek gerekmektedir. Endüstride bir ürünü elde etmek için birçok imal

usulleri tercih edilmekte ve genellikle bütün imal usullerinden sonra nihai işlem olarak talaşlı imalat yöntemleri (tornalama, frezeleme ve delme) yaygın olarak kullanılmaktadır. Talaşlı imalat, diğer imalat yöntemleri ile kıyaslandığı zaman daha pahalı yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzden sürdürülebilir üretimin sağlanması için malzeme, kesici takım ve kesme parametrelerini çok iyi belirlenmesi ve optimize edilmesi gerekir (Ma J ve ark., 2014; Yuan C ve ark., 2012). Asıl amacın mümkün olduğu kadar hızlı, kaliteli ve ekonomik ürün elde etmek olduğu unutulmamalıdır. Talaşlı imalat sürecinin iyileştirilmesi için çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Buna rağmen gelişen malzeme ve işleme teknolojileri sonucunda kesme şartlarının sürekli iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Erbaş ve Güllü 2018).

Günümüzde her amaç için kullanılabilecek çok sayıda malzeme bulunmaktadır. En doğru malzemeyi seçebilmek için malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Genellikle en doğru malzeme, genelde istenilen şartları tam anlamıyla sağlayan en ekonomik ve verimli malzemedir (Kam, 2016). İhtiyaca göre malzeme temini yapıldıktan sonra en önemli aşama kesici takımın seçilmesidir. Kesici takım seçiminde, malzemenin özellikleri ve istenen işleme hassasiyeti göz önünde bulundurulmalıdır. En uygun ve en verimli kesici takımı seçmek talaşlı imalatın ekonomikliği ve sürekliliği için şarttır. Bununla birlikte işlenecek malzemeye göre en doğru kesici takımı seçmek çok önemli fakat yeterli değildir. Malzeme ve kesici takım seçiminden sonra dikkat edilmesi gereken en önemli etken kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) işlenecek malzemenin boyut ve toleransına, ayrıca kesici takım cinsine göre belirlenmesi gerekir. Kesme parametreleri malzemenin ve kesici takımın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yanında malzemenin uygulama alanı, ölçü, boyut ve toleransına bağlı olarak değişmektedir. Malzeme, kesici takım ve kesme parametreleri optimum kesme şartlarını oluşturacak şekilde seçilmesine rağmen işleme sırasında istenmeyen şartlar olarak görülen titreşim sonucunda yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması ortaya çıkmaktadır. Optimum kesme şartlarını oluşturmak işleme sırasında meydana gelen titreşimi azaltacak, dolayısı ile yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasının azalmasını sağlayacaktır. Ancak, optimum kesme şartları talaş kaldırma sırasında oluşan titreşimi tamamen ortadan kaldırmayacaktır. Bu bağlamda, literatürde çok sayıda deneysel çalışmalar yapılarak talaşlı imalat alanında kalite, verim ve maliyet bileşenleri maksimum seviyede tutulmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda genel olarak kesme parametreleri, titreşim vb. etkenlerin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etkisi üzerinde durulmuştur (Risbood ve ark.,2003; Kara ve ark., 2017; Das ve ark., 2015; Yardımeden, 2018).

Yapılan deneysel çalışmalarda; AISI 4140 (42CrMo4) ıslah çeliklerinin tornalama işleminde meydana gelen titreşimin yüzey kalitesini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Yüzey kalitesini etkileyen en önemli parametre olarak ilerleme hızı görülmektedir. İlerleme hızının artması titreşimi artıracak ve sonucunda yüzey kalitesini olumsuz olarak etkileyecektir. O halde iyi bir yüzey kalitesi için ilerleme hızının çok iyi belirlenmesi gerektiği unutulmamalıdır (Risbood ve ark.,2003; Neşeli, 2006; Shen, 2012; Hessainia ve ark., 2013; Das ve ark., 2015; Kara ve ark., 2017; Yardımeden, 2018). Ayrıca, literatürde araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda kesici takım geometrisine bağlı olarak titreşimin oluşması nedeniyle yüzey pürüzlülüğünü etkilediğini tespit etmişlerdir (Xiao ve Karube, 2002; Davim, 2011). İlerleme hızının yanında kesme derinliği de yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli rol oynamaktadır. Kesme derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış gözlemlemişler ve bu nedenle azalan kesme derinliklerinde iyi bir yüzey kalitesi almak mümkün olmaktadır (Elbah ve ark., 2013; Vardhan ve ark., 2017). Yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olan diğer bir parametre ise kesme hızıdır. Genellikle artan kesme hızlarında yüzey kalitelerinde önemli iyileşmeler olduğunu tespit etmişlerdir (Risbood ve ark., 2003; Kara ve ark., 2017). Fakat burada tezgâh gücü ve kapasitesi de unutulmaması gereken etkenlerdir. Tezgâh gücü ve kapasitesi bütün kesme parametrelerini etkileyen en önemli faktörler arasında yer almaktadır. İşleme sırasında verilecek parametrelerden dolayı tezgâhın kapasitesinin aşmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde istenilen ölçü ve toleransa ulaşılamayacak ve tezgâh, aşırı zorlanmadan dolayı ömründe azalma olacaktır.

Titreşim ve kesme parametrelerindeki olumsuz koşullardan dolayı takım aşınması ortaya çıkmaktadır. Kesme parametrelerindeki seçimlerin her ne kadar optimum düzeyde olsa da zaman içerisinde kesici takımların belirli bölgelerinde aşınmalar meydana gelmektedir. Kesici takım aşınmaları birçok sebepten kaynaklanıyor olabilir. Kesme parametreleri yanında, işlenen malzemelerin kimyasal

bileşeni, sertliği, işleme yöntemi, yaklaşma açıları gibi nedenlerden dolayı kesici takım aşınması ortaya çıkmaktadır. Talaşlı imalatta maliyeti etkileyen en önemli unsur kesici takımlardır. Kesici takım ömrünü artırmak birim maliyeti doğrudan etkileyecektir. Takım ömrünü artırmak için malzemeye uygun takım seçimi ile birlikte kesme parametreleri, işleme yöntemleri, uygun soğutma şartları gibi etkenler doğru şekilde oluşturulmalıdır (Chou ve Barash, 1995; Luo ve ark., 1999; Çakan ve Özocakçıoğlu, 2016).

Literatürde, AISI 4140 ıslah çeliği üzerinde birçok deneysel çalışma (Chou ve Barash, 1995; Luo ve ark. 1999; Yallese, 2005; Elbah ve ark., 2013; Ma ve ark., 2014; Karayel, 2014 ; Çakan ve Özocakçıoğlu, 2016; Kara ve ark., 2017; Arslan, 2019) yapılmış ve bu çalışmalarda etkili sonuçlar alındığı görülmüştür. Bu çalışmada ise literatürde AISI 4140 ıslah çeliğinin tornalama işleminde parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkisi üzerine yapılan çalışmaların genel bir değerlendirmesi verilmiştir.

2. TORNALAMA İŞLEMİ

Tornalama işlemi, kendi ekseni etrafında dönmekte olan genellikle silindirik iş parçası üzerinden ekseni doğrultusunda ilerleme yapan bir kesici takım yardımı ile talaş kaldırılmasıdır. Tornalama işleminde malzeme, takım ve kesme parametrelerinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu bölümde, AISI 4140 ıslah çeliği, kesme parametreleri, tornalamada titreşim, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması alt başlıklarında bilgiler verilmiştir.

2.1. AISI 4140 (42CrMo4) Islah Çeliği

AISI 4140 (42CrMo4) ıslah çeliği, çeşitli alaşım elementleri muhtevasından dolayı yüksek sertleştirilebilme özelliğine sahip, malzemenin kimyasal bileşimindeki yüzde karbon oranı bakımından sertleştirilmeye elverişli ve uygulanan ıslah işleminden sonra çeşitli kuvvetler altında yüksek mukavemet ve tokluk özelliği göstermektedir (Kam, 2016). Tablo 1'de AISI 4140 malzemenin kimyasal bileşimi gösterilmiştir.

Tablo 1. AISI 4140 (42CrMo4) Islah Çeliğinin Kimyasal Bileşimi

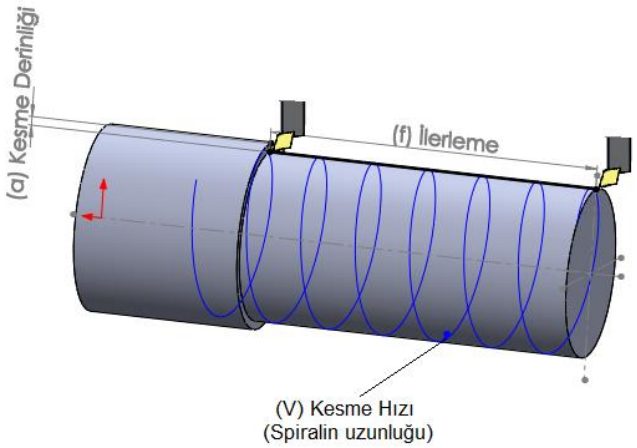
Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al
(%)	0,39	0,27	0,74	0,008	0,01	1,06	0,2	0,03

AISI 4140 ıslah çeliği; otomotiv, raylı sistemler, uçak ve uzay sanayide oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle makine parçaları, krank mili, aks mili, yivli mil gibi sünekliği yüksek olan parçaların imalatı olmak üzere oldukça geniş kullanım alanına sahip bir malzemedir (Kam, 2016; Kara ve ark. 2017). Geniş uygulama alanına sahip ve özellikle silindirik parçalarda kullanılan bu malzemenin tornalanması işlemi büyük önem arz etmektedir.

2.2. Kesme Parametreleri

Kesme parametreleri talaşlı imalatın verimliliğini etkileyen en önemli unsurlardandır. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği en yaygın kullanılan parametrelerdir. Deneysel çalışmaların hemen hemen tamamında en ideal kesme parametreleri ile kesme koşulları ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Kesme hızı (V) birimi metre/dakika'dır. Yani kesici takımın iş parçası çevresinde bir dakikada almış olduğu yoldur. Kesme hızı işlenecek malzemenin cinsine ve kullanılan kesici takımın malzemesine göre belirlenir. İlerleme hızı (f) birimi mm/devir ve mm/dakika cinsinden verilmektedir. Yani kesicinin bir devirde veya bir dakikada almış olduğu talaş miktarıdır. Kesme derinliği (a) birimi mm cinsinden verilmektedir. Şekil 1'de ise kesme parametrelerinin resmi gösterilmektedir.

Kesme parametrelerin belirlenmesinde bütün şartları bir arada düşünmek gerekir. Ancak bu şekilde ideal işleme ortaya çıkacaktır. İdeal kesme koşullarını oluşturmak için ise kesme parametrelerinin en önemli etken olduğu unutulmamalıdır.

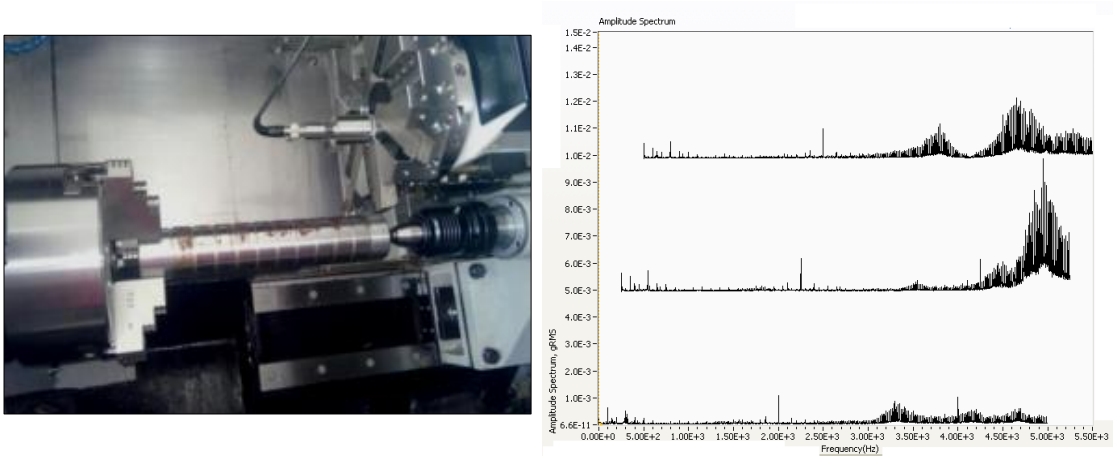


Şekil 1. Kesme parametrelerinin (V, f, a) iş parçası üzerinde gösterimi

2.3.Tornalama İşleminde Titreşim

Bir cismin ya da makine sisteminin denge konumu etrafında periyodik olarak yaptığı salınım hareketi titreşim olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifade ile titreşim, istenmeyen bir durumdur. Bu durumlardan biri de talaşlı imalatta işleme sırasında meydana gelen titreşimlerdir. Özellikle takım tezgâhlarında gürültü yapması, iş parçalarının ve kesici takımların kırılmasına neden olması bir gerçektir. Bu sebeplerden dolayı tornalama işleminde titreşim en az seviyeye indirilmeye çalışılır, çünkü tamamen titreşimi gidermek mümkün değildir. Tornalama işlemi sırasında kontrol altında tutulmayan titreşimler iş parçası yüzeyinin bozulmasına, ölçü tamlığı ve toleransının sağlanamamasına, kesici takımların erken aşınmasıyla ömrünün azalmasına veya kırılmasına, takım tezgâhını bir araya getiren elemanlarının zarar görmesine ve çevreyi rahatsız edecek gürültülere neden olmaktadır (Neşeli, 2006).

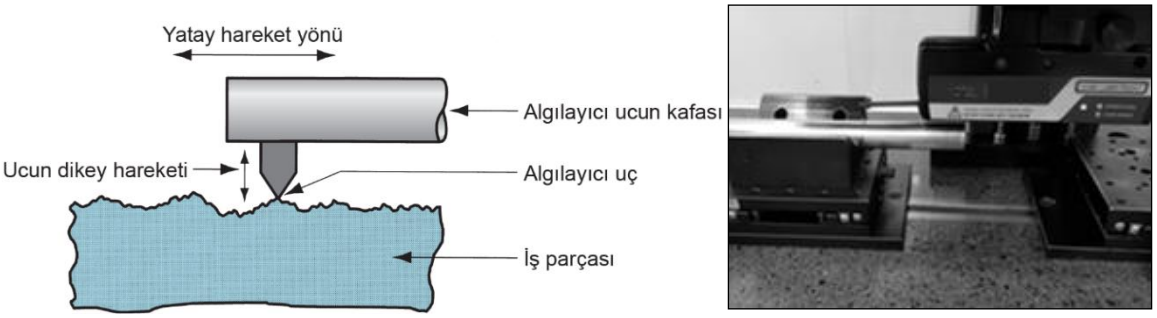
Kesici takım ile iş parçası arasında titreşim varsa işlenen yüzeyde dalgalanmalar oluşur. Yüzeyde meydana gelen bu dalgalanma talaş kalınlığını da değiştirir. Yüzeydeki bu dalgalanmalardan dolayı kesici takımın her pasoda periyodik olarak aynı dalgalı yüzeyi oluşturmaya devam edecektir (Tlusty, 1999; Güllü, 1995). Dolayısı ile iş parçasının ölçü tamlığı ve toleransı sağlanamayacaktır. Nasıl ki, insanlar sürekli titreşim yapan iş makinelerinde çalışırken sağlığına zarar veriyorsa, tezgâhlarda oluşan en küçük titreşim hali bile iş parçası ölçü tamlığını, takım ve tezgâh ömrünü olumsuz yönde etkileyecektir. Bu kapsamda yapılan bütün araştırmaların amacı ideal kesme şartlarını olumsuz yönde etkileyen unsurları ortadan kaldırmaktır veya en aza indirmektir. Bu nedenle tornalama işlemi esnasında oluşan titreşimlerin ölçülmesi ve tespit edilebilmesi için kesici takımlardan ivmeölçerler yardımı ile veri alınabilmektedir. Bununla ilgili deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Literatürde, AISI 4140 ıslah çeliğinin tornalama işlemi esnasında kesici takımlardan ivmeölçerler yardımı ile veri alındığı Şekil 2'de bir deney düzeneğinde CNC Torna tezgâhı üzerinde gösterilmiştir (Kara ve ark., 2017).



Şekil 2. Tornalama işlemi deney düzeneği (Kara ve ark. 2017)

2.4. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaşlı imalatta kesme sonrasında iş parçası yüzeyinde beklenmeyen izler ortaya çıkar. Malzeme, kesici takım, kesme parametreleri ve tezgâh gücü gibi etkenlerle beraber fiziksel, kimyasal ve ısıl faktörlerden dolayı, nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz olarak sapmaların oluştuğu bu durum yüzey pürüzlülüğü olarak adlandırılır (Groover, 2015). Ortalama yüzey pürüzlülük değeri Ra ile gösterilir, birimi μm'dir. Şekil 3'te yüzey pürüzlülüğü teorik gösterimi ve yüzey pürüzlülüğü ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 3. Yüzey pürüzlülüğü teorik gösterimi ve yüzey pürüzlülüğü ölçümü (Güllü, 1995)

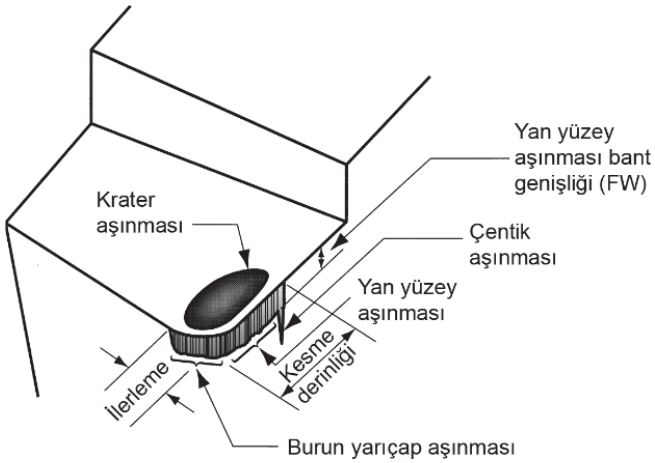
Yüzey pürüzlülüğü; sadece sürtünme, aşınma, yorulma ve yağlama gibi tribolojik olarak değil aynı zamanda sızdırmazlık, elektrik ve ısı iletimi gibi farklı durumlarda da dikkate alınmasının gerekli olduğu bir kalite kriteridir. Bu nedenle makineyi oluşturan bileşenlerin yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi çok önemlidir. Bu kapsamda, maksimum tepe-çukur yüksekliği (Rt), ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) ve on nokta yüksekliği (Rz) gibi pürüzlülük parametreleri ölçülebilir. Bu pürüzlülük parametrelerinden en yaygın kullanılanı, dünya çapında kabul görmüş ve ülkemizde de kullanılan Ra'dır (Atakök, 2008).

Birbiriyle çalışan makine parçaları ne kadar pürüzsüz yüzeye sahip olursa, o kadar rahat ve verimli olarak çalışır. Pürüzsüz yüzeye sahip parçalar sürtünmeden dolayı meydana gelen aşınma daha az olmaktadır. Bu sayede makine parçalarının daha uzun ömürlü olması sağlanmaktadır. Bazı makine parçalarında her ne kadar yüzey pürüzlülüğü dikkate alınmasa da işleme sonucunda bütün yüzeylerin pürüzsüz olması beklenmektedir. Tamamen pürüzsüz yüzey elde etmek mümkün değildir. Ancak pürüzlülük değeri tolerans değerleri içinde tutmak çok önemlidir. İşleme parametrelerinden en çok etkilenen yüzey pürüzlülüğüdür. Tornalama işlemi sırasında yüzey kalitelerini etkileyen en önemli parametre ise ilerleme hızıdır. Genellikle düşük ilerleme hızları daha iyi yüzey kalitesi vermektedir. Bu nedenle malzeme, kesici takım ve kesme parametreleri ile ilgili bilgi sahibi olunmalı, uyumluluk

dengesi iyi kurulmalıdır. Genel olarak, iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için ideal kesme şartlarının oluşturulması ile talaş kaldırma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

2.5.Takım Aşınması

Üretimin akışını ve standardını olumsuz etkileyen en önemli ve etkili faktörlerden biriside takımların erken aşınmasıdır. Öncelikle iş parçası ve kesici takım özellikleri ile beraber kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme sıcaklığı gibi etkenler takımların aşınma miktarlarını belirleyen parametrelerdir. Bu etkenlerin seçimindeki yanlış tercihler takım aşınmalarını hızlandıracak ve takımların aşınmaları arttıkça meydana gelen yüzey kaliteleri de bozulacaktır. Ayrıca, takımların aşınmaları arttıkça parçaların işleme maliyetleri de artmaktadır. Üretimin daha etkili olması için kalite, verim ve ekonomiklik kriterlerini bir arada düşünmek gerekir. Takım aşınması işleme sırasında mekanik veya kimyasal nedenlerden dolayı kesme kenarından küçük parçaların kopmasıyla oluşan bir durumdur. Kesici takımda krater aşınması, yan yüzey aşınması, çentik aşınması, burun yarıçap aşınması gibi aşınma türleri mevcuttur. Şekil 4'te takım aşınma çeşitleri şematik olarak gösterilmiştir. (Kopac, 1998; Sandvik, 2019).



Şekil 4. Takım aşınması çeşitleri (Sandvik, 2019)

İmalat sırasında verimi etkileyen en önemli parametre takım aşınmasıdır. Takım aşınması ne kadar azalırsa verimde o kadar artacaktır. Bu nedenle aşınmayı minimuma indirecek kesme şartlarını oluşturmak önemlidir. Ayrıca işleme sırasında aşınmış takımı da tespit etmek bir o kadar önemlidir. Aşınmış takımla işlemeye devam etmek hem verimi düşürecek hem de harcanan gücü artıracaktır. Dolayısı ile işleme maliyeti de artacaktır, bu nedenle aşınmayı azaltacak işleme şartlarını oluşturmak gerekmektedir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Literatürde, AISI 4140 ıslah çeliğinin tornalama işleminde parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etkisi üzerinde çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, yapılan bu çalışmaların genel bir değerlendirmesi verilmiştir. Genel olarak bütün çalışmalarda, optimum kesme şartlarını oluşturarak bu sayede kalite, verim ve maliyet bileşenlerini göz önünde bulundurmuşlardır. Yapılan çalışmalarda optimum yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması ile ilgili etkili sonuçlar alındığı görülmüştür. Bu araştırmalarda uygulanan deneylerin birçoğunda kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği en etkili parametreler olduğu tespit edilmiştir. Bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına etkisinin oldukça fazla olduğu gözlenmiştir. Literatürde çok sayıda deneysel çalışma yapılmasına rağmen teknoloji ile beraber gelişen ve yenilenen malzeme, kesici takım, yöntem, tezgâh gücü ve kapasitesinden dolayı daha iyi işleme şartlarını belirlemek için deneysel çalışmalara ihtiyacın var olduğu öngörülmektedir. Endüstride rekabetin her geçen gün arttığı, kalite ve maliyetin ön plana

çıktığını görmekteyiz. Bu nedenle talaşlı imalatın verimliliği ve sürekliğini sağlamak için teknolojik gelişmeleri takip ederek işleme yöntemlerini ve kolaylığını geliştirmek büyük önem arz etmektedir.

BİLGİ

Bu çalışma, Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP - 2019.22.01.912) kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKLAR

ARSLAN, H. (2019, 5 Nisan) [Online]. Erişim http://www.hamitarslan.com/torna-tezgahi-hesaplamalari.html

ATAKÖK, G. (2008), CNC Tornada Talaş Kaldırma İşlemlerinde Talaş Kırıcı Geometrisinin İşlenebilirliğe Etkilerinin Deneysel ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

CHOU, Y.S. and BARASH, M.M. (1995), Review on hard turning and CBN cutting tools, in: Proceedings of the First International Machining and Conference, SME Technical Paper, MR95-214, 951-962.

ÇAKAN, A. ve ÖZOCAKÇIOĞLU, A. (2016), AISI 4140 Çeliğin Tornalanmasında Kesme Parametrelerinin Kesici Uç Aşınmasına Etkisi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 13(4), 9-18.

DAS, S. R., DHUPAL, D., and KUMAR, A. (2015), Experimental İnvestigation into Machinability of Hardened AISI 4140 Steel using TiN Coated Ceramic Tool, *Meas. J. Int. Meas. Confed.,* 62, 108-126.

DAVIM, J. P. (2011), Machining of hard materials, Springer Science & Business Media.

ELBAH, M., YALLESE, M. A., AOUİCİ, H., MABROUKİ, T. and RİGAL, J. F. (2013), Comparative Assessment of Wiper and Conventional Ceramic Tools on Surface Roughness in Hard Turning AISI 4140 Steel, *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 46, 9, 3041-3056.

ERBAŞ, M. ve GÜLLÜ, A. (2018), 34CrNiMo6 Çeliğinin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi, *Politeknik Dergisi*, doi: 10.2339/politeknik.428995.

GROOVER, M. P. (2015), Principles of Modern Manufacturing A.B.D.

GÜLLÜ, A. (1995), Silindirik Taşlamada İstenilen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Makine Eğitimi, Ankara, Türkiye.

HESSAINIA Z., BELBAH, A., YALLESE, M. A., MABROUKI, T. and RIGAL, J. F. (2013), On the Prediction of Surface Roughness in the Hard Turning Based on Cutting Parameters and Tool Vibrations, *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 46(5), 1671-1681.

KAM, M. (2016), Kriyojenik İşlem Görmüş Millerin Dinamik Davranışlarının Deneysel Analizi, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği, Düzce, Türkiye.

KARA, F., ÖZBEK, O., KAM M ve SARUHAN, H. (2017), AISI 4140 Islah Çeliğinin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğü ve Titreşimin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu" *International Academic Research Congress(INES2017)*, 1132–1140.

KARAYEL, B. (2014), Ç4140 Malzemesinin Tornalamasında İlerleme, Kesme Hızı ve Kesici Takımın Yüzey Pürüzlülüğü, Takım Ömrü ve Aşınmaya Etkileri, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*,11-36.

KOPAC, J. (1998), Influence Of Cutting Material And Coating on Tool Quality and Tool Life, *Journal of Materials Processing Technology*, 78, 95-103.

LUO, S. Y., LİAO, Y. S. and TSAİ, Y. Y. (1999), Wear Characteristics in Turning High Hardness Alloy Steel by Ceramic and CBN Tools, *J. Mater. Process. Technol.,* 88(1), 114-121.

MA, J., GE X., CHANG, S.I., LEİ, S. (2014), Assessment Of Cutting Energy Consumption And Energy Efficiency in Machining Of 4140 Steel, *Int J Adv Manuf Technol* 74:1701-1708.

NEŞELI, S. (2006), Tornalamada Takım Geometrisi ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

RISBOOD, K. A., DIXIT, U. S. and SAHASRABUDHE, A. D. (2003), Prediction of Surface Roughness and Dimensional Deviation by Measuring Cutting Forces and Vibrations in Turning Process, *J. Mater. Process. Technol.,* 132, 1-3, 203-214.

SANDVIK, (2019, 12 Nisan) [Online]. Erişim https://www.sandvik.coromant.com/tr

SHEN, X. H., ZHANG, J., XING, D. X., and ZHAO, Y. (2012), A Study of Surface Roughness Variation in Ultrasonic Vibration-assisted Milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58(5-8), 553-561.

TLUSTY, J. (1999), Manufacturing Processes and Equipment, Prentice Hall, NJ.

VARDHAN M. V., SANKARAİAH G., YOHAN M. and RAO H. J. (2017), Optimization of Parameters in CNC Milling of P20 Steel Using Response Surface Methodology and Taguchi Method", *Materials Today Proceedings*, 4 (8), 9163-9169.

XİAO, M. and KARUBE, S. (2002), Analysis of Chatter Suppression in Vibration Cutting, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 42, 1677-1685.

YALLESE, M. A., RIGAL, J. F., CHAOUI, K., and BOULANOUAR, L. (2005), The Effects of Cutting Conditions on Mixed Ceramic and Cubic Boron Nitride Tool Wear and on Surface Roughness During Machining of X200Cr12 Steel (60 HRC), *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 219(1), 35-55.

YARDIMEDEN, A. (2018), Farklı Kesme Parametreleriyle AISI 1040 Çeliğin Tornalanmasında Oluşan Titreşimlerin ve Yüzey Pürüzlülüğün İncelenmesi," *DÜMF Mühendislik Dergisi,* 269-278.

YUAN, C., ZHAİ, Q., DORNFELD, D. (2012), A Three Dimensional System Approach For Environmentally Sustainable Manufacturing, *CIRP Ann Manuf Technol.*, 61(1) : 39-42.

TABAKALI AHŞAP KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİNDE CAM FİBER (GFRP) VE KARBON FİBER (CFRP) KULLANIMI

Doktor Öğretim Üyesi Hasan Hüseyin Ciritcioğlu[1]
[1] Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce/Türkiye
hasanciritcioglu@duzce.edu.tr

Öğr.Gör. Seymen Çiftçi[2]
[2]Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksek Okulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri, 81620, Düzce/Türkiye
seymenciftci@duzce.edu.tr

Özet

Ağaç malzeme higroskopik, heterojen ve ortotropik özelliklere sahip doğal kompozit bir malzemedir. Ayrıca, kolay işlenebilen, estetik, yalıtkan, kütlesine oranla yüksek yük taşıma kapasitesine sahip, yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir olma gibi üstün özelliklere sahip doğal bir yapı malzemesidir. Bu üstün özellikleri yanı sıra, rutubet alış verişi ile şekil değiştirmesi, mantar ve böcek zararlılarından kolay etkilenmesi ve kolay tutuşması gibi olumsuz özellikler taşımaktadır. Ahşap malzemenin olumsuz özelliklerinin giderilmesi için çok sayıda modifikasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada ahşap malzemenin kullanım yerlerindeki mekanik dayanım özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik uygulamalar incelenmiştir. Ahşap malzemenin mekanik dayanım özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla tabakalı ahşap kompozit malzemeler üretilmektedir. Örneğin yapılarda yaygın kullanım alanına sahip tabakalı ahşap kompozit olarak, kontrplak, yönlendirilmiş lifli levha (OSB-Oriented Strand Board), lamine kaplama kereste (LVL-Laminated Veneer Lumber) ve tutkallı lamine kereste (GLULAM-Glued Laminated Timber) örnek verilebilir. Bu tabakalı ahşap kompozitler masif ahşaba göre çok daha yüksek mekanik dayanım özelliklerine sahip olmasına rağmen birçok kullanım alanında rutubet, sertlik, elastikiyet, eğilme, çekme ve basma dayanımı açısından arzu edilen performans özelliklerini karşılamamaktadır. Bu nedenle tabakalı ahşap kompozitlerin güçlendirilmesi amacıyla karbon, cam, aramid, kevlar gibi farklı lif malzemeler kullanılmaktadır. Gerek endüstriyel uygulamalarda gerekse akademik çalışmalarda tabakalı ahşap kompozitlerin güçlendirilmesi için karbon ve cam fiberin kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmalarda güçlendirilecek tabakalı ahşap kompozitlerin katman aralarında ya da üst katmanlarında farklı kombinasyonlarda bu lifler kullanılarak güçlendirme yapılmıştır. Yapılan güçlendirmeler sonucu tabakalı ahşap kompozitlerin neredeyse tüm mekanik özelliklerinde belirgin bir şekilde iyileşme sağlandığı görülmüştür. Bu çalışma kapsamında tabakalı ahşap malzemelerin güçlendirilmesi ile ilgilenen araştırmacı ve uygulayıcılar için karbon ve cam fiber kullanılarak yapılan güçlendirme çalışmaları uygulanan yöntemler, sağladığı katkılar ve elde edilen sonuçlar analiz edilmek suretiyle kapsamlı bir şekilde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Karbon elyaf, Cam elyaf, Tabakalı ağaç malzeme, Güçlendirme

USAGE OF GLASS FİBER (GFRP) AND CARBON FİBER (CFRP) İN THE PRODUCTİON OF LAMİNATED WOOD COMPOSİTE MATERİALS

Abstract

Wood material is a natural composite material with hygroscopic, heterogeneous and orthotropic properties. In addition, it is a natural building material with superior properties such as being easily processable, aesthetic, insulating, having high load bearing capacity compared to its mass, being renewable and recyclable. In addition to these superior properties, it has negative characteristics such as deformation with moisture exchange, easy to be affected by fungus and insect pests and easy ignition. Numerous modification methods are used to remove the negative properties of wood. In this study, the applications to improve the mechanical strength properties of wood materials were examined. In order to improve the mechanical strength of wood materials, laminated wood composite

materials are produced. For example, as a laminated wood composite, which is widely used in structure, plywood, Oriented Strand Board (OSB), Laminated Veneer Lumber (LVL) and Glued Laminated Timber (GLULAM) can be given as an example. Although these laminated wood composites have much higher mechanical strength than solid wood, they do not meet the desired performance characteristics in terms of humidity, hardness, elasticity, bending, tensile and compressive strength in many applications. For this reason, different fiber materials such as carbon, glass, aramid and kevlar are used in order to strengthen the laminated wood composites. Both in academic studies as well as in industrial applications has been observed that carbon and glass fiber used to reinforce laminated composite wood. In these studies, on the upper layers or between the adjacent layers of laminated wood composites to be strengthened were reinforced by using these fibers in different combinations. As a result of the reinforcements, almost all mechanical properties of the laminated wood composites were observed to be significantly improved. Within the scope of this study, the reinforcement studies carried out by using carbon and glass fiber for the researchers and practitioners interested in strengthening the laminated wood composites materials were presented in a comprehensive way by analyzing the results, the contributions and the results obtained.

Keywords: Carbon fiber, Glass fiber, Laminated Wood Materials, Reinforcement

1. GİRİŞ

Ahşabın gerek yapı malzemesi gerekse hayatı kolaylaştırmak için çeşitli eşyaların yapımında kullanılması neredeyse insanlık tarihi kadar eski zamanlara dayanmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, çağlar boyunca süren kontrolsüz kesimlerin yapılması, orman alanlarında hayvan otlatılması, nüfus artışı ile orman alanlarına yerleşim yapılması ve yangın gibi doğal afetler ormanların tahrip olmasına neden olmaktadır. Orman varlıklarının azalması, insanoğlunu bu kaynakların daha efektif kullanılması için çözüm arayışına itmiştir. Bu doğrultuda 19. yy başlarında kontrplak ile başlayan ahşap kompozit levha üretimini bu yüzyılın ortalarında yonga levha ve lif levha gibi diğer kompozit levhaların üretilmesi takip etmiştir (Curling ve Kers, 2017; Stark ve ark., 2010;).

Masif ahşap ve ahşap türevi kompozit levhalar çok amaçlı kullanılabilir bir malzeme olması nedeniyle barınaklar, evler, köprüler, yol yüzeyleri, gemi-tekne gibi deniz taşıtları, tren vagonu ve otomobil gibi kara taşıtları, çeşitli el aletleri araç ve gereçler, spor malzemeleri, ayakkabı vb. sayılamayacak kadar çok alanda yaygın kullanım alanına sahip bir mühendislik malzemesi olmuştur (Popescu, 2017; O'Halloran ve Abdullahi,2017; Zhang, 2011; Concu ve ark., 2013)

2010 yılı verilerine göre ABD'de konutların yaklaşık % 85'i ahşap strüktürle inşa edilirken, Türkiye'de bu oran sadece % 0,05'dir (Şişman, 2019). Ülkemizdeki kırsal yapıların %27-50' sini ağaç malzeme oluşturmakta olup, kentlerdeki yapıların önemli bir bölümünde de ağaç malzeme kullanılmaktadır (Özçelik, 1965).

Ahşabın çok tercih edilen bir mühendislik malzemesi olmasını sağlayan oldukça fazla sayıda olumlu özelliği bulunmaktadır. Ahşap malzeme; kolay işlenebilen, üstün dayanım özelliklerine sahip, işlenme maliyeti düşük, kütlesine oranla yüksek yük taşıma kapasitesine sahip, iyi yalıtım özelliği olan, sürdürülebilir, yenilenebilir, estetik ve doğal bir kompozit malzemedir. Ayrıca hafif olmasının yanı sıra, şok etkisine dayanıklı, titreşim emme özelliğine sahip esnek bir malzemedir. Taşıdığı bu üstün özelliklerden dolayı gerek yapı malzemesi olarak, gerekse mobilya üretimi ve binaların iç döşemelerinde dekoratif amaçlarla uzun yıllardan beri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yapısal özelliklerinden dolayı deprem etkilerine karşı dirençlidir ve kullanım alanlarında oldukça iyi ısı yalıtımı sağlayan bir malzemedir (Çolak ve ark. 2002). Ağaç malzemenin bu üstün özellikleri nedeniyle farklı kullanım alanlarında malzemeye olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi için ormanların bilimsel esaslara uyularak işletilmesi ve kesilen ağaçların verimli kullanılması gerekmektedir (Keskin ve Togay, 2003).

Ahşap ve ahşap türevi malzemelerin mekanik özelliklerine bağlı kullanım yerlerindeki dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik geçtiğimiz yüz yılda sayısız çalışma yapılmıştır. Fakat yapı

sağlamlığı ile ilgili literatürde betonarme ve çelik yapılar için oldukça fazla çalışma yer alırken ahşap yapılar konusunda görece sınırlı sayıda çalışma yer almaktadır. Huber ve arkadaşları "Yapısal sağlamlık ve ahşap yapılar" isimli çalışmalarında genel olarak ahşap sağlamlığı ve özelinde Avrupa'daki ahşap binaların sağlamlığını incelemiştir (Huber ve ark. 2018). Ahşap ve ahşap türevi kompozit malzemelerin yapılardaki dayanım özelliklerine yönelik çalışmalara bakıldığında yazarların yaşadıkları ülkelerdeki ahşap yapı kullanım oranı ile yapılan çalışma sayısı arasında bir korelasyon olduğu görülebilir. Özellikle ahşap yapıların yoğun olduğu ABD, Kanada, İskandinav ülkeleri, Japonya vb. ülkelerde bu doğrultuda çok sayıda çalışma yapılırken ülkemizin de içinde sayılabileceği gelişmekte olan ülkelerde bu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu ülkelerin ortak özellikleri olarak yaşam standardının yüksek gelişmiş ülkeler olmalarının yanı sıra deprem kuşağında yer alan ve doğal afetlerin oldukça yoğun yaşandığı ülkeler olmalarıdır. Ülkemizde benzer şekilde deprem kuşağında yer almasına rağmen ahşap yapıların dayanım özelliklerini belirlemeye yönelik sınırlı sayıda çalışma yapıldığı ve hak ettiği değerin verilmediği söylenebilir. Ülkemizde ahşap ve ahşap türevi kompozitlerin gerek ahşap yapılarda gerekse ahşap-betonarme bütünleşik olarak kullanımına yönelik Ario Ceccotti ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar oldukça dikkat çekicidir. Ceccotti beton-ahşap kompozit yapıları ele aldığı çalışmasında keresteler üzerine çeşitli bağlantı elemanlarının yerleştirilmesinden sonra beton dökülerek elde edilen kompozit oluşum ile son derece yüksek dayanımlı, görece daha hafif ve oldukça iyi ses yalıtımı özelliklerine sahip kolay uygulanabilir bir çözüm ortaya koymuştur (Ceccotti, 2002, Ceccotti ve ark, 2006). Yazar bir diğer çalışmasında çapraz lamine edilmiş kerestelerin (CLT-Cross Laminated Timber) tam ölçekli bir yapıda kullanarak sismik aktivite koşullarındaki davranış özelliklerini incelemiştir. Çalışmada en az 15 yıkıcı ölçüde deprem aktivitesi simüle edilmiş olmasına rağmen yapıda kayda değer bir deformasyonun oluşmadığını ve binanın ayakta kaldığını belirtmiştir. Sonuç olarak sismik aktivitelerin yoğun olduğu bölgelerde bu yapıların oldukça başarılı, yıkıcı deformasyonlar oluşmadan ayakta kalabilen yapılar olduğunu ortaya koymuştur (Ceccotti, 2008). CLT panellerin tipik metal bağlantı elemanları kullanılarak birleştirilmesi ile oluşturulan yapılarda döngüsel uygulanan yükler altındaki davranışlarını ve çeşitli mekanik özellikleri inceledikleri bir diğer çalışmada farklı bağlantı elemanları ve bağlayıcıları analiz ederek hata modellerini belirlemişlerdir (Gavric ve ark., 2015). Anılan tüm çalışmalar ahşap ve ahşap türevi kompozitlerin özellikle deprem gibi yıkıcı etkilere maruz kalınan çevresel koşullarda yapılarda kullanılabilecek en önemli mühendislik malzemesi olduğunu ortaya koymaktadır.

Ahşabın olumlu özelliklerine karşın bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Örneğin, budak oluşumları, lif kıvrıklığı, reçine oluşumları, doğal haliyle böcekler, kurtlar ve mantarlara karşı dayanıksız olması, higroskopik olması dolayısıyla suya ve neme karşı dayanıksızlığı, mekanik aşınmaya karşı dayanıksızlığı, heterojen yapıya sahip olması, yangın dayanımının yüksek olmasına karşın kolay tutuşan bir malzeme oluşu olarak özetlenebilir (Örs ve Keskin, 2001). Bu olumsuz etkilerin giderilmesi ve ağaç malzemenin maruz kaldıkları çevre koşulları altında kullanım ömrünün uzatılması için korunması gerekmektedir (Söğütlü ve Döngel 2009).

Ahşabın korunması amacıyla üst yüzey işlemleri, ısıl işlem, emprenye işlemi gibi ek koruma yöntemleri uygulanmaktadır. Ayrıca ahşap malzemelerin kullanım yerlerindeki dayanım özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla farklı yöntemler kullanılarak tabakalı ahşap kompozit malzemeler (kontrplak, kontrtabla, yönlendirilmiş yonga levha, tabakalı kaplama kereste, yapıştırılmış tabakalı kereste, paralel şerit kereste vb.) üretilmektedir. Bu malzemelerin üretimi sonucunda, genellikle kolay yetişebilen, düşük dayanım özelliği olan ve daha küçük çaplı ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan ağaçların orman endüstrisine "***mühendislik ürünü ağaç malzemeler***" olarak kazandırılması sağlanmıştır (Mengeloğlu ve Kurt 2004). Tabakalı ahşap kompozit malzemelerin masif ağaç malzemeye göre mekanik ve fiziksel etkilere dayanımın arttığı, daha fazla yük taşıma kapasitesinin bulunduğu ve masif ahşaba göre birçok üstün özelliği bulunduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.
Son yıllarda özel tasarım uygulamalarında ya da kullanım yerlerinde çok daha yüksek fiziksel ve mekaniksel dayanım beklentileri olan alanlarda bu malzemelerin çeşitli plastik elyaf kompozit malzemelerle (karbon fiber, cam fiber, aramid fiber-kevlar vb.) güçlendirilmesi ile elde edilen yenilikçi uygulamalar her geçen yaygınlaşmaktadır.

Tabakalı ahşap malzemeleri; tabakalı kereste malzemeler ve tabakalı levha malzemeler olmak üzere temel olarak iki ana guruba ayırabiliriz. Bu çalışmada, tarihsel perspektifte tabakalı ahşap kompozit malzemelerin gelişim süreci farklı teknik ve teknolojik özellikleri yanı sıra bu malzemelerin çeşitli plastik elyaf kompozit malzemelerle güçlendirilmesi ile elde edilen yenilikçi uygulamalar da bilimsel olarak sınıflandırılmak suretiyle kapsamlı olarak değerlendirilecektir.

2. TABAKALI KERESTE MALZEMELER

Tabakalı ağaç malzemeler, üretimde kullanılan malzeme katman kalınlıklarına ve üretim yöntemine göre farklılık göstermektedir. Genel prensip, tutkallanmış ahşap plaka, kaplama, kaplama şeritleri ya da yongalarının oluşturulacak kereste boyuna paralel olacak şekilde üst üste tabakalar halinde çoğu zaman sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile üretilmektedir. Bu sayede tabakalı ağaç malzeme yönteminde, kısa boylu ve dar enli ağaç malzemeler kullanılarak daha uzun ve geniş ağaç malzeme üretilebilmektedir.

Ağaç malzemenin daha verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Lamine masif ahşap taşıyıcı elemanlar ilk defa 1893 yılında İsviçre'de, kilise direklerinin yapımında kullanılmıştır. I. Dünya savaşı sırasında bu teknikten uçak yapımında yararlanılmıştır (Örs ve Keskin, 2001).

Ayrıca, ağaç malzemenin doğal haliyle barındırdığı direnç azaltan kusurlarından arındırılarak (budak, çatlak, kurt yeniği, sulama vb.) kullanılmasına imkân sağlamasından dolayı, üretilen ahşap ürünün kalite özellikleri daha iyi olmaktadır. Küçük boyutlu ağaç malzemenin kullanılmasından dolayı ağaç malzemedeki fire oranı azalmakta bu da mamul ürünün maliyeti üzerinde etkili olmaktadır (Perçin ve ark., 2009). Bu bağlamda tabakalı ağaç malzeme türleri kullanılan malzeme ve yöntem türlerine göre aşağıda listelenmiştir. Bunlar;

- GLULAM: Glued Laminated Timber - Tutkallı Lamine Kereste (TLK)
- LVL: Laminated Veneer Lumber - Lamine edilmiş kaplama kereste (LKK)
- PSL : Parallel Strand Lumber – Paralel Şerit Kereste (PŞK)
- LSL : Laminated Strand Lumber – Tabakalanmış Şerit Kereste (TŞK)
- CLT : Cross Laminated Timber – Çapraz Lamine Kereste (ÇLK), başlıca tabakalı kompozit kereste malzemelerdir.

3. TABAKALI LEVHA MALZEMELER

Tabakalı levha malzemelerde temel amaç değersiz, dayanım özellikleri zayıf ya da atık gözüyle bakılan ağaç ya da ağaç bileşenlerini farklı yöntemlerle bir araya getirmek suretiyle geniş yüzeyli levhaların oluşturulması olarak tanımlayabiliriz. Benzer şekilde tabakalı levha malzemelerde, üretiminde kullanılan malzeme ve uygulanan yöntemlere göre sınıflandırılmaktadır. Endüstriyel anlamda ilk olarak kullanılan tabakalı kompozit levhanın kontrplak olduğu bilinmektedir.

Ağaç işleri endüstrisinde *lamine ağaç malzeme*, TS EN 386'ya göre; ahşap kaplamaların lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır ve tabaka kalınlığı 45 mm'yi geçmeyen levhalara uygulanabilir olarak belirtilmiştir (TSE 2006).

Endüstriyel anlamda kullanılan ilk tabakalı ahşap kompozit levha olarak bilinen kontrplak DIN 68708' ye göre lif yönleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiş en az üç adet yapıştırılmış tabakadan oluşan dış ve iç tabakaları öz veya orta tabakanın her iki tarafına simetrik olarak tespit edilmiş levha olarak ifade edilmektedir (DIN, 1976-04).

Kontrplak yapımında kullanılamayacak düşük kalitedeki ince çaplı tomruklardan üretilen OSB birçok alanda kullanılmaya başlanmış özellikle de kontrplağa rakip olmuştur. OSB özel hazırlanmış ağaç malzeme yongalarına yön verilerek üretilen bir yonga levha türüdür (Çakmak, 2018).

Kontratabla ise ağaç malzemenin çalışmasını önlemek için körağaç denilen ve lif yönleri zıt olarak birleştirilen ağaç malzemelerin her iki yüzüne zıt gelecek şekilde yapıştırılan kaplama levhası veya kontrplaktan hazırlanan 3, 5 veya 7 katlı tabladır. Kontratabla rutubet etkisi ile çalışmadığından çatlama ve biçim değişmeleri oluşmaz. Körağaç, astar kaplama ve yüz kaplamalardan oluşur. Fabrika ya da atölyelerde 10–28 mm kalınlıklarda üretilir (Örs ve Keskin 2001).

Lamine, mobilya yapımında kullanılan küçük boyutlu lamine elemanlar (LVL = Laminated Veneer Lumber = MICROLAM) için ise en çok 3,2 mm ye kadar kalınlıktaki kaplama levhaları kullanılır (Örs ve Keskin 2001).

Her ne kadar tabakalı ağaç malzeme ve tabakalı kompozit levha malzemeler birçok yönden üstün özelliklere sahip olsalar dahi bazı kullanım yerlerinde istenilen ya da beklenilen performans kriterlerini sağlayamamaktadır. Ağaç malzeme modifikasyonları kullanılarak üretilen yeni ağaç malzemelerde malzeme mukavemetini artırmak, güçlendirme çalışmalarını desteklemek amacıyla bazı takviye elemanları kullanılmaktadır. Bu takviye elemanların ağaç malzeme tabakaları arasına, bir veya birkaç yüzeye veya açılan bir kanala; lif, dokuma kumaş, çubuk veya şerit biçimlerinde yerleştirilmek/yapıştırılmak suretiyle mukavemet artışı sağladığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Çalışmanın sonraki bölümünde bu güçlendirme çalışmaları değerlendirilecektir.

4. GÜÇLENDİRME İÇİN KULLANILAN TAKVİYE ELEMANLARI

Yapı kirişlerini, keresteleri veya tabakalı ahşap malzemeleri mekanik olarak güçlendirilmesi için bazı kompozit takviye elemanları kullanılmakta olup bulardan bazıları ;

Karbon Elyaf Takviyeli Plastik (Carbon Fiber Reinforced Plastics) Güçlendirme çalışmalarında kullanılan fiber takviyeli plastiklerin seçiminde genellikle üstün dayanım özelliklerinden dolayı karbon elyaf takviyeli plastikler tercih edilmektedir (Akgül ve ark., 2009).

Cam elyaf Takviyeli Plastik (Glass Fiber Reinforced Plastics) karbon elyaf takviyeli kompozit malzemeler gibi ürün güçlendirme çalışmalarında cam elyaf katkılı kompozit malzemelerdir (Yıldırım ve ark. 2018).

Doğal lifler, yüksek spesifik mukavemet gücüne sahip, hafif, maliyeti düşük mekanik özellikleri yüksek ve üstün özelliklere sahip doğadan doğrudan elde edilebilen malzemelerdir. Bu nedenle Dünya'nın her yerindeki mühendisler, araştırmacılar, profesyoneller ve bilim insanlarının araştırdığı/kullandığı fiber takviyeli polimer kompozitler için alternatif bir güçlendirici olarak ilgi çekmektedir. Bu ürünler aşındırıcı olmayan, çevre dostu ve biyobozunur özellikte çok sayıda endüstriyel ve akademik çalışmada kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda bu doğal lifler ve doğal olmayan lifler birlikte kullanılmıştır. Örneğin Sanjay ve arkadaşları (2015); Hindistan'da bolca bulunan doğal liflerden (abaca, muz, bambu, pamuk, hindistan cevizi, kenevir, jüt, ananas, sisal vb.) faydalanmış ve cam elyaf ile birlikte kullanmıştır. Bu çalışmada doğal elyafların GFRP ile birleştirildiğinde özelliklerini geliştirdiği ve cam elyafı ile güçlendirilmiş polimer kompozitler için alternatif bir malzeme olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Sanjay ve ark. 2015).

Son 20 yılda yapısal elemanları güçlendirmek için fiber katkılı polimerlerin kullanımı, hem yapısal performansları açısından hem de ekonomik olarak etkili olmuştur (Taheri ve ark. 2009). Tabakalı ağaç malzemelerin yük taşıma kapasitesini arttırmak, malzeme maliyetini düşürmek ve üretim hatalarını en aza indirmek için lifle desteklenmiş plastiklerin (fiber reinforced plastics (FRP)) kullanılması da söz konusudur. Böylelikle malzemeleri direnç, sertlik, yoğunluk vb. çok sayıda mekanik özelliği iyileştirilebilir (Kurt, 2002).

Yapılan çalışmada tabakalı ahşap malzemelerin güçlendirilmesi ile ilgilenen araştırmacı ve uygulayıcılar için karbon ve cam fiber kullanılarak yapılan güçlendirme çalışmaları uygulanan yöntemler, sağladığı katkılar ve elde edilen sonuçlar analiz edilmek suretiyle kapsamlı bir şekilde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

5. TABAKALI AHŞAP KOMPOZİTLERİN VE KERESTELERİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Tabakalı ahşap kompozit malzemeler her ne kadar masif ahşaba göre çok daha üstün performans özelliklerine sahip olsalar da, çok sayıda özel tasarım ve uygulama alanında arzu edilen estetik, dayanım ve performans gerekliliklerine yeteri kadar cevap verememektedir. Bu nedenle bu malzemelerde de ekstra güçlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Tabakalı ahşap kompozitlerin güçlendirilmesinde en yaygın kullanım alanı bulan malzemelerin güçlendirilmiş fiber plastik kompozitler olduğu görülmüştür. Çalışmanın bu bölümünde tabakalı ahşap kompozitlerin ve kerestelerin güçlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalar; mukavemet, maliyet, malzeme ve uygulama yöntemleri göz önünde bulundurulmak suretiyle karşılaştırmaları yapılmış ve yapılan çalışmaların bazıları değerlendirilmiştir.

Bal, (2014 a)' dokuma cam elyafı ile güçlendirilmiş LVL' nin esneklik özellikleri, yapışma performansı ve katman ayrılma özellikleri isimli çalışmasında; lamine kaplama kereste (LVL) ve cam elyaflar la güçlendirilmiş (RLVL) kullanılmış. Yapıştırıcı olarak fenol formaldehit tutkalı kullanılarak kavak kaplamalarından LVL ve RLVL üzerinde eğilme dirençleri ve elastikiyet modülünü belirlemek için testler yapılmış. Dokuma cam elyafıyla takviye edilmiş LVL malzemelerde, eğilme direnci ve elastikiyet modülünü arttırdığı ve RLVL'nin katman ayrılma mukavemetinin LVL den belirgin şekilde daha büyük olduğu, güçlendirilmiş LVL yoğunluğunun önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Buna karşılık olarak, donatı, spesifik eğilme direnci ve spesifik elastikiyet modülünde önemli düşüşlerle sonuçlanmış. Elde edilen deneysel sonuçlara dayanarak, LVL'nin dokuma cam elyaflar la takviyesinin, test edilen mekanik özellikler üzerinde bazı olumlu ve olumsuz etkilere sahip olduğu sonucuna ulaştığını bildirmiştir (Bal, 2014 a).

Wei song (2018) 'un Kavak lamine kaplama kereste kompozitlerini geliştirmek için yüzey modifiyeli E-Cam Elyaf (GFR) kumaşların kullanımını ele aldığı çalışmasında; kavak kaplama katmanlarına belirli oranlarda cam elyaf ve tutkal kullanılarak, farklı sıcaklıklar ve çeşitli basınç altında presleme işlemi yapmak suretiyle güçlendirilmiş yeni bir ürün ortaya koymuştur. Burada GFR (Glass Fiber Reinforced) dozajları ve yönleri farklılaştırılarak levhalar elde etmişlerdir. Değişkenlerin kompozitler üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, analitik yöntemler kullanmış, taramalı elektron mikroskobisi ve fiziksel-mekaniksel ölçümleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, makaslama direnci, kalınlığına şişme vb.) yapılmıştır. Sonuçlar, kullanılan yapıştırıcı türünün (γ-*aminopropiltrietoksisilan'ın*) GFC'yi daha hidrofilik hale getirdiğini ve yapışmalarını arttırdığını göstermiştir. Fiziksel-mekanik ve ara yüzey özelliklerine bakıldığında, kompozitlerin hazırlanmasına yönelik optimum parametrelerin % 1.3 (γ-aminopropiltiletoksisilan), 330 g/m^2 (yapıştırıcı, çift taraflı yapıştırma), 160 ° C (sıcaklık) ve 1,2 MPa (basınç) olduğu belirtilmiştir. Ayrıca GFC dozajları ve kompozitlerdeki pozisyonların farklı fiziksel-mekanik özellikler üzerinde olumlu veya olumsuz etkileri olduğunu saptamışlardır (Wei Song, 2018).

Bal, (2014 b) Güçlendirilmiş lamine kaplama kerestenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri isimli çalışmasında; Fenol formaldehit yapıştırıcı kullanılarak kavak lamine kaplama kereste (LVL) üretilmiş ve kaplama tabakaları arasına dokuma cam elyaflar ile güçlendirilmiş LVL (RLVL) üretilmiştir. Güçlendirmenin LVL'nin özellikleri üzerindeki etkilerini analiz etmek için bazı testler uygulanmış. Yoğunluk, nem içeriği ve şişme gibi bazı fiziksel özellikler, şok bükme dayanım özellikleri ve makaslama dayanımı belirlenmiştir. Test sonuçları yoğunluk, darbe bükülme ve makaslama dayanımının arttığını göstermiştir (Bal 2014b).bu çalışmada güçlendirme uygulanmış RLVL malzemelerde makaslama dayanımında %213'e varan iyileşmeler olduğu belirtilmiştir.

Ogawa (2000) karbon elyaf takviyeli glulam'ın mimari uygulamalarda kullanımını ele aldığı çalışmasında; CFR-glulam, eğilme direnci ve diğer mekanik özelliklerde kontrol grubundan (CF takviyesi olmadan) daha küçük bir değişkenlik katsayısı göstermiş ve mekanik dayanım özelliklerinde anlamlı iyileşmeler kaydedilmiştir. Bu CFR-GLULAM, ahşap mimari uygulamalarda yapısal bir malzeme olarak önerilmiştir ve yeni geliştirilen CF / P kompozit levha, levha takviye malzemesi olarak ve ayrıca ev ve köprü bileşenlerinin onarımı için kullanılabilirliğini belirtmiştir (Ogawa, 2000).

Kasal ve ark. (2004)' te yaptıkları Kompozit elyaf takviyeli bağlantılara sahip lamine ahşap birleştirmeler isimli çalışmalarında; lamine ahşap çerçevelerin dinamik deprem yükleri altındaki davranışları stabildir ancak kiriş-kolon bağlantıları ahşap lifleri üzerindeki gerilmeler nedeniyle kırılgan tipte bir hasara karşı hassas olabileceği bildirilmiştir. Dokumasız cam elyaf kumaş gibi elyaf bazlı malzemeler, çekme hatalarının azaltılmasında ve bağlantıların sürekliliğinin arttırılmasında etkili olduğunu belirtmişlerdir (Kasal ve ark. 2004).

Schober ve ark. (2015) Ahşap yapıların FRP ile güçlendirilmesi isimli çalışmasında; gelişmiş ahşap yapı formları, köprüler gibi çağdaş ahşap yapıların diğer geleneksel malzemelerden yapılanlarla rekabet edebilmesini sağlamakta olduklarını. Çalışmada epoksi reçineleri kullanarak ahşap kirişlerin ve kiriş kolonlarının gerilme bölgelerine ince elyaf takviyeli plastik (FRP) tabakaların bağlanmasını içeren yeni bir ahşap konstrüksiyon formunun analitik ve deneysel bir araştırmasının sonuçlarını sunmuş ve mukavemet artışlarını göstermişlerdir (Schober ve ark. 2015). Can ŞEKER (2011); ülkemizde yaygın olarak kullanılan sarıçam odunundan hazırlanmış papel kaplamaları 9 katmanlı olarak lameller arasına destek elemanları (sıva altı filesi, fiber tel file, alüminyum tel file) yerleştirilip PVAc-D3 tutkalı ile yapıştırılmıştır. Hazırlanan örneklerin yoğunluk, eğilme, eğilmede elastikiyet modülü, basınç ve yapışma dirençleri belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre; destek malzemeleri örneklerin eğilme direncini, esnekliğini, basınç direncini artırdığını, yapışma direncini ise azalttığını belirtmiştir (Şeker, 2011).

De'Jesus ve ark (2012) yaptıkları Farklı Uzunluklarda CFRP Laminatlarla Güçlendirilmiş Katı Ahşap Kirişlerin Analizi isimli çalışmada; İrlanda'da yetişen Sitka ladinlerinden üretilen lamine kirişlerin yapısal performansını iyileştirmeyi amaçlayan deneysel ve teorik bir program dahilindeki çalışma yaptıklarını. Bu tür kerestelerin düşük yoğunluklu ve küçük boyutlarla karakterize edildiğini, kurutulduğunda çarpılma eğilimi gösterdiğini ve lif kıvrıklığı varlığı nedeniyle çekme mukavemetinde başarısız olma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. GLULAM tekniği ile bu dezavantajların bazılarını iyileştirebileceğini, FRP kompozit takviyesinin düşük oranlarının eklenmesinin kirişlerdeki gerilme mukavemetini azalttığını göstermişler, yük kapasitesinin, kerestenin sıkıştırma sırasındaki davranışına bağlı olduğunu, çok daha tutarlı davranışların yanı sıra, bükülme sertliğinde önemli bir artış gösterdiği tespit etmişlerdir (De Jesus ve ark. 2012).

6. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada ahşap kompozit olarak üretilen LVL ve GLULAM ürünlerin masif ahşap malzemeye göre avantajları literatür araştırması yapılarak belirlenmiş ve bu tür malzemelerin güçlendirilmesinde kullanılan karbon fiber veya cam fiber takviyesi ile yapılmış çalışmalarda kazanılan üstün özellikleri derlenmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde ağaç malzeme modifikasyon yöntemleri kullanılarak farklı türevler (Tabakalı ağaç malzemeler) üretilmektedir. Bu üretilen malzemelerin mukavemet ve ağaç malzemenin negatif yönlerine göre büyük oranda iyileştirmeler sağlandığı görülmüştür. Üretilen bu ürünlerin güçlendirilmesi için farklı yöntem, teknik ve malzemeler kullanılmaktadır. Güçlendirme amacıyla en yaygın kullanılan malzemelerin lif yapılı malzemeler olduğu görülmektedir. Bu lif yapılı güçlendirme malzemelerinden, karbon fiber veya cam fiber ile güçlendirilen kereste veya levha malzemelerde mekanik ve fiziksel etkilere dayanımın arttığı, kullanım olanaklarının çeşitlendiği, yapı malzemesi olarak kullanılmasının uygun olduğu görülmektedir.

Özellikle piyasada tercih edilen ahşap malzemelerin güçlendirilerek yapı malzemesi olarak kullanılmasına olanak sağlandığı var olan yapı malzemeleri güçlendirilerek daha fazla yük taşıma kapasitelerine ulaştığı söylenebilmektedir. Yapılan çalışmalarda LVL veya Glulam olarak üretilmiş tabakalı ahşap malzemelerin ise mukavemet oranlarında artış olduğu yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır.

Bu tür ürünler kullanılarak yapılan güçlendirme sonuçlarında ağaç türüne yapılan işleme ve uygulama yöntemine göre farklı mukavemet testlerinde (*eğilme dayanımı, çekme-basma dayanımları, elastikiyet*

modülü vb.) **%12 - %217 gibi geniş bir aralıkta** malzemenin dayanım özelliklerinde iyileştirmeler sağlandığı belirtilmiştir. Özellikle karbon ve cam fiber ile güçlendirilmiş tabakalı ahşap kompozit malzemelerin kullanımı ile ürünlerde servis ömürlerinin uzatılabileceği, deprem gibi afetlere karşı daha güvenilir yapı konstrüksiyonlarının ortaya konulabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

AKGÜL, T., SARIBIYIK, M., APAY, A. (2009). *Karbon elyaf çubuklarla güçlendirilmiş ahşap boy birleşimlerinin eğilme davranışlarının incelenmesi*. 5. Uluslararası ileri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük

BAL, B. C. (2014a). *Flexural Properties, Bonding Performance and Splitting Strength of LVL Reinforced with Woven Glass Fiber*. Construction and Building Materials 51:9–14.

BAL, B. C. (2014b). *Some Physical and Mechanical Properties of Reinforced Laminated Veneer Lumber*. Construction and Building Materials 68:120–26

CECCOTTI, A. (2002), Composite Concrete-Timber Structures, *Prog. Struct. Engng Mater.* 4:264–275

CECCOTTI, A. (2008), New Technologies for Construction of Medium-Rise Buildings in Seismic Regions: The XLAM Case, *Structural Engineering International*, 2: 156-165.

CECCOTTI, A., FRACIACOMO, M. And GIORDANO, S. (2006), Long-term and collapse tests on a timber-concrete composite beam with glued-in connection, *Materials and Structures.* 40:15–25.

CONCU, G., De NICOLA, B., FRAGIACOMO, M., MENIS, A. and TRULLI, N. (2013), Experimental grading of locally grown timber to be used as structural material, CHANG, S.Y., AL BAHAR, S.K., ZHAO, J. (eds) in, *Advances in Civil Engineering and Building Materials*, (189-195), Boca Raton-US: CRC Press, Taylor & Francis Group.

CURLİNG, S. ve KERS, J. (2017), Panels, D., JONES ve C. BRISCKE (eds) in, *Performance of Bio-Based Building Materials,* (52-61), United Kingdom: Woodhead Publishing-Elsevier.

ÇAKMAK, F. (2018). *Yönlendirilmiş Yonga Levhaların (Osb) Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek lisans tezi Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

ÇOLAK, S., TEMİZ, A., YILDIZ, Ü., C. ve ÇOLAKOĞLU, G., (2002). *Fire Retardant Treated Wood and Plywood: A Comporative Study*, The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 02/40236, 33rd Annual Meeting, May, Cardiff, UK, 6.

DE JESUS, A., M. P., JOSÉ M. T. P., and JOSÉ J. L. M. (2012). A*nalysis of Solid Wood Beams Strengthened with CFRP Laminates of Distinct Lengths*. Construction and Building Materials 35:817–28.

GAVRIC, I., FRAGIACOMO, M. Ve CECCOTTI, A. (2015). Cyclic behaviour of typical metal connectors for cross-laminated (CLT) structures, *Materials and Structures*, 48:1841–1857.

DIN 68708 (1976) Terms for Plywodd, *German Institute for Standardisation,* 1976-04.

HUBER, J. A. J., MATS E., ULF A.G., and SVEN B. (2019). *Structural Robustness and Timber Buildings–a Review*. Wood Material Science and Engineering 14(2):107–28.

KASAL, B., ANDREAS H., JOHN K., and PEER H. (2004). *Laminated Timber Frames with Composite Fibre-Reinforced Connections*. Progress in Structural Engineering and Materials 6(2):84–93.

KESKİN, H., TOGAY, A. (2003), *Doğu Kayını (Fagus Oriantalis L.) ve Kara Kavak (Populus Nigra L.) Kombinasyonu İle Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikler*i, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 101-114

KURT, R. (2002). *Applications of Fiber Reinforced Plactics (FRP) for Glued Laminated Timber (glulam)*. IV. GAP Engineering Conference (6-8 June), Sanliurfa

MENGELOĞLU, F. ve KURT, R. (2004). Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM), *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 39-44.

O' HALLORAN, M.R. and ABDULLAHI, A.A., (2017), *Wood Structural Panels*, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, Elsevier

OGAWA, H. (2000). *Architectural Application of Carbon Fibers Development of New Carbon Fiber Reinforced Glulam*. Carbon 38(2):211–26.

ÖRS, Y. ve KESKİN, H., (2001). *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Kosgeb Yayınları, Ankara, 1-2,151-156.

ÖZÇELİK, N., (1965), İnşaat Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 102, İstanbul, 358.

PERÇİN, O., ÖZBAY, G. ve ORDU, M., (2009). *Farklı Tutkallarla Lamine Edilmiş Ahşap Malzemelerin Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi*, D.P.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

POPESCU C.M., (2017). Wood as bio-based building materials, D., JONES ve C. BRISCKE (eds) in, *Performance of Bio-Based Building Materials*, (52-61), United Kingdom: Woodhead Publishing-Elsevier

SANJAY, M. R., G. R. A., and YOGESHA, B.(2015). *Study On Mechanical Properties Of Natural - Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review*. Pp. 2959–67 in *Materials Today: Proceedings*. Vol. 2.

SCHOBER, K., UWE, A. M. Harte, ROBERT K., ROBERT J., QİNGFENG X., and JİAN F. C. (2015). *FRP Reinforcement of Timber Structures*, Construction and Building Materials 97:106–18.

STARK, M.N., CAI, Z. and CARLL, C. (2010), Wood-Based Composite Materials Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials, in *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. General technical report FPL-GTR-190.* (Chapter 11), Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.

SÖĞÜTLÜ, C., DÖNGEL, N., (2009). *Emprenye İşleminin Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğü ve Renk Değişimine Etkisi,* Politeknik Dergisi C:12 S: 3 s. 179-184

ŞEKER, C., (2011), *Çeşitli Malzemeler İle Desteklenmiş Ahşap Lamine Elemanların Direnç Özellikleri*. Yüksek lisans tezi, Gazi üniversitesi

ŞİŞMAN, M.E. (2019), *ABD'de Ahşap Evin 200 Yıllık Öyküsü*, 05 Mayıs 2019 tarihinde Bilim ve Sanat Vakfı:https://www.bisav.org.tr/SAM/YuvarlakMasa/Detay/59/[toplanti_dizileri]/121/ev_ve_mimari/1770/abd_de_ahsap_evin_200_yillik_oykusu, adresinden alındı.

TAHERİ, F., NAGARAJ, M., KHOSRAVİ, P., (2009). *Buckling response of glue-laminated columns reinforced with fiber-reinforced plastic sheets*, Composite Structures, 88: 481-490

TSE EN 386 (2006). "Tutkallanmış lamine kereste-Performans özellikleri ve asgari imalat şartları" *Türk StandartlarEnstitüsü*.

WEİ S., ZHENGDONG X. and SHUANGBAO Z. (2018) *Using Surface Modified E-Glass Fiber Cloths to Enhance Poplar Laminated Veneer Lumber Composites: Effects of Modification Conditions, Gluing Processes, Hot- Pressing Parameters, and Assembly Patterns on Physical-mechanical and Interfacial Properties*, BioResources 13(1), 597-631.

YILDIRIM, M.N., TOR. Ö., and KARAMAN, A., (2018). The Bending Moment Resistance of Corner Joints Reinforced with Glass Fiber Polymer, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 18(3):350–56.

ZHANG, H. (2011), *Building Materials in Civil Engineering*, Cambridge-UK, Woodhead Publishing

BİYOTEKNOLOJİ VE BİYOETİK

Doç. Dr. Özlem YAYINTAŞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Balıkçılık Teknolojisi Bölümü
ozlemyayintas@hotmail.com

Özet

Gelişen bilimsel ve teknolojik çalışmalarla, canlı organizmaların veya mikroorganizmaların insanlık ve endüstri yararına potansiyel kaynak olarak kullanılması sonucunda, günümüzde biyoteknoloji veya endüstriyel mikrobiyoloji adıyla, uygulamalı bir bilim dalı ve hatta üretim teknolojisi ortaya çıkmıştır. 1970'li yıllarda yeni bir bilim alanının kurulmasına öncülük eden moleküler biyoloji ve genetik alanında kaydedilen hızlı ilerlemeler sonucunda, Modern Biyoteknoloji doğmuştur.

Tıp alanındaki ahlaki ikilemlere yanıt bulmaya çalışan tıp etiğinden farklı olarak biyoetik; çevre etiği, araştırma ve teknoloji politikalarını da içine alan bilimsel ve teknolojik gelişmelerin etik ilkelerini ortaya koymaya çalışan bir disiplindir. Bu gelişmelerden dünyadaki tüm ülkelerin yararlanabilmesi için etik standartların belirlenmesi gerekir.

Anahtar Kelimeler: En az 3-6 kelime

BIOTECHNOLOGY AND BIOETHICS

Abstract

As a result of developing scientific and technological studies, the use of living organisms or microorganisms as potential sources for humanity and industry, nowadays, with the name of biotechnology or industrial microbiology, an applied science and even production technology have emerged. As a result of rapid advances in the field of molecular biology and molecular genetics, which took place in the 1970's to establish a new field of science, Modern Biotechnology was born.

Unlike medical ethics that tries to find answers to moral dilemmas in medicine, bioethics; is a discipline that tries to reveal the ethical principles of scientific and technological developments including environmental ethics, research and technology policies. Ethical standards need to be determined for these countries to benefit from these developments.

Keywords: 3-6 words.

1. GİRİŞ

İlk defa, 1919 yılında, Karl Ereky tarafından kullanılan Biyoteknoloji teriminin o zamanki tanımı, anlamı ve kapsamı, günümüze kadar gelişen modern tekniklerin bu alana uygulanması ile önemli ölçüde değişikliklere uğramıştır. Karl Ereky, Biyoteknolojiyi: **"biyoteknolojik sistemler yardımıyla ham maddelerin yeni ürünlere dönüştürüldüğü işlemlerdir"** şeklinde tanımlamıştır. Bitki, hayvan veya mikroorganizmaların tamamı ya da bir parçası kullanılarak yeni bir organizma (bitki, hayvan ya da mikroorganizma) elde etmek veya var olan bir organizmanın genetik yapısında arzu edilen yönde değişiklikler meydana getirmek amacı ile kullanılan yöntemlerin tamamına **Biyoteknoloji** denmektedir (Telefoncu, 1995). Avrupa Biyoteknoloji Federasyonu tanımı; Biyoteknoloji İnsan ve çevre sağlığını olumsuz etkilemeyecek yöntemlerle, biyolojik sistemlerin bilim ve mühendislik ilkelerine dayalı olarak ürün ve hizmet üretiminde kullanılmasıdır.

Birçok bilim adamı biyoteknolojiyi ünlü Roma mitolojisinden gelen Janus faced yani ikiyüzlü olarak tanımlamaktadır. Çünkü bir tarafta, bu teknik sayesinde DNA ile oynama yapılarak genlerin bir organizmadan diğerine taşınabilmesi sağlanırken, diğer taraftan da, sonuçları henüz test edilmemiş ve

risk analizi yapılmamış ürünlerin ortaya çıkmasına olanak vermiştir. Örneğin; Kanser, AIDS gibi birçok hastalığın tedavisi ve önlenmesinde kullanılacak genetik ürünler elde edilmesi, büyüme geriliği gibi sorunlara çare olacak ya da bulaşıcı hastalıklara karşı koyacak proteinlerin üretimi, rekombinant ilaç ve aşıları sentezleyecek transgenik bitkilerin geliştirilmesi, hasar görmüş beyin hücrelerinin ve omuriliğin onarımı, organik atıkları metabolize edecek bakterilerin elde edilmesi biyoteknolojinin faydalı uygulama alanlarıdır (Resim 1).



Resim 1. www.google.com/search?q=biyoteknolojiHYPERLINK "http://www.google.com/search?q=biyoteknoloji&source"&HYPERLINK "http://www.google.com/search?q=biyoteknoloji&source"source

Dünyada giderek artan sayıda ülke, biyoteknolojik araştırmalarda ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yeni ürünlerin oluşturulmasında, biyoteknoloji pazarına hâkim olmada birbirleriyle yarış haline girmiş bulunmaktadırlar. Bu alanda faaliyet gösteren birçok büyük firma kurulmuş ve milyarlarca liralık yatırım yapılmıştır. Kısa bir gelecekte biyoteknolojik ürünler, gelişmiş ülkelerin ticari silahı haline geleceği çok açıktır. Hatta bu durumu şimdiden gözlemlemek de mümkündür.

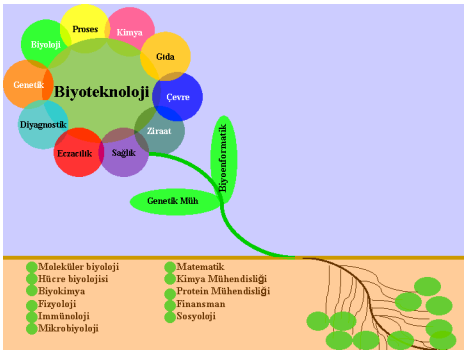
Yeni ve önümüzdeki yıllara damgasını vuracak teknoloji olarak görülen biyoteknoloji, özünde rekombinant DNA teknolojisi olarak adlandırılmakta ve uzak türlerde gen aktarılmasına dayanmaktadır. Bu alandaki gelişmeler önümüzdeki yıllarda tarımsal ve sanayi üretiminde, sağlıkta ve pek çok alanda toplumsal yaşamın tüm alanlarında yansımalarını bulacak uygulamalara sahne olacağa benzemektedir. Bu teknoloji ile istenen özelliklerin başka canlılardan bitkilere, canlı organizmalara aktarılması aracılığıyla pek çok alanda yarar sağlanırken, yararlarının yanında riskler de gündeme gelmiştir. Dolayısıyla bu alanda yapılacak çalışmalar;

1) Bilimsel düzlemde, yeni bir teknoloji olmasından kaynaklı özellikler nedeniyle yarar ve riskleri değerlendirilirken sağlık, çevre ve sosyo-ekonomik risklerinin etik bağlamında ele alınması geleceğe yönelik daha doğru adımlar atılmasında yardımcı olacaktır. Bu boyutların farklı toplumsal kesimlerin de düşüncelerine dayanılarak ortaya konulması son derece önemlidir.

2) Toplumsal düzlemde ise, özellikle de, olumsuz sonuçlarının bertaraf edilebilmesi açısından, bilim ve teknoloji politikalarının, bilim ve teknolojideki yeniliklerin olası sonuçlarının ne türden değişimlere yol açabileceği gerçeğinin göz önüne alınarak geliştirilmesi tüm ülkeler açısından önemlidir (Erbaş, 2008) .

1.1. BIYOTEKNOLOJİNİN DESTEK ALDIĞI ALANLAR

Biyoteknolojide; biyokimya, fizyoloji, genetik, mikrobiyoloji, molekül biyoloji, doku ve hücre biyolojisi kültürü, protein mühendisliği ve enzimoloji, mühendislik, bilgisayar mühendisliği, DNA teknolojisi gibi teknoloji dallarından yararlanılmaktadır.



Resim 2. www.google.com/search?biw=1920HYPERLINK "http://www.google.com/search?biw=1920&bih"&HYPERLINK "http://www.google.com/search?biw=1920&bih"bih

1.2. BİYOTEKNOLOJİNİN UYGULAMA ALANLARI

Biyoteknoloji gıdadan tarıma, enerjiden çevreye birçok alanda kullanılsa da en genel çerçevesiyle **Endüstriyel, Agro** ve **Medikal Biyoteknoloji** olmak üzere üç ana dala ayrılmaktadır (Resim 3).Bu alanlarda son dönemlerde ortaya çıkan eğilim ve ürünler de biyoteknolojinin yaratmış olduğu inanılmaz büyüklükteki ekonomik çıktıyı ve özellikle gelişmiş ülkelerin bu konuya son yıllarda vermiş oldukları yüksek önemi anlayabilmemize yardımcı olacaktır.



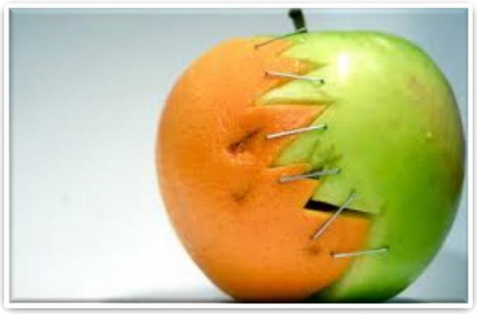
Resim 3. www.google.com

1.2.1. AGROBİYOTEKNOLOJİ

Geleneksel tarım teknolojileri, hızla artan insan nüfusu için giderek değişen ve tarımsal üretim için olumsuzlaşan çevre koşullarında üretimin etkin bir şekilde sürdürülebilirliği konusunda yetersiz kalmaktadır. Son yıllarda moleküler biyoloji ve genetik alanında yaşanan gelişmeler, tarımsal üretime yeni yaklaşımlar kazandırarak biyoteknolojinin tarımda uygulanmasına olanak sağlamıştır. Agrobiyoteknoloji tarımsal, hayvancılık ve gıda biyoteknolojisi olarak üç alt alana ayrılmaktadır. Tarımsal ürünlerde biyoteknoloji, verim ve kaliteyi sınırlandıran parametreleri yok etmede ve böylelikle ihtiyaç duyulan miktarda ve çeşitte ürünü geliştirmek üzere kullanılmaktadır. Bu amaçlarla bitkiler üzerinde moleküler bitki ıslahı, genetiği değiştirilmiş bitkiler ve moleküler tanı gibi konularda araştırmalar yapılmaktadır (anahtar.sanayi.gov.tr).



Resim 4. www.google.com/search?biw=1920HYPERLINK "http://www.google.com/search?biw=1920&bih"&HYPERLINK "http://www.google.com/search?biw=1920&bih"bih



Resim 5. www.bilgitimi.com

Japonya'da koleraya karşı aşı üreten GDO çeltik geliştirilmiştir.

İnsanlarda A vitamini noksanlığı çocuklarda körlüğe neden olmaktadır. İnsanlara vitamin A noksanlığını gidermek için havuçtaki beta-karoten maddesini üretecek çeltik Transgenik olarak üretilmiş. Ancak ilk tipler yeterli A vitamini desteği vermediği için yeni genle çalışmalar devam etmektedir (Resim 6).



Resim 6. Değiştirilmemiş beyaz pirinç (sağda) ve genetik modifiye edilmiş altın pirinç (solda), www.google.com/search?q=biyoteknoloji+ve+sarı+pirinçHYPERLINK "http://www.google.com/search?q=biyoteknoloji+ve+sarı+pirinç&source"&HYPERLINK "http://www.google.com/search?q=biyoteknoloji+ve+sarı+pirinç&source"source

Yapısında A vitamini bulunmayan beyaz pirince, bir bakteri ve nergis bitkisinden gen aktarılması ile pirincin A vitamini üretmesi sağlanmıştır.

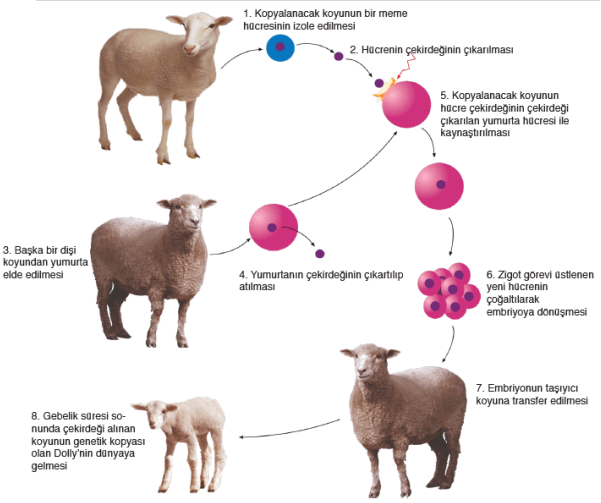
Sazan balığından alınan büyüme hormonu sentezinde görev yapan gen, alabalığa aktarılarak çok hızlı büyüyen ve normalden daha büyük alabalık elde edilmiştir.

İnsandan alınan bir gen koyuna nakledildiğinde koyunun sütünden bir akciğer hastalığının tedavisinde kullanılan madde üretilmiştir.

Kelebek larvalarını 48 saat içinde öldüren bir toksinin üretiminde görev yapan gen, bakteri plazmitine yerleştirilip kullanılırsa, kelebek larvalarına dirençli domates, tütün ve pamuk gibi bitkiler elde edilmiştir.

Kutuplarda yaşayan bir tür balıktan alınan gen, domates ve çileğe aktarıldığında bu bitkilerin soğukta yetiştirilmesi sağlanmıştır.

Hayvancılıkta ise moleküler hayvan ıslahı teknikleri kullanılmakta ve böylece besi hayvanlarında kas hücrelerinin çoğalması, süt üretiminin fazlalaşması gibi faaliyetler yürütülmektedir. Bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için ilk etapta hayvanların genetik haritaları çıkarılmıştır. Üreme biyoteknolojisi ise in-vitro ve in-vivo embriyo üretimi, embriyo transferi, embriyonun dondurulması, manipülasyonu, cinsiyetinin belirlenmesi ve yönlendirilmesi gibi yollara başvurarak doğurganlığın artmasını hedeflemektedir (anahtar.sanayi.gov.tr).



Resim 7. www.fikir.gen.tr/gen-klonlamasi-nedir

Gıda biyoteknolojisi ise özellikle gıda sanayinin daha ekonomik ve verimli çıktılar elde etmesini sağlamayı, kalite ve güvenilirliğin kontrolünü hedeflemekte ve bu amaçla girdilerde biyoteknolojik teknikleri uygulamaktadır (Resim 8). Aslında fermentasyon ve mayalanma gibi proseslerin çok uzun yıllardan beri gıda sektöründe kullanıldığı bilinse de son yıllarda gıdalarda daha çok tat, aroma ve rengin korunması, raf ömrünün, besin değerinin ve sindirilebilirliğinin artırılması için kullanılan enkapsülasyon teknolojisi, gıda sanayinde kullanılacak enzimlerin bakterilerden üretilmesi, probiyotik ürünler, mikroarray üzerine oluşturulmuş tanı ve kitlerin geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşılmıştır (Aran, 2014).



Resim 8. https://beyond-gm.org/wp-content/uploads/2015/02/GMO-Corn.jpg

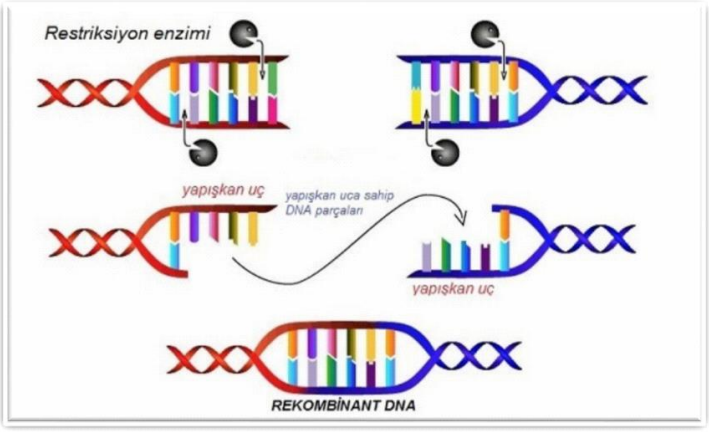
1.2.2. MEDİKAL BİYOTEKNOLOJİ

Bilim insanları, gen mühendisliği uygulamalarını kullanarak insanlardaki yüzlerce genetik bozukluğu teşhis edebilmektedir. Hastalıklar henüz belirti vermeden, hatta doğumdan önce bile genetik hastalığı olan bireyler belirlenebilmektedir (anahtar.sanayi.gov.tr). Bu yolla, potansiyel olarak zararı olan çekinik alleli bünyesinde taşıyan ancak hastalık belirtisi bulunmayan taşıyıcı bireyleri belirlemek de mümkündür. Hemofili ve sistik fibrozis dahil çeşitli insan hastalıklarından sorumlu olan genler klonlanabilmiştir (Resim 9). Günümüzde özellikle ilaç endüstrisi için proteinlerin üretilmesinde biyoteknolojik yöntemlerin kullanılmasına oldukça yaygın bir şekilde başvurulmaktadır. Ayrıca bu alanda başta 1986'da onaylanmış olan Hepatit B aşısı olmak üzere geleneksel yönteme göre oldukça güvenilir biyoteknolojik aşılar geliştirilmiştir (anahtar.sanayi.gov.tr).



Resim 9**.** www.sciencedaily.com/releases/2017/04/170410124023.htm

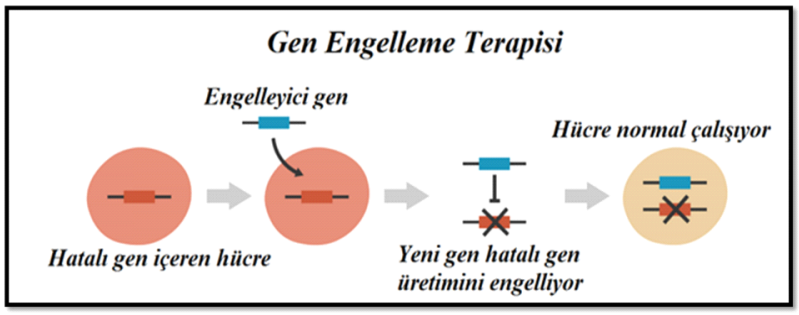
Son yıllarda ise, **Rekombinant DNA** (Resim 10) tekniklerinin kullanımı ile HIV aşısının geliştirilmesi yönünde adımlar atılmaktadır. Aşıların yanı sıra son yıllarda antibiyotiklerin aşırı dozlarda kullanılması sonucunda oluşan çoklu ilaç direnciyle başa çıkabilmek için dirençli genin izlenerek özgün antibiyotiklerin geliştirilmesi de farmasötik biyoteknoloji kapsamındadır (acikders.ankara.edu.tr; http://www.bektastepe.net/course-slides/19-rekombinant-dna-teknoloj.pdf).



Resim 10. http://www.yenibiyoloji.com/rekombinant-dna-4658/

Gen Engelleme Terapisi yöntemi ile organizmada hastalığa neden olan mutasyona uğramış geni taşıyıcılar yoluyla değiştirme olarak tanımlanabilecek, gen terapisi, biyoteknoloji araştırmalarında gelecek vaat eden alanlardan birisidir (Resim 11). Kistik fibroz, şeker hastalığı, AIDS ve kanser gibi hastalıkların tedavisinde yeni gen terapilerinin geliştirilmesine devam edilmektedir. Ayrıca gen

terapisi yoluyla kişiye özel tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi de amaçlanmaktadır (http://genetherapy.akdeniz.edu.tr/assets/files/TG_GenTedavisi.pdf).

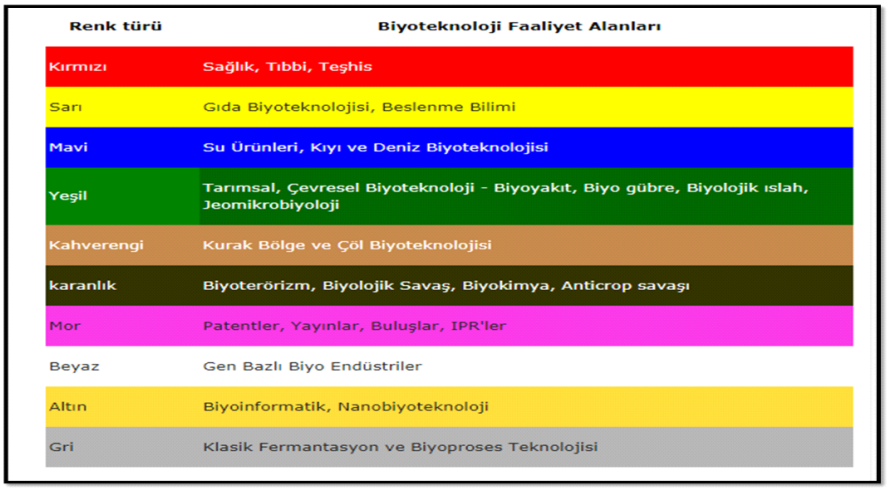


Resim 11. http://www.biyologlar.com/gen-terapisi-nedir?page=2

1.2.3. ENDÜSTRIYEL BIYOTEKNOLOJI

Endüstriyel biyoteknoloji özellikle 2000'li yıllarda biyoenerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına küresel yönelim sonucunda ciddi bir büyüme yakalamış olsa da geçmişi, 1913'lü yıllarda pankreatik özlerden elde edilen proteaz enziminin deterjanlar başta olmak üzere sanayide kullanımına kadar uzanmaktadır. 1960'lı yıllarda bakterilerin enzimlerinden yararlanılmasıyla ekonomik anlamda görünür hale gelmiştir. Endüstriyel biyoteknolojinin son ürün ve ara ürün olarak hizmet verdiği alanlar: kimya, deterjan, malzeme, plastik, nişasta, kağıt, tekstil, deri, yem, ilaç aktif maddesi, aşı, kozmetik, enerji, gıda katkısı ve tarımsal preparatlar olarak kabul edilmiştir (https://docplayer.biz.tr/11119052-Endustriyel-biyoteknoloji.html).

2003 yılında yapılan US-EC Biyoteknoloji toplantısında ABD Ulusal Vakfı Direktörü Dr. R. Colwell; "Bir Biyoteknoloji bayrağı örebilseydik, üç renk içerirdi. Tıbbi uygulamalar için kırmızı, tarım için yeşil ve endüstriyel biyoteknoloji için beyaz. Aslında bu bayrak; çevresel biyoteknoloji, deniz biyoteknolojisi ve diğer uygulamalar kendi çizgilerini eklerken zamanla daha da fazla renk kazanabilir (Resim 12). Bugün ise biyoteknoloji renk kodlarının gökkuşağı kadar zengin tonlara sahip olduğunu söylemek mümkün" cümleleriyle kendini ifade ediyor.



Renk türü	Biyoteknoloji Faaliyet Alanları
Kırmızı	Sağlık, Tıbbi, Teşhis
Sarı	Gıda Biyoteknolojisi, Beslenme Bilimi
Mavi	Su Ürünleri, Kıyı ve Deniz Biyoteknolojisi
Yeşil	Tarımsal, Çevresel Biyoteknoloji - Biyoyakıt, Biyo gübre, Biyolojik ıslah, Jeomikrobiyoloji
Kahverengi	Kurak Bölge ve Çöl Biyoteknolojisi
karanlık	Biyoterörizm, Biyolojik Savaş, Biyokimya, Anticrop savaşı
Mor	Patentler, Yayınlar, Buluşlar, IPR'ler
Beyaz	Gen Bazlı Biyo Endüstriler
Altın	Biyoinformatik, Nanobiyoteknoloji
Gri	Klasik Fermantasyon ve Biyoproses Teknolojisi

Resim 12. https://www.biomedya.com/biyoteknolojinin-renkleri

2. AB' DE BİYOTEKNOLOJİNİN DURUMU

Dünya transgenik ekim alanlarının yaklaşık yarısına AB tek başına sahip olup, Brezilya, Arjantin , Kanada ve Paraguay ile birlikte Amerika kıtasındaki ülkeler ekim alanlarının %87'sini oluşturmaktadır.Tarımsal Biyoteknoloji ürün cirosunun 2014 yılında, bir önceki yıla göre %11 artarak 28 milyar doları bulması ve transgenik ürün ekim alanlarının 175 milyon hektara ulaşması, bu tür

ürünlerin, özellikle üretici tarafından tercih edildiğini göstermektedir. Bu kadar hızlı benimsenen bu teknoloji, topluma, üreticiye ve tüketiciye ne gibi sosyo-ekonomik katkı sağlıyor? Bu yönde ilk akla gelebilecek soruların yanıtını, Harvard Üniversitesinin 2015 yılı yayınında su sekilde verilmis; artmakta olan nüfusun beslenmesi ve özellikle 2050'li yıllar için %70'den fazla tarımsal üretim gereksinimini karşılamada tarımsal biyoteknolojinin önemine değinilmektedir. Bunun da tek başına bir çözüm olmayacağı dile getirilirken, bu zamana kadar sağladığı ekonomik, sosyal ve çevresel katkıların, topluma ve özellikle karar verici kadrolara, yeteri kadar duyurulamadığı belirtilmistir.

1960'larda başlayan **YEŞİL DEVRİM**, bitki boyu kısaltılarak geliştirilen yeni çeşitlerin, uygun agronomik tekniklerle birlikte çiftçi tarafından uygulanması ile gerçekleşmiştir. Devrim süresince yıllık %3 verim artışı ile ikiye katlanan dünya nüfusu doyurulmuştur. Son yıllarda bu verim artışı devam etmediğinden, ekim alanlarında daralmaları, iklim değişikliği gibi bir seri olumsuzlukları dengeleyecek yeni teknolojilere gereksinim doğmuştur. İşte Tarımsal Biyoteknoloji bu aşamada devreye girmiş ve bir seri sosyo-ekonomik katkılar sağlamıştır:

Biyoteknolojik tarım çevreye oldukça fazla fayda sağlamıştır. Örneğin 2011 yılında dünyada kullanılması beklenen tarım ilaçlarının %9'u transgenik ürün tarımı ile fosil yakıt kullanımından tasarruf edilebilmiş, daha az toprak işleme ve daha az kimyasal ilaç uygulayarak 1,9 milyar ton CO_2 salınımı engellenebilmiştir.

Transgenik soyanın anıza ekimi sayesinde Arjantin'li üreticiler aynı yılda tarlalarından iki ürün kaldırabilmektedirler.

Hawai'de, ülke tarım ekonomisine büyük katkısı olan papayanın, virütik bir hastalık nedeniyle yarıya inen ürün miktarı, geliştirilen dayanıklı transgenik çeşitlerle tekrar eski seviyesine çıkabilmiştir (http://www.tarim.com.tr/AGRO-BIYOTEKNOLOJININ-SOSYO-EKONOMIK-KATKILARI).

Biyoteknolojinin zararları nelerdir

- Biyolojik silah yapımında kullanılır.
- GDO (Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar) biyoteknoloji ürünüdür.
- GDO ürünler insanlarda alerjiye ve başka hastalıklara neden olmaktadır.
- GDO'lu ürünler dünyada DNA kirliliğine neden olmaktadır. Doğal ürünler gittikçe azalmaktadır.
- Ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır.
- Biyoteknoloji ile elde edilen tohumlar kısır olmaktadır. (Üreticiden tekrar tohum almanız gerekmektedir.)
- Biyoteknoloji canlılarda mutasyona neden olabilmektedir.
- Biyoteknoloji gücüne elinde tutan şirketler ve ülkeler gelir dengesizliğine neden olmaktadır.

3. BIYOETIK

Biyoetik, biyotıp, çevre ve sosyal bilimler alanında önemli ilerlemelerin sonucu olarak ortaya çıkmış yeni bir sahadır. Tıp alanındaki ahlaki ikilemlere yanıt bulmaya çalışan tıp etiğinden farklı olarak biyoetik; çevre etiği, araştırma ve teknoloji politikalarını da içine alan bilimsel ve teknolojik gelişmelerin etik ilkelerini ortaya koymaya çalışan bir disiplindir. Bu gelişmelerden dünyadaki tüm ülkelerin yararlanabilmesi için etik standartların belirlenmesi gerekir (Asar, 2017; http://tr.wikipedia.org/wiki/Biyoetik).

3.1. BİYOETİĞİN ALT KAVRAMLARI

Günümüzde genetiği değiştirilmiş organizmaların gıda katkı maddesi ya da gıda ürünü olarak kullanılması, birçok tartışmayı beraberinde getirmiştir. Bu tür gıda maddelerinin özellikle insan sağlığına etkileri araştırılma konusudur. Ancak bu gıdalarla beslenenlerde çeşitli alerjik reaksiyonlar

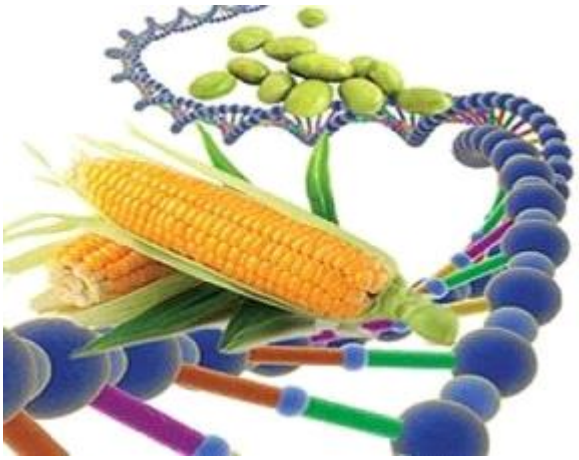
olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra birçok bilim insanı, genetiği değiştirilmiş organizmaların dünyadaki açlığa çare olabileceğini de ifade etmektedir. Bu baglamda biyoetik; Tıp Etiği, Hemşirelik Etiği, Sağlık Etiği, Çevre Etiği, Klinik Etik ve Biyomedikal Araştırmalarda Etik'ten olusmaktadir.

Klonlama, kök hücre tedavileri, yapay döllenme insanlar üzerinde yapılan deneyler ve genetiği değiştirilmiş organizma üretimi gibi konular; biyoetiğin inceleme alanındadır (Resim 13). Biyoetik kavramı bilimdeki hızlı değişimlerin ahlaki değerlere uygun olması gerektiği düşüncesinden doğmuştur (http://tr.wikipedia.org/wiki/Biyoetik).



Resim 13. https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=1600&bih=736&tbm=isch&sa=1&ei=3I3QXKrxA4OgafKIj6AP&q=klonlama&oq

Transgenik bitki üretiminde kullanılan genlerin doğaya yayılması durumunda ekolojik dengeleri bozarak büyük bir tehlike oluşturacağı düşünülmektedir. Genetik yapısı değiştirilmiş besinlerin toksik olabileceği, bağışıklık sistemi bozuklukları ile virütik enfeksiyonlara yatkınlık oluşturabileceği belirtilmiştir. Zararlı böceklere karşı dirençli mısırlarla beslenen sıçanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda akyuvar sayılarında, böbrek ağırlıklarında ve albümin/globülin oranlarında önemli değişmelerin olduğu görülmüştür.



Bu sebeplerden dolayı biyoteknolojik ürünlerin üretiminin ve tüketiminin kontrollü bir şekilde yapılması biyolojik açıdan oluşabilecek birçok sorunu önleme bakımından oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

Aran, N. 2016. Gıda Biyoteknolojisi, Yayınevi: Nobel Akademik Yayıncılık, 6. Baskı.

Asar H. 2017. İnsan-Merkezcilik Canlı-Merkezcilik İkileminde Biyoetik, Türkiye Biyoetik Dergisi, 4(2), 74-86.

Erbaş H. 2008. Türkiye'de Biyoteknoloji ve Toplumsal Kesimler: Profesyoneller, Kentsel Tüketiciler ve Köylüler Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü Yayınları No: 4

Telefoncu A. 1995. Biyoteknoloji, Ege Üniversitesi Basımevi. Bornova, İzmir.

https://acikders.ankara.edu.tr/course/search.php?search=rekombinant+dna

https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/21-yuzyilin-teknolojisi-biyoteknoloji-ve-uygulama-alanlari/669

http://www.bektastepe.net/course-slides/19-rekombinant-dna-teknoloj.pdf

https://docplayer.biz.tr/11119052-Endustriyel-biyoteknoloji.html

http://genetherapy.akdeniz.edu.tr/assets/files/TG_GenTedavisi.pdf

http://www.tarim.com.tr/AGRO-BIYOTEKNOLOJININ-SOSYO-EKONOMIK-KATKILARI).

http://tr.wikipedia.org/wiki/Biyoetik

SIRALI İYONİK TABAKA ADSORPSİYONU VE REAKSİYONU İLE BİRİKTİRİLEN BAKIR SÜLFÜR FİLMLERİNDE ÖNCÜL MOLARİTENİN İNCELENMESİ

Tuba Çayır Taşdemirci
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi /Biyomedikal Mühendisliği
tcayir@erzincan.edu.tr

Özet

SILAR metodu ucuz, basit ve geniş bir aralıkta çökeltme yapmak için elverişli bir metoddur. Reaksiyon oda sıcaklığında veya oda sıcaklığı civarındaki sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için yalıtkan, yarıiletken, metal ve sıcaklığa duyarlı (polyester gibi) çeşitli taban malzemeler kullanılabilir. Bu çalışmada bakır sülfür ince filmleri oda sıcaklığında cam materyal üzerine sıralı iyonik tabaka adsorbsiyon ve reaksiyon (SILAR) methodu kullanılarak büyütülmüştür. CuS ince filmleri farklı molarite kullanılarak elde edilmiştir. Her bir ince film için yapısal ve optiksel analizler yapılmıştır. Yapısal analizler için X-Ray difraksiyon (XRD) ve Taramalı Elektron mikroskobu (SEM), optiksel analizler için UV-vis spektrometresi kullanılmıştır. Molariteye bağlı olarak yapılan ölçümler de bakır sülfür ince filmlerin kristal yapısında iyileştirmesinde katkı gösterdiği ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: CuS, SILAR, İnce film, SEM, XRD

INVESTIGATION OF PRECURSOR MOLARITY IN COPPER SULFIDE THIN FILMS DEPOSITED BY SUCCESSIVE IONIC LAYER ADSORPTION AND REACTION

Abstract

SILAR method is a convenient method for making a cheap, simple and wide range of sedimentation. Because the reaction is carried out at room temperature or around room temperature, a variety of substrates such as insulating, semiconductor, metal and temperature sensitive (such as polyester) can be used. In this study, copper sulfide thin films were grown on the glass material at room temperature using sequential ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method. CuS thin films were obtained by using different molarity. Structural and optical analyzes were performed for each thin film. X-Ray diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) were used for structural analysis and UV-vis spectrometer for optical analysis. The measurements made on the basis of molarity have also been shown to contribute to the improvement of the crystalline structure of copper sulfide thin films.

Keywords: CuS, SILAR, Thin film, SEM, XRD.

1. GİRİŞ

Metal sülfit ince filmlerin arasında CuS ince filmler, elektronik, optik ve kimyasal özelliklerinden dolayı en önemli yarıiletkenlerdendir (Gorai ve ark., 2005).CuS ince filmleri birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanları, güneş pilleri, radyasyon filtreleri, organik polimerler ve kaplamalarda elektroiletkenler olarak sıralayabiliriz.

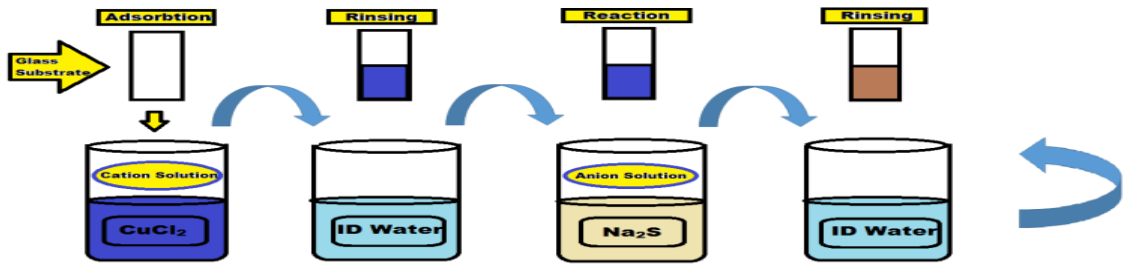
Birçok alanda kullanabilen CuS ince filmler birçok kimyasal yöntem kullanılarak büyütülmüştür. Bu kimyasal methodlar chemical vapor deposition (Sagade ve Sharma, 2008), (SILAR) method (Kemmler ve ark.,2002), chemical bath deposition (CBD) (Chen ve ark., 2012), spray pyrolysis (Güzeldir ve ark., 2012) gibi methodlardır. Bu yöntemler arasında SILAR methodu, düşük maliyetli, PH, çözelti

konsantrasyonu, kaplama döngüsü gibi parametreleri kolay kontroledilebilen, ayrıca yüzey tipi ve şekli ayırtetmeksizin ince film kaplama yapılabilen bir tekniktir. Bu çalışmada CuS ince filmleri öncül molarite parametresi ele alınarak büyütülmüştür. Elde edilen ince filmlerin yapısal ve optiksel özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada amacım, öncül molaritenin konsantrasyonunu artırarak ince film yapısına katkısının ne olacağını tespit etmektir.

2. MATERYAL VE METOD

SILAR methodu birçok kimyasal büyütme methodlarına göre ince film elde etmek için çok kullanışlı bir methoddur. SILAR methodunda çözelti molaritesi, pH değeri, kalınlık, sıcaklık gibi parametreleri değiştirilerek ince film büyütülmesi gerçekleştirilmektedir. Her bir parametre daha farklı kolaylıklar sağlayabilmektedir. Bu durumlar gözönüne alınarak CuS elde etmek için iki çözelti hazırlanmıştır. Cu kaynağı olarak $CuCl_2$, S kaynağı olarak ise Na_2S çözeltisi hazırlanmıştır. CuS ince film kaplamak için 0.1 M $CuCl_2$ çözeltisi, 0.1 M Na_2S çözeltisi kullanılmıştır. Aynı şekilde farklı molaritede bakır klorür ve sodyum sülfür çözeltileri hazırlanmıştır.(0.2 M $CuCl_2$ 0.2 M Na_2S çözeltisi) İnce film kaplanacak altlık olarak mikroskop cam lameller 10*10*2mm^3 boyutunda kesitler alınarak hazırlanmıştır. Cam altlıklar kaplama yapılmadan önce temizleme aşamasından geçmiştir. Önce seyreltik sülfirik asit çözeltisinde daha sonra aseton kullanılarak temizlenmiş, saf sudan geçirilerek kaplama işlemine hazır hale getirilmiştir.

SILAR methodu dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, $CuCl_2$ çözeltisine cam altlık daldırılarak 20 saniye boyunca çözelti içinde bekletilir, böylelikle Cu^{+2} ve Cl^{-2} iyonları cam altlık üzerine tutunurlar. İkinci aşamada, cam altlık deiyonize su içerisine 10 saniye daldırılarak altlık üzerindeki zayıf bağlı olan Cl^{-2} iyonları yüzeyden ayrılırlar. Üçüncü aşamada ise Na_2S çözeltisine cam altlık 20 saniye darılır, yüzeye Na^{+2} ve S^{-2} iyonları tutunurlar. Dördüncü aşamada zayıf bağlı olan S^{-2} iyonları yüzeyden ayrılsın diye deiyonize su içerisinde 10 saniye daldırılır. Böylece, bir SILAR döngüsü tamamlanmış olur. Şekil 1. SILAR methodunun şematik halini göstermektedir.

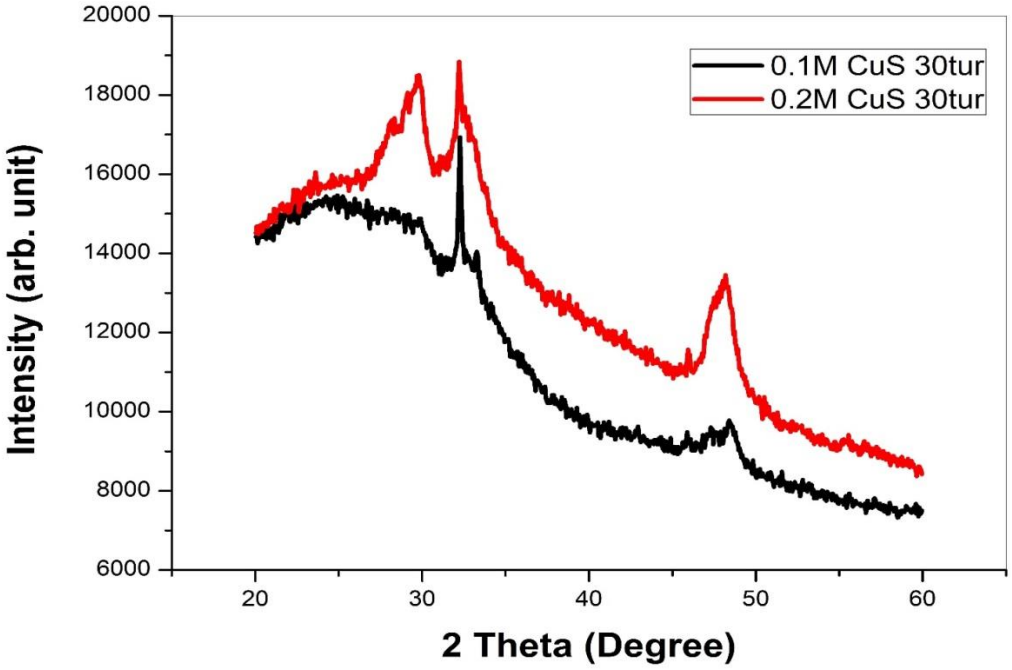


Şekil 1. SILAR methodunun şematik gösterimi.

Yüzey homojen kaplanana kadar bu işlem devam eder. CuS ince filmleri 30 SILAR döngüsü sonrasında homojen olarak kaplanmıştır. 0.1 ve 0.2 M çözeltide kaplanan CuS ince filmlerin yapısal analizi için XRD ve SEM cihazları kullanılmıştır. Optiksel özellik analizi için UV-vis spektrometresi kullanılmıştır. CuS ince filmlerin analizi için kullanılan XRD, SEM ve UV-vis cihazlarının marka ve modelleri sırasıyla, Rigaku 2200D/Max, X-Ray Difraktometre, Zeiss Supra ve Perkin–Elmerdir.

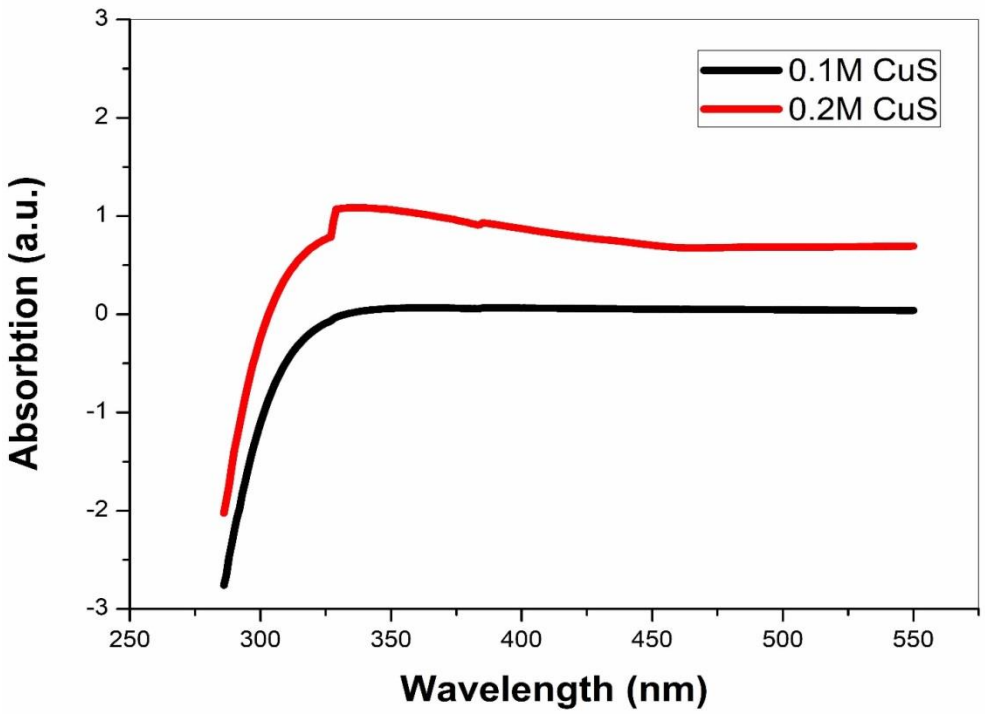
3. SONUÇ

Şekil 2'de CuS ince filmlerin XRD paternlerini göstermektedir. XRD difraksiyon pikleri, 2θ açısı 20 ile 60 arasında alınmıştır. CuS ince filmi 0.1 M olarak büyütüldüğünde 2θ açısı 32.295^0 ve 48.05^0 'de pik gösterirken, 0.2M CuS ince filmi bu piklere ek olarak 29.11^0 'dede pik göstermektedir. Bu açılardaki piklerin yönelimleri JCPDS-06-0464 göre sırasıyla, 29.11, 32.295 ve 48.05^0'lerde (0 1 2), (0 0 6) ve (1 1 0) olarak elde edilmiştir. CuS ince filmlerin farklı düzlemler boyunca yönelimi ile polikristal yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Öncül molaritenin arttırılması ile kristal yapının iyileşme gösterdiğini söyleyebiliriz.



Şekil 2. CuS ince filmlerin XRD paternleri.

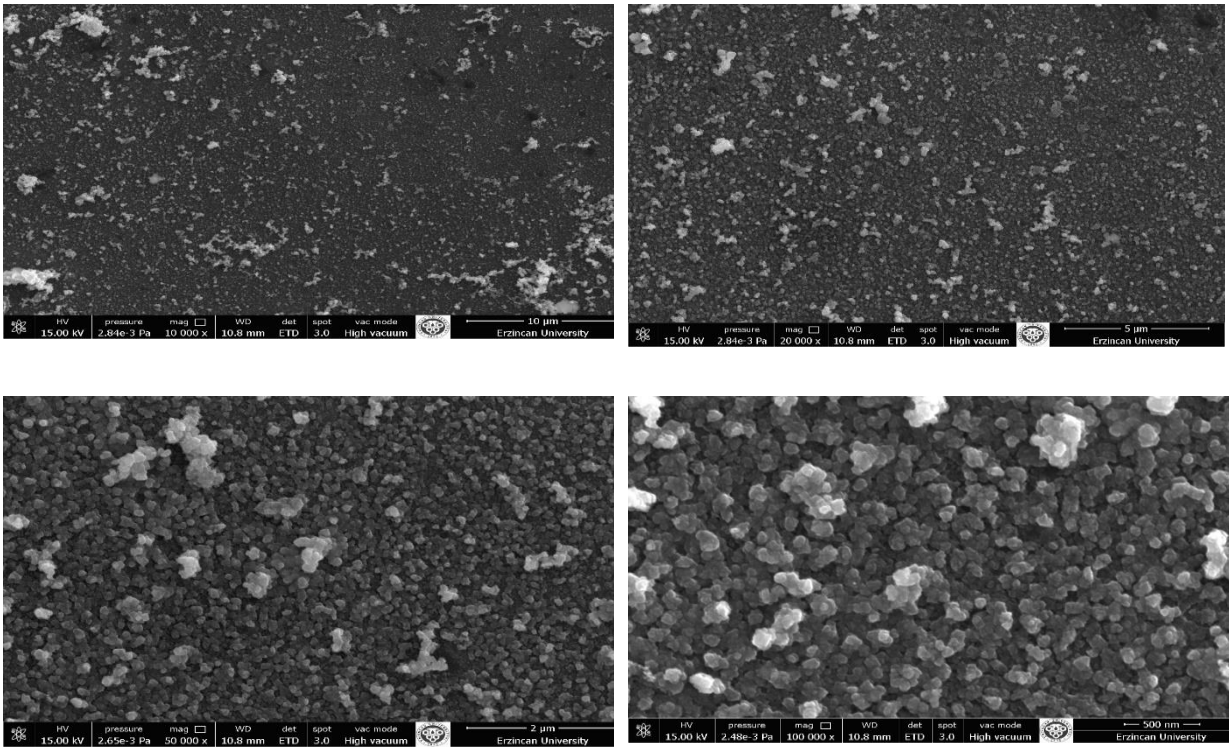
Şekil.3'de CuS ince filmlerin optiksel spektralarını göstermektedir. CuS'nin absorbans gibi optik özellikleri üzerindeki etkisi, 200-600 nm üzerindeki UV-Vis spektrofotometrisi ile yapılmıştır. XRD sonuçlarında olduğu gibi öncül molarite artışı absorbans değerinde artış meydana geldiğini göstermektedir.



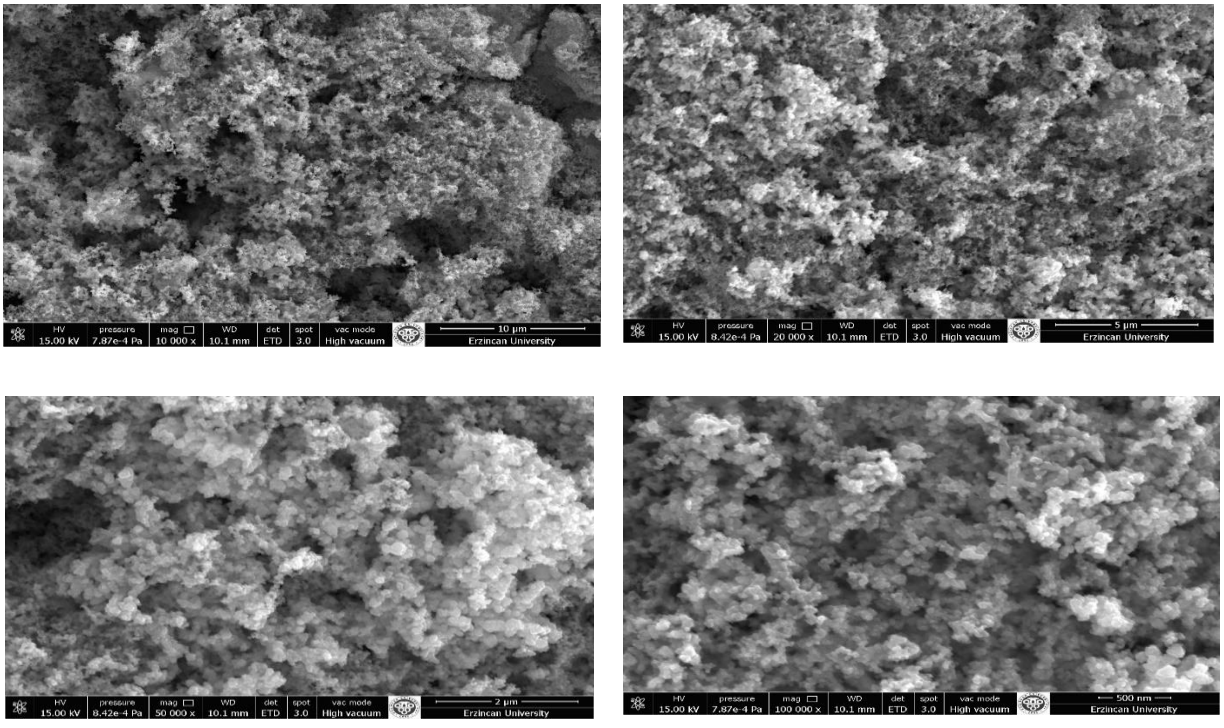
Şekil 3. CuS ince filmlerin Absorbsiyon spektraları.

Şekil 4 ve 5'de CuS ince filmlerin yüzey özelliklerini incelenerek SEM sonuçları gösterilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan ölçümlerde yüzeyde homojen bir şekilde CuS ince filminin kaplandığını söyleyebiliriz. Öncül molaritenin artışına bağlı olarak elde edilen ince filmlerin

yüzeylerinde daha fazla birikmeler meydana geldiğini tespit edilmiştir. Yani 0.1 M olan çözeltiye göre 0.2 M kaplanan ince filmin yüzeyinde daha fazla CuS yapısının olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 0.1 M CuS ince filmlerin farklı büyütmelerde SEM görüntüleri.



Şekil 5. 0.2 M CuS ince filmlerin farklı büyütmelerde SEM görüntüleri.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada CuS ince filmlerin farklı molaritelerde SILAR methodu kullanılarak cam yüzey üzerine oda sıcaklığında kaplama işlemi yapılmıştır. Molariteye göre incelenen CuS ince filmlerin yapısal ve optiksel özellikleri incelenmiştir. İnce film büyütme işlemleri sıcaklığa, kalınlığa vs. gibi parametreler gözönüne alınarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, CuS ince filminde molariteyi arttırarak daha kısa sürede daha homojen ve kristal yapısı daha iyileşmiş filmler elde edibileceğimizi ortaya koymuştur. SILAR methodunun CuS ince film büyütmek için uygun bir yöntem olduğunu söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

Chen Y. Davoisne C. Tarascon J.M. Guery C. 2012. Growth of single-crystal copper sulfide thin films via electrodeposition in ionic liquid media for lithium ion batteries. Journal of Material Chemistry 22 (12), 5295-5299.

Gorai S. Ganguli D. Chaudhuri S. 2005. Shape selective solvothermal synthesis of copper sulphides: role of ethylenediamine–water solvent system. Materials Science and Engineering: B 116 (2), 221-225.

Güzeldir B. Sağlam M. Ateş A. 2012. Deposition and Characterization of CdS, CuS and ZnS Thin Films Deposited by SILAR Method. Acta Physica Polonica A 121 (1), 33-35.

Kemmler M. Lazell M. O'Brien P. Otway D.J. Park J.H. Walsh J.R. 2002. The growth of thin films of copper chalcogenide films by MOCVD and AACVD using novel single-molecule precursors. Journal Material Science 13,531-535.

Sagade A.A. Sharma R. 2008. Copper sulphide (CuxS) as an ammonia gas sensor working at room temperature. Sensors and Actuators B 133 (1), 135-143.

SILAR METHODU KULLANILARAK CUO İNCE FİLM BÜYÜTÜLMESİ VE MOLARİTENİN İNCE FİLM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tuba Çayır Taşdemirci

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi /Biyomedikal Mühendisliği
tcayir@erzincan.edu.tr

Özet

SILAR yöntemiyle iyi kalitede ince filmler elde etmek için birçok parametre vardır. Bu parametrelerin arasında öncüllerin konsantrasyonu, karmaşık aracıların doğası, öncül çözeltilerin pH'ı ve adsorpsiyonu, reaksiyon ve durulama zamanı gibi hazırlama şartları yer almaktadır. Bu çalışma da öncüllerin konsantrasyonu ele alınmıştır. Bakır oksit ince filmleri oda sıcaklığında cam materyal üzerine sıralı iyonik tabaka adsorbsiyon ve reaksiyon (SILAR) methodu kullanılarak farklı molaritelerde büyütülmüştür. CuO ince filmlerin 50 SILAR döngüsü sonrasında yüzeyleri homojen olarak kaplanmıştır. Her bir ince film için yapısal ve optiksel analizler yapılmıştır. Yapısal analizler için X-Ray difraksiyon (XRD) ve Taramalı Elektron mikroskobu (SEM), optiksel analizler için UV-vis spektrometresi kullanılmıştır. XRD verileri filmlerin nanoboyutta kristalize olduklarını ve kristallenme kalitesinin katkı konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiğini açığa çıkarmıştır.

Anahtar Kelimeler: CuO, İnce film, SILAR, XRD, SEM

CUO THIN FILM GROWTH USING SILAR METHOD AND THE EFFECT OF MOLARITE ON THIN FILM PROPERTIES

Abstract

There are many parameters to obtain good quality thin films by SILAR method. These parameters include the concentration of the precursors, the nature of the complex mediators, the pH of the precursor solutions and the preparation conditions such as adsorption, reaction and rinsing time. In this study, the concentration of the precursors was discussed. Copper oxide thin films were grown in different molarities by using ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method on glass material at room temperature. The CuO thin films were coated homogeneously on the surface after 50 SILAR cycles. Structural and optical analyzes were performed for each thin film. X-Ray diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM) were used for structural analysis and UV-vis spectrometer for optical analysis. The XRD data revealed that the films were crystallized in the nanotube and that the quality of the crystallization varied depending on the concentration of the additive.

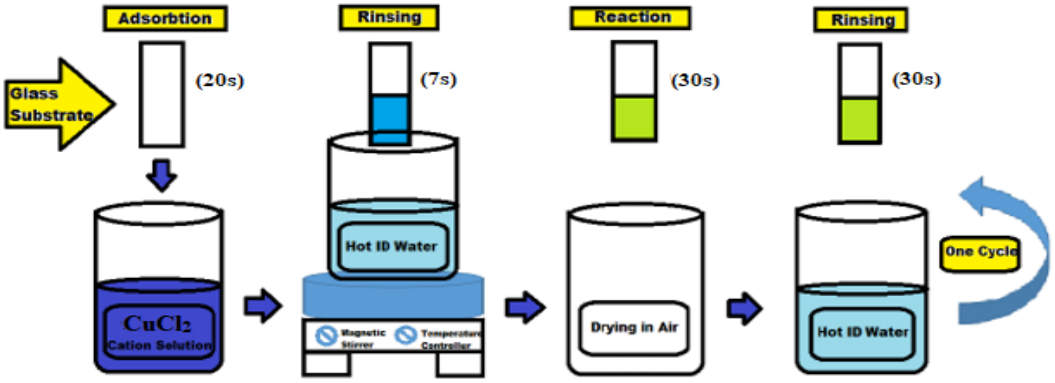
Keywords: CuO, Thin film, SILAR, XRD, SEM

1. GİRİŞ

Bugüne kadar, nano ölçekli geçiş metali oksitleri (NiO, ZnO, TiO_2) filmler, farklı sensör, optoelektronik, elektronik ve kataliz alanlarında geniş araştırma ilgisini çekmiştir ((Bayansal ve ark., 2011), (Zhang ve ark., 2014)). Metal oksitler arasında, p tipi bir fonksiyonel oksit yarı iletken malzemesi olarak bakır oksit (CuO), doğrudan bant aralığı (1.3 eV-2.1 eV), toksisite olmayan ve mükemmel kimyasal stabilite gibi üstün özellikler sergiler. Bol miktarda bakır bulunması ve düşük üretim maliyeti, CuO'yu gaz sensörleri, güneş pilleri (teorik verim%18'dir), alan yayıcılar, heterojen katalizörler, manyetik depolama malzemesi ve alan etkili transistörler gibi çeşitli uygulamalar için umut verici bir aday haline getirmektedir ((Kose ve ark., 2008). CuO birçok kimyasal yöntem kullanılarak büyütülmüştür. Bu çalışma da fizikokimyasal bir yöntem olan SILAR methodu kullanılmıştır. Bu yöntem diğerlerine göre daha kolay kontroledilebilen ve oldukça ucuz bir yöntemdir.

2. MATERYAL VE METOD

SILAR yöntemi temel olarak çözeltideki iyonların absorbsiyonu, reaksiyonu ve her bir daldırma işlemi sonrasında çözeltideki homojen çökelmeden kaçınmak için deiyonize veya saf su ile durulama işleminden ibarettir. SILAR yöntemiyle iyi kalitede ince filmler elde etmek için asıl gerekli olan şey, çözeltilerin konsantrasyonu, çözeltilerin pH'ı ve absorbsiyonu, reaksiyon ve durulama zamanı gibi hazırlama şartlarını düzenlemektir. CuO ince film kaplamak için 0.1 M $CuCl_2$ çözeltisi kullanılmıştır. Aynı şekilde farklı molarite de bakır klorür çözeltileri hazırlanmıştır (0.2 M $CuCl_2$). Hazırlanan çözeltilerin pH dengesi ayarlanmak üzere yapılan birçok deneme sonrasında çözeltinin hacmine bağlı olarak 10:1 oranında amonyak NH_3 çözeltiye ilave edilmiştir. Yani 100ml hazırlanan bakır klorür çözeltisine 10ml amonyak ilave edilmiştir. İnce film kaplanacak altlık olarak mikroskop cam lameller $10*10*2mm^3$ boyutunda kesitler alınarak hazırlanmıştır. Cam altlıklar kaplama yapılmadan önce temizleme aşamasından geçmiştir. Önce seyreltik sülfirik asit çözeltisinde daha sonra aseton kullanılarak temizlenmiş, saf sudan geçirilerek kaplama işlemine hazır hale getirilmiştir.



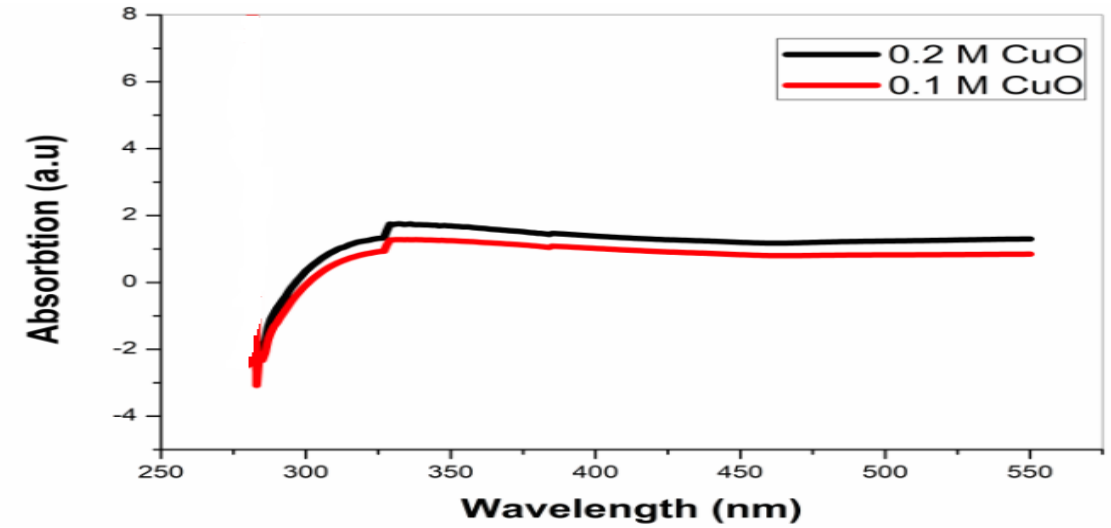
Şekil 1. SILAR methodunun şematik gösterimi.

SILAR methodu dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, $CuCl_2$ çözeltisine cam altlık daldırılarak 20 saniye boyunca çözelti içinde bekletilir, böylelikle Cu^{+2} ve Cl^{-2} iyonları cam altlık üzerine tutunurlar. İkinci aşamada, cam altlık 90^0C'de kaynayan deiyonize su içerisine 7 saniye daldırılarak altlık üzerindeki zayıf bağlı olan Cl^{-2} iyonları yüzeyden ayrılırlar. Üçüncü aşamada ise havada 30 saniye kurutma işlemine tabii tutulmaktadır. Dördüncü aşamada zayıf bağlı olan O^{-2} iyonları yüzeyden ayrılsın diye deiyonize su içerisinde 30 saniye daldırılır. Böylece, bir SILAR döngüsü tamamlanmış olur.

CuO ince filmlerin 50 SILAR döngüsü sonrasında yüzeyleri homojen olarak kaplanmıştır. Her bir ince film için yapısal ve optiksel analizler yapılmıştır. Yapısal analizler için X-Ray difraksiyon (XRD) ve Taramalı Elektron mikroskobu (SEM), optiksel analizler için UV-vis spektrometresi kullanılmıştır. XRD verileri filmlerin nanoboyutta kristalize olduklarını ve kristallenme kalitesinin katkı konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiğini açığa çıkarmıştır. CuO ince filmlerin analizi için kullanılan XRD, SEM ve UV-vis cihazlarının marka ve modelleri sırasıyla, Rigaku 2200D/Max, X-Ray Difraktometre, Zeiss Supra 50 VP model SEM ve Perkin–Elmer UV/VS Lambda 2S Spektrometredir.

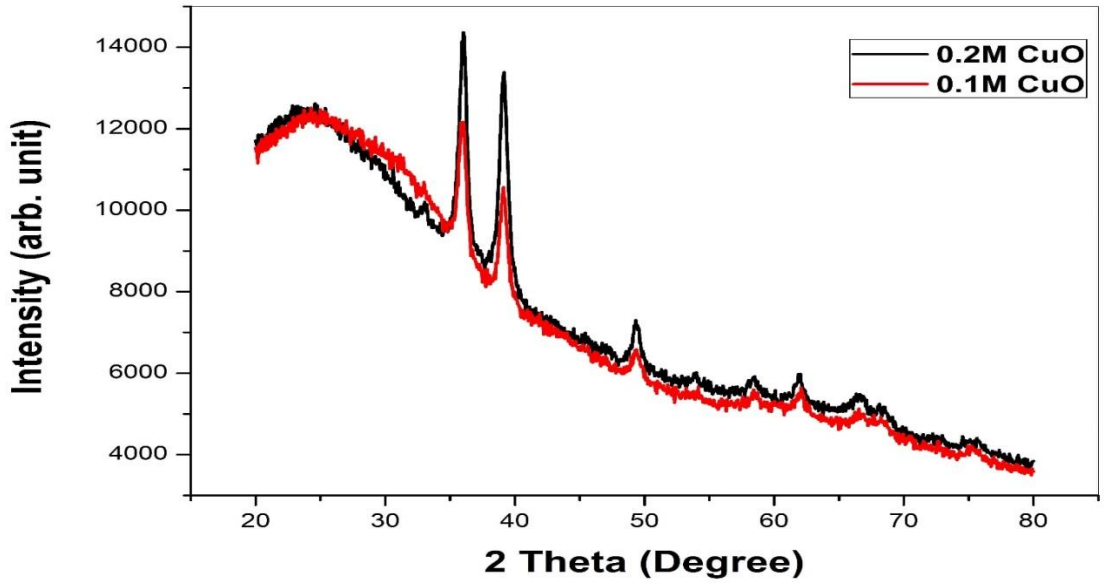
3. SONUÇ

Şekil.2 CuO ince filmlerin optiksel spektralarını göstermektedir. CuO'nin absorbans gibi optik özellikleri üzerindeki etkisi, 200-600 nm üzerindeki UV-Vis spektrofotometrisi ile yapılmıştır. XRD sonuçlarında olduğu gibi öncül molarite artışı absorbans değerinde artış meydana geldiğini göstermektedir.



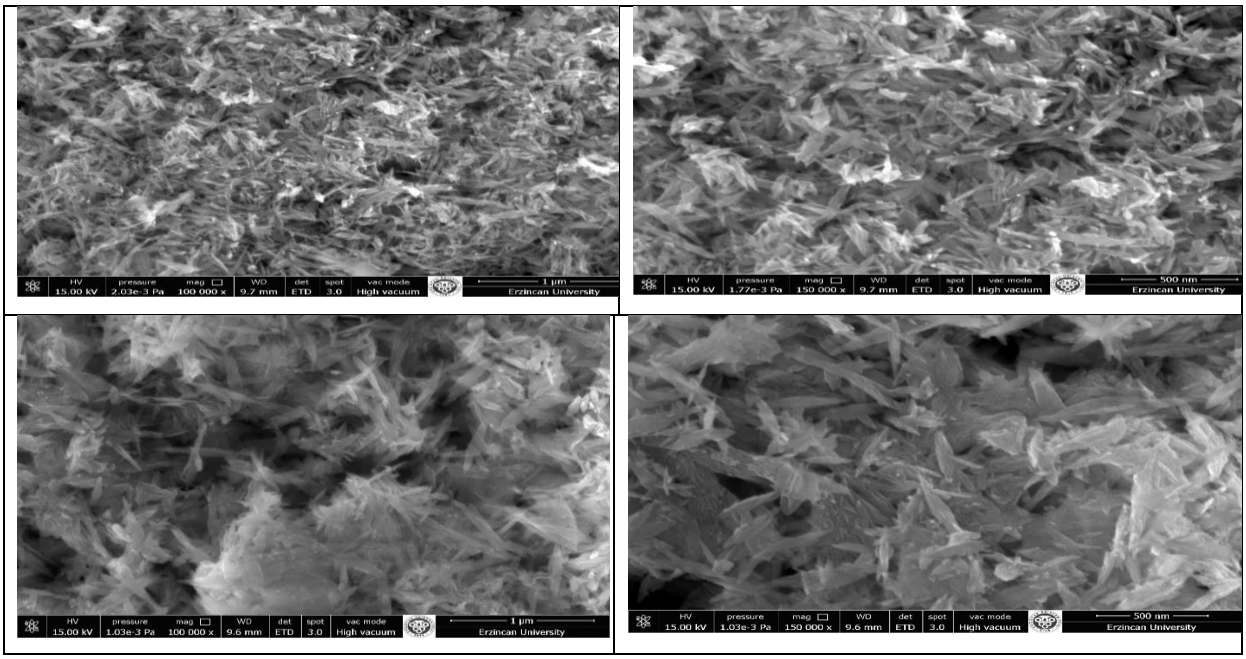
Şekil 2. CuO ince filmlerin Absorbsiyon spektraları.

Şekil 3, CuO ince filmlerin molariteye bağlı olarak elde edilen XRD sonuçlarını göstermektedir. XRD difraksiyon pikleri, 2θ açısı 20 ile 80 arasında alınmıştır. CuO ince filmi 2θ açısı 35.97, 39.11, 49.33,54.0, 58.4, 61.89 ve 66.4'de pik vermektedir. Bu açılardaki piklerin yönelimleri JCPDS-045-0937 göre sırasıyla, 35.97 ve 39.11^{0}'lerde (0 0 2) ve (1 1 1) olarak elde edilmiştir. CuS ince filmlerin farklı düzlemler boyunca yönelimi ile polikristal yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Öncül molaritenin arttırılması ile kristal yapının iyileşme gösterdiğini söyleyebiliriz.



Şekil 3. CuO ince filmlerin XRD paternleri.

Şekil 4'de CuO ince filmlerin yüzey özelliklerini incelenerek SEM sonuçları gösterilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan ölçümlerde yüzeyde homojen bir şekilde CuO ince filminin kaplandığını söyleyebiliriz. Öncül molaritenin artışına bağlı olarak elde edilen ince filmlerin yüzeylerinde daha fazla birikmeler meydana geldiğini tespit edilmiştir. Yani 0.1 M olan çözeltiye göre 0.2 M kaplanan ince filmin yüzeyinde daha fazla CuO yapısının olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 0.1 M ve 0.2 M CuO ince filmlerin farklı büyütmelerde SEM görüntüleri.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada CuO ince filmlerin farklı molariteler de SILAR methodu kullanılarak cam yüzey üzerine oda sıcaklığında kaplama işlemi yapılmıştır. Molariteye göre incelenen CuO ince filmlerin yapısal ve optiksel özellikleri incelenmiştir. İnce film büyütme işlemleri sıcaklığa, kalınlığa vs. gibi parametreler göz önüne alınarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, CuO ince filminde molariteyi arttırarak daha kısa sürede daha homojen ve kristal yapısı daha iyileşmiş filmler elde edebileceğimizi ortaya koymuştur. SILAR methodunun CuO ince film büyütmek için uygun bir yöntem olduğunu söyleyebiliriz

KAYNAKLAR

Bayansal F. Kahraman S. Cankaya G. Cetinkara H.A. Guder H.S. Cakmak H.M. 2011.Growth of homogenous CuO nano-structured thin films by a simple solution method. Journal of Alloys and Compound 509, 2094–2098.

Kose S. Atay F. Bilgin V. Akyuz I. 2008.Some physical properties of copper oxide films: The effect of substrate temperature, Materials Chemistry and Physics 111, 351–358.

Zhang J. Qian L. Yang L. Tao X. Su K. Wang H. Xi J. Ji Z. 2014.Nanoscale anatase TiO2with dominant {1 1 1} facets shows high photocatalytic activity. Applied Surface Science 311, 521–528.

YÜRÜME DÖNGÜSÜNDE FEMUR ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SONLU ELEMANLAR ANALİZ YÖNTEMİ

Doç. Dr. Levent UĞUR
Amasya Üniversite, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölüm
leventozge@gmail.com

Doç. Dr. Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakülte, Biyomedikal Mühendisliği Bölüm
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmanın amacı, Günlük yaşamda en sık yapılan aktivite olan yürüyüş döngüsü sırasında meydana gelen yüklenmelerin femur kemiğine etkilerinin değerlendirilerek stres / gerilme dağılımlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için bilgisayarlı tomografi görüntülerinden Femur modellendi. Elde edilen model sonlu elemanlar analiz yazılımı olan ANSYS Workbench V19 gönderildi. Burada, total kalça artroplastisi olan hastalardan kalça eklemi yüklerinin gerçek zamanlı in vivo ölçümlerinden elde edilen F_x,F_y ve F_z kuvvetleri ile M_x, M_y ve M_z moment değerleri femur baş küresine uygulanmıştır. Analizler sonucunda femur kemiğinde yürüyüş döngüsünde meydana gelen maksimum Von-Mises stress değerleri kaydedilmiştir. Analiz sonuçları ortopedi cerrahlarının femur kemiğinin biyomekanik davranışını anlamasına yardımcı olması açısından önemlidir
Anahtar Kelimeler: Femur, Yürüme, Sonlu Elemanlar Yöntemi

EVALUATION OF FEMUR EFFECTS DURING GAİT CYCLE: FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD

Abstract
The aim of this study is to evaluate the stress / stress distributions of femoral bone during the gait cycle which is the most common activity in daily life. Femur was created for computed tomography images. Analysis of the model was done by ANSYS Workbench V19 which a finite element analysis software. The force (F_x,F_y ve F_z) and moment (M_x, M_y ve M_z) values obtained from real-time in vivo measurements of hip joint loads from patients with total hip arthroplasty were applied to the femur. As a result of the analyzes, the maximum Von-Mises stress values in the walking cycle of the femoral bone were recorded. Analysis results are important for orthopedic surgeons to understand the biomechanical behavior of femoral bone

Keywords: Femur, Walking, Finite Element Method

Giriş

Kalça eklemi insan vücudunda önemli bir eklemdir. Diz eklemi ile beraber yürümemize, koşmamıza gibi birçok aktiviteyi yapmamıza izin verir. Aynı zamanda stabilite sağlarken çok farklı hareketler yapmamıza olanak sağlayan esnek bir eklemdir [1]. En yaygın olarak yapılan etkinlik yürüyüş aktivitesidir. Bu aktivite sırasında tekrarlanan mekanik yüklenmelerden dolayı kemiklerde stres kırıkları meydana gelmektedir [2]. Özellikle alt ekstremitede (Pelvis,Femur, tibia ve dizde) stres kırığı yaralanmalarının görülme sıklığı yüksek olduğu için önde gelen bir sağlık sorunu olmaya devam etmektedir [3].

Yürüme, sürekli kendini tekrar eden hareketlerin birleşiminden meydana gelir. Bu hareketlerin birleşimi, bir yürüyüş döngüsü (gait cycle) olarak tanımlanır [4]. Bir ayak yere temas ettiğinde başlar ve aynı ayak tekrar yere temas ettiğinde biter [5]. Yürüyüş döngüsü

sırasında sagital, frontal ve enine düzlemde farklı hareketler meydana gelir. En büyük hareketler sagital düzlemde meydana gelmektedir [6].

Bu çalışmanın amacı, yürüyüş döngüsü sırasında femur baş küresinden uygulanan yüklenmeler ile kemik yüzeyinde meydana gelen von Mises stres dağılımını ve Maksimum Temel stres dağılımını değerlendirmekti. Analizler sonucunda elde edilen bilgiler ile kalça implantı ve kalça ekleminin diğer unsurlarını içerecek olan gelecekteki çalışmalar için kullanılacaktır.

Materyal Metod

Modelin Oluşturulması

Femur kemik modelinin oluşturulması için 30 yaşında 1.80 boyunda erkek bir hastanın alt ektremitesinin bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri kullanılmıştır. BT çekimleri görselleştirme ve segmentasyon işlemleri için BT görüntülerini kullanan interaktif bir yazılım olan MIMICS® (Materialise's Interactive Medical Image Control System/ Materialise NV, Belgium) yazılımı kullanılarak model oluşturulmuştur. Elde edilen modelde istenmeyen geometri bozukluklarının giderilmesi ve NURB yüzeylerin elde edilmesi için model MIMICS programından STL formatında dönüştürülen model, tersine mühendislik programı olan GEOMAGIC® Studio program programına gönderildi.

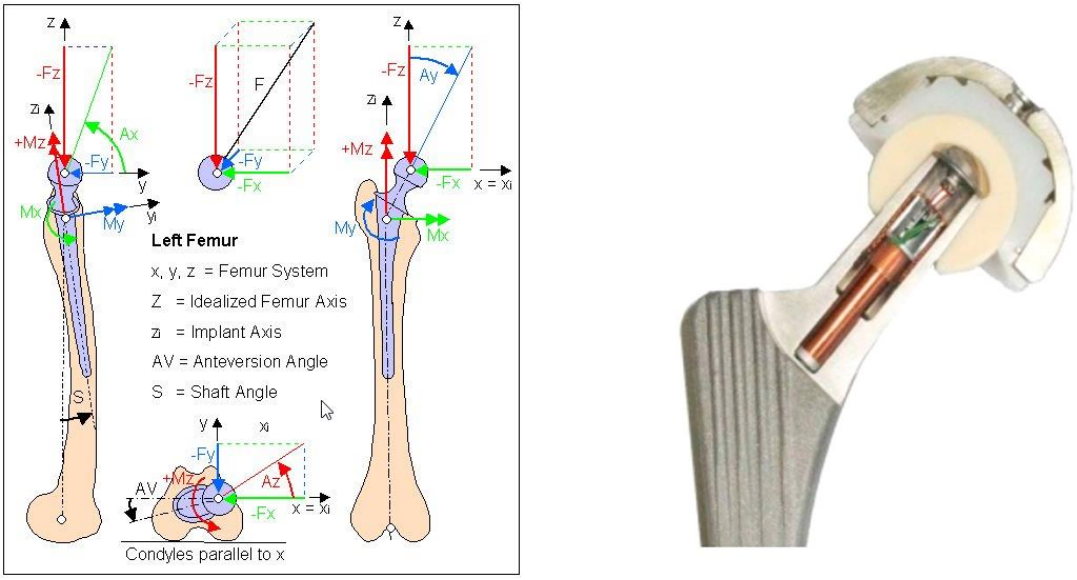
Ağ Yapısı ve Malzeme Özelikleri

Elde edilen model sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yürüme döngüsünde stress dağılımlarını görmek için IGS formatında ANSYS Workbench V19'da programına gönderilmiştir. Bu çalışmada kullanılan Femur modeli için literatürde yer alan izortopik malzeme özelikleri kullanılmıştır. Kemik için Elastikiyet Modülü 12 GPa ve Poisson Oranı (ν) 0,3 olarak ANSYS programına girilmiştir [7].

ANSYS Workbench yazılımına içe aktarılmasından sonra FEA modellemesi için Şekil 3a'da görüldüğü gibi mesh yapısı oluşturuldu. Mesh yapısında Solid 187 (tetrahedron) mesh kullanılmıştır. Modellimiz 242798 node ve 142251 elementten meydana gelmektedir.

Yükleme ve sınır şartları

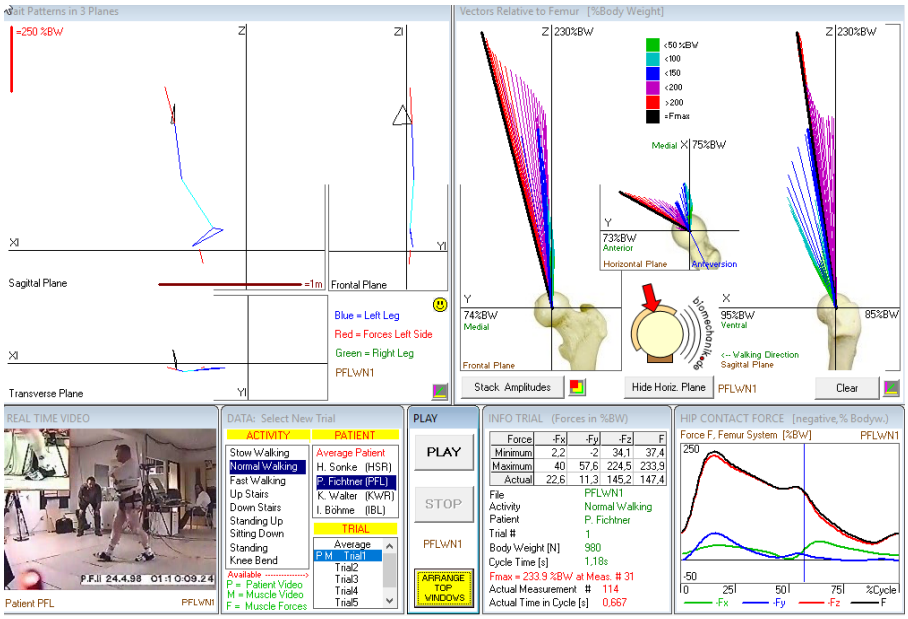
Tüm yükler, şekil 1a'de gösterilen femura göre tanımlanmış olan x, y, z koordinat sisteminde uygun alınmıştır. Yükler şekil 1 b'de gösterilen implantın kafasına yerleştrilen sitem ile in vivo olarak ölçülmüştür [8].



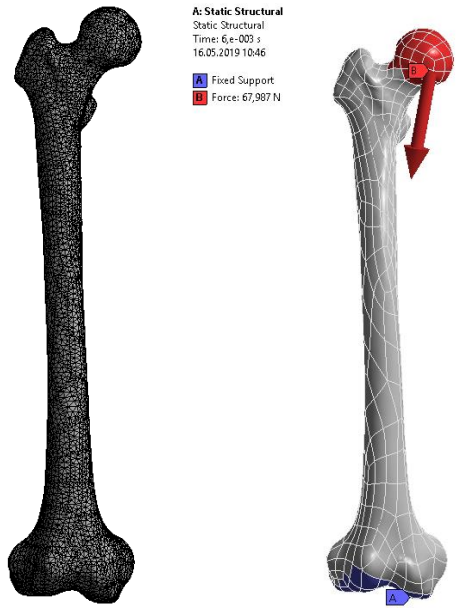
a) b)

Şekil 1 a) Femur ve implantın koordinat sistemi. b) Invivo ölçüm sistemi

Yürüme döngüsü sırasında femur baş küresinde meydana gelen kuvvet ve momentler şekil 2'te gösterildiği gibi anlık olarak kaydedilmiştir. Yürüme döngüsü sırasında elde edilen yükler şekil 3b'te gösterildiği uygulanmıştır.



Şekil 2. Yürüme sırasında meydana gelen yüklenmelerin ölçülmesi

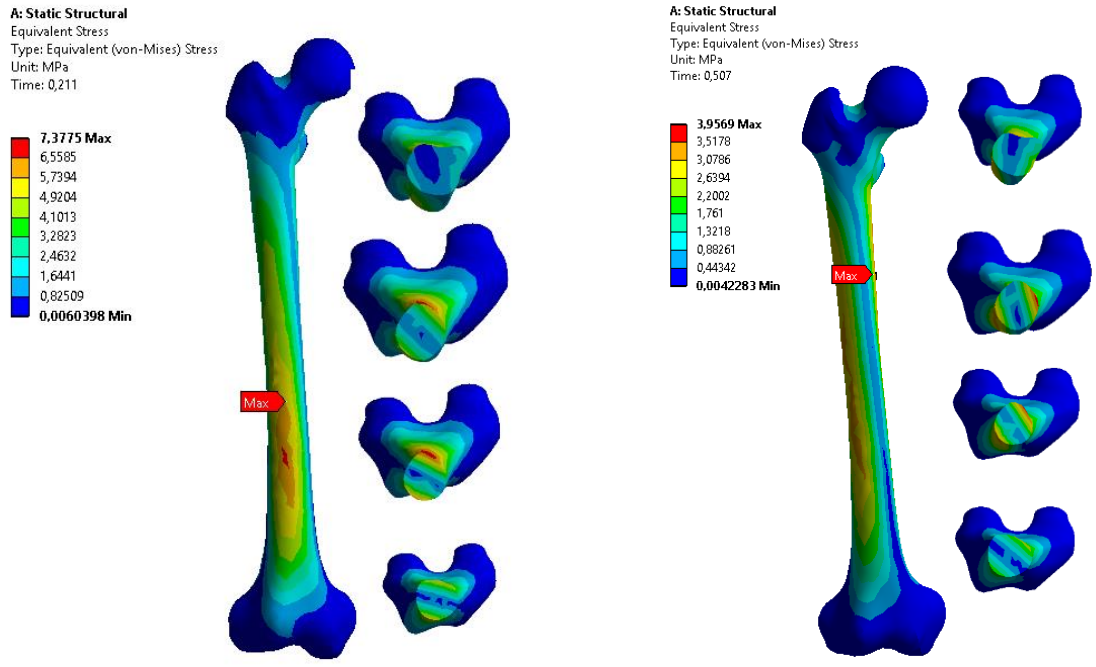


a) b)

Şekil 3. a) Mesh yapısı b) Sınır şartları

Bulgular

Analizler sonucunda yürüme döngüsünün ilk %25'lik kısmında maksimum von-Mises gerilmesinin lateral anterior 7,37 MPa'lık bir gerilmenin meydana geldiği görülmektedir. Yürüme döngüsünün %50'lik kısmında ise gerilmenin 3,959 MPa olduğu ve maksimum gerilmenin medial posterior kaydığı görülmüştür. (Şekil 4)



a) b)

Şekil 4. Analiz sonuçları a) yürüme döngüsünün ilk %25'lik bölümü b) Yürüme döngüsünün ilk %50'lik bölümü

Sonuçlar

Yaşlı hastalarda kalça kırıklarının görülme sıklığı fazladır. Bu kırıkların yaklaşık% 50'si femur başı veya femur boynu kırığına bölünebilen intrakapsüler kırıklardır. Yaşlı hastalarda

bu tip kırıklar genellikle implant uygulamasına yol açar. Bu nedenle insan vücudundaki biyomekanik koşulları tam olarak anlamak önemlidir. Bu çalışmada sonlu elemanlar analizi uygulaması ile yürüyüş döngüsü sırasında femurun biyomekanik durumuna daha iyi bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu yazıda femoral kemikte yürüyüş döngüsünün başlangıcında ve ortasında von-Mises gerilme dağılımın nasıl oluştuğu kesitler halinde kaydedilmiştir. Yürüme döngüsünde maksimum gerilmenin döngünün ilk %25'lik kısmında meydana geldi ve maksimum gerilmenin döngünün içinde yer değiştiği kaydedilmiştir.

Kaynaklar

1. Byrne, D.P., K.J. Mulhall, and J.F. Baker, *Anatomy & biomechanics of the hip.* The open sports medicine Journal, 2010. **4**(1).
2. Jones, B.H., et al., *Injuries in the military: a review and commentary focused on prevention.* American journal of preventive medicine, 2000. **18**(3): p. 71-84.
3. Jones, B.H. and B.C. Hansen, *An armed forces epidemiological board evaluation of injuries in the military.* American journal of preventive medicine, 2000. **18**(3): p. 14-25.
4. Kanatlı, U., et al., *Yürüme analizinin ortopedik uygulamaları.* Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi, 2006. **5**(1-2): p. 53-59.
5. Perry, J. and J.R. Davids, *Gait analysis: normal and pathological function.* Journal of Pediatric Orthopaedics, 1992. **12**(6): p. 815.
6. Yousif, A.E. and M.Y. Aziz. *Biomechanical analysis of the human femur bone during going upstairs and sitting down*. in *2012 First National Conference for Engineering Sciences (FNCES 2012)*. 2012. IEEE.
7. Tsouknidas, A., et al., *Fracture risk in the femoral hip region: a finite element analysis supported experimental approach.* Journal of biomechanics, 2012. **45**(11): p. 1959-1964.
8. Bergmann, G., et al., *Standardized loads acting in hip implants.* PloS one, 2016. **11**(5): p. e0155612.

SANDVİÇ PANELLERDE HÜCRE ŞEKLİNİN MEKANİK DAVRANIŞA ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Doç. Dr. Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakülte, Biyomedikal Mühendisliği Bölüm
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Doç. Dr. Levent UĞUR
Amasya Üniversite, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölüm
leventozge@gmail.com

Özet

Gelişen teknoloji ile mühendislik malzemelerinden istenen özeliklerin başında düşük ağırlık ve yüksek mukavemet gelmektedir. Sandviç panel teknolojisi bu ihtiyaçların karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Uygulamalara türlerine bağlı olarak sandviç panel türlerinde farklı çekirdek yapıları kullanılmaktadır. Bu çalışmada kare ve altıgen hücre yapılarına sahip sandviç panellerin basmaya karşı göstermiş olduğu mekanik davranışlar sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır. Aynı yüksekliğe sahip farklı hücre yapılarındaki sandviç paneller standartlara uygun olarak Solidworks programında 100x100mm olarak modellenmiştir. Nümerik analizler ANSYS Workbench V19 progranda yapılmıştır. Analizler sonucunda kare hücre şeklindeki sandviç yapının daha fazla kuvvet değerine ulaştığı, farklı hücre şekillerine sahip yapılarda meydana gelen hasar oluşumları kaydedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sandviç yapı, Kompozit, Bal Peteği, Sonlu Elemanlar Yöntemi

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CELL SHAPE ON MECHANICAL BEHAVIOR IN SANDWICH PANELS BY THE FINITE ELEMENT METHOD

Abstract

Low weight and high strength are the leading properties of engineering materials with developing technology. Sandwich panel technology plays an important role in meeting these needs. Depending on the type of applications, different core structures are used in sandwich panel types. In this study, mechanical behavior of sandwich panels with square and hexagonal core structure against pressing was investigated with finite element method. The sandwich panels in different core structures of the same height are modeled in SolidWorks according to standards. Numerical analyzes were performed with ANSYS Workbench V19 program. As a result of the analyzes, the occurrences of the damages in the sandwich structures were observed and the maximum stress values were recorded.

Keywords: Sandwich Structure, Composite, Honeycomb, Finite Element Method.

1. Giriş

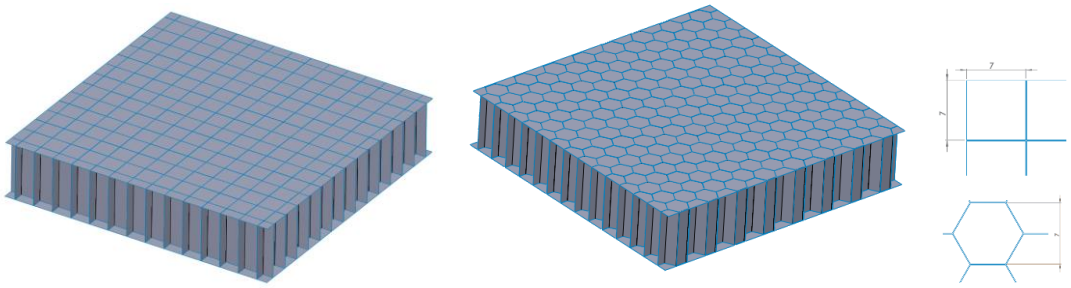
Sandviç paneller, termal ve yapısal özeliklerinden dolayı birçok alanda uygulamaları bulmaktadır. Özellikle havacılık endüstrisinde, kalın, hafif bir hücresel çekirdeğe sahip çift cidarlı sandviç yapılar, ağırlıklarına özel mükemmel sertlik ve mukavemet özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır[1, 2]. Yeni hücresel sandviç çekirdek yapıları üzerine yapılan araştırmalar tipik olarak, belirli hücre geometrisi parametrelerinin mekanik özellikler üzerindeki etkisini araştırmak için yapılmaktadır. Ancak bu araştırmalar için büyük miktarda numune üretimi ve testlerini içermektedir. Bu hem zaman hem de maliyeti yüksek bir işlemdir.

Aynı boyutlardaki sandviç yapıların sertlik ve dayanıklılık gibi mekanik performansı büyük ölçüde hücrenin nasıl tasarlandığı ile belirlenir [3, 4]. Ayrıca sandviç panellerin kullanımının artırılması için uygun şekilde yapıştırılması gerekmektedir.

Günümüzde, sonlu elemanlar (FE) yöntemine dayanan sayısal simülasyonlar, uçak endüstrisinin gelişim sürecinde standart bir araç olarak kullanılmaktadır. Bundan dolayı, FE yönteminin farklı hücre yapılarındaki sandviçlerin karakterizasyonun da kullanılması makul olacaktır. Farklı hücre yapıların pahalı prototiplerini üretmek yerine, parametrik bazda FE modelleri ile dinamik simülasyonların yapılarak sandviç yapıların mekanik özellikleri değerlendirilmektedir [5].
Bu çalışmada kare ve altıgen hücre yapılarına sahip sandviç panel yapıların mekanik davranışları sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir.

2.Materyal Metot

Bu çalışmada kullanılan sandviç panellerdeki hücre yapıları Şekil 1'de gösterildiği gibi Solidworks programında 100 x 100 mm olarak modellenmiştir.



Şekil 1. Solidworks programında oluşturulan modeller ve hücre yapıları

Ağ Yapısı ve Malzeme Özelikleri

Elde edilen modeller sonlu elemanlar analizi için ANSYS Workbench V19'da programının Explicit Dynamics modelinde gerçekleştirilmiştir. Al l000 ve Al 3000 malzemelerinin mekanik özelikleri Literatürdeki çalışmalara göre tablo 1'de görüldüğü gibi kullanılmıştır. Ayrıca hücrelerin birleştirilmesinde ve alt-üst katmanların yapıştırılmasında kullanılan Epoxy yapıştırıcının mekanik özelikleri Normal Stress 2,8 MPa ve Shear Stress l5 MPa olarak programa tanımlanmıştır [6].

Tablo 1. Sandvic yapılarda kullanılan bileşenlerin malzeme özelikleri

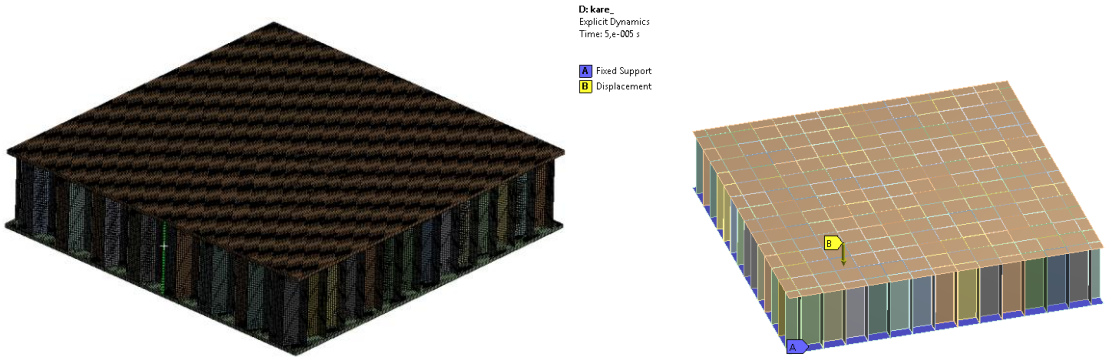
Mekanik özellikler	Alt-Üst Katman (Al l000)	Hücre (Al 3000)	Yapı çeliği
Yoğunluk (kg/m^3)	27l0	2750	7850
Young modül (GPa)	69,0	70,0	200
Poisson oranı	0,33	0,33	0,3
Akma dayanımı (MPa)	l65	285	

Sonlu elemanlar analizi için Şekil 2a'de görüldüğü gibi mesh yapısı oluşturuldu. Mesh yapısında hücreler ve üst- alt katman da ağ yapı boyutu 0,5mm verildi. Analizlerimizde elde edilen elaman sayısı ve nod sayısı tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Modelde oluşan eleman ve nod sayısı

Hücre Yapısı	Eleman Sayısı	Nod Sayısı
Kare	523360	537437
Altıgen	536598	551189

Analizler için uygulana sınır şartları şekil 2b'de gösterildiği gibi alt tabaka sabitlenmiş, üst tabakadan ise 2mm'lik displacement uygulanarak analizler gerçekleştirilmiştir.

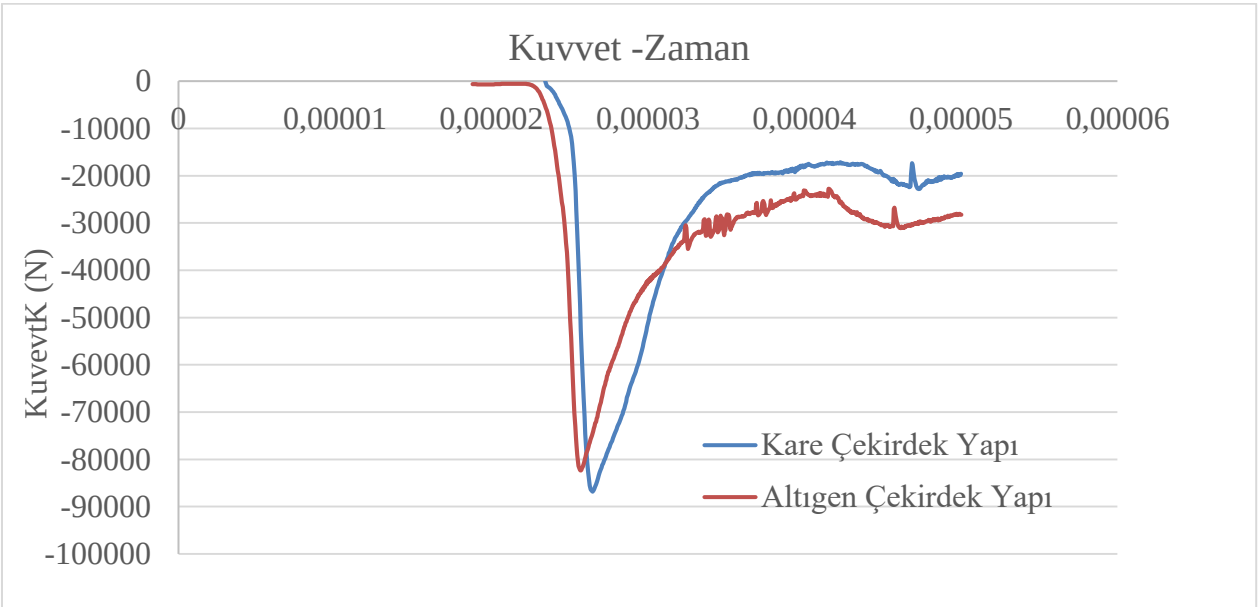


a) b)

Şekil 2. a) Analiz sınır şartları b) Oluşturulan ağ yapısı

3-Bugular

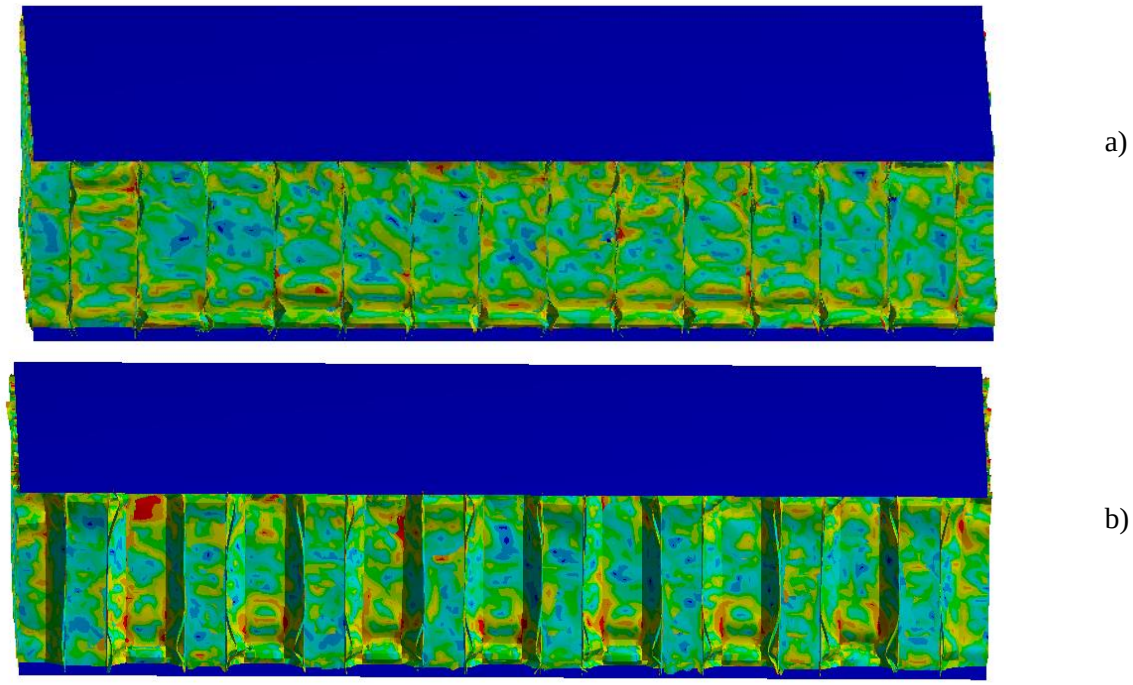
Oluşturulan modeller ve analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme zaman değerlerinin grafiksel karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir. Kare hücre yapısında maksimum kuvvet değeri 88644 N olurken altıgen hücre şekline sahip modelimizde 81590 N kuvvet elde edilmiştir. Ayrıca grafik incelendiğinde kare hücre yapısındaki sandviç yapıların altıgen hücre yapısındaki sandviç yapılara göre kuvvet artımının meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 3. Analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 5'te analiz sonucunda sandviç yapılarda meydana gelen hasar örneği verilmiştir. Şekil incelendiğinde yapıda meydana gelen hasar yapılarının benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Analizler sonucunda sahip sandviç yapıda maksimum Von Mises gerilmesi 287.82 MPa oluştuğu görülmektedir.



a)

b)

Şekil 3. Analiz sonucunda malzemelerde meydana gelen hasar görüntüleri a) kare çekirdek yapı b) altıgen çekirdek yapı

4-Sonuçlar

Bu çalışmada farklı hücre yapılarındaki sandviç yapılarının basmaya karşı göstermiş olduğu mekanik davranışlar sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre hücre şeklinin değişikliği ile kuvvet değerlerinin arttığı sonucuna varılmıştır. Sonlu elemanlar analizleri sonucunda hasar şekilleri incelendiğinden yapılarda meydana gelen deformasyonların benzer olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

1. Herrmann, A.S., P.C. Zahlen, and I. Zuardy, Sandwich structures technology in commercial aviation, in Sandwich structures 7: Advancing with sandwich structures and materials. 2005, Springer. p. 13-26.

2. Hong, S.-T., et al., Dynamic crush behaviors of aluminum honeycomb specimens under compression dominant inclined loads. International journal of plasticity, 2008. 24(1): p. 89-117.

3. Evans, A.G., et al., The topological design of multifunctional cellular metals. Progress in Materials Science, 2001. 46(3-4): p. 309-327.

4. Wadley, H.N., Multifunctional periodic cellular metals. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2005. 364(1838): p. 31-68.

5. Heimbs, S., Virtual testing of sandwich core structures using dynamic finite element simulations. Computational Materials Science, 2009. 45(2): p. 205-216.

6. Matweb. AL-1000. 04.02.2019 [cited 2019 04.02.2019]; Available from: http://www.matweb.com/.

TS 825'E GÖRE UYGUN YALITIM KALINLIKLARI TAYİNİ VE YALITIM SAĞLANAN YAPI BİLEŞENLERİNİN YALITIMSIZ DURUMA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Şener SÖĞÜT
Soğüt İnşaat Ltd. Şti., Mühendislik Hzimetleri Bölümü, Kocaeli
senersogut@hotmail.com

Doç. Dr. Arif ÖZKAN
Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü Kocaeli
arif.ozkan@kocaeli.edu.tr

Özet

Ülkemiz, kalkınmakta olan ve nüfusu hızla artan bir ülke olması nedeniyle, enerji tüketimi her geçen gün hızla artmaktadır. Söz konusu enerji tüketimi bileşenleri içerisinde de ısı enerjisi tüketimi oldukça büyük bir paya sahiptir. Ülkemizdeki ve dünyadaki yapıların ısınma ihtiyacının çok büyük bir kısmı doğal gaz ile sağlanmakta olup, ülkemiz doğal gaz açısından da dışa bağımlı bir ülkedir. Bu çalışma içeriğinde de, Türkiye'nin genel enerji durumu, enerji tasarrufunun önemi, ısı kaybı yada kazancı olan yapılarda oldukça önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlayacak, enerji tasarrufu yöntemlerinden biri olan ısı yalıtımının detaylı olarak incelenmesi, konu ile ilgili temel bilgiler ele alınması, yalıtım malzemelerinin neler olduğu, özellikleri, hangi malzemelerden oluştuğu, yalıtım uygulamalarının neler olduğu ve nerelerde uygulandığı konuları incelenecektir. Ayrıca ısı yalıtımı ile ilgili hesaplamalar ve ekonomik yalıtım kalınlıklarının tespit edilmesi ele alınarak yalıtımlı ve yalıtımsız yapı bileşenlerinin ısı kaybı miktarları mukayese edilecektir.

Anahtar Kelimeler: TS 825, Yalıtım, Yalıtım malzemesi boyut tasarımı.

DETERMINATION OF APPROVAL INSULATION THICKNESSES ACCORDING TO TS 825 AND COMPARISON OF CONSTRUCTION COMPONENTS ACCORDING TO UNINSULATED CONDITION

Abstract

Energy consumption is increasing day by day because our country is a developing country with a rapidly growing population. In the energy consumption components, the consumption of heat energy has a considerable share. A great part of the heating needs of our country and in the world are supplied by natural gas and our country is also a foreign dependent country in terms of natural gas. In this work context, Turkey's general energy situation, the importance of energy saving, heat loss or gain to provide highly energy savings in significant quantities in the structure, examining in detail the thermal insulation is one of the energy saving methods, addressing basic information about the subject, insulation materials what they are, what they are, what materials they are made of, what the insulation applications are and where they are applied. In addition, the calculation of the heat insulation and the determination of the economic insulation thicknesses will be considered and the heat loss amounts of the insulated and non-insulated building components will be compared.

Keywords: Insulation, Insulation material dimension design, Turkish Standard TS 825.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze soğuk ortamlarda kendini korumak için çeşitli yollar aramıştır. İlk çağlarda avladıkları hayvanların kürklerini giysi olarak kullanmıştır. Daha sonra ateş icat edilmiş ve ateş yakarak açıkta onun yaydığı ısı ile ısınmaya çalışmıştır. Mağara içerisinde yaşamaya başlayınca ocaklar yaparak şömine gibi onunla ısınmaya çalışmıştır. Yerleşik düzene geçildiği zaman yakılan ateşten elde edilen dumanların duvarlar arasından geçirilerek (bu günkü eski hamam gibi) oturdukları

yerleri ısıtmaya çalışmışlardır. Sonraki yıllarda kapalı ortam içerisinde soba kullanılmaya başlanmıştır [1-20].

Daha sonra kalorifer tesisatı geliştirilerek, soba yerine kullanılan kazan ile yanma mekanizması oturulan mekanlardan uzaklaştırılmıştır. Bugün ki gelinen nokta ise yaklaşık 10 km yarıçaplı bir bölge bir veya birkaç merkezden ısıtılabilmektedir. Bunun yanı sıra değişik yakıtlar ısınmada kullanılabilmekte ve alternatif ısıtma sistemleri (döşemeden ısıtma, duvardan ısıtma, radyant ısıtma vs.) devreye sokulmuştur. Ayrıca klima sistemi geliştirilerek, ortamın sıcaklığının kontrol edilmesinin yanında ortamın nemi, temizliği gibi faktörlerde kontrol edilebilmektedir [1-20].

Isı üretme cihazların (kazanlar), yakma sistemlerinde yapılan geliştirmeler sonucu, yakıtın yüksek verimle yakılması ve bacadan atılan gazların sıcaklıklarında inilen seviye sonucu, yakıtın üst ısıl değerini değerlendirebilen (yoğuşturmalı kazanlar) sistemlere varılmıştır. Büyük güçlü ısıtma tesislerinde kojenerasyon teknikleri kullanılarak ısının yanında elektrik enerjisi üretimi de yapılabilmektedir. Ayrıca jeotermal, güneş enerjisi ve atık enerjilerde ısıtmada kullanılabilmektedir. Su, toprak ve hava kaynaklı ısı pompaları kullanılarak da ısıtma için ek kaynak oluşturulabilmektedir. Isıtma teknolojisinde gelişen yeniliklerin yanı sıra, yapı teknolojisinde gelişen yenilikler sayesinde daha hafif ve ısınma için çok az enerji ihtiyacı duyan binaların yapılması sonucu, ısınma için kullandığımız kaynakların boşa harcanmasını ve çevre kirliliği gibi problemlerin önlenmesinde oldukça mesafe kat edilmiştir [1-30].

Ülkemizde sarf edilen enerjinin önemli bir kısmı (yaklaşık %34) ısıtma tesislerinde kullanılmaktadır. Bu enerjinin büyük bir kısmı dış kaynaklardan karşılanmaktadır. Binalarımızın ve ısıtma sistemlerinin, tasarımından işletilmesine kadar her bir aşamasında mümkün olan enerji tasarrufu tedbirlerini uygulamak kısa ve uzun vadede hem kendimizi hem de ülkemizi kazançlı yapacaktır.

Bu çalışma içeriğinde, Türkiye'nin genel enerji durumu, enerji tasarrufunun önemi, ısı kaybı ya da kazancı olan yapılarda oldukça önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlayacak, enerji tasarrufu yöntemlerinden biri olan ısı yalıtımının detaylı olarak incelenmesi, konu ile ilgili temel bilgiler ele alınması, yalıtım malzemelerinin neler olduğu, özellikleri, hangi malzemelerden oluştuğu, yalıtım uygulamalarının neler olduğu ve nerelerde uygulandığı konuları incelenecektir. Ayrıca ısı yalıtımı ile ilgili hesaplamalar ve ekonomik yalıtım kalınlıklarının tespit edilmesi ele alınarak yalıtımlı ve yalıtımsız yapı bileşenlerinin ısı kaybı miktarları mukayese edilmiş ve referans değerlendirme kaynağı olarak ilgili standart ilgili standart TS 825 ele alınmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Düzce'de Yalıtılmamış ve TS 825'e Göre Yalıtılmış Binanın Karşılaştırılması

Bu çalışmada Düzce ilinde bir bina ele alınarak bu binanın yalıtılmamış ve TS 825'e göre yalıtılmış bir binanın karşılaştırması yapılmıştır. Her iki durum için elde edilen kazançlar ve kayıplar incelenerek sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

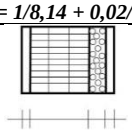
Seçilen binaya ilişkin bilgiler; zemin dahil beş katlı, kat yüksekliği 2.8 m olan bir bina seçilmiş, bina, ayrık nizamda, normal bölgede, serbest olarak alınmış, Bina konutlardan oluştuğu için işletme durumu bir olarak alınmıştır. Diğer değişkenlere ait bilgiler ise;

Düzce için dış sıcaklık -3°C, Bina kullanım Alanı 2387,5 m^2Bina Taban Alanı 500 m^2,Toplam dış Duvar Alanı 1268,5 m^2,Toplam Pencere Alanı 138,2 m^2,Toplam Döşeme Alanı 500 m^2 ,Betonarme alanı 115 m^2,Dış Kapı Alanı 4 m^2

Isıl Geçirgenlik Dirençlerinin Hesabı yalıtımlı dış duvarın yapı bileşenleri (Yalıtımlı DD1) Çizelge 1'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 1. Yalıtımlı dış duvarın yapı bileşenleri.

1/U = 1/8,14 + 0,02/0,87 + 0,19/0,45 + 0,04/0,031 + 0,03/1,4 + 1/23,26 = 1,92 m^2K/W U = 0,522 W/m^2K

	Malzeme Cinsi	D *cm*	Isıiletim Katsayısı (W/m K) λ
a	İç sıva	2,0	0,870
b	Delikli tuğla	19,0	0,450
c	Yalıtım levhası	4,0	0,031
d	Dış sıva	3,0	1,400

Yalıtımdan önce ve sonraki *Özgül Isı Kaybı* değerlerine göre yıllık yakıt sarfiyat maliyetleri;

Yalıtımdan önceki yıllık yakıt maliyeti; 56,80 x 6500 x 0,1619281 = 59.784 TL/YIL
Yalıtımdan sonraki yıllık yakıt maliyeti; 14,41 x 6500 x 0,1619281 = 15.167 TL/YIL

Mevcut ve TS 825'e göre yalıtılmış durumlar için işletme maliyetlerinin özeti Çizelge 2'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 2. Mevcut ve TS 825'e göre yalıtılmış durumlar için işletme maliyetlerinin özeti.

	Yalıtımsız *TL*	Yalıtımlı *TL*	Değişim *%*
Yıllık yakıt sarfiyat maliyeti	59.784	15.167	75

Binanın yalıtılmış ve yalıtılmamış durumdaki kullanılan tesisatın karşılaştırılması Çizelge 3'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 3. Binanın yalıtılmış ve yalıtılmamış durumdaki kullanılan tesisatın karşılaştırılması.

Tesisatın Elemanları	Yalıtılmamış	Yalıtılmış
Radyatör boyu (m)	100	50
Kazan gücü (kW)	81.6	37.2
Genleşme kabı hacmi (lt)	200	80

Binanın yalıtılmış ve yalıtılmamış durumundaki tesisatın yatırım maliyetinin karşılaştırılması Çizelge 4'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4. Binanın yalıtılmış ve yalıtılmamış durumundaki tesisatın yatırım maliyetinin karşılaştırılması.

Tesisat Elemanları	Yalıtılmamış *TL*	Yalıtılmış *TL*	Değişim *%*
Radyatör	25.000	12.500	44
Kazan	12.000	8.000	70
Genleşme kabı	1.000	300	52
Toplam	**38.000 TL**	**20.800 TL**	**%45**

Yeni durum için yalıtım ve pencere değişikliğinden dolayı oluşan ek yatırım maliyetler Çizelge 5'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 5. Yeni durum için yalıtım ve pencere değişikliğinden dolayı oluşan ek yatırım maliyetler.

Bina kısmı	Birinci duruma göre toplam ek maliyet *TL*
Dış duvar	50.000
Çatı Yalıtımı (Cam Yünü)	10.000
Kolon ve kirişlerin dış yüzey cepheleri	10.000
Döşeme	20.000
Toplam	**100.000**

Mevcut ve TS 825'e göre yalıtılmış durumlar için yatırım maliyetlerinin özeti Çizelge 6'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 6. Mevcut ve TS 825'e göre yalıtılmış durumlar için yatırım maliyetlerinin özeti.

Tesisat Elemanları	Yalıtılmamış *TL*	Yalıtılmış *TL*	Değişim %
Radyatör	25.000	16.500	34
Kazan	15.000	10.000	33
Genleşme kabı	1000	500	50
Yalıtım, tesisat boruları, vanalar, sirkülasyon pompası, kapı ve pencere, v.b. yatırım giderleri	10.000	130.000	
Toplam yatırım	51.000,00	157.000,00	

2.1. Toplam Maliyetlerin Değerlendirilmesi

Mevcut ve TS 825 e göre yalıtılmış durumlar için yatırım ve işletme maliyetleri Çizelge 7'de gösterilmiştir. Net maliyet hesapları Çizelge 8'de gösterilmiş ve tüm bakım masrafları dahil işletme maliyetleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Hesaplanan değerlere göre çalışmada ele alınan gibi binada 46,5kW'lık kombi kullanılması durumunda ve binanın ömrünün 50 yıl olduğu göz önünde bulundurulursa, yapılan ek masrafların (yalıtım, pencere vs.) 3,0 yıl gibi kısa bir sürede ödediği görülmektedir. 10 yıllık toplam maliyetleri karşılaştırırsak 10. yıl sonunda sistemden elde edilen enerji tasarrufunun parasal karşılığı 347.784,00 TL'dir. Buna karşın yapılan ek yatırımın 10. yıl sonundaki değeri 106.000 TL olup 10. yıl sonunda 241.784,00 TL kar edilebileceği hesaplanmış olup yatırım geri ödeme-kazanım süresi 3 yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7. Mevcut ve TS 825 e göre yalıtılmış durumlar için yatırım ve işletme maliyetleri.

Maliyet türleri	***Yalıtımsız TL***	***Yalıtımlı TL***	***Değişim %***
Yatırım maliyeti	51.000,00	157.000,00	300 Artmış
İşletme maliyeti	59.784,00	15.167,00	75 Azalmış

Çizelge 8. Net maliyet hesapları.

	Yatırım Maliyetleri TL	***Net Yatırım Maliyeti TL*** ***(Yalıtımlı mal. – Yalıtımsız mal.)***
YALITIMSIZ BİNA	51.000,00	106.000,00
YALITIMLI BİNA	157.000,00	

Çizelge 9. Tüm Bakım Masrafları dahil işletme maliyetleri.

	Yatırım Maliyetleri TL	***Net Yatırım Maliyeti TL*** ***(Yalıtımlı mal. – Yalıtımsız mal.)***
YALITIMSIZ BİNA	59.784,00	34.784,00
YALITIMLI BİNA	25.000,00	

3. SONUÇ

TS 825'te bir binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını belirlerken, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınır.

TS 825 te ayrıca, yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak su buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali olduğundan, malzemelerin ısıl iletkenlik değerlerindeki kötüleşme TS 825'te tanımlanan metotla tahkik edilmeli, yoğuşma varsa, TS 825'te tanımlanan sınırların içerisinde kalmalıdır. Tüm bu açıklamalar neticesinde ortaya çıkan sonuçlar;

- Isı yalıtımı konutlarda ve sanayide enerjinin etkin ve verimli kullanılması enerji tasarrufunun birinci ve en önemli elemanıdır.
- Sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlığa uygun, bir iç iklimsel çevrenin sağlanmasının temel şartıdır.
- Hacimlerin ısıtma enerjisi ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtım ve ısı depolama özelliklerine bağlıdır.
- Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzeylerinde su buharı yoğuşmasını önler. Bileşenlerde sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu hareketleri küçültür ve böylece yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek, yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini de azaltır.
- Binanın projelendirme döneminde alınacak önlemler (örneğin, bina yerinin doğru seçilmesi) ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyebilir. Rüzgar etkisi altındaki bir binada ısı kaybı, komşu binalar, bitki ve ağaçlarla korunmuş olanlara oranla daha çoktur.
- Bina dış yüzeylerini büyütmenin ısı kaybını da o oranda artıracağı, projelendirme döneminde göz önünde tutulmalıdır.
- Ayrık bir binadaki ısı kaybı, aynı büyüklük ve inşaat biçiminde yapılan bitişik düzendeki başka bir binaya göre daha fazladır.
- Bir bina içindeki odaların birbiri ile olan ilişkisi (örneğin, ısıtılan hacimlerin yan yana veya üst üste yerleştirilmesi) büyük önem taşır.
- Isı kaybını önlemek için, bina girişlerinde rüzgârlık yapılmalıdır (dış kapıdan ayrı olarak kendiliğinden kapanan ikinci bir kapı düzeni).
- Büyük pencere yüzeyleri, (çift yüzeyli pencere, bitişik pencere, özel birleştirilmiş çok katlı camlı pencere bile olsa) ısı kaybını çoğaltır. Köşe odalarda, pencerelerin binanın dış duvarlarından yalnız birinde olması, ısı etkilerinden korunma yönünden daha doğrudur.
- Bacalar ve tesisat boruları dış duvarlar üzerinde bulunmamalıdır. Bu önlem yakıttan tam yararlanma, baca gazlarının soğumasını, bacanın kurum tutmasını, tesisat borularının donmasını önleme bakımlarından önemlidir.
- Duvar ve döşemelerin ısı depolama özelliği, kışın ısıtmanın durması hâlinde çabuk bir soğumayı, yazın da özellikle güneş etkisi altında bulunan hacimlerde, iç ortam hava sıcaklığının gündüz saatlerinde aşırı yükselmesini önlemek bakımından gereklidir. Isı depolama özelliği, yapı bileşeninin kütlesi ve yapıldığı malzemenin özgül ısısı ile doğru orantılıdır.
- Yapının bulunduğu dış ortam sıcaklığı yalıtım kalınlığını etkileyen önemli bir bileşendir. Dış ortam sıcaklığı ne kadar düşükse yalıtım kalınlığı ters orantılı olarak artırılır.

- Deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere yalıtılmış bir bina hiç yalıtılmamış bir binaya göre %55 in üzerinde bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- Bir binanın yakıt tüketimine etki eden en önemli faktörlerden biride iç sıcaklık değeridir. Bu sıcaklık değeri kış şartlarında 20ºC olarak dikkate alınır. İç sıcaklık her bir derece değişimi için % 8 ila %12 arasında bir artış yada azalış olur. İç sıcaklıkların 20ºC da sabit kalması ve enerji tasarrufu sağlanması için termostatik vana, oda termostatı gibi otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması önem arz etmektedir.
- Isı yalıtımında kullanılan cihazların verimliliği de önemlidir. Standart kazanlar yerine yoğuşmalı kazanlar kullanılarak %20'lere varan enerji tasarrufu sağlamak mümkün olur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca değerli katkılarını esirgemeyen SÖĞÜT İNŞAAT LTD. ŞTİ. çalışma ekibine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

A. Ulaş, "Binalarda TS 825 hsap yöntemine göre ısı kaybı, yakıt tüketimi, karbondioksit emisyonu hesabı ve maliyet analizi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.

A. K. Dağsöz, Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı, İstanbul, Türkiye: İzocam Tic. San. A.Ş Yayınları, 2002.

Austrotherm. (2018, 10 Mayıs). Isı yalıtımı [Online]. Erişim: https://www.austrotherm.com.tr/bilgi-servisi/haberler/isi-yalitimi-nasil-yapilir/.

A. O. Şen, "Binalarda uygulanan yalıtım sistemleri dünyada ve Türkiye'de yalıtım," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2006.

Arge İnşaat Mühendislik Yapı ve İzolasyon Malzemeleri Ltd. Şti., Terratherm-Manto Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemleri Ürün Kataloğu, Sakarya, Türkiye, 2006.

C.E. Ekinci, Yalıtım Teknikleri, İstanbul, Türkiye: Atlas Yayın Dağıtım, 2003.

D. Paralı, "Bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin incelenmesi," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2009.

F. Sezer, "Metal sandviç panellerin çatı ve cephe kaplama malzemesi olarak yapıda uygulanışı ve görülen uygulama hataları," Yalıtım Dergisi, Ekim, 2005.

F. Şenkal, "Türkiye'de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri," Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, c. 10, s. 2, ss. 79-85, 2005.

F. Irgat, "Kütahya için optimum ısı yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve ısıtma maliyeti ilişkisi," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 2009.

G. Bayer, "Binalarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve örnek bir projede ısı yalıtım maliyet analizi," Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2006.

H. Akıncı, "Günümüzde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri özellikleri uygulama teknikleri ve fiyat analizleri," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2007.

H. Aksöz, "Betonarme binalarda uygulanan ısı yalıtım amaçlı duvar elemanlarının ısıl ve ekonomik yönden analizi," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, 2009.

K. Altınışık, Isı Yalıtımı, Ankara, Türkiye: Nobel Yayın Dağıtım, 2006.

İZODER (2018, 10 Mayıs). Isı ses su izolasyoncuları derneği [Online]. Erişim: https://www.izoder.org.tr/dergiler/izodergi-129.pdf.

Makine Mühendisleri Odası, Yalıtım Dergisi, Türkiye Mimar ve Mühendis Odaları Birliği, Yayın No: 2005/399, 2005.

M. Özel, "Bina dış duvarlarının optimum yalıtım kalınlıkları için dinamik yaklaşım ve maliyet analizi," Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, c. 23, s. 4, ss. 879-884, 2008.

M. F. Morgül, "Binalarda ısı kaybı ve maliyet analizi ile uygun yalıtımın belirlenmesi," Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2004.

M. Eriç, Yapı Fiziği Ve Malzemesi, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye: Literatür Yayınları 1994.

N. Evcil, "Isı izolasyonu ve dış duvarların enerji etkin yenilenmesi," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2000.

N. Karagöz, F. Şenkal, "Betonarme döşemelerde ısı yalıtım uygulamaları," Şantiye Dergisi, s. 197, ss. 52-53, 2004.

N. Toydemir, E. Gürdal, L. Tanaçan, Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, İstanbul, Türkiye: Literatür Yayıncılık, 2000.

R. Yılmaz, "Betonarme karkas yapılarda kolon ve kirişlerdeki ısı kayıplarının önlenmesi," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2006.

S. Ünal, "Bina duvar ısı yalıtım sistemleri ve ekstrüde polistren ile TS 825'e uygun bina yalıtım çözümleri üzerine bir inceleme," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2002.

S. Onaylı, "Binalarda ısı yalıtımı ve son teknolojik gelişmeler," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2002.

Ş. Dilmaç, Ö. Alamut, "Comparison of ınternational thermal analysis methods of thermal bridges," Proceedings of the First İnternational Energy, Energy And Environment Symposium, İzmir, Türkiye, 2003, pp. 781-786.

T. Karaca, "Ekstrüde polistren köpük levhaların dış duvarlarda kullanımı," Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2001.

ODE Yalıtım Sanayi ve Ticart A.Ş., Firma Ürün Ve Tanıtım Katalogları, İstanbul, Türkiye, 2008.

Özpor, Isı, Ses ve Yangın Yalıtımı Tanıtım Broşürü, Ankara, Türkiye, 2005.

Y. Yaşar, A. Pehlivan, S. Maçka, "Eğimli çatılarda havalandırma," 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu'nda sunuldu, İstanbul, 2008.

SANTRİFÜJ POMPALARIN HİDROLİK TÜRBİN OLARAK KULLANILMASI

E. Cezmi Nurşen
Standart Pompa ve Mak. San. Tic. A.Ş. İstanbul, Türkiye
cnursen@standartpompa.com

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Yeğin
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
mustafa.yegin@kocaeli.edu.tr

Prof.Dr. K. Süleyman Yiğit
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
kyigit@hotmail.com

Özet

Dünyanın enerji gereksinimi artan nüfus ve talep ile orantılı olarak artmaktadır. Bu durum enerjinin birim fiyatını artırmakla beraber enerji üreticilerini birim maliyeti düşürmek için çalışmalara sevk etmektedir. Rotadinamik pompaların ters çalıştırılarak hidrolik olarak kullanılması literatürde bilinen teknik bir konudur ve PaT (Pump as Turbine) olarak da adlandırılırlar. Uygulamada türbin olarak kullanılan pompa tiplerinden en sık görülenleri uçtan emişli norm pompalar, çift emişli pompalar veya kademeli pompalardır. Pompaya basma flanşından giren su çark içinden ters yönde geçerek emme flanşından pompayı terk ettiğinde, çark ters yönde dönerek bir hidrolik türbin olarak kullanılabilmektedir. Aynı zamanda pompa tahrikinde kullanılan asenkron motorlar, pompa türbin olarak kullanıldığında jeneratör gibi davranmakta ve elektrik üreterek şebekeye ters olarak enerji besleyebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında Standart pompa tarafından üretilmiş 100 kW gücünde 2 kademeli düşey santrifüj pompa ve asenkron elektrik motor grubu, net düşüsü 95 m, debisi 432 m3/h olan içme suyu arıtma tesisi girişine yerleştirilmiş ve test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki pompa-türbin sistemi (PaT) bu çalışma şartlarında %67 genel verimle sorunsuz olarak elektrik üretmekte şebekeye elektrik beslemektedir.

Anahtar Kelimeler: Rotadinamik Pompa, Hidrolik Türbinler, Senkron Jeneratör, Asenkron Jeneratör

Summary

The energy requirement of the world is increasing in proportion to the population and demand. While this increases the unit price of energy, it drives energy producers to work to reduce the unit cost. The hydraulic operation of rotodynamic pumps using reverse operation is a known technical issue in the literature and is also called PaT (Pump as Turbine). In the application, the pump types used as turbines are generally end suction type norm pumps, double suction types or multistage type pumps. When the incoming water from the discharge flange passes through the impeller in the opposite direction and leaves the pump from the suction flange, the pump can be used as a hydraulic turbine by turning in the opposite direction. At the same time, asynchronous motors used in the pump drive act as a generator when the pump is used as a turbine and it generates electricity and supply energy in reverse to the grid.

Within the scope of this study, a 100 kW 2-stage vertical centrifugal pump and asynchronous electric motor group produced by Standard Pompa was placed and tested at the inlet of the drinking water treatment plant with a net head of 95 m and a flow rate of 432 m3 / h. The results show that the pump-turbine system (PaT) is supplying electricity to the grid without any problem in these operating conditions with 67% overall efficiency.

Keywords: Rotodynamic Pump, Hydraulic Turbines, Synchronous Generator, Asynchronous Generator.

1. GİRİŞ

Hidroelektrik, dünyadaki en büyük yenilenebilir elektrik kaynağı olup, dünya elektriğinin yaklaşık %16'sı bu kaynaklardan üretilmektedir.[1] Türbin Olarak kullanılan Pompa (PaT) teknolojisi, nispeten daha küçük kurulu güçlerdeki hidro-enerji veya enerji geri kazanım uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu makinalar, basınç kırımı yaparken aynı zamanda elektrik enerjisi üretimi yapmak için şehir içi su dağıtım şebekelerine kurulabilir.[2]

Pompa Türbinlere olan talep günden güne artarak yükselmektedir. Hidrolik türbinlerin kullanılamadığı düşük kurulu güçlü birçok yerde kullanılabilme hususiyetleri sayısız avantajları arasındadır. Çok fazla sayıda pompa üretimi olması nedeniyle, pompadan dönüştürülmüş türbinin standardizesi hidrolik türbin tasarımından çok daha düşük maliyetlidir. [3] Düşük maliyetli oluşunun yanında pompa türbinler çok daha başka avantajlara sahiptir. Bunlar bıçak eğim değişikliği olmaması sebebiyle kolay kontrol sağlanması, kolay montaj, kimyasal ve sıcak proses sıvılarına hızlı adaptasyon sağlaması gibi üstünlükleri vardır. Pompa türbin sisteminin kullanım alanları arasında içme suyu şebekeleri ve kırsal alanlardaki mikro ölçekli hidroelektrik santralleri gelmektedir. Ayrıca içme suyu dağıtım sistemlerinde net düşünün yüksek olduğu bölgelerdeki su dağıtımında basıncın vanalar ile kırılması ile enerji kullanılmadan atılmak yerine pompa türbin ile enerjinin kazanımı söz konusudur. Kırsal kesimlerde elektrik dağıtım şebekelerinden uzakta bulunan bölgelerdeki elektrik ihtiyacını karşılamak için pompa türbin sistemleri, geleneksel türbinlerle kıyaslandığında daha ekonomik bir çözüm olabilmektedir.[4]

Hidrolik türbinler, santrifüj pompalar ile fiyat olarak karşılaştırıldıklarında oldukça pahalı kalmaktadırlar. Bu nedenle mevcut santrifüj pompaların yeniden tasarımı ile türbin modunda verimli olarak kullanmak oldukça ekonomik ve de pratik olmaktadır.

2. YÖNTEM

Proje tasarımı hedeflenen pompa türbinin ön fizibilite çalışmaları sonucu yapılabilirliği belirlendikten sonra hidrolik tasarım aşamasına geçilir. Pompa türbinler farklı özgül hızlarda, farklı hidrolik ve mekanik yapıda olan makinalardır. Yapılan çalışma kapsamında pompa türbin araştırması sırasında; - Pompa çarkları türbin modunda çalışırken, hidrolik performansları hesaplamalı akışkanlar mekaniği yöntemlerinden hareketle, iyileştirilerek, türbin modunda çalışmak için yapılabilecek değişiklikler belirlenerek çark ve salyangozda yapılması gereken modifikasyonlar belirlenmiş ve gerekli model üretimleri veya tadilatları yaptırılmış, döküm ve ardından talaşlı imalatla üretilerek prototip üzerinde deneysel olarak performans ölçümleri yapılmıştır.

Pompa Türbinler, ekonomik güç kaynağı olarak günden güne artan taleple yükseliştedir. Normal hidrolik türbinlerin kullanılamadığı birçok yerde kullanılabilme hususiyetleri sayısız avantajları arasındadır. Çok fazla sayıda pompa üretimi olması nedeniyle, pompadan dönüştürülmüş türbinin standardizesi hidrolik türbin tasarımından çok daha düşük maliyetlidir. Düşük maliyetli oluşunun yanında pompa türbinler çok daha başka avantajlara sahiptir. Pompa türbin sisteminin kullanım alanları arasında içme suyu şebekeleri ve kırsal alanlardaki mikro ölçekli hidroelektrik santralleri gelmektedir. Ayrıca içme suyu dağıtım sistemlerinde net düşünün yüksek olduğu bölgelerdeki su dağıtımında basıncın vanalar ile kırılması ile enerji kullanılmadan atılmak yerine pompa türbin ile enerjini kazanımı söz konusudur. Kırsal kesimlerde elektrik dağıtım şebekelerinden uzakta bulunan bölgelerdeki elektrik ihtiyacını karşılamak için pompa türbin sistemleri, geleneksel türbinlerle kıyaslandığında daha ekonomik bir çözüm olabilmektedir.

Pompaların Türbin Olarak Kullanılmasında (PaT) Genel Özelikler

- PaT durumunda akışkan girişi pompaya göre terstir.
- Çark dönme yönü pompa durumuna göre terstir.
- Verimler genelde PaT durumunda, pompa durumuna kıyasla %2-3 mertebesinde düşüktür.
- PaT için kullanılan elektrik motoru (veya alternatör) genelde 4, 6 veya 8 kutuplu olarak seçilir.

- Ambalman hızları genelde senkron devir hızının 1.3–1.4 katıdır
- PaT durumunda, pompa durumuna göre debi daha yüksektir.
- PaT durumunda, pompa durumuna göre basınç (basınç kırımı) daha yüksektir.

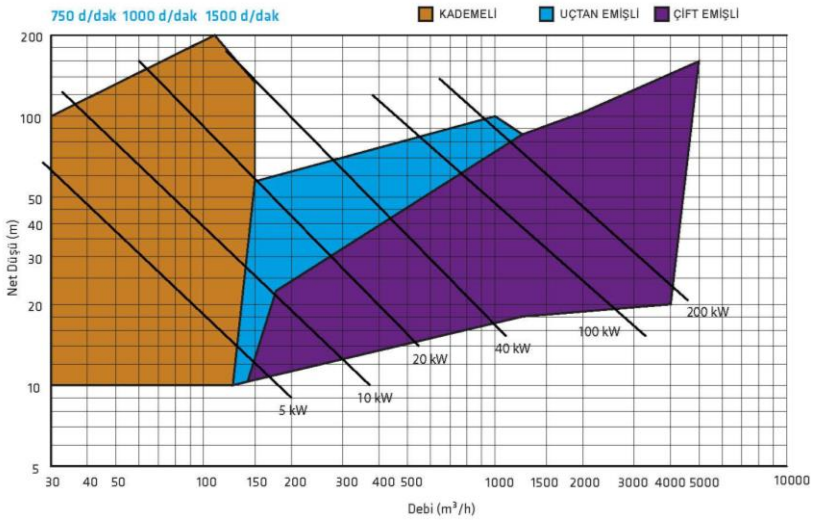
Türbinler ile PaT karşılaştırılması

TÜRBİN
• Kurulu Güç çok yüksek 10.000 MW mertebelerine kadar çıkabilir • Verimleri yüksek • İlk yatırım maliyetleri yüksek • 1-2 MW mertebesindeki türbinlerin amortisman süreleri 4-5 yıl gibi • Kompleks yapıya sahiptirler

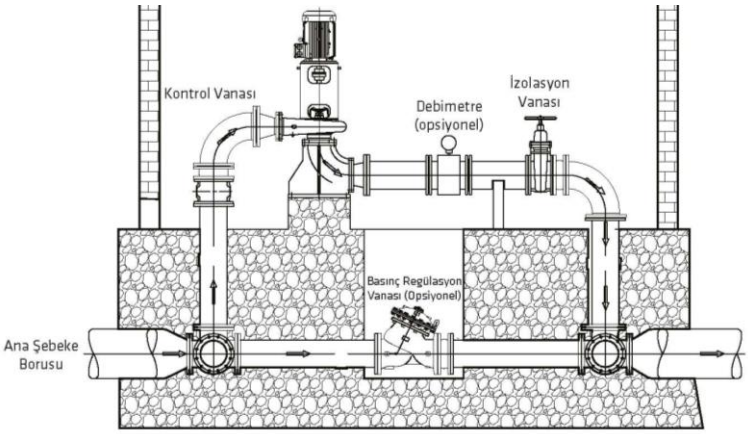
PaT Çalışma Aralıkları ve Bağlantı Şekli

PaT
• Kurulu Güç çok düşük. Genelde max 1-2 MW mertebesinde • Verimleri türbinlere nazaran düşük • İlk yatırım maliyetleri düşük • 1-2 MW mertebesindeki PaT'ların amortisman süreleri max 1 sene • Basit yapıya sahiptirler

Türbin olarak kullanılacak pompaların çalışma aralıkları ve seçim kriterleri düşü ve debiye göre aşağıdaki grafikte görülmektedir. Yüksek düşülü uygulamalarda kademeli pompa, nispeten orta yükseklik ve orta debilerde uçtan emişli, debinin yüksek olduğu uygulamalarda ise çift emişli pompaların türbin olarak kullanılması verimlilik açısından daha uygundur.



Şekil 1: Türbin olarak kullanılan farklı türde pompaların çalışma aralıkları



Şekil - 2: Türbin Dairesi Türbin, Jeneratör, Boru Hattı Ve Ekipmanların Genel Görünüşü

Örnek bir uygulama olarak temiz su arıtma tesisi girişine konulabilecek bir PaT sisteminin genel görünüşü Şekil 2 de görülmektedir. PaT sisteminde herhangi bir arıza olduğunda su basınç düşürücü vanaya yönlendirilmekte, arıtma tesisi susuz kalmamaktadır. Basınç bilgisi belirli bir değerin altına düşünce hidrolik ağırlıklı kontrol vanasının kapatılması suretiyle türbini devre dışı bırakmaya ve iğne vananın açılıp suyun By-Pass hattına yönlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda türbin sisteminin güç verim hesaplarının online takip edilebilmesi için sistem üzerinde bulunan debi ölçerden gelen analog bilgi ile basınç transmitterinden gelen bilgi panel üzerinde görüntülenerek uzaktan izlenmesinde, hesaplanmasında ve kaydedilmesinde kullanılmaktadır.

Sekil 3 de görülen ve türbin olarak kullanılan pompa ile ilk çalışma sırasında kendisini tahrik eden elektrik motoru, kritik bir debi değeri PaT içerisinden geçmeye başladığında dönme sayısı senkron devir üzerine çıkmakta ve asenkron motor elektrik üretmeye ve şebekeye sorunsuz elektrik beslemeye başlamaktadır. Elektrik şebekesinde meydana gelebilecek herhangi bir arıza durumunda (yük atması) türbin devri ve buna bağlı elektrik motoru devri artmaya başlamakta, PaT sisteminin daha fazla hızlanması önlenecek şekilde PaT girişi vana kapatılarak sistemin kendini korumaya alması sağlanmaktadır.

On-Grid sitemi olarak tasarlanan ve Trabzon'da kurulu bulunan bir içme suyu arıtma tesisi önüne konulan mikro hidro elektrik santral grubuna ait değerler ve hidro-elektrik sistemi izleme panosu Şekil 3 de görülmektedir.

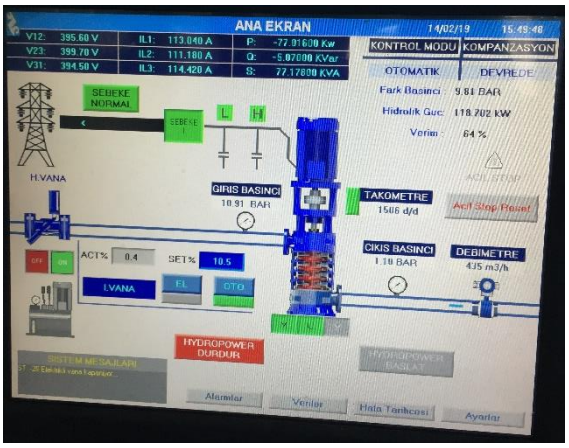
3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Pompa Türbin sistemi ön denemeleri üretim yapılan firmada yapıldıktan sonra tüm sistemin devreye alma ve kabul test denemeleri Trabzon'da kurulu bulunan temiz su arıtma tesisi girişine konulan sistem üzerinde tekrarlanmıştır. Pompa türbinden geçen debi değiştirilerek buna karşılık gelen türbin giriş ve çıkış basınç değerleri ölçülmüş, elektrik panosu üzerinde elektrik motoruna ait akım, gerilim, güç faktörü, üretilen aktif-reaktif güç değerleri okunmuş, bununla ilgili ölçülen değerler ve yapılan hesaplamalar sonucu çizilen performans grafiği Şekil 4 de sunulmuştur. Elde edilen veriler ve hesaplama sonuçları Standart Pompa Mak. San. ve Tic. A.Ş. tarafından fabrikada yapılan performans grafikleri üzerinde işlenmiş ve karşılaştırma yapıldığında her iki sonucun birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Arıtma tesisinde yapılan deneysel çalışmalar sırasında PaT grubu ve basınç düşürücü hat ayrı ayrı çalıştırılıp enterkonnekte şebeke ile paralel devreye sokulmuştur. Mikro Hidro-Elektrik Santral grubunun sorunsuz bir şekilde elektrik ürettiği ve şebekeyi beslediği görülmüştür. Denemeler sırasında herhangi bir aksaklıkla karşılaşılmamıştır.

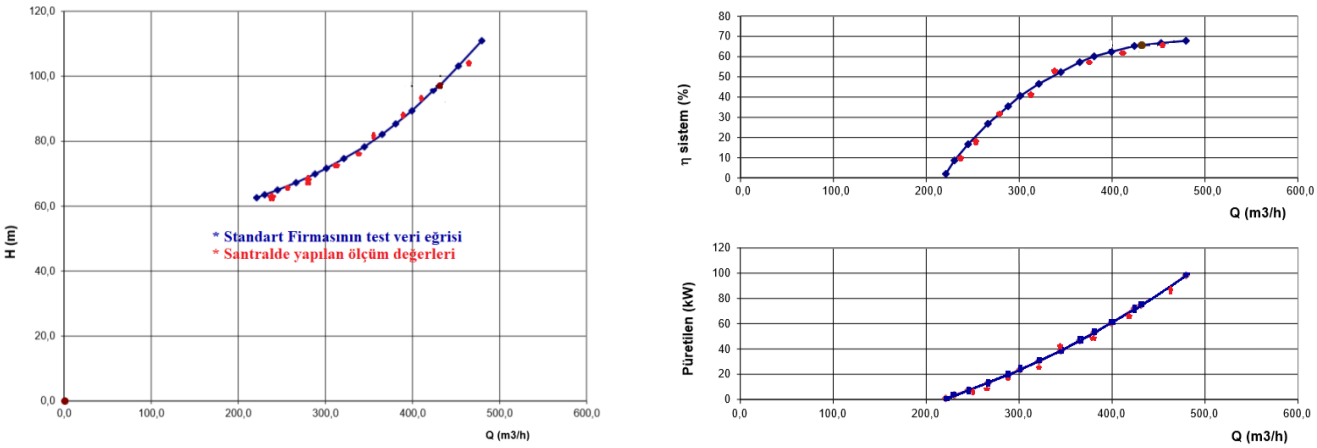


ON-GRID SİSTEM UYGULAMASI

Uygulama Yeri	: Trabzon-Türkiye
Uygulama Sahası	: İçme Suyu Arıtma Girişi
Debi	: 230 -480 m^3/h
Basınç Kırımı	: 65-110 m
Kurulu Güç	: 132 kW
Üretilen Güç	: 3-100 kW
Pat Tipi	: Düşey Çok Kademeli



Şekil 3: PaT santral ve online izleme sistemi genel görünüşü



Şekil 4: Standart Pompa fabrikasında yapılan test eğrileri ile sistemin kurulduğu yerde yapılan ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

4. SONUÇ

İçme Suyu Arıtma Tesisi girişindeki 132 kW kurulu güçte bulunan 1 adet düşey 2 kademeli Mikro Hidro-Elektrik Santrali yerinde incelenerek farklı yüklerde ve debilerde testler, yük atma ile ilgili denemeler yapılmış ve türbin olarak kullanılan pompanın, İlk yatırım maliyetleri göz önüne alındığında amortisman süresinin 1 yıldan az olması, sorunsuz çalışması, şebekeye giriş çıkışların sorunsuz olması nedeniyle fizibıl olduğu, Elektrik üretimi için alternatör yerine asenkron elektrik motoru kullanılıyor olması ve Direkt olarak elektrik şebekesine bağlandığı için regülasyon problemi yaşanmaması nedeniyle PaT tipi Mikro Hidro-Elektrik santralinin sorunsuz elektrik üretimi için tercih edilebilir olduğu anlaşılmıştır.

Kaynaklar

[1] Hydropower International Energy Agency, https://www.iea.org/topics/renewables/hydropower/

[2] M. Rossi, M. Righetti, M. Renzi, Pump-as-Turbine for energy recovery applications: the case study of an aqueduct, Energy Pprocedia 01 (2016) 1207–1214

[3] Williams, A.A., ―Pumps As Turbines for Low Cost Micro Hydro Power‖, WREC; pp. 1227-1234, 1996

[4] T. Agarwal "Review of Pump as Turbine (PAT) for Micro-Hydropower " International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 11, November 2012) 163

[5] N Raman, I Hussein, K Palanisamy and B Foo, An experimental investigation of pump as turbine for micro hydro application, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 16 (2013)12064

SİNÜS KAOTİK HARİTA VE KURTULMA HIZI OPERATÖRLERİYLE BİRLEŞTİRİLMİŞ YERÇEKİMİ ARAMA ALGORİTMASI

Emre CAN
Düzce Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği ABD
emre@emrecan.com.tr

Doç. Dr. Uğur GÜVENÇ
Düzce Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
ugurguvenc@duzce.edu.tr

Özet

Eşitsizlik ve eşitlilik kriterlerini sağlayacak şekilde olası çözümlerin içerisinden en uygun olanı seçme işlemi olan optimizasyon, mühendislik alanının en önemli konularından biridir. Optimizasyon problemlerinin çözümünde matematiksel ve sezgisel yöntemler önerilmiştir. Günümüzde biyoloji, fizik ve sürü tabanlı gibi sezgisel algoritmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada, fizik tabanlı olan yerçekimi arama algoritmasının geliştirilmesi yapılmıştır. Önerilen çalışmada, sinüs kaotik haritalandırma ve kurtulma hızı tabanlı operatörler birleştirilerek yerçekimi arama algoritmasının performansının artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, geliştirilen algoritma tek modlu, çok modlu ve çok modlu düşük boyutlu toplam 23 adet karşılaştırma test fonksiyonlarında 30 defa test edilmiştir. Test çalışmaların elde edilen minimum, ortalama ve ortanca değerlerine bakıldığında, orijinal, kaotik sarsıntılı ve kurtulma hızı tabanlı yerçekimi algoritmalarından daha iyi sonuçlar verildiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, Sinüs kaotik harita, Kurtulma hızı, Yerçekimi arama algoritması

COMBINED GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM WITH SINUS CHAOTIC MAP AND ESCAPE VELOCITY OPERATORS

Abstract

Optimization, which is the process of selecting the most appropriate solution to meet the criteria of inequality and equality, is one of the most important subjects in the field of engineering. Mathematical and heuristic methods have been proposed to solve optimization problems. Today, there are intuitive algorithms such as biology, physics and herd based. In this study, the physics based gravity search algorithm was developed. In the proposed study, it is aimed to increase the performance of the gravity search algorithm by combining sine chaotic mapping and recovery speed based operators. For this purpose, the developed algorithm has been tested 30 times in a single mode, multi-mode and multi-mode low-size total of 23 comparison test functions. When the minimum, average and median values obtained from the test studies are examined, it is seen that the results are better than the original, chaotic, jerky and recovery speed based gravity algorithms.

Keywords: Optimization, Sinüs chaotic map, Escape velocity, gravitational search algorithm

1. GİRİŞ

Optimizasyon herhangi bir problemi çözmek amacıyla karar değişkenleri ve kısıtlar altında, en uygun çözümü arama yöntemlerine denir. Karar değişkenlerinin en uygun değerlerinin bulunmasıyla o probleminin minimum veya maksimum değeri bulunur. Optimizasyon problemlerinin çözümü için sezgisel ve klasik yöntemler bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygını doğanın kusursuz yaratılmışlığından ilham alınarak canlıların hareketlerini inceleyerek oluşturulmuş genetik algoritma, parçacık sürü optimizasyonu, karınca kolonisi, yapay arı kolonisi gibi algoritmalardır. Bu çalışmada Rashedi ve arkadaşları tarafından sunulmuş yerçekimi arama algoritması (YAA) incelenerek daha hızlı çözüme gitmesi ve daha iyi sonuçlar verebilmesi için iyileştirme yapabilmektir. Newton'un yerçekimi

yasasına ve kütle etkileşimlerine dayanan algoritmayı 2009 yılında tanıtmıştırlar (Rashedi ve ark., 2009). Önerilen algoritmada arama aracıları, her biriyle etkileşime giren kütlelerin bir koleksiyonudur. Bu algoritma Newton'un "Evrendeki her parçacık her diğer parçacığı kütlelerinin çarpımı ile doğru orantılı olan ve aralarındaki mesafenin karesiyle ters orantılı olan bir kuvvetle çeker." hipotezi ile esinlenerek oluşturulmuştur.

YAA'nın yakınsama probleminin iyileştirilmesi amaçlı Ferzan 2016 yılında bazı operatörler önerilmiştir. Elde edilen sonuçların klasik YAA'ya göre daha iyi sonuçlar olduğu göstermiştir. Bu çalışmada, sinüs kaotik haritalandırma ve kurtulma hızı tabanlı operatörler birleştirilerek yerçekimi arama algoritmasının performansının artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, geliştirilen algoritma 23 adet karşılaştırma test fonksiyonlarında 30 defa test edilmiş ve karşılaştırılmalı sonuçlar verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde öncelikle bu çalışmaya esin kaynağı olmuş YAA tanıtımı yapılmıştır. Daha sonra bu algoritmanın geliştirilmesi için sinüs kaotik harita operatörü ve kurtulma hızı operatörleri tanıtılmıştır.

2.1. Yerçekimi Arama Algoritması

YAA'da nesneler ajan olarak tanımlanmış ve ajanların performansları kütleleri ile boyutlandırılmıştır. Bütün bu ajanlar birbirlerini yerçekimi ile çekerken aslında daha ağır kütleli olan nesneye doğru hareket etmiş olurlar (Rashedi ve ark., 2009).

Başlangıçta, YAA'da kullanılan yerçekimi sabiti (G), maksimum jenerasyon sayısının, bir kütlenin diğer kütlelere yapacağı etkiyi hesaplamak için kullanılan küçük bir sabitin (ε) ilk değerlerinin tanımlandığı bölümdür.

Arama uzayının tanımlanması; sistemin kaç kütleden oluşacağı bölümdür. Kütleler arama uzayına random yerleştirilirler.

$$Xi = \left(x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n\right) \quad i = 1,2,3, \dots, N \tag{1}$$

Denklem 1'de tanımlanmış x_i^d, i. Kütlenin d. boyuttaki konumunu vermektedir.

Yerçekimi sabitinin hesaplanması; başlangıç kısmında tayin edilen sabit değerin her jenerasyonda azaldığı bölümdür. Zamanla azalan yerçekimi sabiti ile arama hızı kontrol edilmektedir. Yerçekimi sabitinin jenerasyon ile değişiminin hesaplanmasında Denklem 2 kullanılır.

$$G(t) = G_0 x e^{\left(-\propto \frac{k}{K}\right)} \tag{2}$$

Bu denklemde; $G(t)$; t zamandaki evren yaşının yerçekimi sabitinin değeri, G_0; yerçekimi sabitinin başlangıç değeri, $\propto$; kullanıcının belirlediği sabit bir değer, k; anlık jenerasyon değeri, K; maksimum jenerasyon sayısını göstermektedir.
Uygunluk fonksiyonu ile uygunluk değerlerinin hesaplanması; en iyi ve en kötü (best,worst) değerlerini hesaptan seçer.
Problem mimimize edilmek istenirse denklem 3,4

$$best(k) = \min(fit_j(k)) \tag{3}$$

$$worst(k) = \max(fit_j(k)) \tag{4}$$

Problem maksimize edilmek istenirse denklem 5,6 kullanılır.

$$best(k) = \max(fit_j(k)) \tag{5}$$

$$worst(k) = \min(fit_j(k)) \quad (6)$$

Denklem 3,4,5,6'da yer alan $j = \{1, \dots, N\}$'dir. $fit_j(k), j.$ Kütlenin $k.$ Jenerasyondaki uygunluk değeri, $best(k)$ ve $worst(k)$ise sırayla $k.$ Jenerasyondaki en iyi ve en kötü çözümü ifade etmektedir.

Kütle hesabı; arama uzayında bulunan bir kütlenin aktif yerçekimsel kütlesi, pasif yerçekimsel kütlesi ve eylemsizlik kütlesi birbirlerine eşit alınarak tüm kütlüler hesaplanır. Yani;

$$M_{ai} = M_{pi} = M_{ii} = M_i \quad i = 1,2,3, \dots, N \quad (7)$$

$$M_i(k) = \frac{fit_i(k) - worst(k)}{best(k) - worst(k)} \quad (8)$$

$$M_i(k) = \frac{m_i(k)}{\sum_{j=1}^{N} m_j(k)} \quad (9)$$

M_{ai} kütlenin aktif yerçekimsel kütlesi, M_{pi} kütlenin pasif yerçekimsel kütlesi, M_{ii} $i.$ kütlenin eylemsizlik kütlesi, M_i eylemsizlik kütlesi, $m_i(k)$ $k.$ jenerasyondaki $i.$ kütlenin değeridir. Bu normalizasyon işlemleri Denklem 7,8 ve 9 da yapılmaktadır.
Kuvvet hesabı; Newton'un evrensel yerçekimi kanunundan esinlenerek iki kütlenin birbirine uyguladığı kuvveti hesaplamak için, kütleler arası mesafenin kütleler çarpımına bölünmesi ile bulunur. İki kütle arasındaki kuvvet hesaplandıktan sonra bir kütleye etkileyen toplam kuvvet hesaplanır.

$$R_{ij}(k) = \|x_i(k), x_j(k)\|_2 \quad (10)$$

Denklem 10'da tanımlanan R_{ij}, $k.$ jenerasyondaki i ve j kütleleri arasındaki mesafeyi vermektedir. Bu kütleler arasındaki kuvvet ise Denklem 11 ile hesaplanır.

$$F_{ij}^d(k) = G(k)\frac{M_{pi}(k)M_{aj}(k)}{R_{ij}(k)+\varepsilon}\left(x_j^d(k) - x_i^d(k)\right) \quad (11)$$

$F_{ij}^d(k), k.$ Jenerasyonda $d.$ boyuttaki i ve j kütleleri arasındaki kuvveti, $G(k)$ yerçekimi sabiti, $M_{pi}(k)$ ve $M_{aj}(k)$ $k.$ Jenerasyondaki $i.$ Kütlenin pasif ve aktif yerçekimsel kütlelerini, ε kullanıcı tarafından atanan sabit bir değeri, $x_j^d(k)$ ve $x_i^d(k)$ ise $k.$ Jenerasyondaki i ve j kütlelerinin $d.$ boyuttaki konumlarını belirtir.
Bir kütleyi etkileyen toplam kuvvet Denklem 12 ile yapılmaktadır.

$$F_i^d(k) = \sum_{J \in Kbest, j \neq i}^{N} rand_j F_{ij}^d(k) \quad (12)$$

$rand_j$, [0,1] aralığında verilen rastgele bir sayıdır. Kbest başlangıçta K_0kadar kütle ile başlayıp lineer olarak azalan bir değerdir.
İvme hesabı; Newton'un ikinci yasası olan ivme yasasına dayanarak kütlelerin ivmeleri Denklem 13 ile hesaplanır.

$$a_i^d(k) = \frac{F_i^d(k)}{M_{ii}^d(k)} \quad (13)$$

$a_i^d(k)$ k. Jenerasyonda $d.$ boyuttaki $i.$ kütlenin ivmesini verir.
Hız ve Konum Güncellemesi; kütlenin o andaki hızı ile o anda oluşan hız değişiminin yani ivmenin toplamına eşittir. Denklem 14'de verilmiştir.

$$V_i^d(k+1) = rand_i V_i^d(k) + a_i^d(k) \quad (14)$$

$rand_i$, [0,1] aralığında atanan rastgele bir sayıdır.
İvme sistemdeki bir kütlenin yerini değiştirmeye yarar. Bu nedenden dolayı kütlenin konumunu güncellemesi gerekir. Denklem 15'de konum güncellemesi yapılmaktadır.

$$x_i^d(k+1) = x_i^d(k) + V_i^d(k+1) \quad (15)$$

Son; maksimum jenerasyon sayısına ulaşıldığında ya da minimum hata koşulu sağlandığında, amaç fonksiyonuna en uygun kütle seçilerek algoritma sonlanır.

2.2. Sinüs Kaotik Harita Operatörü

Yapılan araştırmalara göre YAA algoritmasının dezavantajlarından birisi son döngülere doğru ajan hızları yavaşladığından ajanlar döngü sonlarına doğru kötü bölgelerde yani yerel minimumlarda arama yapmaya devam ederek en iyi çözüme ulaşamadığı belirtilmiştir (Gu ve ark., 2013, Han ve ark., 2012). Bu durum matematiksel olarak $G(t)$ yerçekimi parametresine bağlı olduğu ajanların hızlarına ve konumlarına direk etki ettiği yapılan deneylerde görülmüştür. Aramanın ilk ve orta evrelerinde en iyi çözümü yakalayabilmek için bir önceki döngüdeki değer ile güncel değeri karşılaştırarak aramanın yerel minimuma takılıp takılmadığı ile ilgili fikir elde edilebilir. Eğer bir önceki değer ile arasındaki fark değişmiyorsa yerel minimumda takılı kalınmış ve kötü durumda arama yapılıyor demektir. Bu durumda küresel en iyi sonucu vermeyecektir. Ferzan bu durumdan kurtulmak için takılma_say adında bir veriyi algoritmaya ekleyerek kötü durumda takılı kalmayı tespit etmiş, daha sonra denklem 2'de verilen yerçekimi parametresine denklem 16'da verilen sarsıntı ekleyerek ajanların kötü bölgeden ayrılıp farklı bir bölgede arama yaptırmayı başarmıştır(Güvenç ve ark., 2015, Güvenç ve ark., 2016).

$$G(t) = Sarsıntı + G_0.exp^{\left(-\propto\frac{k}{K}\right)} \quad (16)$$

Literatürde yaygın olarak kullanılan kaotik haritalardan Denklem 17'de verilen sinüzoidal fonksiyon 0,7 alınarak bu çalışmada kullanılmıştır.

$$X_{i+1} = aX_i^2 \sin(\pi X_i), \quad \text{a=2.3} \quad (17)$$

2.3. Kurtulma Hızı Operatörü

Denklem 12'de verilen ilgili ajanı etkileyen toplam kuvvet YAA algoritmasında ajanların hızları ve pozisyonlarını belirleyen en önemli eşitliktir. Aramaya katkı bakımından kütlesi büyük olan ajanın diğerlerini çektiği bilindiğinden ve mesafesi yakın olanların katkısı daha fazla olduğu bilinmektedir. 4 rastgele seçilen ajanın uzakta yer alanın Denklem 11 ve 12'ye göre toplam kuvvetleri hesaplandığında aralarında mesafeden dolayı toplam kuvvetlerinin düşük olduğu bu nedenle ise Denklem 13 ve 14'e göre de hızlarının düşeceği tespit edilmiştir. Hızlarının yavaş olması ise kötü bölgelerde arama yapmaya devam edeceği ve en iyi çözüme katkısının az olacağı düşünülebilir. Literatürdeki çalışmalarda YAA için hızların güncellenmesi ile en iyi çözüme ulaşma önerileri bilinmektedir (Khajehzadeh ve ark., 2012, Jiang ve ark., 2014, İbrahim ve ark., 2015).

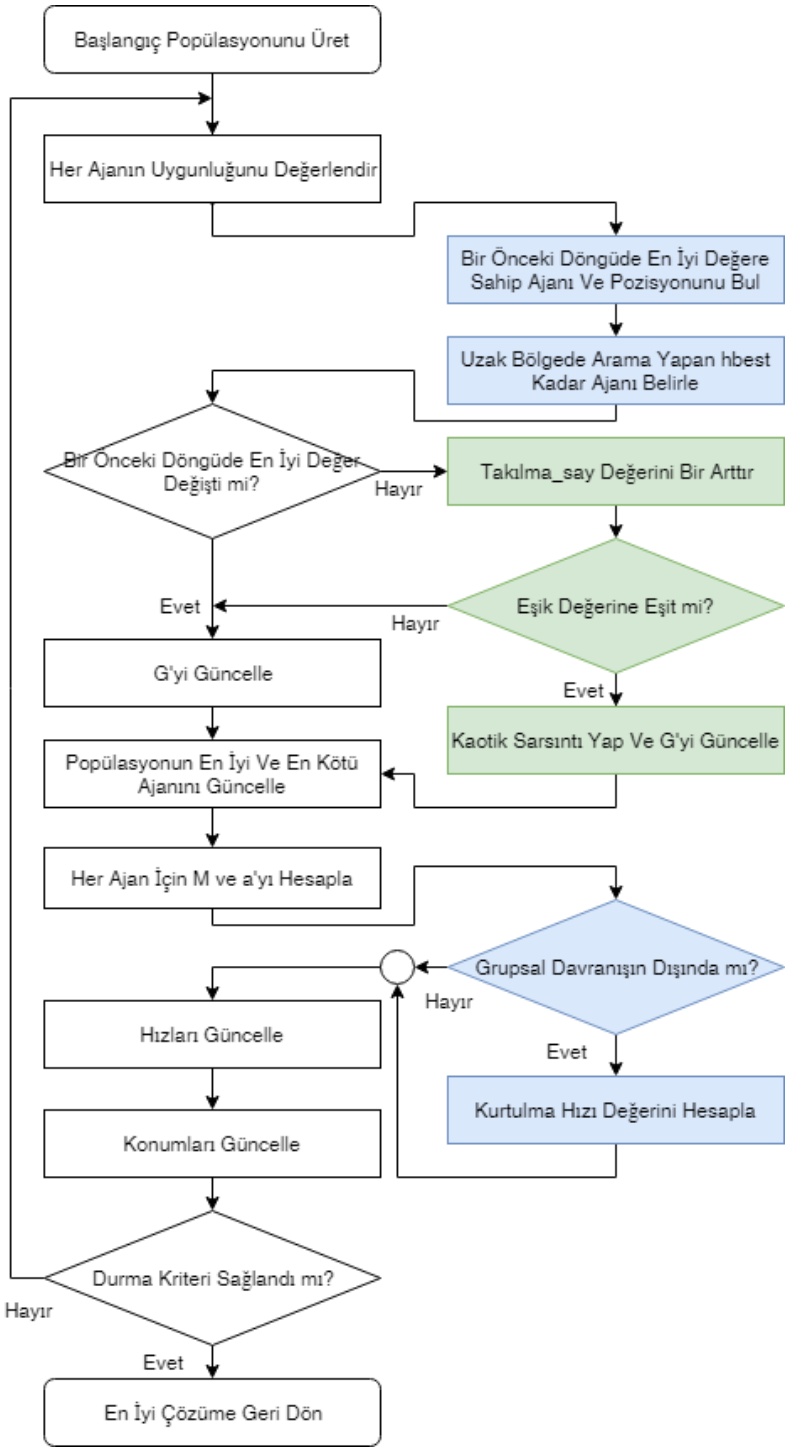
Bu çalışma için fizikte üç boyutlu bir uzaydaki cismin kendine etki eden kütle çekim alanından kurtulabilmesi için minimum olarak ulaşması gereken hız olan kurtulma hızından faydalanılmıştır. Denklem 18'de V_k kurtulma hızı, M kaçılan cismin kütlesi, m kaçan cismin kütlesi, G kütlesel çekim sabiti, r cismin merkezi ile kurtulma hızının hesaplandığı nokta arasındaki mesafedir.

$$\frac{1}{2}mV_k^2 = \frac{GMm}{r} \quad (18)$$

Ferzan (2016) yapmış olduğu çalışmada Denklem 14'de hızları klasik yol ile hesaplandıktan sonra kurtulma hızıda hesaba eklenerek yeni bir boyut kazandırılmıştır. YAA'dan ayrılan özelliği olarak hız güncellemelerini ayrı bir parametrede yapılmıştır. Bu güncellemeler öncesinde ajanların en büyük

kütleli ajana uzaklığına bakılarak gruplamış, uzakta yer alan ajan grubunda ise Denklem 18'e göre hesaba katmış, uzakta değilse klasik yolla hesap yaptırmıştır.

Şekil 1'de birleştirilmiş algoritmanın akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 1. Kaotik harita ve kurtulma hızı eklenmiş YAA akış diyagramı

3. SONUÇ

Bu çalışmada bahsedilen iki operatör olan sinüzoidal kaotik harita ve kurtulma hızı klasik YAA'na eklenerek Tablo 1'de tek modlu test fonksiyonları, Tablo 2'de çok modlu test fonksiyonları ve Tablo 3'de çok modlu çok düşük boyutlu test fonksiyonları olan 23 adet bechmark fonksiyonlarında test edilmiş *G0*=20, α=100, döngü=30, N=30, boyut=30, kaos başlangıç değeri 0.7 değişkenleri seçilerek çalışma boyunca hiç değiştirilmemiştir. Sonuçlar genetik algoritma (GA), parçacık sürü optimizasyonu (PSO), kaotik sarsıntılı yerçekimi arama algoritması (KSYAA), kurtulma hızı yerçekimi arama algoritması (KHYAA) olarak karşılaştırılmış, bu çalışmada önerilen kaos kurtulma hızı yerçekimi arama algoritması ile karşılaştırılmıştır. Tablolarda en iyi (minimizasyon) değer, ortanca (15. döngü) değer ve ortalama değerler ile kıyas yapılmıştır. İterasyon sayısı tek ve çok modlu test fonksiyonlarında 1000, çok modlu düşük boyutlu test fonksiyonlarında 500 alınmıştır. Sonuçlara bakıldığında tüm fonksiyonlarda daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Tablo 1. Tek Modlu Test Fonksiyonları Sonuçları

		GA	PSO	YAA	KSYAA	KHYAA	KKHYAA
f_1	En iyi	9.6732	1.11×10^{-4}	9.41×10^{-19}	3.48×10^{-22}	2.63×10^{-21}	2.03×10^{-29}
	Ortancası	21.3478	1.4×10^{-3}	2.11×10^{-18}	2.03×10^{-23}	3.96×10^{-21}	2.63×10^{-28}
	Ortalaması	23.1591	2.3×10^{-3}	2.21×10^{-18}	8.10×10^{-16}	4.18×10^{-21}	1.04×10^{-28}
f_2	En iyi	0.7123	6.78×10^{-5}	1.49×10^{-9}	4.75×10^{-11}	1.95×10^{-10}	3.56×10^{-14}
	Ortancası	1.2134	0.0023	2.32×10^{-9}	1.27×10^{-11}	2.94×10^{-10}	1.59×10^{-13}
	Ortalaması	1.1123	2.0021	2.34×10^{-9}	8.11×10^{-8}	3.01×10^{-10}	2.29×10^{-12}
f_3	En iyi	395.78	139.77	98.35	2.25×10^{-18}	52.29	46.32
	Ortancası	569.10	226.89	222.21	2.97×10^{-22}	117.066	70.16
	Ortalaması	561.68	411.45	238.12	4.77×10^{-15}	116.48	93.54
f_4	En iyi	9.4512	5.4789	2.14×10^{-8}	2.51×10^{-11}	4.2×10^{-11}	8.3×10^{-12}
	Ortancası	11.8921	7.6723	3.19×10^{-8}	6.03×10^{-12}	6.37×10^{-11}	9.37×10^{-11}
	Ortalaması	11.6734	8.2144	3.51×10^{-8}	1.62×10^{-8}	0.16405	6.57×10^{-11}
f_5	En iyi	544.87	82.1987	25.69	25.69	25.02	21.01
	Ortancası	1110.21	$1.68\times10^{+2}$	26.14	26.14	26.11	22.91
	Ortalaması	1110.14	$3.7\times10^{+5}$	29.63	29.63	28.31	24.77
f_6	En iyi	4.1165	6.12×10^{-3}	9.45×10^{-17}	0	0	0
	Ortancası	24.5645	6.68×10^{-3}	2.11×10^{-16}	0	0	0
	Ortalaması	24.0321	0.0009	2.11×10^{-16}	0	0	0
f_7	En iyi	0.0431	0.0298	0.0431	0.07	0.00384	0.00113
	Ortancası	0.0587	0.0512	0.0587	0.06	0.01133	0.00205
	Ortalaması	0.567	0.0412	0.0567	0.51	0.01335	0.00291

Tablo 2. Çok Modlu Test Fonksiyonları Sonuçları

K.F		GA	PSO	YAA	KSYAA	KHYAA	KKHYAA
f_8	En iyi	—1.2 ×	$-1.06\times10^{+4}$	-3.67×10^{3}	-9.05×10^{3}	-7.68×10^{3}	-9.69×10^{3}
	Ortancası	—1.2 ×	$-2.79\times10^{+3}$	-2.91×10^{3}	-6.99×10^{3}	-6.22×10^{3}	-8.92×10^{3}
	Ortalaması	—1.2 ×	$-9.98\times10^{+3}$	-2.91×10^{3}	-6.77×10^{3}	-6.19×10^{3}	-8.28×10^{3}
f_9	En iyi	3.7689	35.5423	8.98	8.95	8.87	5.90
	Ortancası	5.6897	56.5689	15.88	9.94	9.64	6.14
	Ortalaması	5.9876	55.1256	15.65	9.94	9.98	6.52
f_{10}	En iyi	1.3425	0.0034	2.87×10^{-9}	8.04×10^{-12}	1.72×10^{-11}	2.20×10^{-14}
	Ortancası	2.1342	0.0085	3.87×10^{-9}	2.24×10^{-12}	2.55×10^{-11}	2.47×10^{-14}
	Ortalaması	2.1458	0.0089	3.44×10^{-9}	1.97×10^{-9}	2.58×10^{-11}	2.79×10^{-14}
f_{11}	En iyi	1.0479	0.000611	1.43	0.0073	1.1453	0.00007
	Ortancası	1.1345	0.0076	3.78	0.0474	1.4254	0.00095
	Ortalaması	1.1578	0.0123	3.88	0.0515	1.6897	0.00206
f_{12}	En iyi	0.0139	0.000667	6.65×10^{-20}	3.80×10^{-24}	3.59×10^{-24}	3.36×10^{-25}
	Ortancası	0.0378	0.2311	2.54×10^{-19}	4.92×10^{-24}	4.24×10^{-24}	8.24×10^{-24}
	Ortalaması	0.0562	0.2345	0.0498	5.03×10^{-24}	8.12×10^{-24}	4.49×10^{-24}
f_{13}	En iyi	0.0251	1.3×10^{-31}	5.67×10^{-33}	7.95×10^{-23}	5.18 × 10—23	3.23 × 10—24
	Ortancası	0.0367	2.2×10^{-23}	2.54×10^{-32}	9.17×10^{-23}	1.12 × 10—22	8.92 × 10—23
	Ortalaması	0.0872	3.11×10^{-18}	2.89×10^{-32}	9.30×10^{-23}	8.43 × 10—22	4.30 × 10—23

Tablo 3. Çok Modlu Çok Düşük Boyutlu Test Fonksiyonları Sonuçları

K.F.		GA	PSO	YAA	KSYAA	KHYAA	KKHYAA
f_{14}	En iyi	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980
	Ortancası	0.9980	0.9980	3.30	0.9980	1.9920	0.9980
	Ortalama	0.9980	0.9980	4.72	1.1965	2.5051	0.9980
f_{15}	En iyi	0.0011	3.07×10^{-4}	0.0016	3.84×10^{-4}	3.20×10^{-4}	2.99×10^{-4}
	Ortancası	0.0017	7.02×10^{-4}	0.0022	0.00103	7.15×10^{-4}	3.38×10^{-4}
	Ortalama	0.0040	0.0028	0.0018	0.00107	7.69×10^{-4}	4.57×10^{-4}
f_{16}	En iyi	—1.0313	—1.0316	—1.0316	—1.0316	—1.0316	—1.0316
	Ortancası	—1.0315	—1.0316	—1.0316	—1.0316	—1.0316	—1.0316
	Ortalama	—1.0313	—1.0316	—1.0316	—1.0316	—1.0316	—1.0316
f_{17}	En iyi	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979
	Ortancası	0.3980	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979
	Ortalama	0.3996	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979	0.3979
f_{18}	En iyi	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Ortancası	5.70	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Ortalama	5.75	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
f_{19}	En iyi	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628
	Ortancası	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628
	Ortalama	—3.8627	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628	—3.8628
f_{20}	En iyi	—3.3220	—3.3220	—3.3220	—3.3220	—3.3220	—3.3220
	Ortancası	—3.3217	—3.2031	—3.3220	—3.3220	—3.3220	—3.3220
	Ortalama	—3.3098	—3.2369	—3.3220	—3.3180	—3.2625	—3.2625
f_{21}	En iyi	-10.1527	-10.1532	-10.1532	-10.1532	-10.1532	-10.1532
	Ortancası	—2.6824	—5.1008	-10.1486	—10.1530	—10.1531	—10.1531
	Ortalama	—5.6605	—5.7496	—9.9541	—7.4141	—7.2196	—7.2196
f_{22}	En iyi	—10.4029	—10.4029	—10.4029	—10.4029	—10.4029	—10.4029
	Ortancası	—10.3932	—10.4029	—10.4029	—10.4029	—10.4029	—10.4029
	Ortalama	—7.3421	—9.1118	—10.4008	—10.4029	—10.4029	—10.4029
f_{23}	En iyi	—	—10.5364	—10.5364	—10.5364	—10.5364	—10.5364
	Ortancası	—4.5054	—10.5364	—10.5364	—10.5364	—10.5364	—10.5364
	Ortalama	—6.2541	—9.7634	—10.5364	—10.5364	—10.5364	—10.5364

4. TARTIŞMA

Yerçekimi Arama Algoritmasında meydana gelen yerel minimum noktalara takılma probleminin engellenmesini amaçlamak için yöntem önerilmiştir. Bu amaçla litertürdeki tek modlu, çok modlu ve çok modlu düşük boyutlu fonksiyonlarda testler yapılmıştır. Önerilen bu yöntemin diğer yöntemlerden edilen sonuçlarda karşılaştırılması yapıldığında en iyi çözüm verdiği görülmektedir. Bu sayede optimizasyon problemlerinde kullanılmak üzere alternatif bir yöntem olabilir. Bu çalışma sonucunda optimal güç akış problemi, ekonomik yük dağıtım problemleri gibi klasik problemlere çözümler aranması yapılabilir.

KAYNAKLAR

Gu, B., Pan, F. (2013), Modified Gravitational Search Algorithm With Particle Memory Ability And Its Application, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 9(11), 4531-4544

Güvenç U., Katırcıoğlu F. (2015), GSA Algoritmasının Değişkenlerinin İncelenmesi Ve En Uygun Değerlerinin Tespiti, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi,* 4(1)

Güvenç U., Katırcıoğlu F. (2016), En iyi ajana özel davranış: Geliştirilmiş Yerçekimi Arama Algoritması. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, *3*(1).

Han, X., Chang, X. (2012), A Chaotic Digital Secure Communication Based On A Modified Gravitational Search Algorithm Filter, *Information Sciences*, 208, 14-27.

İbrahim, İ., İbrahim Z., Ahmad, H., Jusof Z. M., Nawawiİ, S. W., Mubin, M. (2015), An Assembly Sequence Planning Approach With A Rule-Based Multi-State Gravitational Search Algorithm, *The International Journal of Advanced Manufacturing*, 75(5-8), 1363-1376.

Jiang, S., Jİ, Z., Shen, Y. (2014), A Novel Hybrid Particle Swarm Optimization and Gravitational Serach Algorithm For Solving Economic Emission Load Dispatch Problems With Various Practical Constraints, *International Journal of Electrical Power & Energy*, 55, 628-644.

Katırcıoğlu, F. (2016), *Yerçekimi Arama Algoritması İçin Yeni Operatörlerin Geliştirilmesi,* Düzce Üniversitesi Doktora Tezi.

Khajehzadeh, M., Taha, M. R., El-shafie, A., Eslami, M. (2012), "A Modified Gravitational Search Algorithm For Slope Stability Analysis, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(8), 1589-1597.

Rashedi, E., Nezamabadi-pour, H., Saryazdi, S. (2009), GSA: A Gravititational Search Algorithm, *Information Sciences*, 179, 2232-2248.

AŞINDIRICI SU JETİ İLE TORNALAMA İŞLEMİ

Muhammet BÖLÜKBAŞ[1], Nimet ÖZKAYA[1]

[1]düzce üniversitesi,teknoloji fakültesi,imalat mühendisliği,düzce,türkiye
mbolukbas35@gmail.com

Özet

Gelişen teknolojinin her kademesinden, günümüze kadar başarıyla gelen bir çok imalat yöntemi vardır.Bu yöntemlerden biriside aşındırıcı su jetleridir.Aşındırıcı su jetlerinin kullanımı , aşındırıcı parçacıkların gelen yüksek basınçtaki suya katılmasıyla daha sert malzemelerin işlenmesini kolaylaştırmasıdır. Aşındırıcı su jetiyle yapılan işlemlerden biriside tornalama işlemidir.Bu işlem, iş parçasınajetinx-y-z modelinde sürekli kaydırılması sırasında çalışılan parçanında döndürülmesiylegerçekleştirilmektedir. Frezeleme işleminde olduğu gibi tornalama işleminde de aşındırıcı su jeti ile tornalama prosesi su basıncı, aşındırıcı akış miktarı ve yanal hız oranı gibi işleme parametrelerine bağlı olarak olumlu veya olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu çalışmada su jeti ile tornalama işleminin nasıl uygulandığı, nerelerde kullanıldığı, talaşlı imalat sektöründeki yeri araştırılmıştır. Bununla birlikte bu yöntemin avantaj ve dezavantajları belirlenerek imalat sektöründeki önemi ortaya çıkarılmıştır. Yine bu yöntemle işlenen parçaların yüzey kalitesindeki değişimler tespit edilmiş diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Son olarak aşındırıcı su jeti ile tornalamanın ileriye dönük nasıl bir öneme sahip olacağına vurgu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aşındırıcı su jeti , Tornalama , Yüzey kalitesi

Abstract

There are many manufacturing methods that have been successful in every stage of developing technology. One of these methods is abrasive water jets. The formation of abrasive water jets is to facilitate the processing of harder materials by adding abrasive particles to the water at high pressure. This process is performed by rotating the workpiece in the workpiece during continuous displacement of the jet in the x-y-z model. As with the milling process, the turning process with the abrasive water jet is also affected positively or negatively due to the processing parameters such as water pressure, abrasive flow rate and lateral velocity ratio. In this study, how to apply water jet turning, where it is used and its place in machining sector is investigated. However, the advantages and disadvantages of this method were determined and its importance in the manufacturing sector was revealed. Again, changes in surface quality of the treated parts were compared with the other methods. Finally, it is emphasized that the importance of turning with abrasive water jet will be important in the future.

Keywords: Abrasive water jet, Turning, Surface quality

1. GİRİŞ

Sanayileşmenin en büyük amacı yeni bir teknoloji üretebilmek ve üretilen yeni teknolojinin günlük hayatta kullanılarak günlük hayatı kolaylaştırmaktır.Bu üretilen teknolojilerden birtanesi de sade su jetleri ve aşındırıcı su jetleridir. Sade Su Jeti (SJ) ve Aşındırıcılı Su Jeti (ASJ) endüstri içerisinde temizleme, kesme, delik açma, frezeleme, tornalama işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır.(1)

Su jetlerinin kullanımı 1970’ lerin başında yüksek hızlara ve basınca sahip olan su jetlerinin kullanımı ile başlamıştır. Yumuşak malzemelerin kesiminde çok kullanışlı bir çözüm olmasına rağmen metal ve seramik gibi sert malzemelerin kesimlerinde ve işlem görmesinde daha az başarılı olduğu görülmekteydi. Gürültülü ve pahalı olan su jetleri zaman içerisinde teknolojinin gelişme göstermesiyle içine aşındırıcı tanecikler ilave edilerek daha sert olan metal, seremik ve titanyum vb. malzemelerin işlenmesinde çok önemli bir metod olmuştur.Aşındırıcı su jetiyle ile kesme işlemi, giderek yaygınlaşan bir kesme işlemi metodu olmuştur. Aşındırıcı su jetlerinin ilk kullanımı 1980’li yılların

başında gerçekleşmiştir.Lal taşının işlenerek daha küçük parçacıklara ayrılması sonucunda garnet adı verilen taneciklerin basınçlı suya katılması sonucunda aşındırıcı su jetleri, metal malzemeler, plastik, cam, seramik vb. gibi geniş yelpazedeki birçok malzemenin işlenmesinde kullanılmıştır. ASJ, yüzeyde ısıl gerilmelere yol açmaması, freze, torna gibi tezgahlarda kullanılan kesici uçların yıpranmamasında ve aşındırıcı su jetlerinin kısa zamanda kesme işlemi gerçekleştirmesinden dolayı geleneksel kesme işlemleri arasında yerini almıştır (2)

Aşındırıcı su jetleri düz yüzeylerde yaptıgıfrezeleme ve kesme işlemleri gibi, dönmekte olan iş parçalarına aşındırıcı su jeti uygulayarak işlenmesini sağlamaktadır.Bu durumda aşındırıcı su jetinindeki nozulun, torna kalemi şeklinde davranması sonucunda malzeme üzerindeki parçacıkların aşınması esasına dayanır.Aşındırıcı su jeti ile geleneksel torna kalemi arasında temel bir fark daha vardır. jet, iş parçasının yüzeyi aracılığıyla yansıtılması sonucunda talaş alma miktarını önemli derecede etkiler[6].Seramikler, çok sert alaşımlar ve karmaşık metal kompozitleri gibi kesilmesi zor döner simetrideki malzemelerin işlenmesini ve üretilmesi kolaylaştırabilir.Aşındırıcı su jeti, bir x-y-z modelinde sürekli kaydırılması sırasında çalışılan parçanın döndürülmesi işlemiyle gerçekleşir.Aşındırıcı su jetiyle tornalamanın önemli bir avantajı, işlenmesi zor malzemelerden yapılmış olan hassas millerin (çubukların) çok küçük çaplara kadar işlenmesine olanak tanıyan zayıf kesme kuvvetleridir.(3)

Bu çalışmada aşındırıcı su jetlerinin çalışma prensibi, aşındırıcı su jetlerinde kullanılan aşındırıcı parçacıklar hakında bilgi ve aşındırıcı su jetiyle tornalama işleminin nasıl yapıldıgı, geleneksel tornalama işlemine göre avantaj ve dezavantajları anlatılmaktadır.

2. AŞINDIRICI SU JETLERİ

Su jetleri, metal, seramik, kompozit vb. malzemeleri kesme işleminde yeterli olamadığı için aşındırıcı malzemelerin su jetlerine katılması sonucunda bu malzemelrin işlenmesini sağlamıştır.

Aşındırıcı su jetleri, basınçlandırılmış suyun orifisten geçmesinden sonra karıştırma odasına gelir,karıştırma odasında yüksek basıncın sağladığı emiş kuvvetinin etkisiyle aşındırıcıyla karışır. Bu dar karıştırma odasında basınçlı su ve aşındırıcı malzemenin karışması sonrasında yüksek hızlar kazanarak işlenmesi zor olan malzemelerin işlenmesi olayı gerçekleşmektedir.(4)

AŞINDIRICI SU JETİNİN TARİHÇESİ	
TARİH	GELİŞME
1950 ~	Altın madenciliğinde çeşitli deneyler.
1960 ~	700 Bar'da su jeti kullanımı, Exotech Inc.Virginia Terraspace Inc. (ABD) endüstriyel denemeler, O.Imanaka Tokyo (JAPONYA) ağaç kesimi,
1971	Ticari anlamda ilk yüsek basınçlı su pompası.
1971	Endüstriyel uygulama, kağıt boruların kesimi.
1981	Patenti alınmış ilk aşındırıcı su jeti
1990	Patentli aşındırıcılı su jeti ile işlemelerin başlangıcı.
1991	Süspansiyonlu su jeti jetlerinin kullanımı.
1995	Kesme işlemlerinde sıvı azotun kullanımı.
1999	7000 Bar basınçta aşındırıcı su jeti kullanımı.
2000	7000 Bar üstü basınçlarda aşındırıcı su jeti kullanımı.

Şekil 1. Aşındırıcı su jetinin tarihçesi

2.1.AŞINDIRICI SU JETİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Aşındırıcı su jeti ile kesme sistemi, 3000-7000 bar basınçları arasındaki suyun karıştırma odasında aşındırıcı malzeme katılarak ve bu aşındırcı su karışımının 0.1 ile 1.0 mm çapları arasında değişen bir lüleden geçirilmesi sonucunda elde edilen yüksek hızlardaki aşındırcı su jeti karışımının çarpma etkisiyle malzeme üzerindeki parçacıkların aşındırması ve bunun sonucu olarak da parçanın işlenmesi esasına dayanır.(8)

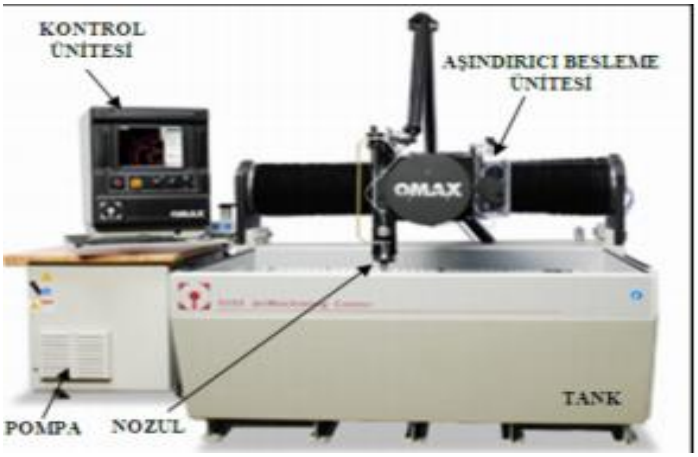
Sabit basınç altındaki suyun kazandığı hızın hesabı V = (2P/d)1/2 Ve yüzeye etki eden kuvvet hesabıda F = d*V2 *A dır.

Suyun erozyon ile kesme kapasitesi, suyun sahip olduğu hızın yarattığı kinetik enerji (KE) ile tanımlanır. Kinetik enerjinin hesabı ise; KE=mV2 /2 (J) dır.

Kinetik enerji eşitliğinden parça üzerindeki kesim performansının, suyun debisi ile ve jet hızının karesi ile orantılı olduğu görülmektedir.(1,2)

Malzemelerin aşındırcı su jetiyle kesme yöntemiyle işlenebilmesi için, aşındırcı su jeti karışımının çarpmasıyla malzeme yüzeyinde oluşan gerilme değeri ve malzemelerin sahip olduğu ortalama sıkıştırma dayanımı değerinden yüksek olması gerekir. (5)

2.1.1.AŞINDIRICI SU JETİ MAKİNESİNİN ELEMANLARI



Şekil 2.Aşındırıcı su jeti

Kontrol ünitesi : Yüksek basınç pompasının çalışmasını, x-y-z eksenlerinin hareketlerinin bundan dolayı nozul hareketinin ve aşındırıcı belseme sistemini kontrol edilmesi sağlar.Sisteme bağlı bilgisayar yardımıyla kontrol edilir.

Pompa: Nozul sistemi ile jet karakteristiği kazandırılan suyun ilk olarak pompa yardımıyla basınçlandırılması ve suyun sisteme devamlı akışı sağlamaktadır.Aşındırıcı su jeti ile kesme sistemlerinde kullanılan pompa tipleri, doğrudan tahrikli ve basınç yükselticili olan tiplerdir.

Basınç yükselticiler: Aşındırcı su jeti ile kesme işleminde ortalama 4000 Bar civarında basınç gerekmektedir. Geleneksel pompaların 4000 Bar gibi yüksek basınçlara çıkamadığı için özel basınç yükseltme sistemleri ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Aşındırıcı su jetiyle kesme sistemlerinde çift etkili ve kademeli olmak üzere iki faklı basınç yükseltme sistemi kullanılmaktadır.

Aşındırıcı besleme ünitesi ve aşındırıcılar:Aşındırıcı su jeti ile parçacı işlemede kullanılan aşındırıcı malzemelerin endüstride kullanımı, Aşındırıcı su jetinin endüstriye girmesinden daha eski birtarihe dayanmaktadır.Örneğin;kumlama tezgahlarındakullanılan garnet, çelik bilya, cüruf gibi aşındırıcılar, aşındırıcı tane boyutu dağılımı ve saflığı Aşındırıcı su jeti uygulamalarında olduğu gibi önem sarf etmemektedir. (4).

2.1.2.AŞINDIRICI SU JETİYLE KESİLEBİLECEK MALZEMELER

Aşındırıcılı sistem kesme kabiliyetinin yüksek olması nedeniyle katmanlarına ayrılmayan malzemeler hariç hemen tüm malzemelerin işlenmesinde kullanılabilir.Aşındırıcı su jetiyle kesilen malzemeler;(6)

Aşındırıcılı su jeti nozulu ile kesilebilecekler	
Sertleştirilmiş takım çeliği	Plastik
Titanyum	Nylon
Alüminyum	Grafit
Sert lastik	Seramiklerin hemen hepsi
Pirinç	Karbon fiberi
İnconel	Kompozitler
Hastalloy	Granit
Bakır	mermer
Egzotik malzemeler	Taş
Yumuşak çelikler	Sert ve kalın ahşap
Paslanmaz çelikler	Cam ve kurşun geçirmez cam

Şekil 3. Aşındırıcı su jeti ile kesilebilen bazı malzemeler

2.2.AŞINDIRICI SU JETİNDE KULLANILAN AŞINDIRICI MALZEMELER

Aşındırıcı su jetiyle kesmede kullanılan aşındırıcılar çelik, cam, titanyum, garnet, olivin, cüruf, aluminyum oksit ve silis kumudur. Lal taşının işlenmesi sonucunda elde edilen garnet % 90'lık kullanım oranına sahip olmasından dolayı en çok tercih edilen aşındırıcı malzemedir.Garnet nehir yataklarından elde edilmektedir, nehir yataklarında sürekli akan suyun etkisiyle yuvarlatılmış kaya yapısına sahip olmuştur.Garnet ögütme işlemi sonrasında keskin köşeli, düzensiz şekilli tanecikler halini almaktadır.

Bu geometriye sahip olan aşındırıcı, kesmede daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.Garnet bu yüzden çok sert malzemelerin işlenmesinde tercih edilir.Daha düşük sertlikteki malzemelerin işlenmesinde ise olivin tercih edilir. Olivinin sertliği garnete göre daha düşük olması ve garnetten daha ucuz olası yumuşak malzemelerin işlenmesinde tercih edilir.Olivinin garnete göre yararı, nozul ömrünü artırmasıdır.

Aşındırıcı su jeti performansını önemli ölçüde etkileyen faktörler; Tane yapısı, tane sertliği, tane mekanik özelliği, tane şekli, tane boyut dağılımı ve ortalama tane boyutudur.Bunun üzerine yapılmış

deneylerin sonucunda, aşındırıcının sertliği kesme derinliğini arttırdığı görülmüştür. Daha sert aşındırıcı parçacıkla daha yüksek işleme hızları görülmüştür.Aşındırıcı su jetiyle kesmede kullanılan aşındırıcıların, Mohs ve Knoop skalalarında sertlikleri gösterilmektedir.(4)

AŞINDIRICI MALZEMELERİN SERTLİKLERİ		
AŞINDIRICI	SERTLİK	
	MOHS	KNOOP
ALÜMİNYUM OKSİT	8-9-	2100
BAKIR CÜRUFU	-	1050
GARNET	7,5	1350
CAM KIRIĞI	5,5	400-600
SERT KAYA GARNET	8+	-
OLİVİN	5,5	1100
SİLİKON KARBÜR	9,15	2500
SİLİS KUMU	-	700
ÇELİK BİLYA	-	400-800
ZİRKONYUM	-	1300

Şekil 4. Aşındırıcı su jetinde kullanılan aşındırıcıların sertlikleri

2.3.AŞINDIRICI SU JETİYLE TORNALAMA İŞLEMİ

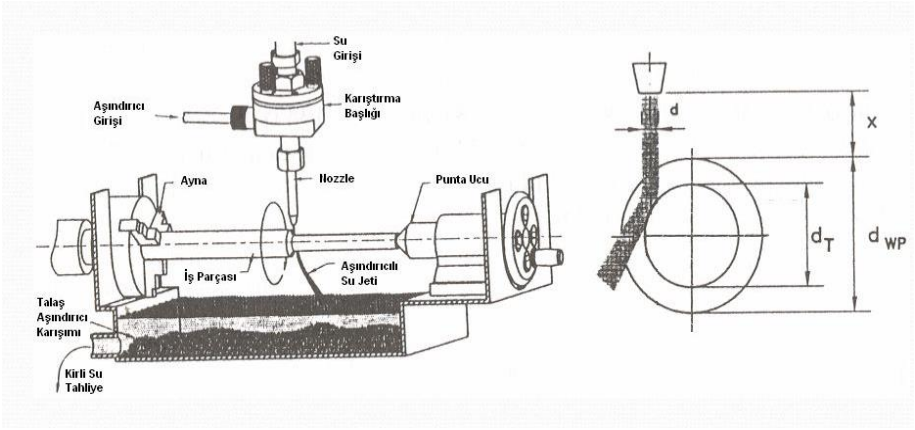
Aşındırıcı su jetleri düz yüzeylerde yaptıgıfrezeleme ve kesme işlemleri gibi, dönmekte olan iş parçalarına aşındırıcı su jeti uygulayarak işlenmesini sağlamaktadır.Bu durumda aşındırıcı su jetinindeki nozulun, torna kalemi şeklinde davranması sonucunda malzeme üzerindeki parçacıkların aşınması esasına dayanır.Aşındırıcı su jeti ile geleneksel torna kalemi arasında temel bir fark daha vardır. jet, iş parçasının yüzeyi aracılığıyla yansıtılması sonucunda talaş alma miktarını önemli derecede etkiler[6].Seramikler, çok sert alaşımlar ve karmaşık metal kompozitleri gibi kesilmesi zor döner simetrideki malzemelerin işlenmesini ve üretilmesi kolaylaştırabilir.Aşındırıcı su jeti, bir x-y-z modelinde sürekli kaydırılması sırasında çalışılan parçanın döndürülmesi işlemiyle gerçekleşir.Aşındırıcı su jetiyle tornalamanın önemli bir avantajı, işlenmesi zor malzemelerden yapılmış olan hassas millerin (çubukların) çok küçük çaplara kadar işlenmesine olanak tanıyan zayıf kesme kuvvetleridir.Aşındırıcı su jeti ile tornalama işlemini etkileyen faktörler;

Su basıncı: Yüksek su basıncı genellikle daha düzgün yüzeyler ve yüksek işleme hızları sağlar. Fakat yüzey dalgalarının yanal hız oranı, aşındırıcı akışındaki düzensizliklere duyarlılığı kritik hâle gelir.

Aşındırıcı kütle akışı: Aşındırıcı kütle akışını artırmak, jetin kesme veriminin azalmaya başladığı bir noktaya kadar yüzey dalgalılığını azaltır. Bu da aşındırıcı kütle akışında optimum bir değerinin var olduğunu gösterir.

Dönme: Dönme hızı, yüzey dokusunun karakteristiğini etkilemez. Bu durum, saniyede birkaç metre olan yüzey hızını, saniyede 300 - 500 metre olan parçacık hızıyla karşılaştırılarak anlaşılabilir. Dönme hızına oranla dönüş yönü daha önemlidir. Eğer dönen parça yüzeyi, jete doğru dönüyorsa yüzey daha dalgalı olur.

Jet açısı: Eğer jet, kayma yönünde işlenen parçaya doğru eğilirse yüzeyin dalgalığı artar.
Yanal ilerleme hızı: Yanal ilerleme hızı, diğer parametreler kadar yüzey kalitesini etkilemez(3,7)



Şekil 5.Aşındırıcı su jetiyle tornalama işlemi

2.3.1.AŞINDIRICI SU JETİYLE TORNALAMANIN AVANTAJLARI

- Maliyeti geleneksel tornalara göre ucuzdur.
- Parça üzerinden talaş kaldırmayacagı için işlem sonrasında fazla bir temizlik ihtiyacı duyulmaz.
- Malzemede işlem yaparken ısınma sorunu olmaz geleneksel tornalama işlemine göre.
- Bilgisayar destekli olduğu için kullanıcı hem çizim yapabilir olması hemde malzemeyi işlemesi geleneksel tornalara göre kolaydır.
- Geleneksel tornalama işlemine göre çok sert olan malzemelerin işlenmesi daha kolaydır.
- Tüm işlemleri bir başlık yardımıyla yapılabilmektedir.

2.3.2.AŞINDIRICI SU JETİNİN DEZAVANTAJLARI

- Malzeme üzerinde işlem yapılırken dönme, su basıncı, yanal ilerleme gibi faktöre dikkat edilmezse yüzey kalitesinde bozulmalar oluşur.
- Aşındırıcı su jetleri ile tornalama işlemleri geliştirilen bi teknoloji olduğu için malzeme üzerinde çoğu zaman bozulmalar meydana getirmektedir.
- Parçanın döndürülmesi olayından dolayı basınçlı suyun parçadan yansımasına neden olması güvenilir olmamasına neden olmaktadır.

3.SONUÇ

Gelişen teknolojiyle günlük hayatta bir öneme sahip olan aşındırıcı su jetleri, delme, kesme, frezeleme ve tornalama gibi işlemler yapmaktadır.Tornalama işleminde dikkat edilmesi gereken faktörleri göz ardı edersek malzeme yüzeyinde bozulmalar, ölçü bozulmaları gibi faktörlere yol açmaktadır.Maliyeti ucuz olması, kullanımı kolay olması geleneksel tornalama işlemlerine aşındırıcı su jetiyle tornalamayı cazip kılmaktadır.

KAYNAKLAR

(1)Khan, Ekramul Hasan,1989, An Investigation Of Dynamics Of Abbresive Water Jet Formation, Ph.D. Thesis, New-Jersey Institute of Technologies, 1-2 p.

(2)Bao, Ju, 2004, Study of Abbresive Water Jet Nozzle Materials And Plasma Transferred Arc Welding Coatings, University of Missouri-Rolla, Ph.D. Thesis, 3-5, 7, 61 p.

(3)Hashish M. Steele D.E. and Bothell D. H., Machining with super- pressure (690 MPa) waterjets. Int. J. of Mach. Tools and Manufacturing. Vol. 37, No.4, pp 465-479, 1997

(4)Coşansu, Gülay, 2010, Aşındırıcılı Su Jeti İle Kesmede Kolemanit Tozunun Aşındırıcı Olarak Kullanılmasının Deneysel İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 4, 9, 12, 16, 27 s.

(5)Tunç, Tarkan.;" Aşındırıcı Katkılı Su Jeti (ASJ) Kesme Sistemleri", Otomasyon dergisi, Sayı 112 (Eylül 2001)

(6)Louis, H., Meier, G. 1991 Methods of Process Control for Abrasive Water Jets. In: Labus, T. J. (ed) 1991 roceedings 6th American Water Jet Conference, Water Jet Technical Association, St. Louis, pp. 427-437.

(7)Akçın, Ali,;" Yüksek Basınçlı Su Jetleri ile Yapılan Kesme ve Parçalama Çalışmaları (The Information on Cutting and Fracturing Studies using High- Pressure Water Jets)", MADENCİLİK, Sayı 2 cilt XXVI (Haziran 1987)

(8)A. Akkurt, "Aşındırıcılı Su Jeti Uygulamaları Ve Üretimde Yoğun Kullanıma Sahip Malzemelerin Delinmesi", Araştırma Makalesi, H.Ü. Hacettepe Meslek Yüksekokulu, 06800, Ankara, (2006)

COMPLEXATION AND SEPARATION OF AZO DYES BY CALIX[4]ARENE DERIVATIVE

Ömer GÜNGÖR
Kocaeli University, Advanced Vocational School of Hereke Omer Ismet Uzunyol, Department of Chemistry Technology, Kocaeli, Turkey
omer.gungor@kocaeli.edu.tr

Abstract
This study is liquid phase extraction of azo dyes by tetra-propargyl substituted *p-tertbutyl* calix[4]aren. Azo dyes are an important chemical used in many sectors (papers, textile, leathers, cosmetics and foodstuffs) nowadays. Azo dyes are challenging and bio-resistance groups of organic toxicants. Moreover these dyes are toxic and carcinogenic. Therefore, the European Parliaments has banned 22 different azo dyes and their harmful intermediates by issuing the European Directive 2002/61/EC in the 19th amendment of the Council Directive 76/769/EEC (European Commission, 2002).

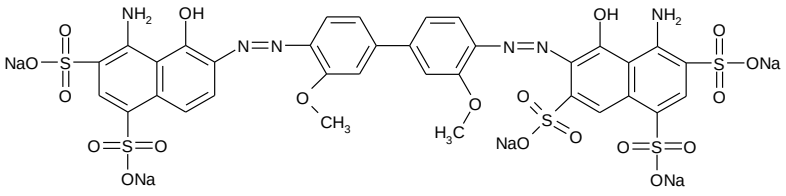
Introduction

When they are classified according to the chemical structure of dyestuffs, azo dyes are the most important ones. Because azo dyes are equal in number to the total number of other dyestuffs in industry (Banafa et al., 2011). Most azo dyestuffs only substantively paint linen paper, polyester and some other materials, wool, cotton and silk. In this regard, azo dyestuff class constitutes the largest organic dyestuff class. The use of such a high amount brings many problems (Boeninger, 1980). In the factory, filltration systems were very inadequate in the treatment of azo dyes and were given to the environment. These synthetic dyes, which are released to the environment by waste water, constitute approximately 50% of the dyes used. Azo dyes are highly soluble in water due to their chemical structure and can absorb light by chromoform groups. Due to these properties, microorganisms in nature are transformed into aromatic amines by enzymatic reactions in living cells. These aromatic amines have toxic, carcinogenic and genotoxicity (mutagenecity) effects. Recent studies have shown that some azo dyes are bound to the DNA molecule by biochemical activation, sulphate, esterification or acetylation and cause genetoxide (mutagenecity).

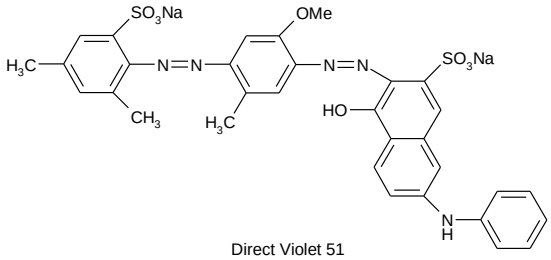
Liquid/liquid extraction

Extraction studies were performed according to Pederson procedure. 10 mL of 2×10^{-5} azo dye solution (prepared in water) was agitated with 10 mL of 1×10^{-3} M carrier 1 (prepared in dichlormethane) at room temperature. The dye concentration was determined using UV–vis spectrophotometer [615nm for Chicago Sky Blue (CSB), 549 nm for Direct Violet 51 (DV51)]. Extraction percentage was calculated using the following equation. In this equation, C_0 and C are the initial and final concentrations of azo dye in aqueous solution before and after extraction, respectively.

$$E\% = \frac{Co - C}{C}\ x\ 100$$



Chicago Sky Blue (CSB)



Direct Violet 51

Figure 1. The chemical structures of selected azo dyes

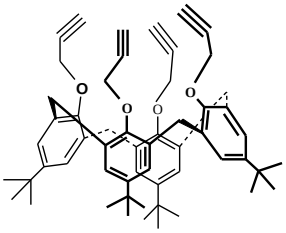


Figure 2. Calix[4]arene derivative

Results and Discussion

In this study, to evaluate the azo dye removal efficiency of calixarene derivatives; two-phase solvent extraction experiments were carried out. The value of pH was known as one of the most important role in separation science because the pH of the solution affects both the degree of ionization of the material present in the solution and the dissociation of functional groups on the active sites of the extractant (Gungor, 2018). Therefore, to optimize the pH of the solution for the maximum removal of azo dyes with calixaren derivatives from the aqueous phase into the organic phase (dichlorometane), experiments were carried out at different pH (i.e. 3.0, 5.0, 7.0 and 9.0). The results are shown in Table 1. The results revealed that the significant extraction of the azo dyes occurs in a pH 3.0. The extractions of azo dyes were decreased when the pH increased from 3.0 to 9.0.

Table 1. Percent sorption of azo dyes by calix[4]arene derivative (%)

Compound	pH			
	3	5	7	9
CSB	65	62	61	62
DV51	85	81	82	78

Aqueous phase, azo dyes 2.0×10^{-5} M, organic phase (dichloromethane), ligand: 1.0×10^{-3} M, 25 ^{o}C, 1 h.

Conclusion

In the presented work, the prepared tetra-propargyl substituted *p-tertbutyl* calix[4]aren was used as the extractants towards the selected azo dyes (Chicago Sky Blue and Direct Violet 51) in liquid–liquid extraction. The results achieved from the present study clearly showed that, tetra-propargyl substituted *p-tertbutyl* calix[4]aren is efficient extractants for the removal of selected dyes.

References

Banafa A, Saravana S, Chakrabarti T 2011. Azo dyes: Past, present and the future. Environmental Reviews. 19: 350–370.

Boeninger M 1980. The carcinogenicity and metabolism of azo dyes, especially those derived from benzidine. Publication No. 80-119. U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health.

European Commission. 2002/61/EC. Office Journal European Communicable, 15 (2002): L243.

Gungor O 2018. Liquid phase extraction of azo dyes by novel calixarenes bearing phthalonitrile and diiminoisoindoline groups. Separation science and technology, 53: 896–902.

SYNTHESIS OF NEW WATER-SOLUBLE P-SULFONATO-CALIXARENE DERIVATIVE AND INVESTIGATE OF ITS INTERACTION WITH DRUG

Ögr.Gör.Dr. Ömer GÜNGÖR

University of Kocaeli, Advanced Vacational School of Hereke Omer Ismet Uzunyol, Department of Chemistry Technology, Kocaeli, Turkey
omer.gungor@kocaeli.edu.tr

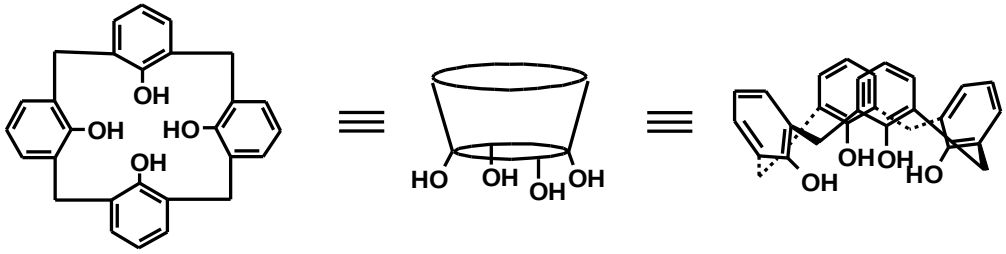
Abstract

In this study, water-soluble p-sulfonato-calix[4]arene derivative was synthesized and this compound was fully characterized by standard spectral data such as FT-IR, 1H NMR, mass spectra and elemental analysis as well. This compound is used to increase water solubility of naproxen and furosemide drugs which are used as active substance in many drugs. As a result of the experimental study, it was observed that the solubility of this compound was greatly increased.

Keywords: calixarene, drug, solubility.

1. INTRODUCTION

In 1985, Gutsche explained that the calixarene did not show toxic activity. Then, in 2000, Perret et al. found that phosphonate derivatives of the calixarenes had no effect on the development of connective tissue cells and interacted with the cell membrane in cyst cells, leading to the death of cyst cells. Da Silva injected p-sulfonatocalix[4]arenes into mice and that it had no power toxic effect.

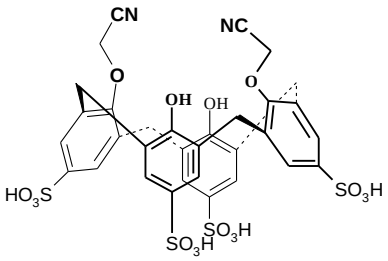


Calix[4]arene

Although the Food and Drug Administration (FDA) has currently not approved the use of calixarenes in medicines to date, calixarenes have showed neither toxicity nor immune responses. Studies of calixarenes on human fibroblast cells using inhibition of cell growth have been showed that calixarene derivatives have the same level toxicity as glucose. On the other hand, more recently it has been observed that solid lipid nanoparticles based on amphipihilic calix[4]arenes show zero hemolytic effects at concentrations ranging up to 300 mg ^{3} L^{-1}

2. MATERIALS AND METHODS

Deionized water passed from Millipore milli Q Plus water purification system was used for the preparation of aqueous solutions. Frosemide and naproxen were purchased from Aldrich or Merck and used without further purification.



Schema 1. Molecular structures of calixarene derivative

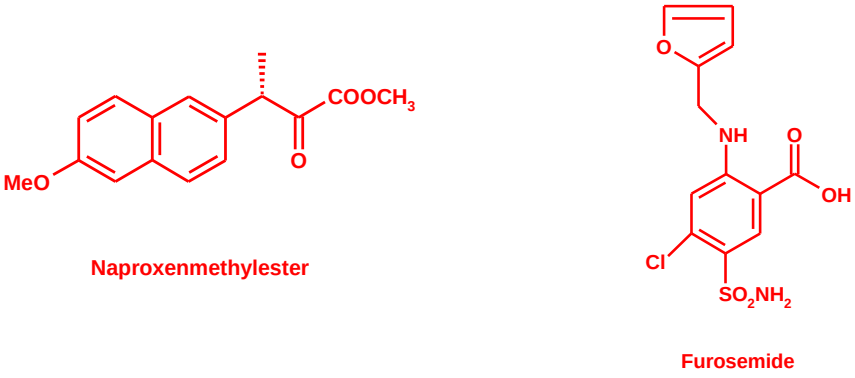
3. RESULTS

Solubility studies

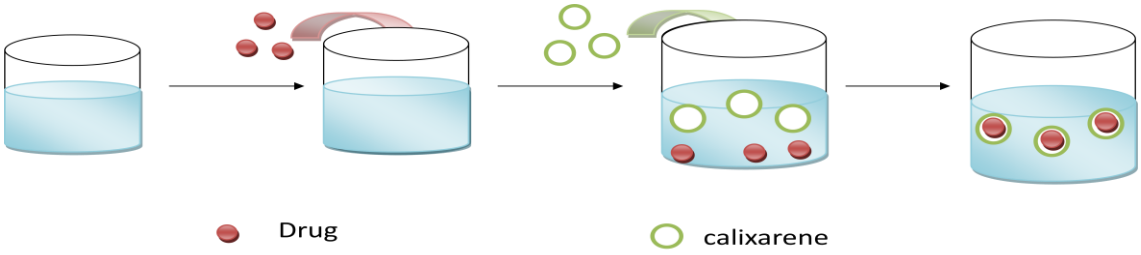
The first approach was a batch method. 25 mg of the calix[4]arene derivative was mixed with an aqueous solution of the drug derivative (2 × 10−5 mol L^{-1}) in a stopped flask at 25 °C that was stirred on a horizontal shaker operating at a constant agitation speed of 170 rpm until equilibrium for 1 h. All solutions were centrifuged before measurements. The residual concentration of the drug derivatives in water was determined by means UV-Vis spectrophotometry. Absorbance values were recorded at λ_{max} for each solution: at 348 nm for Frosemide, 330 nm for noproxen (see Schema 2 for the structure formula). The sorption percentage was calculated using the following equation,

$$Solubility\ \% = \frac{C_0 - C}{C_0}\ x\ 100 \qquad (1)$$

where, the initial concentration of C_0 drug and C is the final concentration of drug in aqua solution. The solubility percentage of drug in absence of calixarene ligand was observed around 7.2 % and 8.5 % for frosemide and Noproxen, respectively.



Schema 2. Molecular structures of drug derivatives



Schema 3. Schematic illustration of sorption studies of azo dyes from aqueous solution

The main problem of studied drug molecules is poor aqueous solubility. Therefore, the aim of in this study was to explore the use of water-soluble calixarene derivative as drug solubilizing agent toward Frosemide and naproxen.

5. CONCLUSION

Aqueous solubility studies of frosemide and naproxen were performed in water. The results show that calixarene reseptor might be useful host molecules as drug-solubilitizing agent toward frosemide and naproxen.

REFERENCES

Bayrakcı M, Ertul Ş, Yılmaz M 2011. Phase solubility studies of poor soluble drug molecules by using o-phosphorylated calixarenes as drug-solubizing agent. Journal of Chemical and engineering data, 57, 233-239.

F Danil de Namor A, Nuamin M, Salas J.V, Bryant S, Howlin B 2017. A calix[4]arene derivative and its selective intraction with drugs (clofibric acid, diclofenac and aspirin). European Journal of Pharmaceutical Sciences, 100, 1-8.

Yang W, M. de Villiers M 2005. Effect of 4-sulphanato-calix[n]arenes and cyclodextrins on the solubilization of niclosamide, apoor water soluble anthelmintic. The AAPS Journal, 7, 241-248.

İNSAN OVER KANSERİ HÜCRE SERİSİ ÜZERİNE ZAKKUM BİTKİSİNİN (*NERİUM OLEANDER*) SİTOTOKSİK ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Aylin Kesici
Bartın Üniversitesi / Fen Fakültesi/ Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
aylinkesici09@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ERDEN
Bartın Üniversitesi / Fen Fakültesi/ Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
yerden@bartin.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Recep Taş
Bartın Üniversitesi / Fen Fakültesi / Biyoteknoloji Bölümü
rtas@bartin.edu.tr

Özet
Kanser, hücrelerin kontrolsüz çoğalması ve yayılmasıyla oluşan genetik ve çevresel koşulların altında olan kompleks bir hastalıktır. TÜİK verilerine göre, kanser ülkemizde ve dünyada ölüm nedenleri arasında ikinci sırada yer almaktadır. Bugün bu kronik hastalığın ölüm nedeni olması, bilinen tanı ve tedavi yöntemlerinin başarı sağlamaması hem hastaları hem de hekimleri tamamlayıcı ve alternatif tıbba yöneltmektedir. Bir kardiyak glikozit olarak bilinen oleandrin, *in vitro* hücrelerde çeşitli insan malignitelerine karşı güçlü anti-proliferatif aktivite uygulamakta olduğu ve kalp tıkanıklığı, kardiyak aritmiler, siğiller, aşırı kilo alımı, iltihap, parazitlik, bakteriyel enfeksiyonlar, kalp anormallikleri, saçkıran, deri hastalıkları, kusma tedavisinde uzun yıllardan beri kullanıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla bizim için umut veren bir kanser kemoterapisi formunu temsil eden Zakkum (*Nerium oleander)* uzun süreli doğa mucizesi olarak kendini kanıtlayacaktır.

Zakkum bitkisinin yaprak kısımları 1:10 (g:ml) oranında %70'lik etanol ile ekstrakte edildi. Çalışmamızda A2780 insan over kanser hücresi kullanıldı ve hücreler RPMI-1640 medyum ile beslendi. Hazırlanan bitki özütünün 1, 10, 100 ve 1000 µg/ml'lik konsantrasyonları A2780 hücreleriyle 24 saat muamele edildi. Bu süre sonrasında hücre canlılığındaki değişimler MTT assay ile belirlendi. Sonuç olarak kontrol grubuna kıyasla uygulanan 10, 100, 1000 µg/ml'lik bitki konsantrasyonlarda hücre canlılığında anlamlı bir azalma olduğu görüldü ($p<0.05$).

Anahtar Kelimeler: Kanser, *Nerium oleander*, MTT Assay

INVESTIGATION OF THE CYTOTOXIC EFFECT OF ZAKKUM PLANT (*Nerium oleander*) ON HUMAN OVER CANCER CELL SERIES

Abstract
Cancer, the uncontrolled proliferation of cells and propagation of genetic and environmental conditions under which a complex disease. According to TUIK, cancer causes of death in our country and the second highest in the world. Today this is the cause of death, chronic disease, methods of diagnosis and treatment success requiring version known as patients as well as physicians and the low quality complementary and alternative medicine. Oleandrin, known as a cardiac glycosides in vitro against various human malignancy of the cells in the powerful anti-proliferative activity is implementing and heart congestion, cardiac arrhythmias, warts, excess weight gain, inflammation, parasites, bacterial infections, cardiac abnormalities, ringworm, skin diseases, which is used for many years in the treatment of vomiting. Therefore, for us, represents a promising cancer chemotherapy form Oleander (Nerium oleander) long term will prove himself as nature's miracle.

Oleander leaf parts of the 1:10 (g:ml) at a rate of 70% was extracted with ethanol. In this study used human ovarian cancer cell and cells A2780 RPMI-1640 was fed with a psychic. The plant extract prepared 1, 10, 100 and 1000 µg/ml concentrations A2780 cells were treated for 24 hours. After this

time the changes in cell viability was determined by MTT assay. As a result, compared to the control group applied to 10, 100, 1000 µg/ml for a meaningful reduction in plant concentrations was seen live cells ($p < 0.05$).

Keywords: cancer, *Nerium oleander*, MTT Assay

1.GİRİŞ

TÜİK 2015 verilerine göre kanser hastalığı ülkemizde ve dünyada ölüm nedenleri arasında ikinci sırada yer almaktadır ve Türkiye'de her 5 ölümden biri kanser temelli olduğu bildirilmiştir. Erkeklerde en sık görülen kanser akciğer kanseridir. Kadınlarda en sık görülen meme kanseri olup, 2015 yılında 17.183 kadına meme kanseri teşhisi konulmuştur. Çocukluk dönemi kanserlerinde ise lösemi en sık görülen kanser türleri arasında yer almaktadır (TÜİK, 2015). Kanserden ölümlerin nedenleri başlıca risk faktörleri bilinmektedir. Bunlar; tütün kullanımı, fazla kilolu ya da şişman olma, meyve ve sebzeyi az tüketme, yetersiz fiziksel aktivite ve alkol kullanımı, yaş, ruhsal gerilim (stres), uzun süreli ve tehlikeli saatlerde güneş ışığına maruz kalma, bazı kimyasal maddeler (katran, benzin, boya maddeleri), bazı virüsler, hava kirliliği, radyasyona maruz kalma gibi nedenler söylenebilir. Tütün kullanımı kanser için en önemli risk faktörüdür ve kanser ölümlerinin yaklaşık %22'sinden sorumludur. Hayati öneme sahip kanserin tanı ve tedavi yöntemlerinin yeterli düzeyde başarı sağlamaması araştırmacıları ve hastaları eski çağlardan günümüze kadar taşınan bitkisel tedaviye yöneltmektedir.

Latince adı *Nerium oleander* olan zakkum bitkisi, Akdeniz bölgesi ülkeleri ile Türkiye'de yabani yerlerde, sulak alanlarda kolaylıkla yetişebilmesinden park ve bahçelerde, yol kenarlarında sıklıkla görmek olasıdır. *Nerium oleander'in* başlıca bileşenleri oleander, neriin ve oleandrindir ayrıca kalitatif fitokimyasal analizinde, yaprakların sulu ekstraktlarında karbonhidratlar, kolesterol, proteinler, amino asitler, alkaloidler, flavonoidler, tanenler, tanoninler, kardiyak glikozitler, terpenoidler ve flobatininler gibi çeşitli fitokimyasalların varlığını takiben etanol, etil asetat, dietil eter ve kloroformun varlığı doğrulanmıştır (Santhi ve ark. 2011, Kumar ve Yandav 2013). Bunun yanı sıra steroidlerden yoksundur (Tirumalasetti ve ark. 2015). Bir kardiyak glikozit ve tetrasiklik triterpenoid olarak bilinen oleandrin, *in vitro* hücrelerde çeşitli insan malignitelerine karşı güçlü anti-proliferatif aktivite göstermekte olduğu ve kalp tıkanıklığı, kardiyak aritmiler, siğiller, aşırı kilo alımı, iltihap, parazitlik, bakteriyel enfeksiyonlar, kalp anormallikleri, saçkıran, deri hastalıkları, kusma tedavisinde uzun yıllardan beri kullanıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla bizim için umut veren bir kanser kemoterapisi formunu temsil etmektedir. Bu çalışmada insan over kanseri hücresi (A2780) üzerine zakkum bitkisinden elde edilen özütün anti-kanserojen etkisinin açıklanmasını amaçladık.

2. MATERYAL METOD

2.1 Materyal

Nerium oleander (zakkum), Aydın ilinden temin edildi.

2.2 *Nerium oleander* (zakkum) sulu ekstratının hazırlanması

Nerium oleander (zakkum), bitkisinin yeşil yaprak kısımları çeşme suyu ile yıkandıktan sonra 60°C etüvde birgün boyunca bekletilerek kurumaya bırakıldı. Kuruyan yapraklar etüvden çıkarılarak havanda toz haline getirildi. Toz haline gelmiş olan yeşil yaprak kısımları 1:10 oranında (g/ml) %70'lik etanol ile 6 saat muamele edilmek üzere manyetik karıştırıcıya bırakıldı. Daha sonra çözücü döner buharlaştırıcı kullanılarak uzaklaştırıldı. Elde edilen stok çözelti deneysel çalışmada kullanılmak üzere +4 °C'de muhafaza edildi. Hazırlanan stok özütten deneysel çalışmalarda kullanılan 1µg/ml, 10µg/ml, 100µg/ml, 1000µg/ml konsantrasyonlar hazırlandı.

2.3 Hücre kültürü / hücrelerin çoğaltılması

Öncelikle ekimi gerçekleştirilen hücreler RPMI-1640 medyumda (içerisine %10 FBS, 100 U/mL penisilin ve 0.1 mg/mL streptomisin ilave edilerek hazırlanan) beslendi. Hücrelerin medyumları haftada iki defa değiştirildi ve bütün basamaklarda hücreler %5 CO_2'li ortamda 37°C sıcaklıkta (Thermo Forma II CO2 İnkübatör, ABD) inkübe edildi. Flask tabanında konfulent olan hücreler, tripsin-EDTA solüsyonu kullanılarak flasklardan kaldırıldı ve %0.4 tripan mavisi ile boyandıktan

sonra hücrelerin sayımı inverted mikroskop altında gerçekleştirildi. Hücre canlılık oranı %90 ve üstü olduğu durumda deneysel çalışmalara geçildi (Koyunoğlu vd. 2013; Tekin vd. 2015). Konfulent olan hücrelerin sayımı ve canlılık düzeyleri belirlendikten sonra, 96 kuyucuklu plakalarda yer alan her bir kuyucuğa yaklaşık $15x10^3$ hücre ekimi yapıldı ve 24 saat süreyle inkübe edildi. İnkübasyon sonrası bitki özütünün hazırlanan konsantrasyonları kuyucuklardaki hücreler ile 24 saat muamele edildi. Bu süreler sonunda bileşiklerin hücreler üzerine sitotoksik etkisinin belirlenmesi için oldukça yaygın olarak kullanılan 3-(4,5-dimetiltiyazol2-yl)-2,5difeniltetrazolyum-bromür (MTT) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. MTT bileşiği tetrozolyum tuzlarının elektron alarak indirgenmesine aracılık eder ve bunu takiben formazan bileşiği oluşturarak renk değişikliğine sebebiyet verirler. Ayrıca bu renk oluşumunda aktif mitokondri görev almaktadır dolayısıyla canlı hücrelerde gerçekleşmektedir. Oluşan renk spektrofotometrik olarak ölçülerek yaşayan hücre sayısı ile ilişkilendirilir.

2.4 Bileşiklerinin Antikanser Özelliklerini Belirlenmesi

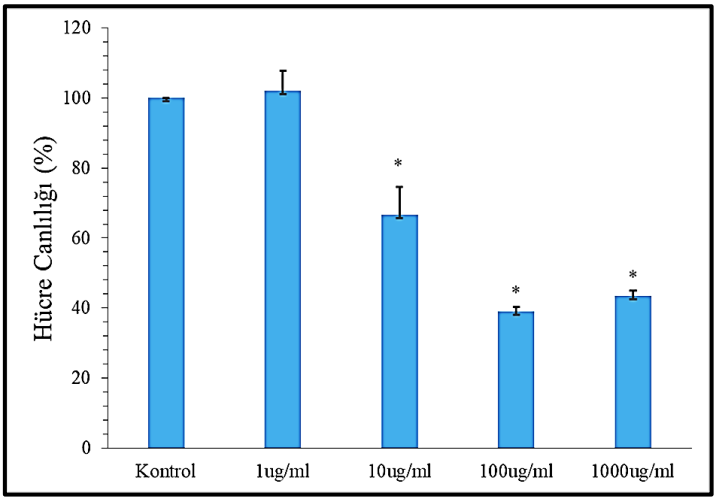
İlk olarak 0,5 mg/ml konsantrasyonda MTT çözeltisi steril fosfat tamponu içerisinde hazırlandı. Bileşiklerle hücrelerin muamelesinden sonra, plakalarda yer alan her bir kuyucukda ki medyum uzaklaştırıldı ve herbir kuyucuğa hazırlanan MTT solüsyonundan 100 µL ilave edilerek 3 saat süresince CO_2'li inkübatörde inkübasyona bırakıldı. Bu süre sonunda kuyucuklardaki MTT solüsyonu kuyucuklardan uzaklaştırılıp, her bir kuyucuğa 50 µL DMSO ilave edildi ve kuyucuktaki hücrelerin optik densisiteleri ELISA plaka okuyucuda (Thermo MultiskanGo, ABD) 570 nm dalga boyunda okundu (Mosmann 1983). Kontrol kuyucukları (Sadece medyum bulunan kuyucuklar) okutularak, elde edilen absorbans değerlerinin ortalaması alındı ve bu değer %100 canlı hücre olarak kabul edildi. Bitki özütü uygulanan kuyucuklardan elde edilen absorbans değerleri, kontrol absorbans değerine oranlandı ve yüzde canlılık değerleri hesaplandı (Tekin vd. 2015; Koran vd. 2017). Bu deneyler farklı günlerde, birbirinden bağımsız olarak en az 5 defa tekrarlandı.

2.5 İstatiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 20 (for Windows) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile değerlendirildi. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde One Way ANOVA ve çoklu karşılaştırmalarda Tukey testi kullanıldı. Nicel veriler ortalama ± standart sapma (Ort. ± SS) olarak ifade edildi ve $p<0.05$ değerliği anlamlı kabul edildi.

3. SONUÇ

Nerium oleander yaprağının özütünün insan over kanseri hücre hattında sitotoksik etkisi Şekil1' de gösterilmiştir. 1 µg/ml'lik konsantrasyonda kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir değişme olmamıştır ($p<0.05$). Kontrol grubuna kıyasla 10, 100, 1000 µg/ml'lik konsantrasyonlarda hücre canlılığında anlamlı bir değişime neden olduğu kanıtlanmıştır. ($p<0.05$).



Şekil 1: Zakkum bitki özütünün insan over kanseri hücre hattı (A2780) üzerine sitotoksik etkisi. *p<0.05 kontrole kıyasla.

4.TARTIŞMA

Karmaşık bir hastalık grubu olan kanser, gerek tanı ve tedavi sürecinin zorluğu gerekse bu sürecin hastaya olan olumsuz etkileri nedeniyle önemli bir sağlık problemidir. Yapılan çalışmalar kanser tedavisinde yeni bileşiklerin veya yöntemlerin bu süreci önemli ölçüde iyileştirebileceğini bildirmektedir. Çalışmamızda tıbbi öneme sahip zakkum bitkisinin insan over hücre hattı (A2780) üzerine anti-kanserojenik etkisi incelendi. Sonuç olarak en düşük doz hariç uygulanan diğer dozların önemli düzeyde sitotoksik etki sergilediği belirlendi.

Nerium oleander'in meme kanser hücre serisi (MCF-7), üzerine yapılan bir çalışmada, *Nerium oleander*'den elde edilen yaprak ve çiçek ekstratlarının farklı konsantrasyonları kullanılmıştır. Kullanılan ekstratların belirgin anti-kanserojenik etkisi olduğu gösterilmiştir (Karaca, 2008).

Nerium oleander'in kök kabuğunda bulunan fitokimyasallar aracılığı ile altın nanoparçacıkların sentezi gerçekleştirilmiş olup, sentez edilen AuNP'lerin MCF-7 hücre hatları üzerindeki in vitro antikanser etkisinin önemli ölçüde olduğu bildirilmiştir (Barai ve ark. 2018). İlacın (AuNP'ler) meme kanseri hücre hattına karşı anti-kanserojenik etkisi bitki özütü ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde yüksek olduğunu da belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmalarına göre, lenfositlerde hücre ölümü yüzdesini hesaplayan Barai ve ark. hem ilacın hem de bitki özütünün, güçlü bir anti-kanser aktivitesi gösterdiğini, ancak AuNP'ler, kabuk özütlerine kıyasla daha verimli olduğunu bildirmişlerdir.

Nerium oleander'in süperkritik bir CO_2 özütü olan PBI-05204, tek başına veya pankreas kanseri ortotopik tümörlerin tedavisi için insan pankreas kanseri hücrelerini taşıyan fareler, PBI-05204 veya gemsitabin ile tek tek veya bunların kombinasyonu ile tedavi edilmiş olup her iki ajan belirgin bir şekilde ve doza bağlı olarak, hem tümör ağırlığının, hem de tümör yükünün azalmasını kanıtlandığı gibi Panc-1 tümörünün büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir (Pan ve ark.).

Litaratür araştırmalarımızda *Nerium oleander* bitkisinin insan over kanser hücre hattı (A2780) üzerine çalışmalara pek fazla rastlanmamıştır. Bu nedenle bizim çalışmamız özgün bir çalışmadır. *Nerium oleander* ekstratının A2780 hücre hattı üzerine güçlü sitotoksik etkisini yapılan çalışmamızda kanıtlamış olduk. Bundan dolayı çalışmamızın bulguları son derece önem teşkil etmektedir. Ülkemizde yetişmekte olan *Nerium oleander* bitkisi özütü insan over kanseri için ilaç yapımında kaynak olarak kullanılmasının uygun olacağını düşünmekteyiz. Kullanılan bitki özütünün hangi sinyal mekanizmalarının kullanıldığının bilinmesi ve daha kapsamlı araştırmaların yapılması diğer araştırmalara yol gösterecek olup, modern bilim ile geleneksel tıp bilimi harmanlandığında zakkum uzun süreli doğa mucizesi olarak kendini kanıtlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın yazarları olarak Bartın Üniversitesi'ne teşekkür ederiz…

KAYNAKÇA

Altman FP, 1976: Tetrazolium salts and formazans. Prog Histochem Cytochem, 9(3), 3-6

Arvind Kumar, Tanmoy De, Amrita Mishra,and Arun K. Mishra, 2013. Oleandrin: A cardiac glycosides with potent cytotoxicity. Jul-Dec; 7(14): 131–139.

Barai A.C. , Paul, K. Dey, A. Manna, S. Roy, S. Çanta, B.G ve Mukhopadhyay, C. (2018), Green synthesis of *Nerium oleander*-conjugated gold nanoparticles and study of its in vitro anticancer activity on MCF-7 cell lines and catalytic activity. Dec; 5: 10.

Deniz Karaca, T. 2008, İnsan Meme Kanseri Hücre Kültüründe Nerium Oleander Bitkisinden Elde Edilen Ekstraktların Antikanserojen Etkisinin İncelenmesi, T.C Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Koyunoğlu, F., Tekin, S., Konar, V., Sandal, S. 2013. "İnsan meme kanseri hücre serileri (mcf-7) üzerine apelin-13'ün etkilerinin araştırılması: ın vitro bir çalışma", İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 1(23-28).

Mosmann, T. 1983. "Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays", J Immunol Methods, 65(1-2), 55-63.

Pan,Y. Rhea, P. Tan, L. Cartwright, C. Lee, H. Ravoori, R.K. Addington, C. Gagea, M Kundra,V Kim,S. Newman, R.A. and Yang, P. (2015), PBI-05204, a supercritical CO_2 extract of *Nerium oleander*, inhibits growth of human pancreatic cancer via targeting the PI3K/mTOR pathway. 33(2): 271–279.

Riss TL, Moravec RA, 2006: Cell proliferation assays: improved homogeneous methods used to measure the number of cells in culture. In "Cell Biology", Ed; Celis JE, Elseiver Academic Press, Burlington

Shanthi R Lakshmi G Priyadarshini PM, bir Anandaraj L. Fitokimyasal tarama Nerium zakkum Linn. Yaprakları ve momordika charantia bırakır. Int Res J Ecz. 2011; 2 : 131–5.

Sigerist HE. The historical development of the pathology and therapy of cancer. In: Marti-Ibanez F, editor. On the history of medicine. New York: MD Publications Inc; 1960. p. 59-65.

T.C Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Türkiye'de Ve Dünyada Kanser Epidemiyolojisi, Dr. Dyt. Nural Erzurum Alim.

Tekin, S., Erden, Y., Sandal, S., Yilmaz, B. 2015. "Is irisin an anticarcinogenic peptide?", Med-Science, 4(2), 2172-2180.

TÜİK Ölüm Nedeni İstatistikleri,2017 *http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27620* adresinden alınmıştır.

DOKU KÜLTÜRÜNDE ENFEKSİYON KAYNAKLARI VE STERİLİZASYON

Zir.Müh. Tülay Korana Aktaş
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Bahçe Bitkileri Bölümü
ktulay66@hotmail.com

Doç.Dr.Melekber Sülüşoğlu Durul
Kocaeli Üniversitesi/Arslanbey Meslek Yüksekokulu
meleksl@kocaeli.edu.tr

Özet

Doku kültürü temelde bir üretim tekniği olup, kontrollü laboratuvar koşullarında yeni bitkilerin üretilmesini sağlamaktadır. Bitkilerden alınmış olan organ veya doku parçaları yüzey sterilizasyonu işleminden geçirilir ve aseptik koşullarda hazırlanmış olan yapay besin ortamlarında kültüre alınır. Kültürlerin kontaminasyonu, doku kültürü laboratuvarlarında karşılaşılan en yaygın problemdir ve bazen çok ciddi sonuçlara yol açar. Kontaminasyona neden olan farklı kirletici maddeler vardır. Kontaminasyonu tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa da, kaynakları iyi anlaşılarak iyi bir sterilizasyon yapılması sağlıklı kültürlerin oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. Sterilizasyon tekniği bitki türüne ve sterilize edilecek materyale göre değişmektedir. Bu çalışmada bitkisel kaynaklı kontaminasyonlar ele alınarak, doku kültüründe başarıyı artırmak için sterilizasyon tekniğinini iyileştirilmesine yönelik tedbirler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doku kültürü, sterilizasyon, enfeksiyon, besin ortamı, in vitro

INFECTION RESOURCES IN TİSSUE CULTURE AND STERILIZATION

Abstract

Tissue culture is a basic production technique that allows the production of new plants in aseptical laboratory conditions. The organ or tissue pieces taken from the plants are cultured in artificial nutrient media prepared under aseptic conditions. Contamination of cultures are the most common problems in tissue culture laboratories and sometimes is caused to very serious consequences. Although it is not possible to completely eliminate the contamination, with a good understood sterilization method help to create healthy cultures. Sterilization technique varies according to type of the plant and material to be sterilized. In this study, contamination originated from plants and discussed to improve sterilization technique in order to increase the success of tissue culture.

Keywords: Tissue culture, sterilization, infection, nutrient medium, in vitro

1. GİRİŞ

Doku kültürü, steril koşullarda ve yapay besin ortamında gerçekleştirilen bir üretim tekniğidir. Gerek ıslah, gerekse üretim amaçlı çalışmaların sonraki aşamalarda devam ettirilmesini sağlayacak olanakları sunan kontrollü laboratuvar koşullarında yeni bitkiler elde edilmektedir (Pierik, 1990, Gürel ve ark., 2013). Doku kültürleri uygulamaları alt yapı gerektirmektedir ve pahalı çalışmalardır. Başarının yüksek olması, maliyetlerin karşılanması bakımından mutlaktır. Yüzeysel sterilizasyon aşamasında başarı elde edilmeden, ilerleyen aşamalara geçmek mümkün olmamaktadır. Eksplantların yüzey sterilizasyonunda sodyum hipoklorit, etanol, kalsiyum hipoklorit, hidrojen peroksit, civa klorit, çeşitli surfaktanlar (örneğin Tween 20) ve bitki koruyucu karışımlar kullanılabilmektedir. Sterilizasyon maddelerinin doz ve kullanım süresine dikkat edilmediği durumda toksik etkileri görülmekte, kültürlerin gelişmesi engellenmekte, doku ölümleri olmaktadır (Çölgeçen ve ark., 2011, Nartop, 2017). Doku kültürü çalışmalarında çok farklı eksplant tipleri kullanılabilmektedir. Kullanılacak eksplant tipine göre uygulanan sterilizasyon yöntemi değişmektedir.

2. DOKU KÜLTÜRÜNDE KONTAMİNASYON KAYNAKLARI

Doku kültüründe karşılaşılan enfeksiyonların çoğu endofitik bakterilerden ya da yüzey dezenfeksiyonuna dayanıklı olan mikroorganizmalarla bulaşık olan başlangıç materyallerinden kaynaklanmaktadır (Cassells, 2001). Bulaşmalar bitkisel materyal kaynaklı, kültür gelişimi sırasında labaratuvar ortamından kaynaklı veya ortam havasından kaynaklı olabileceği gibi ortamda bulunan diğer kültürlerden de kaynaklanabilmektedir (Sen ve ark., 2013, Carey ve ark., 2015). Kontaminasyonu tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa da, kaynaklarının iyi anlaşılması ve iyi bir aseptik teknik izlenerek görülme sıklığı ve sorunun boyutunu azaltmak mümkündür.

Doku kültürlerinde bulunan enfeksiyon kaynakları ölümlere kadar varan kayıplara neden olabilmektedir. Latent enfeksiyon kaynakları ise kültürlerin gelişimini değiştirebilmekte, dokularda nekrozlara yol açmakta, sürgün çoğalmasını ve köklenmeyi azaltmaktadır (Abass, 2013). Bitki doku kültürlerinde soruna yol açtığı rapor edilen etkenlerin başında bakteri ve funguslar gelmektedir. Bitkisel materyalin toplanması, depolanması, ortamların hazırlanması, alt kültür aşamaları, kültür geliştirme odaları, kullanılan alet ve ekipmanlar her biri birer enfeksiyon bulaşma noktasıdır. Başarılı kültürler için doğru sterilizasyon tekniğinin geliştirilmesi çok önemlidir. Hızlı çoğalabilme yetenekleri nedeniyle büyük tehditlere neden olan bir çok patojen vardır. Endojen durumdaki içsel bakteriler kültürlerde gözle görülür bir kontaminasyona yol açmadıklarından belirlenmeleri oldukça güçtür. Özellikle fungal ve bakteriyel kaynaklı kontaminasyonlar odunsu bitkilerde etkendir. Fungal kontaminasyonlar bitkinin kendisinde bulunabilir, kültür sırasında laboratuvar ortamından kaynaklanabilir, sistematik fungal kontaminasyonlar önemlidir (Ankur ve ark., 2014).

Kimi zaman eksplantların iç dokuları da mikroorganizmalar ile bulaşık olabilmektedir.Bu gibi durumlarda yüzeysel sterilizasyon tekniklerinin yanısıra antibiyotik ve sistemik fungusitler kullanılarak içsel mikroorganizmalara karşı avantaj elde edilmektedir. In vitro çalışmalarda her bitkinin yüzeysel olarak bakteri, mantar ve benzeri organizmalardan temizlenebilmesi için gerekli dezenfektan dozu ve sterilizasyon süresi farklıdır. Dolayısıyla en uygun sterilizasyon maddesinin dozu ve sterilizasyon süresinin belirlenmesi önemlidir (Yıldız, 2000). Yüzeysel sterilizasyonda yapılan bazı uygulamalar tablo 2'de verilmiştir. Sterilantların aşırı kullanılması durumunda bitkisel materyal zarar görebilmekte, ölebilmekte, gelişimi gerileyebilmektedir.

Bakteriler özellikle bitkilerin alındığı ortamlardan bitki ile birlikte laboratuvar koşullarına gelmektedir. Çeşitlilik göstermeleri ve hızlı yayılmaları nedeniyle hücre kültüründe bitki büyümesinin önüne gerçerek bitkinin ölümüne neden olmaktadır. Ortaya çıkışından bir kaç gün sonra kültür ortamının bulanık bir hal alması ile kolayca belirginleşmekte, kültür ortamının pH'sı hızla düşmektedir (Carey ve ark., 2015). Bakteriyel kontaminasyona neden olan en önemli bakteriler *Pseudomonas flourescens, Escherichia coli, Proteus* sp, *Micrococcus* sp, *Streptococcus pneumoniae, Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Bacillus subtilis* ve *Corynebacterium* sp.; funguslar olarak ise *Aspergillus niger, Aspergillus fumigatus, Penicillium* sp. *Yeast, Fusarium* sp. doku kültürlerinde belirlenen en önemli kontaminasyon kaynakları arasındadır (Kane, 2003). Bakteriyel kaynaklı kontaminasyonun engellenmesinde yosun kültürlerinde agar içine gömme yöntemi ile antibiyotik uygulanarak bulaşma büyük oranda giderilebilmiştir. Bu yöntemde yosun dokusu doğrudan antibiyotiğe maruz kalmış, bakteri gelişimi baskılanırken, yosunun gelişimine izin vermiş, bulaşık olmayan büyümeler gerçekleşebilmiştir. Antibiyotik uygulamasının bakteriyel enfeksiyonda sodyum hipoklorite göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bir çok bitki doku kültürü için kullanılabilir olarak önerilmiştir (Carey ve ark., 2015)

Doku kültürü ortamlarında en önemli sorunlardan bir diğeri akarlar ve böceklerden kaynaklanan fungal enfeksiyonlardır. Kendileri düşük oranda zarara yol açmalarına karşın, vektör oldukları fungal sporlar ve bakteriler kültürlerde büyük kayıplara yol açmaktadrı. Genellikle ortam yüzeylerinde yeşil veya turuncu renkli katmanlar oluşturmaktadırlar (Van Epenhuijsen ve Koolaard, 2004). Sterilizasyondan kurtulabilen tek bir küf akarı bile yüzeyde bu gelişime neden olabilmektedir. Kültür ortamında enfeksiyon başlangıcında ortam pH'sı değişmez, kontaminasyon yavaş gelişir ve ortamın bulanık duruma gelmesiyle gelişim hızı artmaktadır. Akarlar nemli, kirli ortamlarda çok hızlı çoğalmaktadır. Her ne kadar kültürlerde akar enfeksiyonları çok yaygın değilse de ortaya çıkması

durumunda çok ciddi kayıplara yol açmaktadır. Mikrobiyal bulaşmanın, temiz olan kültürlerde bir seri halinde ortaya çıkması, akar bulaşmasının en temel işaretidir. Sterilizasyon ile akarlar yok edilebilir. Ancak etrafında bulunan tüm kültürler olası bir akar bulaşması riskine karşın haftalarca karantinaya alınmalıdır. Laboratuvar ortamının kuvvetli bir dezenfektan ile temizlenmesi zorunludur. Yeni kültürlerin plastik torbalar içine alınması iyi bir önlemdir. Akarların kontrolünde hijyen koşullarına özen gösterilmesi oldukça önemlidir. Mekanik ve kimyasal bariyerler, fumigasyon, kültürlerin kontrollü muhafazası azaltacak önlemlerdir. Akarlar filmlerden geçebilme özelliğine de sahiptir. Alınabilecek en uygun önlem bitki materyalini doku kültürü laboratuvarına getirmeden önce dezenfekte etmektir. Ayrıca, doku kültürü odalarındaki duvarların artililin boya ile boyanması veya yerlerin ficam ile kaplanması 3 yıla kadar koruma sağlayabilmektedir (Epenhuijsen ve Koolaard, 2004).

Doku kültürlerinde karşılaşılabilecek diğer bir bulaşma kaynağı ise virüsler olup, çoğalabilmek için konakçı hücrelere gerek duyan mikroskobik enfeksiyon ajanlardır. Son derece küçük boyutlarda olup, kültürlerde saptanması ve önlem alınması zordur, virüsten ari materyal kullanımı önerilebilir.

3. STERİLİZASYON UYGULAMALARI

Yüzey sterilizasyonu doku kültürlerindeki en önemli konulardan biridir. Yüzeysel sterilizasyon aşamasında başarı elde edilmeden, ilerleyen aşamalara geçmek mümkün olmamaktadır. Başarılı bir dezenfeksiyon işlemi bitkisel materyale ve çevre koşullarına bağlıdır. Bitkisel metaryal kaynağının yetişme ortamı bulaşık olma düzeyini doğrudan etkilemektedir. Yüzeylere yapışık olarak bulunan miktobiyal etkenler genellikle yüzey sterilantları ile kontrol edilebilmektedir. Enfeksiyon kaynaklarının tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmasa bile, başarılı kültürler elde edilebilecek kadar azaltılması kullanılan sterilizasyon materyaline ve tekniğine bağlıdır.

Bektaş ve arkadaşları (2013), *Orchis coriophora* türünün yüzey sterilizasyonunu 30 dakika % 20'lik H_2O_2 ile muamele ederek gerçekleştirmiş ve tohumların yüzey sterilizasyonu sonrası canlılık oranını %54 olarak tespit etmişlerdir. Özdemir ve arkadaşları (2016), *Pancratium maritimum* L. soğanlarının yüzey sterilizasyonundan önce soğanların dış yapraklarını ayırarak başarı oranını artırmıştır. Daha sonra soğanlar çeşme suyunda 25 dakika boyunca yıkanıp soğan üzerindeki toprak, çamur ve diğer yapışık maddelerin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Etkili bir yüzey sterilizasyonu gerçekleştirmek amacı ile soğanlara % 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oranında sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisi 15, 20, 25, 30, 35 dakika süresince uygulanmıştır. Sterilizasyonu gerçekleştirilen soğanlar, 3 defa 5 dakika süre ile steril distile sudan geçirilerek durulanmıştır. Soğanlar kültüre alındıktan 10 gün sonra meydana gelen kontaminasyon oranı incelendiğinde, en etkili yüzey sterilizasyonunun soğanlarda en az deformasyon ile (% 40-45 oranında deformasyon) %5'lik ve %6'lık NaOCl çözeltileri içerisinde 30-35 dk. bekletilerek gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

Bektaş (2016), *Dactylorhiza urvileana*'nın olgun tohumlarını yüzey sterilizasyonunu için farklı konsantrasyonlarda (%5, 10, 20 ve 30) hazırlanan ticari çamaşır suyu ile 10 dakika (Domestos, %4.5 NaOCl) ve H_2O_2 (%35) ile 30 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tuttuklarında, çamaşır suyu ile yapılan yüzey sterilizasyonunda artan konsantrasyonların tohumların canlılıklarını yitirmelerine neden olduğunu belirlemişlerdir. %5, %10, %20 ve %30 çamaşır suyu ile yapılan sterilizasyonda canlılık oranları sırasıyla %78,65, %70.13, %60.87 ve %45.01 olarak tespit edilmiştir. Herhangi bir sterilizasyon işlemi uygulanmayan kontrol grubunda ise canlılık oranının %84.54 olduğu ve kontaminasyon sıklığının %100 olduğu gözlenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda, kontaminasyon oluşumunun dış etmenlerden ziyade tohum kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır. H_2O_2 ile sterilizasyonun araştırıldığı çalışmalarında ise

Tablo 1. Doku kültürlerinde farklı sterilantların kullanılması

Tür	Sterilizasyon maddesi	Kaynak
Hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.)	%20 NaOCl+1 ml/l tween 20	Al-Mayahi ve ark., 2011
Köknar (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco), yan ve uç kış tomurcuk kültürü	1. %20-%100 konsantrasyonda NaOCl; başarı oranı >%90 2. Aleve tutma (9-14 saniye; süre artınca yaşama oranı azalmıştır.).	Traore ve ark., 2005
Elma anaçları (B.9, G.30, G.41)	%70 ethanol 30 saniye+%0.6 NaOCl 10 dakika ve 1-2 damla Tween 20, etkili olmuştur.	Geng ve ark., 2015
Elma anaçları (Malus domestica Borkh.)	30-60 dakika akan çeşme suyu altında bekletme; 20 dakika 2 g/l fungusit (Benomil ve ridomil) uygulaması; ardından tek olarak hazırlanan boğumlar %70 etanol ile 60 s çalkalanmış, 3 defa steril distile su ile durulanmış; %4 NaOCl içinde 10-18 dakika bekletilmiş ve 3 defa steril distile su ile çalkalanmış, ardından $HgCl_2$ (Merkürik klorid, 100 ml $HgCl_2$+100 ml distile su) ile 2 dakika çalkalanarak 3 defa steril distile su ile durulanmış. Kontaminasyon engellenmiştir.	Ghanbari, 2014
Merton I.793-elma anacı aksilar ve lateral tomurcukları	1 saat akan çeşme suyu altında bekletme+%70 etil alkol ile yüzey sterilizasyonu Ardından 1. %0.1 $HgCl_2$ 4 dakika uygulamasında başarı oranı %90, yaşama oranı %18; 3 dakika uygulamasında yaşama oranı %85; 2. %2 NaCl 25 dakika uygulamasında başarı oranı %71	Soni ve ark., 2011
Soya fasulyesi (*Glycine max* L.) tohumu	5 dakika steril saf suda bekletme+30 s %70lik etanol uygulaması +%70'lik çamaşır suyu ile (%5 NaCl) 15 dakika sterilizasyon+ 3 defa steril distile su ile yıkama, etkili olmuştur.	Efendioğlu ve ark., 2014
Kum zambağı (*Pancratium maritimum* L.) soğanları	%5-6 NaCl çözeltisinde 30-35 dakika bekletme; Süre ve doz artışı soğanların pul yapraklarında deformasyona neden olmuştur.	Özdemir ve ark., 2016
Pepino (*Solanum muricatum*) sürgün ucu	%30 etanol 5 dakika+%20 NaCl 5 dakika+%4 H_2O_2 5 dakika ; Yaşama oranı %100, enfeksiyon oranı %11.11	Cavusoglu ve Sulusoglu 2013
Ayva (*Cydonia oblonga* cv. Skau-016) sürgün ucu	%0.1 Merkürik klorit 10 dakika+%70 etil alkol 10 saniye uygulama; Yaşama oranı 56.66, sterilizasyon oranı %55.99	Basu ve ark., 2017

tohumların canlılık oranlarının konsantrasyon artışına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. %5, %10, %20 ve %30 H_2O_2 ile yapılan dezenfeksiyonlarda tohum canlılıkları sırasıyla %81.37, %77.84, %73.74 ve %68.38 olarak bulunmuştur.

Memiş (2018) tarafından kocayemiş genotiplerinin sürgün ucu ve boğum eksplantları kullanılarak gerçekleştirilen doku kültürü çalışmalarında etil alkol ve sodyum hipokloritin farklı dozlarda kombinasyonları denenmiştir. Sürgün ucu ve boğum eksplantlarının her ikisinde de en yüksek yaşama oranları (sırasıyla %85.06 ve %84.41) %50 etil alkol ile 1 dakika muamele ve ardından %20'lik sodyum hipoklorit ile 12 dakika dezenfeksiyon uygulamasından sağlanmıştır.

Tablo 2. Doku kültürlerinde kullanılan antibiyotikler

Tür	Antibiyotik tipi	Konsantrasyon	Kaynak
Hurma (*Phoenix dactylifera* L.)	Nystatin	25-50 mg/l	Al-Kaby, 2004
	Streptomycin Gentamycin Nystatin Griseofulvin	50 mg/l	Al-Mussawi, 2010
	Amoxicillin Gentamicin Chloramphenicol	50 mg/l	Al-Dosary ve ark., 2011
Bambu (Guadua angustifolia Kunth)	Streptomycin sulfate Kanamycin	10 µg/l	Nadha ve ark., 2012
Yerelması (*Helianthus tuberosus*)	Rifampicin	50 µg/ml (DNA yapısında bozulma, çoğalma oranında azalma görülmeden en etkili antibiyotik olmuştur.)	Phillips ve ark., 1981
Patates kültürleri	Streptomycin Gentamycin	%0.1 ve 0.2 Streptomycin kontaminasyonu engellemiş, büyüme üzerinde olumlu etki yapmıştır. Gentamycin dozları morfolojik yapıda bozulmalara neden olmuştur.	Buckhset ve ark., 2017
Tritikale (*Triticosecale wittmarck*)	Gentamicin Tetracycline Ciprofloxacin	40 mg/l 10 mg/l 40 mg/l	Cosmal ve Petruş-Vancea, 2017

Cavusoglu ve Sulusoglu (2013), pepino yaprak eksplantlarında gerçekleştirilen doku kültürü çalışmalarında yüzeysel kontaminasyonu azaltmak için çeşme suyu altında %5 etanol karışımı ile 30 dk. bekletmişler, ardından farklı süre ve konsantrasyonlarda etanol, hidrojen peroksit ve sodyum hipoklorit karışımlarını bir arada veya ayrı olarak denemişlerdir. Yaşama oranları ve kontaminasyonun azaltılması bakımından en iyi sonuç %30 etanol 5 dakika+%20 NaOCl 5 dakika+%4 H_2O_2'nin 5 dakika uygulamasından alınmış, enfeksiyon oranı %11,11 gibi çok düşük oranlara inmiş, ekslantların tamamı canlılığını korumuştur.

Eksplantlarda içsel kaynaklı bir enfeksiyon varlığında, besin ortamına antibiyotik, sistemik fungusit ya da özel formülasyona sahip karışımların ilave edilmesi gerekebilmektedir. Doku kültürlerinde en yaygın kullanımı olan antibiyotiklerin Streptomycin ve Gentomycin olduğu ve çok farklı türlerde etkili olduğu görülmektedir (Tablo 2). Genellikle geniş spektrumlu antibiyotikler tercih edilebilmektedir ancak, bilimsel etiğe dikkat edilmesi, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve dayanıklı ırkların

gelişmemesi için yeterli özenin gösterilmesi elzemdir (Ray and Ali, 2016). Doku kültürlerinde kullanılacak antibiyotik veya fungusitlerin mikrobiyal kontaminasyon kaynağına göre seçilmesi çok önemlidir. Öncelikle kontaminasyon kaynağı testler ile doğru bir şekilde tanımlanmalı, ardından kullanılacak maddenin fitotoksik etki testi yapılarak, uygun doz ve şekilde kullanılmalıdır (Abass 2013.).

4. SONUÇ

Doku kültüründe başarı sterilizasyonu etkili bir şekilde gerçekleştirmeye bağlıdır. İn vitro çalışmalarda her bitkinin yüzeysel olarak bakteri, mantar ve benzeri organizmalardan temizlenebilmesi için gerekli dezenfektan dozu ve sterilizasyon süresi farklıdır. Sterilizasyonu gerçekleştirecek olan maddenin konsantrasyonu ve bu maddenin bitki materyaline uygulanma süresi arasındaki denge çok önemli olup belirlenen konsantrasyon ve uygulama süresinin kültüre alınacak olan bitki materyali üzerinde fitotoksik bir etkiye sahip olmaması gerekmektedir. Bitkisel materyal canlılığını kaybetmemeli; sadece kültüre alınacak olan bitki materyali üzerindeki mikroorganizmaları öldürmelidir. Ticari sodyum hipoklorit (çamaşır suyu) az maliyetli ve yaygın kullanıma sahip olduğu için en çok tercih edilen sterilanttır.

İçsel kaynaklı kontaminasyon varlığında, antibiyotikler ve fungusitler doku kültürlerinde kontaminasyonu en aza indirerek başarı oranını artırmaktadır. Ancak kullanımları sırasında çevreye olan etkileri, bakteri ırkları üzerinde yaratabilecekleri dayanıklı ırk etkisi mutlaka dikkate alınmalı ve gereksiz kullnımlardan kaçınılmalıdır. Ayrıca bu gibi maddelerin kullanımı geniş ölçekteki üretimlerde ek bir maliyettir. Fayda-masraf analizi mutlaka yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Abass, M.H. (2013), Microbial Contaminants of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Iraqi Tissue Culture Laboratories. Emir. J.Food. Agric., 25(11), 875-882.

Al-Dosary, N.H., Al-Mussawi, M.A., AL-Taha, H.A. (2011), Isolation and Identification of Bacterial Types That Cause Contamination of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Callus and Studying the Inhibition Activities of Some Plant Extracts and Antibiotics. Basra J. Date Palm Res. 10(1):68-81.

Al-Kabby, A.M.S. (2004), The Effect of Some Antibiotics and Fungucides on the Growth of Embryogenic Callus of Date Palm *Phoenix dactylifera* L. Basra J. Date Palm Res. 3(1/2):97-110.

Al-Mayahi, A.M., Shareef, H.J, Al-Najar, M.A.H. (2011), Study of Some Changes in the Growth of Vegetative Embryos Under Different Levels of Sucrose For The Date Palm cv. Barhee. Basra J. Date Palm Res., 10(1):18-30.

Al Mussawi, M.A. (2010), The Source of Bacterial Contamination of Date Palm Phoenix dactylifera L. Tissue Cultures. Basra J. Date Palm Res. 8(1):100-110.

Ankur, V., Meenaa B., NSK, H. (2014), Identification and Bioassay of Fungal Contaminants Observed During in Vitro Propagation of Saraca asoca (Roxb.) De Vilde. Biotechnology International, 7(2): 69-76.

Basu, Y.A., Mir, M.A., Bhatt, K.M., Mir, B.A. (2017), In Vitro Propagation of *Cydonia oblonga* cv. SKAU-016. Int. J. Curr. Microbiol. App.Sci., 6(9):1865-1873.

Bektaş E, Cüce M, Sökmen A (2013) *In vitro* germination, protocorm formation and plantlet development of *Orchis coriophora* (Orchidaceae), a naturally growing orchid species in Turkey. Turkish Journal of Botany 37 : 336-342

Bektaş E. (2016). *Dactylorhiza urvileana*'nın in Vitro Asimbiyotik Çimlendirilmesi ve Fidelerinin Oluşturulması. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1):89-95.

Buckseth, T., Singh, R.K., Sharma, A.K., Sharma, A., Modgil, V., Saraswati, A. (2017), Effect of Streptomycin and Gentamycin on in vitro Growth and Cultural Contaminants of Potato Cultivars. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(12): 4038-4043.

Carey, S.B., Payton, A.C., McDaniel, S.F. (2015), A Method for Eliminating Bacterial Contamination From in Vitro Moss Cultures. Applications in Plant Sciences, 3(1):p.5

Cassells A. C. (2001), Contamination and ist impact in tissue culture. Acta Hort. 560, pp.117-121.

Cavuşoglu A., Sulusoglu, M. (2013), İn Vitro Propagation and Acclimazation of Pepino (*Solanum muricatum*). Journal of Food. Agriculture and Environment, 11(1):410-415.

Cosmal, A.D., Petruş-Vancea, A. (2017), The Effects of Antibiotics and Antifungals Added to Plant Culture Media of *Triticosecale* wittmarck. Studia Universitatis Babeş-Bolyai Biologia, LXII, 2 :53-60.

Çölgeçen H., Koca U., Toker G. (2011), Influence of Different Sterilization Methods on Callus Initiation and Production of Pigmented Callus in *Arnebia densiflora* Ledeb. Turkish Journal of Biology, 35:513-520.

Efendioğlu, Ö.,Türker, M., Özdemir F.A. (2014), Doku Kültüründe Üretilen Soya Fasulyesinde (*Glycine max* (L.) Merrill) Somaklonal Varyasyonların Araştırılması. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 3(1):1-7.

Geng, F., Moran, R., Day, M., Halteman, W., Zhang, D. (2015), In Vitro Shoot Proliferation of Apple Rootstocks B9, G.30 and G.41 Grown Under Red and Blue Light. Hortscience, 50(3):430-433.

Ghanbari, A. (2014), Impacts of Plant Growth Regulators and Culture Media on in Vitro Propagation of Three Apple (*Malus domestica* Borkh) Rootstocks. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding, 3(1):11-20.

Gürel, A., Hayta, Ş., Nartop, P., Bayraktar, M.,Fedakar, S. (2013), Bitki Hücre, Doku ve Organ Kültürü Uygulamaları. Ege Üniversitesi Yayınları Yayın No.: 58, p 221, İzmir.

Kane, M. (2003), Bacterial and fungal indexing of tissue cultures. http://plant-tc.cfans.umn.edu/listserv/1996/log9612/indexing.htm. (erişim tarihi: 01.05.2019).

Memiş, S. (2018), Kocayemiş (*Arbutus unedo* L.) Genotiplerinin In Vitro Çoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Nadha, H.K., Salwan, R., Kasana, R.C:, Anand, M., Sood, A. (2012), Identification and Elimination of Bacterial Contamination During in Vitro Propagation of Guadua Angustifolia Kunth. Pharmacogn. Mag., 8(30):93-97.

Nartop, P. (2017), Green Sterilization of *Rosmarinus officinalis* L. Stem Surfaces With Silver Nanoparticles Synthesized Using *Rubia tinctorum* L. Cell Culture Extracts. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science, (in press). DOI 10.1007/s40995-016-0065-0.

Özdemir, F.A., Yıldırım M.U., Kılıç Ö. (2016), Farklı Konsantrasyonlarda ve Sürelerde Sodyum Hipoklorid (NaOCl) Uygulamasının *Pancratium maritimum* L. Soğanlarının Yüzey Sterilizasyonu Üzerine Etkileri. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 5(2): 156-163.

Philips, R., Arnott, S.M., Kaplan, S. (1981), Antibiotics in Plant Tissue Culture: Rifampicin Effectively Ccontrols Bacterial Contaminants Without Affecting the Growth of Short-Term Explant Cultures of *Helianthus tuberosus*. Plant Science Letters, 21(3): 235-240.

Pierik, R.L.M. (1989), In Vitro Culture of Higher plants., Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht ISBN 90- 247-3531-9. p:340.

Ray, S.S., Ali, N. (2016), Biotic Contamination and Possible Ways of Sterilzation: A Review with References to Bamboo Micropropagation. Brazilian Archives of Biology and Technology, 59:1-12.

Sen, M.K., Mehedi Hassan, M., Nasrin, S., Jamal, M.A.H.M., Mamun-Or-Rashid, A.N.M. (2013), In vitro Sterilization Protocol for Micropropagation of *Achyranthes aspera* L. Node. Int. Res. J. of Biotechnology, 4(5):89-93.

Soni, M., Thakur, M., Modgil, M. (2011), In Vitro Multiplicaton of Merton I. 793-An Apple Rootstock Suitable for Replantation. Indian Journal of Biotechnology, 10:362-368.

Traore A., Xing, Z., Bonser, A., Carlson, J. (2005), Optimizing a Protocol for Sterilization and in vitro Establishment of Vegetative Buds from Mature Douglas Fir Trees. Hortscience, 40(5):1464-1468.

Van Epenhuijsen, C.W., Koolaard, J.P. (2004), Monitoring and Controlling Mould Mites in Tissue Culture Facilities. New Zealand Plant Protection 57:196-201.

Yıldız, M. (2000). Keten Bitkisinde Adentif Sürgün Rejenerasyonu ve *Agrobacterium tumefaciens* Aracılığıyla Gen Aktarımı**.** Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

KOCAELİ'DE FINDIK TARIMI VE KANDIRA'DA FINDIK

Zir. Müh.Evrim Taylan
Kocaeli Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Bahçe Bitkileri Bölümü
evrimtaylan8@gmail.com

Doç.Dr.Melekber Sülüşoğlu Durul
Kocaeli Üniversitesi/Arslanbey Meslek Yüksekokulu
meleksl@kocaeli.edu.tr

Özet
Huşgiller familyası cinslerinden *Corylus* içinde yer alan fındık (*Corylus avellana* L.), genellikle çalı formunda gelişen bir bitkidir. Anavatanı Kuzey Anadolu olan fındığın kültür formlarının Karadeniz kıyılarından İtalya, İspanya başta olmak üzere Avrupa kıtasında ve Kuzey Amerika Kıtasında yayılım gösterdiği bilinmektedir. Türkiye, adı fındık ile beraber anılan ülke olarak dünyanın en büyük fındık üreticisi konumundadır.Uzun yıllardan bu yana dünya üretiminin yaklaşık % 75'ini sağlamaktadır. Üretim, girdi, pazarlama, kırma, işleme, yağ sanayi, nakliye, ihracat gibi gelir getirici faaliyetler ile yaklaşık 7-8 milyon insanın doğrudan veya dolaylı yoldan geçimine katkıda bulunmaktadır. Türkiye dünya fındık ihracatında lider konumundadır. Üretilen fındığın ancak %15-20'lik kısmı iç piyasada tüketilmekte, büyük kısmı ise ihraç edilmektedir. Kocaeli'nde meyveciliğin içinde en büyük pay 79,808 ha ile fındık yetiştiriciliğine aittir ve Kocaeli'nde fındık toplu meyve alanlarının içinde % 26 oranında en çok paya sahip ürün olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu çalışmada Türkiye ve Kocaeli ili Kandıra İlçesinde fındık tarımı ele alınarak, üretim verim, yetiştiricilik koşulları, ihracatı ve ürünün değerlendirilme şekilleri tartışılmıştır. Fırsatlar ve sorunlar belirlenerek, çözüm önerileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık, Kocaeli, Kandıra, yetiştiricilik, üretim, ihracat, ürün işleme

HAZELNUT FARMING IN KOCAELI AND HAZELNUT IN KANDIRA

Abstract
Hazelnut (*Corylus avellana* L.) is belong to *Corylus* genus, and generally grow up in brush form. It is a native fruit in North Anatolia and spread out along to Black sea coastal area to the continent of Europe, North America, Europe, Italy and Spain. Turkey is known by the name of hazelnut, so one of the largest hazelnut producer countries and supplies about 75% hazelnut production amount of the World for many years. There is a mission of hazelnut to contribute directly or indirectly to the livelihoods of approximately 7-8 million people through income generating activities; such as production, input, marketing, crushing, processing, oil industry, transportation, and export. Turkey is the world leader in hazelnut exports. Only 15-20% of the produced hazelnuts are consumed in the domestic market and most of them are exported. In Kocaeli, the largest amount of fruit growing areas belongs to hazelnut cultivation with 79,808 ha, and is covered 26% of of closed fruit orchards in Kocaeli. In this study, Turkey and Kocaeli Kandıra district hazelnut cultivation was considered for production and yield in the light of cultural conditions. Exports and product processing conditions were discussed. Opportunities and problems were identified and solutions were evaluated.

Keywords: Hazelnut, Kocaeli,Kandıra, farming practices, production, export, processing

1. GİRİŞ

Huşgiller familyası, *Corylus* cinsi içinde yer alan fındık (*Corylus avellana* L.), genellikle çalı formunda gelişen bir bitkidir. Anavatanı Kuzey Anadolu olan kültür formları Karadeniz kıyılarından başlayarak, İtalya, İspanya başta olmak üzere Avrupa kıtasında ve Kuzey Amerika Kıtasında yayılım göstermektedir (Özçağıran ve ark. 2005). 2500 yıl kadar önce kültüre alınmış olan fındık meyvesinin 600 yıldan beri ticareti yapılmaktadır (Harman, 2013) . Türkiye'de 36-41 kuzey paralelleri arasında,

750 metreye kadar olan yükseltide, yıllık ortalama 13°C -16 °C sıcaklığa sahip ılıman ve nemli iklim koşullarında, besin maddelerince zengin toprakta yetişen fındık, ülkemizde tarımının yapıldığı bölgeler itibariyle eski (Bölge-I) ve yeni (Bölge-II) olmak üzere iki bölgede yetiştirilmektedir.

Fındık Eski Üretim Bölgesi (Bölge-I)

Orta Karadeniz'den Gürcistan sınırına kadar olan sahil kesiminde Gümüşhane, Tokat, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerini kapsamaktadır. Sahil kesiminden 30 km'ye kadar iç kesimlerde fındık alanlarına rastlanabilmektedir. Sahil kol (0-250 m) yetiştiricilik açısından en uygun kesim olup, orta kol (250-500 m) da iyi olanaklar sunmaktadır. Yüksek kol (500-750 m) ise yetiştiricilik açısından daha az tercih edilmekte, buna karşın, 750-1000 m yüksekliklerde de fındık bahçelerine rastlanmaktadır. Bu bölgede Tombul, Palaz, Foşa ve Çakıldak gibi meyve kalitesi güzel çeşitler yetiştirilmektedir. Bahçeler çoğunlukla dik yamaçlar üzerindedir, orta ve yüksek kol ilkbahar geç donlarından zarar görebilmektedir (Erdoğan, 2018).

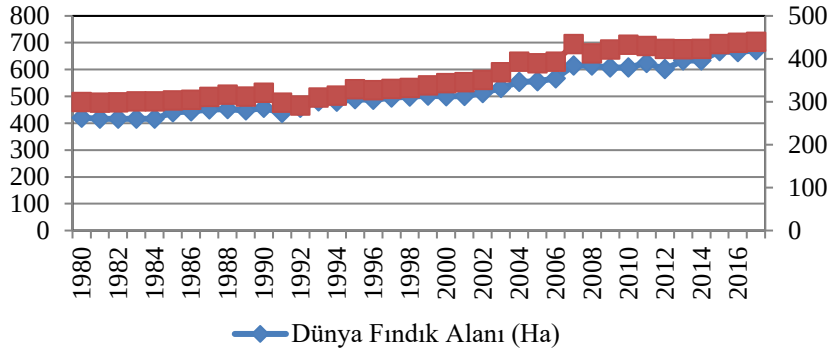
Yeni Üretim Bölgesi (Bölge-II)

Eski bölgeye göre eğim daha düşüktür; Samsun, Sinop, Kastamonu, Bartın, Zonguldak Düzce, Sakarya, Kocaeli ve Bolu illeri yer almaktadır. Sahil kesiminden 60 km içeriye uzanan fındık sahaları vardır. Çarşamba, Terme, Bafra, Sakarya, Düzce ovalarının yer aldığı daha verimli, daha derin topraklara sahiptir. Bahçeler daha düzenli tesis edilmiştir, mekanizasyona olanak vardır ve bakım koşullarına paralel olarak verim daha yüksektir.

2. TÜRKİYE VE DÜNYADA FINDIK ÜRETİMİ

Türkiye önemli bir fındık üreticisi olarak, üretim, girdi, pazarlama, kırma, işleme, yağ sanayi, nakliye, ihracat gibi gelir getirici faaliyetler ile yaklaşık 7-8 milyon insanın doğrudan veya dolaylı yoldan geçim kaynağı olma misyonuna sahiptir (Anonim, 2014). 2016 yılında Türkiye'nin fındık üretimi 420,000 tondur.Türkiye'yi 120,572 ton ile İtalya, 34,473 ton ile ABD, 33,941 ton ile Azerbaycan 29,500 ton ile Gürcistan izlemektedir (FAO, 2018). Türkiye, uzun yıllardan bu yana dünya fındık üretiminin yaklaşık % 75'ini sağlamakta, dünya fındık parametrelerini etkilemektedir. Fındık üretim alanlarında artış Türkiye üretim alanlarındaki artış ile doğrudan ilişkilidir (Şekil 1, Tablo 1).

İklim koşulları, kültürel işlemlerin gerektiği gibi yapılamaması, fındık üretim miktarındaki dalgalanmaların ve fındıkta periyodisitenin de varlığı verimde iniş çıkışların açıklaması olmaktadır (Şekil 2).

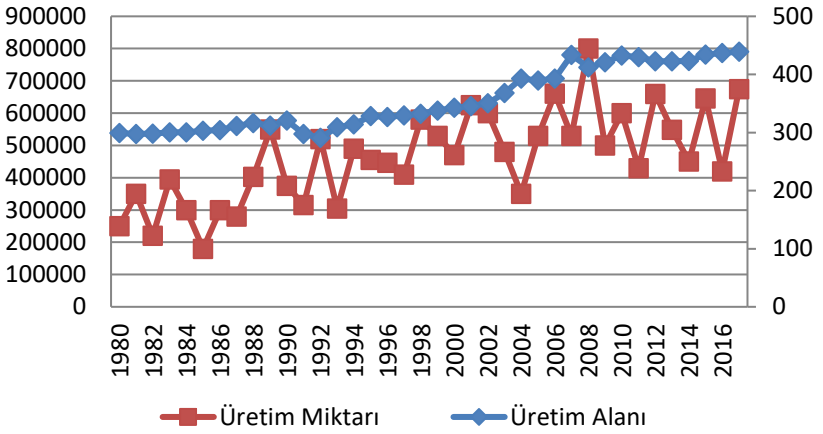


Şekil 1. 1980-2017 yılları arasında Dünya ve Türkiye fındık üretim alanları

Son 10 yıllık süreçte üretim alanın sürekli artışına neden olarak esas üretim bölgesinin Doğu Karadeniz'den Orta ve Batı Karadeniz'e doğru yayılması gösterilebilir. Devlet desteğinin artması, taban fiyat, alım garantisi, gübre kullanımının teşviki gibi destekler fındığın bu yayılımını tetiklemektedir (Doğanay, 2012; Kaynar, 2012; Erdoğan, 2018). Fındık üreticisi rekoltenin az olduğu yıllarda fiyatların yükselmesini avantaj olarak görerek yine alanı dışında fındık üreticiliğine soyunmuştur. Dönemsel olarak incelendiğinde 1954-1994 yılları arasındaki artış oranı doğuda %57 iken batıda % 788 olarak gerçekleşmiştir (Bostan, 1997; Erdoğan, 2018).

Tablo 1. 1980-2017 Yılları Türkiye fındık üretimi alanı ve üretim miktarı (FAO 2018)

Yıllar	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)	Yıllar	Üretim alanı (ha)	Üretim miktarı (ton)
1980	299.394	250000	2011	429.955	430000
1985	303.030	180000	2012	422.765	660000
1990	320.788	375000	2013	422.501	549000
1995	328.666	455000	2014	423.261	450000
2000	342.987	470000	2015	434.119	646000
2005	389.696	530000	2016	436.869	420000
2010	432.439	600000	2017	439.097	675000



Şekil 2. 1980-2017 Yılları Türkiye Fındık Üretim Alanı Ve Üretim Miktarı (FAO, 2018)

3. FINDIK İHRACAT DEĞERLERİ

Türkiye fındık üretiminde lider ülke olarak, kabuklu fındık ihracatında da ilk sırada yer almaktadır (Tablo 2). Üretilen kabuklu fındığın %80 kadarı ihraç edilmektedir. Buna karşın iç fındık ihracatında beklenen gelişme kaydedilememiştir (Tablo 3). İlk kabuklu fındık ihracatı 1773 yılında Rusya'ya yapılmış daha sonra Romanya, İngiltere ve Belçika'ya ihracatlar gerçekleştirilmiş, zamanla diğer ülkelere ihracatlar başlamıştır. Kabuklu fındık ihracatı zaman içinde önemini kaybetmiş, ilk defa 1889 yılında ihraç edilen iç fındık günümüzde ihracatın neredeyse tamamını oluşturur duruma gelmiştir. İç fındık ihracatının %65'ini çiğ iç fındık, %20'sini beyazlatılmış, kavrulmuş, farklı şekilde işlenmiş ürünler oluşturmaktadır (Kaynar, 2012).

Türkiye'nin fındık ihracatının büyük bir kısmının Avrupa ülkelerine yapılması (Tablo 4), Avrupa'daki çikolata sanayinin gelişmişlik düzeyi ve coğrafi yakınlık ile ilişkilendirilebilir. Türkiye ihracatında önemli bir yere sahip olan fındık, Türkiye'de yapılan toplam ihracatın %2'sini ve tarım sektörü ihracatının ise % 18 'ini oluşturmaktadır. Türkiye dünya fındık ihracatının %65'ini geçekleştirse de rakiplerinden İtalya'nın düzenli üretim yapısı ve son yıllarda yaptığı ihracat atakları, Türkiye'yi fındığın henüz tanınmadığı dünya ülkelerine doğru yeni pazar bulmaya ve dış talebi artırma konusunda çabalara yöneltmiştir (Kızıltan ve Yalçın, 2010; Yücel, 1990).

Tablo 2. Dünya'da Kabuklu Fındık İhracat ve İthalat Miktarları

Kabuklu taze veya kurutulmuş fındık		
İhracat (ton)	Yıllar	Pay (%)
Ülkeler	2017	
Türkiye	159,780	%65
İtalya	27,894	%11
Azerbaycan	14,096	%6
Gürcistan	13,851	%6
Şili	8,140	%3
Hollanda	6,646	%3
Dünya	246,172	%100

Kabuklu taze veya kurutulmuş fındık		
İthalat (ton)	Yıllar	Pay (%)
Ülkeler	2017	
Almanya	66,132	%27
İtalya	43,047	%17
Fransa	23,119	%9
İsviçre	10,221	%4
Kanada	10,135	%4
Türkiye	2,226	%1
Dünya	236,931	%100

Tablo 3. Dünya'da İç Fındık İhracat ve İthalat Miktarları

Taze veya kurutulmuş iç fındık		
İhracat (ton)	Yıl	Pay (%)
Ülke	2017	
ABD	24199	%71
Fransa	2645	%8
Honkong,Çin	2353	%7
Gürcistan	1268	%4
Türkiye	677	%2
İtalya	609	%2
Dünya	33,964	%100

Taze veya kurutulmuş iç fındık		
İthalat (ton)	Yıllar	Pay (%)
Ülkeler	2017	
Vietnam	17,585	%54
Hongkong	3,254	%10
İtalya	2,960	%9
Canada	1,514	%5
Almanya	1,102	%3
Şili	948	%3
Dünya	32,827	%100

Tablo 4. 2017-2018 Sezonu Türkiye fındık ihracat değerleri

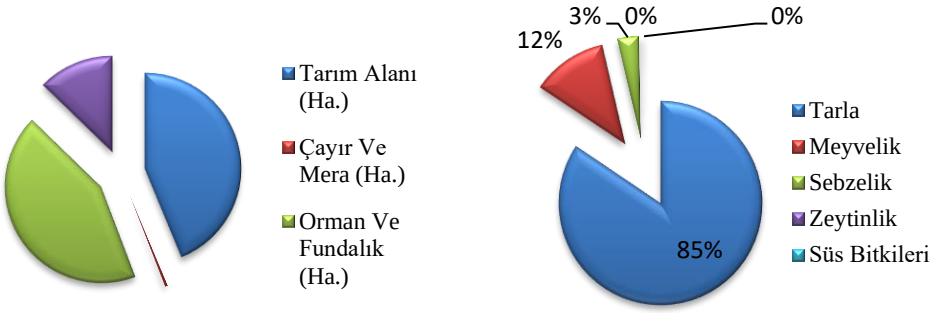
Ülke	**Miktar (kg)**	**Payı (%)**	**Değer (Dolar)**
Almanya	69,901,505	24	424,902,342
İtalya	57,379,855	20	357,331,342
Fransa	20,042,502	7	124,506,889
Kanada	12,165,447	4	77,498,628
Hollanda	10,207,393	4	65,763,663
İsviçre	10,122,798	4	61,555,049
Polonya	9,060,534	3	59,183,736
Belçika	8,820,758	3	51,699,462
Avusturya	8,642,573	3	53,692,903
Çin	6,904,062	2	49,099,904
ABD	6,371,480	2	41,180,190
Toplam	219,618,907	77	1,366,414,108
Diğerleri	67,158,530	23	415,812,021
Genel Toplam	286,777,437	100	1,782,226,129

Kaynak: KİB, Karadeniz İhracatçılar Birlikleri Genel Sekreterliği

4. KOCAELİ'NDE FINDIK TARIMI

Marmara Bölgesi'nde Çatalca-Kocaeli Bölümünde 29°22' - 30°21' doğu boylamı, 40°31'- 41°13' kuzey enlemi arasında yer alan Kocaeli, Marmara Bölgesi ile Akdeniz İklimi arasında iklim özelliğini taşır ve kıyısıyla dağlık alanlar arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Kocaeli İli her ne kadar endüstri

kuruluşları ile ülke sermayesine yaptığı katkılar ile bilinse de tarım alanları varlığı ile de kendini göstermektedir (Şekil 5). Tarım alanlarının kullanım amacına bakıldığında 2017 yılı itibari ile tarla bitkilerinin payının %85, meyvelik arazilerin payının %12 olduğu görülmektedir (Şekil 3). Kocaeli'nde 2017 yılı verilerine göre meyvecilik 12,514 ha alanda yapılmakta ve 50,956 ton ürün elde edilmektedir. Yapılan meyveciliğin 79,808 ha'ında fındık yetiştirilmektedir ve toplu meyve alanlarının içinde % 26'lık paya sahiptir. Fındığı, % 12 ile ceviz ve %9 ile kirazüretimi takip etmektedir (Kocaeli Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, 2018)



Şekil 3. Kocaeli'de arazi dağılımı ve kullanım durumu **(**Kocaeli Tarım ve Orman İl Müdürlüğü,2018)

Kocaeli İlinde toplu meyvelik alanların ilçeler bazında tüm ekiliş alanı ve üretim miktarı içerisindeki payına bakıldığında Kandıra ilçesinin ön plana çıktığı görülmektedir. Toplu meyve alanları içerisinde Kandıra 71.599 dekar üretim alanı ile %57'lik paya sahiptir. Kocaeli'de 9040 adet çiftçi sayısı tarımsal anlamda önem teşkil etmektedir. İlçeler arasında üretici sayısı temel alındığında toplam üretici sayısının %61'ini içine alan Kandıra ilçesi ilk sırada gelmektedir. Kandıra ilçesini Kocaeli'nin en çok bilinen ilçesi İzmit takip etmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Kocaeli'de İlçelere Göre Üretici Sayısı

İlçe	Çiftçi sayısı	İlçe	Çiftçi sayısı	İlçe	Çiftçi sayısı
Başiskele	106	Gölcük	228	Kartepe	512
Çayırova	1	İzmit	1259	Körfez	355
Darıca	5	Kandıra	5555	Dilovası	8
Derince	456	Karamürsel	433	Gebze	122

5. KANDIRA'DA FINDIK TARIMI

Marmara bölgesinde bulunun Kocaeli İl'inin Karadeniz'e 52 km kıyısı olan tek ilçesi Kandıra'nın yüzölçümü 933 km^2'dir. Batısında İstanbul, kuzeyinde Karadeniz, güneyinde merkez ilçesi İzmit ve doğusunda Sakarya İli bulunmaktadır. Kandıra ilçe arazisi küçük tepelerle kaplıdır ve merkezinin deniz seviyesinde yüksekliği 75 metredir. İlçede, Babadağ'ı 400 m, Çaltepesi 350 m gibi bölgeye göre yüksek tepeler de bulunmaktadır. Kandıra ilçesinde Batı Karadeniz ve Marmara bölgeleri ikliminin tesiri görülmektedir. Yazın yağışlar genellikle düzensizdir. Kuzeyden gelen sert rüzgârları kıyı boyunca uzanan sıradağlar engeller. Kış mevsimi genellikle sert geçmez, yağışlar genellikle yağmur şeklinde olup kar yağışı az olmaktadır.

Kandıra İlçesi 50413 nüfus sayısı ile Kocaeli nüfusunun %3'lük kısmını içermektedir. Geçim kaynağını tarımdan sağlayan ilçenin 96 köyü ve çiftçi kayıt sistemine kayıtlı 2018 yılı itibariyle toplam 5555 üreticisi bulunmaktadır. Arazi büyüklükleri ile kişi sayıları karşılaştırıldığında 10-20 da ve 50-100 dekarlık tarım arazilerinin tüm araziler içerisinde %20 paya sahip olduğu görülmektedir. Ortalama fındık işletme büyüklüklerini değerlendiğimizde ise, arazilerin %84'ünün 5 dekara kadar olan işletmeler olduğu, %12'lik bölümünün ise 5-10 da arasındaki işletmeler olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 6). Veriler, arazilerin parçalı olmasının Kandıra'da da sorun olduğunu ortaya koymaktadır.

İlçe bitki örtüsü ve orman bakımından oldukça zengindir. Kıyı boyunca uzanan ormanlar önemli bir alana sahiptir. Doğal olarak gelişen ürünler; meşe, gürgen, ıhlamur, kestane ve kızılcıktır. Kazanç

kaynağı bakımından yetiştirilen en önemli ürün fındıktır. Kocaeli'ndeki meyvelik alanlar içinde Kandıra %57'lik oran ile en fazla paya sahip ilçedir. Toplam 746,61 dekar alan tarım arazi içerisindeki kuru tarımın yapıldığı alan, toplam alanların %88'ine denk gelirken, sulu tarım arazileri %12'de kalmaktadır (Tablo 7). Toplam arazi içerisinde Kandıra, Kandıra Tarım İlçe müdürlüğünün verilerine göre, 2018 yılında 97 bin dekarlık fındık alanına sahiptir.

Tablo 6. Kandıra İlçesinde arazi büyüklüklerine göre üreticilerin ve parsellerin dağılımı

Alan (da)	Kişi Sayısı	%	Parsel sayısı	%
0-5	390	%7	62478	84%
5- 10	615	%11	8670	12%
10- 20	1096	%20	2847	4%
20- 30	740	%13	431	1%
30- 40	595	%11	113	0%
40- 50	540	%10	67	0%
50- 100	1092	%20	46	0%
100	487	%9	1	0%
Toplam	**5555**	**%100**	**74653**	**%100**

Kaynak: Kandıra Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü, 2018

Tablo 7. Kandıra Arazi Dağılımı

Kuru arazi varlığı (da)	Sulu arazi varlığı(da)	Toplam arazi varlığı (da)
65549	9112	74661
88%	12%	100%
Fındık alanı: 97,000 da		Fındık alan/Toplam alan %13

Fındığın ülkemizde Orta ve Batı Karadeniz bölgelerinde yayılım göstermesi ile Kocaeli'nde Kandıra İlçesinde kendine yaşam alanı bulmuştur. Bakanlar Kurulunun 2001'de Resmi Gazete 'de yayımladığı 24596 sayılı kararı uyarınca Kandıra, Kocaeli İl'inin fındık üretimine izin verilen tek ilçesi olmuştur (Tablo 8). Yayımlanan karardaki il ve ilçeler için fındık yetiştiriciliğnini 1. ve 2. sınıf tarım arazilerinde ve %6'dan az eğimli arazilerde olması şartı konulmuştur. Bu şart düz ve verimli alanların kullanılması bağlamında tarımsal anlamda bir sorun teşkil etmekle beraber, tüm Karadeniz Bölgesi'nde 497,83 fındık üreticisine, Kandıra'da ise 2018 yılı itibariyle 4677 fındık üreticisine kazanç kapısı oluşturmuştur.

Üreticisi sayısı bakımından Kocaeli'nin diğer ilçeleri ile kıyaslandığında % 61'lik paya sahip Kandıra'da 2018 yılında 4014 adet aktif çiftçi kayıt sistemine kayıtlı üretici bulunmaktadır. Üreticilerin cinsiyet dağılımına baktığımızda toplam üreticiler içerisinde %95 oranında çoğunluğun erkek üreticilerden oluştuğu görülmektedir.

Kandıra İlçesinde alan bazlı desteklemeler ile kayıtlı fındık üreticilerinden 4677 üreticiye 2017 yılında toplam 8,5 trilyon TL destek sağlanmıştır. Mazot ve gübre desteklemesiyle 11,1 trilyon TL bölgeye aktarılmıştır.

6. KANDIRA'DA FINDIK TARIMININ SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Fındık arazilerinde mekanizasyonun uygulanamaması, eski fındık üretim bölgeleri olan Bölge I' de olduğu kadar Kandıra için de büyük bir problemdir. Devletin fındık destekleme politikasına göre %6 eğimli fındık arazileri alan bazlı desteklemelerden yararlanabilmektedir. Asıl düşünce bol yağış alan Karadeniz Bölgesi'nde erozyon ile mücadelede fındığın aktör olarak kullanılmasıdır ancak, fındık yetiştiriciliği mekanizasyona ihtiyaç duyan bir tarımsal faaliyettir, eğimli arazilerde zorlaşmaktadır. Eski yıllarda kurulan fındık bahçelerinin sık ocaklar şeklinde olması mekanizasyon için başka bir problemdir. Kandıra'da fındık arazilerinin % 84'ünün 0-5 dekar gibi küçük ve parçalı araziler olmasından dolayı üreticinin tarım aletlerinden yeterli randımanı alamaması diğer bir mekanizasyon

sorunudur. Bölgede Kocaeli Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nce 2014 yılında başlatılan Kocaeli Arazi Toplulaştırması ve Tarla içi Geliştirme Hizmetleri Projesi kapsamında arazi toplulaştırma faaliyetlerinin Kandıra'da da uygulanması söz konusudur. Bu sayede fındık alanlarında da mekanizasyonun uygulanması kolaylaşacaktır.

Fındık kurdu, fındık kozalak akarı, fındık kokarcası olmak üzere başlıca ana zararlıları ile mücadele üreticinin fındıkta önem vermesi gereken sorunlardır. Fındığın yetiştiği ekolojinin nemli iklime sahip olması fungal, bakteriyel ve viral hastalıklara yakalanmasını kolaylaştırmaktadır. Kandıra'da 2013 yılından bu yana ekonomik zarar meydana getiren külleme hastalığı fındık randımanını düşürmektedir. Fındığın önemli hastalıklarından olan bakteriyel yanıklık, düzenli kültürel işlemlerin de yapılmadığı bahçelerde hızla yayılmakta ve bölgedeki verimin düşmesine neden olmaktadır. Bahçelerin orman arazilerden açılarak yapılması, sık ocaklar şeklinde kurulması, nem ve hava sirkülasyonunun sağlanamaması hastalık zararını artırmaktadır. Hastalık ve zararlılar ile mücadelede kültürel mücadele önemlidir. Ancak Kandıra'da tarımsal desteklemeler ve yeni ürün modeli arayışından önce tarımsal faaliyetlerin azalması neticesinde genç nüfusun azaldığı bir bölgedir. Yaşlı nüfus kültürel mücadeleyi etkin gerçekleştirememekte, yerine kimyasal mücadele uygulamaları görülmektedir. Artan ilaç maliyetleri kimyasal mücadeleyi kısıtlamaktadır. Bu nedenle bölgede iş kollarının artması ve tarımsal desteklerin sürmesi fındık tarımı için son derece önemlidir.

Tablo 8. Fındık alanlarının tespitine dair 24596 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı

İller	Fındık üretimine izin verilecek ilçeler
Artvin	Borçka ve Arhavi
Düzce	Akçakoca, Cumayeri, Gölyaka, Çilimli, Gümüşova, Yığılca
Giresun	Merkez, Bulancak, Keşap, Tirebolu, Görele, Eynesil, Espiye, Dereli, Çanakçı, Güce, Doğankent, Yağlıdere, Piraziz
Kastamonu	Abana, Bozkurt, Cide, Çatalzeytin, İnebolu
Kocaeli	**Kandıra**
Ordu	Bütün İlçeler
Rize	Ardeşen,Fındıklı, Pazar
Sakarya	Kocaali, Karasu, Akyazı, Salıpazarı
Sinop	Merkez, Ayancık, Türkeli, Erfelek, Gerze, Dikmen
Samsun	Çarşamba, Terme, Ayvacık, Salıpazarı
Trabzon	Bütün İlçeler
Zonguldak	Alaplı, Ereğli
Bartın	Merkez, Amasra, Kurucaşile

Tablo 9. Kandıra'da üreticilerin dağılımı ve fındık üreticileri

Aktif çiftçi sayısı				Pasif çiftçi sayısı			
Kadın çiftçi	Erkek çiftçi	Tüzel kişi	Toplam çiftçi	Kadın çifçi	Erkek çiftçi	Tüzel kişi	Toplam çiftçi
218	3793	3	4014	77	1464	0	1541
Fındık üreticisi sayısı: 4677				Üreticiler içindeki oranı %84			
Toplam üreticisi sayısı:5555							

Kaynak: Kandıra Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü,2018

Kaynaklar

Anonim, (2014), Fındık Çalıştayı Sonuç Raporu. 18-19 Aralık 2013, Trabzon.
Doğanay, H. (2012), Türkiye Fındık meyveciliğindeki yeni gelişmeler. Doğu Coğrafya Dergisi, 17(27):1-22.

Erdoğan, V. (2018), Fındık: Yetiştiricilik, Sorunlar, Öneriler Ve Yenilikler. Türktob Dergisi. 27:4-10.

Harman, C. (2013), Karadeniz Bölgesi'ndeki Endemik Tarım Ürünleri: Fındık, Çay ve Kivi'nin Üretimi, Pazarlanması ve Tüketimi. Giresun Üniv. Sosyal Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi.

Kaynar, İ.S. (2012), 19. Yüzyılın İkinci Yarısından Cumhuriyet'e Fındığın Ekonomik ve Sosyal Tarihi (Orta Karadeniz Bölgesi). Marmara Üniv. Sosyal Bil. Ens. Yüksek lisans Tezi.

Kızıltan, A., Yalçın, H. (2010), Türkiye'de Fındık Sektöründe Üreticilerin Sorunları: Samsun İlinde Bir Uygulama Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 4. Syf.79-98.

Özçağıran, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyarolu M. (2005), Ilıman İklim Meyve Türleri: Sert Kabuklu Meyveler Cil-III. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın No: 566. s.308.

Yücel, Y. (1990), Türkiye'de Fındık Üretim-Tüketim Dengesi Paneli İstanbul: İ.A.V. Yayınları, s.45-46.

Türkiye İstatistik kurumu (TÜİK) (2018), Bitkisel Üretim İstatistikleri. www.tuik.gov.tr, (Erişim tarihi: 20.01.2019).

http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC , Erişim Tarihi: 11.02.2019

KİB, (2018), Karadeniz İhracatçılar Birliği, http://www.kib.org.tr/tr/ihracat-istatistikler-findik-istatistikleri.html , Erişim Tarihi: 17.02.2019

Kocaeli Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, (2018), https://kocaeli.tarimorman.gov.tr/Menu/26/Arazi-Varligi , Erişim Tarihi: 17.02.2019.

Resmi Gazete, 2018, Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/11/20011127.htm#13, Erişim Tarihi: 18.02.2019.

TARIMDA ALTERNATİF GİRİŞİMCİLİK ALANI: SERADA TOPRAKSIZ YETİŞTİRİCİLİK

Öğr. Gör.Dr. Bahar Aydın Can
Kocaeli Üniversitesi / Arslanbey MYO, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü
baharcan@kocaeli.edu.tr

Prof.Dr. Sait Engindeniz
Ege Üniversitesi / Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü
sait.engindeniz@ege.edu.tr

Özet

Türkiye, sera üretimi açısından dünyada ilk beş ülke arasındadır ve Akdeniz bölgesinde üçüncü büyük sera alanına sahiptir. Türkiye'de topraksız yetiştiriciliğin modern işletmeler tarafından kullanımı 1995 yılında toplam 10 ha alan ile başlamıştır. Topraksız yetiştiricilik ilk on yılda yavaş artış göstermiş ve 2000 yılında 20 hektara ulaşmıştır. Bununla birlikte, 2005 yılından itibaren çok büyük artışlar kaydedilmiştir. Türkiye'de halen topraksız yetiştiricilik yapılan alan 1.200 hektar civarındadır. Türkiye'de topraksız yetiştiricilik tekniği olarak substrat (ortam) kültürü kullanılmaktadır ve perlit, kaya günü ve Hindistan cevizi torfu tercih edilen ortamlardır. Bu çalışmanın amacı, seralarda topraksız yetiştiriciliğin teknik ve ekonomik yönlerini inceleyerek, bu alana yatırım yapacak girişimciler açısından avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmektir. Çalışmada, daha önce Türkiye'de ve diğer ülkelerde yapılan araştırmaların sonuçlarından ve ilgili kurumların (Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım ve Orman Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Akdeniz Yaş Meyve-Sebze İhracatçıları Birliği) istatistiksel verilerinden yararlanılmıştır. Elde edilen veriler yüzde ve indeks hesaplamaları yapılarak çizelgeler halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Seracılık, topraksız yetiştiricilik, tarımsal yatırım, tarımsal girişimcilik.

ALTERNATIVE ENTREPRENEURSHIP AREA IN AGRICULTURE: SOILLESS GROWING IN GREENHOUSE

Abstract

Turkey is among the top five countries in greenhouse production of the world, and has the third largest greenhouse area in the Mediterranean region. The first modern companies utilising soilless growing began in 1995 with a total area of only 10 ha in Turkey. Soilless growing increased slowly during the first decade, and by 2000 the area had reached only 20 ha. However, much greater increases have been recorded since 2005. Nowadays, the area of soilless growing is around 1,200 ha. Substrate culture is the main technique of soilless growing in Turkey and the common substrates are perlite, rockwool and cocopeat. The main purpose of this study is to investigate the tehnical and economic aspects of soilles growing in greenhouses and evaluate its advantage and disadvantage in terms of entrepreneurs. In the study, it has benefited from the results of previous researches conducted in Turkey and other countries and statistical data of relevant institutions (Turkish Statistical Institute, Turkish Ministry of Agriculture and Forestry, Turkish Ministry of Environment and Urbanization, and Mediterranean Fresh Fruits and Vegetables Exporters' Association). Data obtained have been shown in the tables issued by the use of percentage and index calculations.

Keywords: Greenhouse production, soilless growing, agricultural investment, agricultural entrepreneurship.

1. GİRİŞ

Türkiye'de örtüaltı alan 2017 yılı itibariyle 73.718 hektardır. Bu alanın %25.4'ü alçak plastik tünel, %15.9'u yüksek tünel, %11.4'ü cam ve %47.2'si plastik sera alanlarından oluşmaktadır (TÜİK, 2018).

Türkiye sera alanı açısından Çin, Güney Kore, İspanya ve Japonya ile birlikte dünyada ilk beş ülke arasında, Avrupa ülkeleri arasında da İspanya ile ilk sırada bulunmaktadır (Tüzel et al., 2008).

Son yıllarda seralarda toprağın kullanılmasına alternatif olarak topraksız yetiştiricilik ortamları geliştirilmiştir. Topraksız yetiştiricilik, bitkisel gelişimdeki ve ürün kalitesi kontrolündeki katkıları nedeniyle çoğu ülkenin seracılığında önemli ölçüde yer bulmuştur. Topraksız yetiştiricilik, topraklıya oranla daha verimli bir üretim şeklidir ve değişken masrafları da daha düşüktür (Toprak ve Gül, 2013; Gül, 2013).

Türkiye'de ve farklı ülkelerde topraksız yetiştiriciliğin ekonomik yönleri üzerine bazı araştırmaların yapıldığı görülmektedir (Benton ve Jones, 1997; Başar, 2000; Grafiadellis et al., 2000; Gül ve ark., 2002; Engindeniz ve Gül, 2002; Engindeniz, 2002a; 2002b; 2004; Gül et al., 2007a; 2007b; Engindeniz and Gül, 2009; Orsini et al., 2010; Singh et al., 2018; Al Rawahy and Mbaya, 2019). Ancak topraksız yetiştiriciliğin girişimcilik yönlerini ortaya koyan, üreticilere ve girişimcilere rehber olabilecek çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, seralarda topraksız yetiştiriciliğin teknik ve ekonomik yönlerini inceleyerek, bu alana yatırım yapacak girişimciler açısından avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmektir. Çalışmada, daha önce Türkiye'de ve diğer ülkelerde yapılan araştırmaların sonuçlarından ve ilgili kurumların (Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım ve Orman Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Akdeniz Yaş Meyve-Sebze İhracatçıları Birliği) istatistiksel verilerinden yararlanılmıştır. Elde edilen veriler yüzde ve indeks hesaplamaları yapılarak çizelgeler halinde sunulmuştur.

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE TOPRAKSIZ YETİŞTİRİCİLİĞİN GELİŞİMİ

Topraksız yetiştiricilik ilk kez Amerika'da 1920'li yıllarda ticari olarak ortaya çıkmış, Avrupa'da ise teknolojideki gelişmelerle 1965'den sonra hızla gelişmiştir. Topraksız yetiştiriciliğin en yoğun olarak uygulandığı ülkelerin başında Hollanda ve İspanya gelmektedir. Günümüzde Fransa, Belçika, Almanya, İtalya, Japonya, ABD, Meksika ve Çin gibi ülkelerde topraksız yetiştiriciliğin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Başar, 2000).

Topraksız yetiştiricilik diğer ülkelerde uzun yıllardır yapılmakla birlikte, Türkiye'de ticari olarak ilk kez 1990 yılında Antalya'da başlamıştır. İlk yıllarda yavaş bir gelişme göstermiştir. 2016 yılında Türkiye'de topraksız yetiştiricilik yapılan alanın 1200 hektar civarında olduğu görülmektedir (Tablo 1). Topraksız yetiştiricilik daha çok Akdeniz ve Ege bölgelerinde görülmektedir. Antalya (%49) ve İzmir (%26) illerinde toplam üretimin %75'i gerçekleştirilmektedir. Bu illeri Manisa (%8), Mersin (%8), Aydın (%4) ve Denizli (%3) izlemektedir (Tüzel ve ark., 2015).

İklimlendirme ile yüksek verim ve kalite elde edilebildiği için, topraksız yetiştiricilik jeotermal alanlarda daha yaygındır. Topraksız yetiştiricilik yapılan seraların %37'sinde jeotermal enerji kullanılmaktadır. Seralarda topraksız yetiştiriciliği gerektiren nedenler ise; topraktaki kayıplar, topraklardaki yorgunluk, hastalıklar, zararlılar ve yabancı ot problemleri, aşırı gübre kullanımı, su kullanımı şeklinde sıralanmaktadır (Gül, 2012; 2013).

3. SERALARDA TOPRAKSIZ YETİŞTİRME TEKNİKLERİ VE VERİM ÖZELLİKLERİ

Seralarda topraksız yetiştirme teknikleri; su (solüsyon-hidroponik) kültürü ve katı ortam (agregat-substrat) kültürü olarak ikiye ayrılmaktadır (Gül, 2012). Su kültürü, durgun su, akan su (NFT) ve aeroponik kültür olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Katı ortam kültüründe organik veya inorganik ortamlar kullanılabilmektedir. Kompost, ağaç kabuğu, talaş, torf ve kokopit organik ortamlardır. İnorganik ortamlar ise yapay ve doğal ortamlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Kum, çakıl, perlit, vermikulit, pomza, işlenmiş kil, zeolit, volkanik tüf ve sepiolite doğal inorganik ortamlardır. Poliüretan, polistiren, kaya yünü, cam yünü ve strafor yapay inorganik ortamlardır. Katı ortam kültürü ile yetiştiricilikte; yatak (plastik, beton, tahta veya metal), saksı, torba, paket veya hazır bloklar kullanılabilmektedir (Anaç ve ark., 2016).

Tablo 1.Türkiye'de Topraksız Yetiştiricilik Yapılan Alandaki Gelişmeler

Yıl	Topraksız yetiştiricilik alanı (ha)
1995	10
2000	20
2004	75
2007	185
2010	400
2011	500
2012	700
2013	850
2014	1.000
2015	1.150
2016	1.200

Kaynak: Gül, 2017.

Genel olarak topraksız yetiştirme ortamından beklenen özellikler; ucuz ve yerel olması, iyi bir drenaj ve havalanma sağlanması, bitkiye zarar verecek şekilde bozulmaması, suda eriyebilen tuz içeriği düşük olması, pH değerinin uygun olması, homojen olması, su ve besin maddesi tutma özelliğine sahip olması ve hafif olmasıdır (Gül, 2012);

Topraksız yetiştiriciliğin en verimli olarak yapılabilmesi için sera kuruluş yerinin seçiminde de çeşitli faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bunlar; iklim özellikleri, sulama suyu mevcudu, elektrik kaynağına yakınlık, ana yollara yakınlık, termal ve jeotermal kaynak mevcududur (Gül ve ark., 2000).

Türkiye'de topraksız yetiştiricilik yapılan seralarda çoğunlukla sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır. Domates, hıyar, biber, patlıcan, kavun ve kabak yaygın yetiştirilen ürünlerdir. Ayrıca fasulye, karpuz, marul, ıspanak, maydanoz, tere ve roka gibi ürünler de yetiştirilmektedir. Kesme çiçek olarak ise sırayla; Gül, Karanfil, Lale, Krizantem, Orkide, Lilium, Gerbera ve Frezya yetiştirilmektedir (Tüzel ve ark., 2015).

Seralarda yetiştirilecek ürünler seçilirken genel olarak göz önünde bulundurulması gereken faktörler; üretici davranış ve tutumları, pazarlama koşulları, sera tipi, iklim yapısı, ürün özellikleri ve üretim tekniği (topraklı-topraksız) olarak sıralanmaktadır (Tüzel et al., 2008).

Seralarda topraksız yetiştiriciliğin verim ve ürün kalitesini artıran farklı özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler; üretimin kontrolü gerçekleştirilmesi, su ve gübre ekonomisi sağlanması, toprak ve yeraltı su kaynaklarının korunması, çevreye zarar veremeyen bir teknik olması ve işçiliği azaltmasıdır (Gül 2012; 2013).

İzmir'in Menderes ilçesinde üretici koşullarında serada topraksız üretilen hıyarda verim düzeyleri farklı araştırmalarla ortaya konulmuştur. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre bahar döneminde hıyarda dekara verim; volkan tüfünde plastik kanalda üretim ile 32.650 kg (Engindeniz ve Gül, 2002), perlit ve zeolit içinde beton yatakta üretim ile 29.721 kg, saksıda üretim ile 31.263 kg, torbada üretim ile 26.817 kg olarak saptanmıştır (Gül ve ark., 2002).

4. SERALARDA TOPRAKSIZ YETİŞTİRİLEN ÜRÜNLERİN PAZARLANMASI

Seralarda çoğunlukla sebze üretimi gerçekleştirilmektedir. Üreticiler sebzeleri doğrudan kendileri pazarladıkları gibi, toptancı halinde satabilmekte, yöredeki tüccarlara satabilmekte ya da dışsatımcılar vasıtasıyla pazarlamaktadır (Engindeniz, 2015).

Türkiye'de 2008-2017 döneminde farklı sebzeler için üretici eline geçen fiyatlar incelendiğinde, yıllar itibariyle domates (sofralık), biber (sivri), hıyar ve kabak (sakız) fiyatlarında dalgalanmalar olduğu; reel fiyatlara göre ise azalışlar olduğu saptanmıştır. 2017 yılında üretici eline geçen ortalama fiyat; domateste 0.93 TL/kg, biberde 1.79 TL/kg, hıyarda 1.53 TL/kg, kabakta 1.09 TL/kg, patlıcanda ise 1.41 TL/kg olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2018)

Son yıllarda birçok yatırımcı ve girişimci modern seralarda topraksız koşullarda sebze üreterek dışsatım yapmakta ya da yapmayı planlamaktadır. Türkiye'nin yaş sebze dış satımı aylar itibariyle incelendiğinde önemli bir kısmının Ocak-Haziran ayları arasında, yani sera sebzesi üretiminin yapıldığı aylarda gerçekleştirildiği görülmektedir. Türkiye 2017 yılında 526.000 ton domates, 96.000 ton biber, 50.000 ton hıyar, 49.000 ton kabak ve 24.000 ton patlıcan dışsatımı gerçekleştirmiştir. 2017 yılında dışsatımı yapılan toplam domates miktarının %65.97'si, toplam biber miktarının %63.54'ü, toplam patlıcan miktarının %70.83'ü, toplam kabak miktarının %65.31'i, toplam hıyar miktarının ise %36'sı Ocak-Haziran ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Türkiye sebze dışsatımını çoğunlukla Rusya Federasyonu, Ukrayna, Almanya, Bulgaristan, Hollanda, Romanya, Fransa, İngiltere, Yunanistan, Irak ve Suudi Arabistan gibi ülkelere gerçekleştirmektedir (AKİB, 2018).

5. SERALARDA TOPRAKSIZ YETİŞTİRİLEN ÜRÜNLERİN MALİYET VE KARLILIK ÖZELLİKLERİ

Seracılıkta kuruluş maliyetleri yetiştirilen ürünlerin maliyet ve karlılığı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Türkiye'de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından bildirilen yapı yaklaşık birim maliyetleri incelendiğinde, 2018 yılında plastik sera maliyetinin 153 TL/m^2, cam sera maliyetinin ise 228 TL/m^2 olduğu görülmektedir. 2006-2018 döneminde birim maliyet yaklaşık üç kat artmıştır (ÇŞB, 2018).

Topraksız yetiştiricilikte masrafların daha fazla olduğu tartışılmakla birlikte, masraflar kullanılan tekniğe göre de değişmektedir. Topraksız yetiştiricilikte karşılanması gereken yatırım ve işletme masrafları bulunmaktadır. Sahip olunan sermaye düzeyi topraksız yetiştiricilik şeklinin seçiminde etkili olmaktadır. Türkiye'de topraksız yetiştiricilik yapılabilecek modern seralar yatırım masrafının, arazi bedeli hariç olmak üzere, plastik örtülü seralar için 50-60 €/m^2, cam seralar için ise 70-85 €/m^2 olduğu bildirilmektedir (Tüzel ve ark., 2015).

Konu seralarda topraksız sebze yetiştiriciliğinin sabit ve değişken masrafları açısından incelendiğinde bu yönde sınırlı sayıda araştırma yapıldığı görülmektedir. Örneğin İzmir'in Menderes ilçesinde bahar döneminde topraklı ve topraksız üretilen hıyarın ekonomik sonuçları karşılaştırıldığında topraksız üretimde, topraklı üretime göre işgücü ve çekigücü masraflarının daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca topraksız üretimde, topraklı üretime göre elde edilen verimin ve net gelirin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

İzmir'in Menderes ilçesinde yapılan araştırmalarda üretici koşullarında bahar döneminde serada topraksız üretilen hıyarın maliyet ve fiyat özellikleri ortaya konulmuştur (Engindeniz ve Gül, 2002; Gül ve ark., 2002). Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre hıyarda en düşük maliyet volkan tüfündeki üretime aittir (Tablo 3).

6. SERACILIĞA YÖNELİK DESTEK VE TEŞVİKLER

Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından örtüaltı yetiştiriciliği yapacak üretici ve girişimcilere farklı destekler sunulmaktadır. Bu destekler yatırım ve işletme aşamasındaki destekler olarak ikiye ayrılmaktadır (Engindeniz, 2015). Yatırım aşamasındaki destekler düşük ve sıfır faizli krediler (yatırım ve işletme kredileri, sera modernizasyonu kredileri), Kırsal Kalkınma Yatırımlarını Destekleme Programı çerçevesinde uygulanan ekonomik yatırımlar (alternatif enerji kullanan seralara hibe desteği) ve genç çiftçi projelerinin desteklenmesi, mera alanlarının jeotermal ısıtmalı teknolojik seralara tahsisi, hazine arazilerine kullanım izni ve bölgesel yatırım teşvikleridir (gümrük vergisi muafiyeti, KDV istisnası, vergi indirimi, sigorta primi desteği, yatırım yeri tahsisi ve faiz desteği).

Tablo 2. İzmir'in Menderes İlçesinde Bahar Dönemi Topraklı ve Topraksız Hıyar Üretiminin Masraf ve Gelir Unsurlarının Karşılaştırılması (€/1000 m²)

Masraf ve gelir unsurları		Plastik saksılarda perlit ve zeolit içinde hıyar üretimi	Toprakta konvansiyonel hıyar üretimi
1.İşgücü ve çekigücü masrafları		382	634
2. Materyal masrafları		976	588
3. Toplam değişken masraflar (1+2)		1.358	1.222
4. Diğer masraflar	Masraflar toplamı faizi (% 6)	81	73
	Yönetim karşılığı (% 3)	41	37
	Sera arazisi kirası	81	88
	Sera sermayesi yıllık amortismanı	834	601
	Sera sermayesi faizi (%12)	1.075	641
	Alt toplam	2.112	1.440
Toplam masraflar (3+4)		3.470	2.662
Verim (Kg/da)		31.263	23.000
Birim ürün maliyeti (€/kg)		0.11	0.12
Ürün fiyatı (€/kg)		0.17	0.18
Net gelir (€/m²)		1.84	1.48

Kaynak: Engindeniz and Gül, 2009.

Tablo 3. İzmir'in Menderes İlçesindeki Seralarda Bahar Döneminde Topraksız Üretilen Hıyarın Maliyet ve Fiyat Özellikleri

Üretim tekniği	Verim (kg/da)	Birim maliyet (€/kg)	Hıyar satış fiyatı (€/kg)	Kaynak
Volkan tüfünde plastik kanalda üretim	32.650	0.11	0.17	Engindeniz ve Gül, 2002
Perlit ve zeolit içinde beton yatakta üretim	29.721	0.12	0.15	Gül ve ark., 2002
Perlit ve zeolit içinde saksıda üretim	31.263	0.12		Gül ve ark., 2002
Perlit ve zeolit içinde torbada üretim	26.817	0.14		Gül ve ark., 2002

İşletme aşamasında sağlanan destekler kapsamında ise; Örtüaltı Kayıt Sistemine kayıt yaptıran üreticiler mazot ve gübre desteği, iyi tarım desteği, TARSİM sera sigortası desteği, Bombus arısı desteği, biyolojik ve biyoteknolojik mücadele destekleri ile küçük aile işletmesi desteğinden yararlanabilmektedir. Bu desteklerin 2017 ve 2018 yılı tutarları Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. İşletme Aşamasında Sağlanan Destekler

Destek türü	2017 yılı destek tutarı	2018 yılı destek tutarı
Mazot	9 TL/da	10 TL/da
Gübre	4 TL/da	4 TL/da
Bombus arısı	60 TL/koloni	60 TL/koloni
Biyolojik mücadele	350 TL/da	400 TL/da
Biyoteknik mücadele	110 TL/da	120 TL/da
İyi tarım	150 TL/da	150 TL/da
Küçük aile işletmesi	100 TL	100 TL

Kaynak: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018.

7. SERALARDA TOPRAKSIZ YETİŞTİRİCİLİĞİN GİRİŞİMCİLİK ALTERNATİFİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde kırsal kesimde tarımsal üretim yapan üreticiler yanında, farklı alanda faaliyet gösteren girişimcilerin de tarımsal üretime yatırım yaptıkları görülmektedir. Özellikle dışsatıma yönelik sera sebzeciliği yönelik yatırımlar ön plana çıkmaktadır. Günümüzde birçok girişimcinin kendi uzmanlığı olmamasına rağmen tarımsal üretimi seçmesi, bu alanı stratejik olarak görmesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle tarım ve onun alt dallarına geleceğin sektörü olarak bakılmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı ve diğer kurumların yatırımcılara ve girişimcilere verdiği teşvik ve desteklerin artmasıyla birlikte tarımsal yatırımlara ilgi de artmıştır (Engindeniz, 2015).

Yapılan araştırmalar Türkiye'de toprak verimliliğinin son 10 yılda %23 azaldığını göstermektedir. Seralarda yeni gelişmeye başlayan topraksız yetiştiricilik ise günümüzün ve geleceğin yatırım alanı olarak gösterilmektedir. Türkiye'de son yıllarda farklı alanlara yatırım yapmayı araştıran girişimciler, topraksız yetiştiriciliğe ilgi duymaktadır. Özellikle jeotermal bölgelerde, Akdeniz ve Ege'de seracılık yapmak isteyen girişimci sayısı artmaktadır.

Topraksız yetiştiricilikte yatırım maliyeti, geleneksel topraklı üretime göre daha yüksektir. Ancak daha fazla verim alınabilmesi yatırımı karlı hale getirebilmektedir. Yatırımın geri dönüş süresi iki ila beş yıl arasında değişebilmektedir. Geri dönüş süresi, topraksız yetiştiricilik tekniğine göre de değişebilmektedir. Örneğin hareketli su kültürü ile yapılan yetiştiricilikte yatırımının geri dönüş süresi 25 aya kadar düşebilmektedir.

Genel olarak bakıldığında topraksız yetiştiriciliğin girişimciler açısından aşağıdaki avantaj ve dezavantajları olduğu görülmektedir;

Topraksız Yetiştiriciliğin Girişimciler Açısından Avantajları

- Verimsiz topraklar değerlendirilmektedir.
- Ürünlerin besin değeri ve pH dengesi kolaylıkla sağlanabilmektedir.
- Kontrollü yetiştiricilik imkanı sağlanabilmektedir.
- Topraktaki yetiştiriciliğe göre daha az alan ve su gerektirmektedir.
- Daha az enerji ve işgücü kullanılmaktadır.
- Meyve kalitesi artmaktadır.
- Yüksek üretim/gelir elde edilmektedir.
- Sanayi dallarının gelişmesini sağlamaktadır.
- Tarımsal ilaç kullanımı daha azalmaktadır.
- Bitki besleme kontrollü yapılmaktadır.
- Çiçeklenme kontrol edilebilmektedir.
- Birim alanda daha fazla bitkiye yer verilmektedir.
- Sulama etkinleşmektedir.
- Münavebeye gerek kalmamaktadır.
- Ürünler arasındaki hasat süresi kısalmaktadır.
- Erkencilik sağlanmaktadır.

Topraksız Yetiştiriciliğin Girişimciler Açısından Dezavantajları

- İlk tesis ve başlangıç masrafları yüksektir.
- Kalifiye eleman yeterli değildir.
- Yeni ve yabancı teknolojinin bilinmezliği vardır.
- Hassas ve zaman alıcı bir üretim sistemidir.
- Tüketicide önyargı yaratabilir.
- Yüksek maliyetli enerji kullanılmaktadır.
- Topraksız yetiştiricilik ile bazı bitkilerin üretimi yapılabilmektedir.

8. SONUÇ

Topraksız yetiştiricilik, seralarda toprakların verim gücünün azalması nedeniyle seracılıkta ileri birçok ülkede uygulanmaktadır. Türkiye'de de seracılıkta kullanımı her geçen yıl artmaktadır. Özellikle

toprağı iyi olmayan yerlerde tarımsal üretim yapılabilmesi, erkencilik sağlanması, verim artışı ve kaliteli üretim, sulama ekonomisi ve etkinliği, enerji ve işgücü tasarrufu, bitkilerin kontrollü beslenmesi, yabancı ot kontrolü ve ilaç kullanımın azaltılması gibi katkıları Türkiye'de de uygulanabilirliğini arttırmaktadır. Sera sebzelerine olan talep artışı, yatırımın kısa sürede kendini amorti edebilmesi, verim artışı yanında girdi kullanımında tasarruf sağlaması girişimciler için önemli avantajlardır.

Yeterli bilgiye ulaşım, tecrübe edinimi ve gerekli kontrol ekipmanlarının sağlanmasıyla topraksız kültürle bitki yetiştiriciliği hem daha basit yapılabilmekte, hem de daha ekonomik sonuçlar alınabilmektedir. Ancak gerek üreticiler, gerekse topraksız yetiştiriciliğe yatırım yapacak girişimciler öncelikle mevcut ve potansiyel pazarlar hakkında bilgi sahibi olmalı ve bu pazarların talebine uygun olarak ürün ve üretim yöntemi belirlemelidir.

Diğer taraftan, pazara yönelik tarımsal üretimde; bilgiye çabuk ulaşma, etkin kontrol sistemleri, zamanında ve doğru yapılan uygulamalar etkilidir. Dolayısıyla bu yönde katkı sağlayabilecek tarım danışmanlarına da ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle toprağı tarıma elverişli olmayan bölgelerdeki üreticiler topraksız yetiştiricilik konusunda bilgilendirilmelidir Böylece bu sistem daha fazla yaygınlaştırılarak birçok alanda tarım yapılması sağlanmış olacaktır. Serada üretilen ürünlerin pazarlamasında ise üretici örgütlerinden daha fazla yararlanılmalıdır. Bu aşamada bu örgütlerin kurulması ve etkin çalışması desteklenmelidir.

Ayrıca topraksız yetiştiriciliğin nasıl olduğunu bilmeyen tüketiciler yetiştirilen ürünlerin sağlıklı olmadığı düşüncesiyle bu ürünleri tüketmek istemeyebilecektir. Örneğin İzmir'de yapılan bir araştırmada tüketicilerin %70'i topraksız ortamda üretilen sebzeleri tüketmek istemediğini belirtmiştir (Özçıngırak, 2019). Bu nedenle pazar alanının genişletilebilmesi için tüketicilerin de hijyen ve besin değerleri konusunda bilgilendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AKİB. (2018), *Yaş Meyve Sebze İhracatçıları Birliği Kayıtları*, 10.12.2018 tarihinde http://www.akib.org.tr adresinden alındı.

AL RAWAHY, M.S., MBAGA, M.D. (2019), Cost benefit analysis of growing cucumbers in greenhouse at different cooling of nutrient solution temperatures in closed hydroponic system in oman, *Sustainable Agriculture Research*, 8(1), page.74-81.

ANAÇ, D., ÇOKUYSAl, B., ERYÜCE, N., ÇOLAK ESETLİLİ, B., ÖZKAN, C.F., TEPECİK, M. (2016), *Topraksız Tarım ve Bitki Besleme Teknikleri*, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

BAŞAR, H. (2000), Bazı topraksız yetiştiricilik yöntemlerinin karşılaştırılması, *Anadolu*, 10(2), syf.169 -182.

BENTON, J., JONES, J. (1997), *Hydroponics: A practical guidc for the soilless grower*, USA: St. L.ucie Press.

ENGİNDENİZ, S. (2002a), Growing greenhouse cucumbers in Turkey: an economic analysis of soilless culture systems, *Praclical Hydroponics and Grccnhouscs*, 65, syf.53-59.

ENGİNDENİZ, S. (2002b), Serada topraksız kültürle sebze yetiştirmenin ekonomik yönden değerlendirilmesi, Türkiye 5.Tarım Ekonomisi Kongresi,18-20 Eylül 2002, Erzurum, syf.163-169.

ENGİNDENİZ, S. (2004), The economic analysis of growing greenhouse cucumber with soilless culture system: the case of Turkey, *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(3), page.5-19.

ENGİNDENİZ, S. (2015), Tarımda girişimcilik alternatifi: serada domates yetiştiriciliği, *Tarım Türk Dergisi*, 53, syf.27-36.

ENGİNDENİZ, S., GÜL, A. (2002), *Serada Topraksız Tarım Tekniği İle Sebze Örelim Ekonomisi: İzmir'in Menderes İlçesinde Hıyar Örneği*, Ankara:Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayın No 232.

ENGİNDENİZ, S., GÜL, A. (2009), Economic analysis of soilless and soil-based greenhouse cucumber production in Turkey, *Scientia Agricola*, 66(5), page.606-614.

GRAFIADELLIS, I., MATTAS, K., MALOUPA, E., TZOURAMANI, I., GALANOPOULOS, K. (2000), An economic analysis of soilless culture in gerbera production, *HortScience*, 35(2), page.300-303.

GÜL, A. (2012), *Topraksız Tarım*, İstanbul: Hasad Yayınları.

GÜL, A. (2013), Progress in soilless cultivation in Turkey, *Soil-Water Journal*, 2(2), page. 2257-2264.

GÜL, A. (2017), Soilless cultivation in Turkey, *Chronica Horticulturae*, 57(3), page.23-27.

GÜL, A., TÜZEL, İ.H., OKUR, B., TUNCAY, Ö., AYKUT, N., ENGİNDENİZ, S., 2000. *Serada Topraksız Tarım Tekniği İle Hıyar Yetiştiriciliği*, Ankara: TÜBİTAK TARP Yayınları.

GÜL, A., TÜZEL, Y., SCVGİCAN, A., TUNCAY, Ö., ÖZTAN, F., ENGİNDENİZ, S., TÜZEL, I.H., ANAÇ, D., OKUR, B , YAĞMUR, B., ONGUN, A R , ELLE, R Z., AYKUT, N , GÜLÇİN. (2002), Tahtalı barajı koruma havzasındaki seralarda topraksız tarım tekniğinin kullanımı, TÜBİTAK 2580-2 No'lu proje, İzmir.

GÜL, A., ENGİNDENİZ, S., AYKUT, N. (2007a), Can closed substrate culture be an alternative for small-scale farmers?, *Acta Horticulturae*, 747, page.83-89.

GÜL, A., ENGİNDENİZ, S., ELTEZ, R.Z., AYKUT, N., GÜLÇİN, H., 2007b. Adaptation of Closed Substrate Culture By Small-Scale Farmers, *Acta Horticulturae*, 729:261-266.

ORSINI, F., MEZZETTI, M., FECONDINI, M., MICHELON, N., GIANQUINTO, G. (2010), Simplified substrate soilless culture for vegetable production in Trujillo, Peru, *Acta Horticulturae*, 881, page.163-167.

ÖZÇINGIRAK, G. (2019), *İzmir İlinin Kentsel Kesiminde Sera Sebzeleri Tüketiminin Analizi Üzerine Bir Araştı*rma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

SINGH, M.C., KACHWAYA, D.S., KALSI, K., 2018. Soilless Cucumber Cultivation under Protective Structures in Relation to Irrigation Coupled Fertigation Management, Economic Viability and Potential Benefits-A Review, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(3): 2451-2468.

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI. (2018), *Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri,* 10.12.2018 tarihinde http://www.csb.gov.tr/ adresinden alındı.

T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI. (2018), *Tarımsal Destekler*, 15.12.2018 tarihinde https://www.tarimorman.gov.tr/ adresinden alındı.

TOPRAK, E., GÜL, A. (2013). Topraksız tarımda kullanılan ortam domates verimi ve kalitesini etkiliyor mu?, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(2), syf. 41-47.

TÜİK. (2018), *Bitkisel Üretim ve Fiyat İstatistikleri*, 11.12.2018 tarihinde www.tuik.gov.tr adresinden alındı.

TÜZEL, Y., ÖZTEKİN, G.B., GÜL, A. (2008), Recent developments ın protected cultivation In Turkey, 2nd Coordinating Meeting of the Regional FAO Working Group on Greenhouse Crop Production in the SEE Countries. 7-11 April. Antalya, syf.75-86.

TÜZEL, Y., GÜL, A., DAŞGAN, H.Y., ÖZTEKİN, G.B., ENGİNDENİZ, S., BOYACI, H.F. (2015), Örtüaltı yetiştiriciliğinde değişimler ve yeni arayışlar, TMMOB Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 12-16 Ocak 2015, Ankara, 1. Cilt, syf.685-709.

TÜRKİYE'DE MANDARİN ÜRETİMİ VE PAZARLAMASI ÜZERİNE BİR DIŞ PAZAR ARAŞTIRMASI

Öğr.Gör.Dr.Bahar Aydın Can

Kocaeli Üniversitesi / Arslanbey Myo, Pazarlama ve Reklamcılık Bölümü
baharcan@kocaeli.edu.tr

Doç.Dr.Melekber SÜLÜŞOĞLU DURUL
Kocaeli Üniversitesi / Arslanbey Myo, Gıda İşleme Bölümü
meleksl@kocaeli.edu.tr

Özet

Turunçgiller, Ruteceae familyasının Citrus türüne ait olup, içerisinde portakal, limon, mandarin, greyfurt vb. ekonomik türleri içermektedir. İçeriğinde yüksek oranda C vitamini bulundurması ve alternatif tüketim olanaklarının çeşitlenmesi nedeniyle tüketimi de artış göstermektedir. Gıda ve Tarım Örgütü(FAO) 2017 yılı istatistik verilerine göre dünyada 73.3 milyon ton portakal, 33.4 milyon ton mandarin, 17.2 milyon ton limon, 9 milyon ton greyfurt ve 3 milyon ton diğer turunçgiller olmak üzere toplam 135.9 milyon ton turunçgil üretimi gerçekleşmiştir.

Türkiye uygun iklim koşulları nedeniyle dünya turunçgil üretiminde 2017 yılında 4.7 milyon ton üretimi ile 9. sırada yer almaktadır. Ayrıca Çin ve İspanya'dan sonra mandarin üretiminde 1.5 milyon ton ile dünyada 3. sıradadır. Türkiye'de meyve veren mandarin ağaç sayısı 2008 yılında 8977 bin iken, 2017 yılında 14211 bine çıkmıştır. Mandarin üretimi ve ağaç sayısında meydana gelen bu artış, meyvenin iç ve dış pazarda çok talep edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Türkiye'nin turunçgil ihracatı son 10 yılda %55.1 artmıştır ve bu ihracatımızda mandarin 2. sırada yer almaktadır. Mandarin ihracatımızda İspanya en büyük rakibimiz durumundadır. Türkiye toplam mandarin üretiminin %50.31'ini ihraç etmektedir. En çok ihracat yapılan ülkeler; Rusya Federasyonu, Irak, Ukrayna, Suudi Arabistan ve Sırbistandır. Bu nedenle mandarin, turunçgiller içerisinde dış pazarımızda önemli bir meyve konumundadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki mandarin üretimi ve dış pazar yapısını değerlendirmek ve dünya ticaretindeki yerini ve önemini ortaya koyarak elde edilen sonuçlara ilişkin bazı öneriler getirmektir. Elde edilen veriler değerlendirilirken mandarin ihracatındaki rakibimiz olan İspanya rakip ülke olarak seçilmiş bulgular bu ülke açısından da incelenmiştir. Çalışmanın ana materyalini, FAO, TUİK, Ege ve Akdeniz İhracatçı Birlikleri vb. kurumlardan elde edilen veriler ile konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde 2008-2017 dönemi esas alınarak, yüzde, indeks hesaplamaları yapılarak çizelgeler halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mandarin, üretim, pazarlama, dış pazar**.**

A FOREIGN MARKET RESEARCH ON MANDARİN PRODUCTION AND MARKETING IN TURKEY

Abstract

Citrus fruits belong to the genus Citrus in the family Ruteceae and include economic species such as oranges, lemons, mandarins, grapefruits, etc. The consumption of citrus fruits has increased because citrus fruits have a high vitamin C content and alternative consumption opportunities have diversified. According to the statistical data of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) for the year 2017, 135.9 million tons of citrus fruits (73.3 million tons of oranges, 33.4 million tons of mandarins, 17.2 million tons of lemons, 9 million tons of grapefruits, and 3 million tons of other citrus fruits) were produced in the world.

In 2017, Turkey, thanks to her suitable climate conditions, ranked ninth in the list of the world's top citrus fruit producing countries with a production volume of 4.7 million tons and, following China and

Spain, ranked third in that of the world's top mandarin producing countries with a production volume of 1.5 million tons. The number of fruitful mandarin trees in Turkey had been 8.977 in 2008 and reached 14.211 in 2017. The increase in the number of mandarin trees and in mandarin production is a result of the high demand for mandarin in both internal and foreign markets.

The citrus fruit export of Turkey has increased by 55.1% in the last decade, and mandarin ranks second. In mandarin export, our biggest competitor is Spain. Turkey exports 50.31% of her total mandarin production, and the top export destinations of Turkey are Russia, Iraq, Ukraine, Saudi Arabia and Serbia. For this reason, of all citrus fruits, mandarin is an important fruit for our foreign market. The purpose of this study is to evaluate the mandarin production and foreign market structure of Turkey, demonstrate the place and importance of Turkey in the world trade, and make some suggestions in relation to the results obtained. In the evaluation of the obtained data, Spain, which is our competitor in mandarin export, was taken as the rival country, and the findings were analyzed in terms of Spain. The main materials of the study were the data obtained from different institutions such as FAO, TSI (Turkish Statistical Institute), Aegean and Mediterranean Exporters' Associations, etc. as well as former studies on the subject. The period of 2008-2017 was used as base in evaluating the data obtained, and percentage and index calculations were made and presented in tables.

Keywords: Tangerine, production, marketing, foreign market.

1. GİRİŞ

Turunçgiller, Rutaceae familyasının, Citrus cinsine ait olup, içerisinde portakal, limon, mandarin, altıntop vb. ekonomik türleri içermektedir. Anadolu turunçgillerin yayılma yolu üzerindedir. Turunçgillerin Anadolu'ya gelişi eskiye dayanmaktadır. Türkiye'de 400-500 yıldan beri turunçgiller ekonomik olarak yetiştirilmektedir. Ülkemizde yetiştirilen turunçgiller ;portakal, limon, laym , mandarin ve greyfurttur.

Turunçgil meyvelerinin insan beslenmesindeki yeri ve öneminin tüketici kitleleri tarafından daha iyi anlaşılması, bu meyvelere olan isteğin artmasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak dünya ve ülkemizde turunçgillerin gerek ağaç sayısı ve gerekse üretim miktarlarında büyük ve hızlı artışlar meydana gelmiştir(Can Aydın, 2004)

Türkiye, bugün turunçgil ihracatçısı ülke durumundadır. Turunçgiller üretimimiz geçmişten günümüze hızlı bir artış göstermiştir. 2018 yılına göre toplam turunçgil ağaç sayımız 44981000 adettir. Mandarin ağaç sayımız ise 18121000 adet ile %40.29'luk bir pay meydana getirmektedir. Ülkemizde Akdeniz, Ege ve Karadeniz Bölgelerinde mandarin üretimi yapılmaktadır.

Erkenci bir çeşit olan mandarine Avrupa pazarlarında gittikçe artan bir ilgi duyulmakta ve bunun neticesi olarak Türkiye'den mandarin ihracatı büyük önem kazanmakta ve mandarin dışsatımı yaş meyve ihracatımızda büyük önem taşımaktadır. Yetiştirme olanaklarının elverişliliği ve azımsanmıyacak dışsatım potansiyelinin bulunuşu dolayısıyla, bu ürünün üretiminin ve pazarlamasının incelenmesi Türkiye açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de turunçgiller üretim ve pazarlaması üzerine birçok araştırma yapılmıştır(Karacan, 1980; Can Aydın, 2004; Oral ve ark, 2016; Tapkı ve ark., 2016; Yelboğa ve ark., 2018; Atlı ve Söyler 2018..).Fakat mandarin üretim ve pazarlaması üzerine yapılan kapsamlı araştırmanın sayısının az olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki mandarin üretimi ve dış pazar yapısını değerlendirmek ve dünya ticaretindeki yerini ve önemini ortaya koyarak elde edilen sonuçlara ilişkin bazı öneriler getirmektir. Elde edilen veriler değerlendirilirken mandarin ihracatındaki rakibimiz olan İspanya rakip ülke olarak seçilmiş bulgular bu ülke açısından da incelenmiştir. Çalışmanın ana materyalini, FAO, TUİK, Ege ve Akdeniz İhracatçı Birlikleri vb. kurumlardan elde edilen veriler ile konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde 2008-2017 dönemi esas alınarak, yüzde, indeks hesaplamaları yapılarak çizelgeler halinde sunulmuştur.

2. TÜRKİYE'DE MANDARİN ÜRETİM, TÜKETİM VE PAZARLAMASI

Türkiye sahip olduğu Akdeniz iklimi özelliği sayesinde Çin ve İspanya'dan sonra dünya mandarin üretiminde üçüncü sıradadır. Türkiye'nin sahip olduğu mandarin ağaç sayısı bakımından 2009-2018 dönemi incelendiğinde 2009 yılında 9232000 adet meyve veren mandarin ağaç sayısının 2018 yılında 14396000 adete çıktığı görülmektedir. Toplam mandarin üretimi de 2018 yıllında 1650000 ton ile aynı dönemde % 94.95 'lik artış meydana getirmiştir(Tablo 1). Mandarin üretimimizin bölgesel dağılımda Akdeniz Bölgesi 1426146 ton ve % 87.18 ile ilk sıradadır. Ege Bölgesi % 12.52 ile ikinci sırada, Karadeniz Bölgesi de % 0.30'luk payla üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de üretilen mandarin çeşidi bakımından 2018 yılına göre satsuma mandarini 842465 ton üretim ile %51.50 payla en büyük payı oluşturmaktadır.

Tablo 1. Türkiye Mandarin Ağaç Sayısı ve Mandarin Üretimi

Yıllar	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı(bin)	Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı(bin)	Üretim (ton)	İndeks (2009=100)
2009	9232	1261	846390	100.00
2010	9488	1777	858699	101.45
2011	9690	1664	872251	103.06
2012	9829	1885	874832	103.36
2013	10153	1779	942226	111.32
2014	10766	2565	1046899	123.69
2015	11786	2230	1156365	136.62
2016	13305	2901	1337037	157.96
2017	14211	2522	1550469	183.19
2018	14396	3725	1650000	194.95

Kaynak: www.tuik.gov.tr

Turunçgil meyvelerinin insan beslenmesindeki yeri ve öneminin tüketici kitleleri tarafından daha iyi anlaşılması, bu meyvelere olan talebi de arttırmıştır. Türkiye'de mandarin tüketimi bakımından 2007 yılında 488000 ton olan tüketimin 2016 yıllında 686000 bin tona çıktığı görülmektedir(FAO, 2016). Türkiye'deki mandarin tüketimi yıllar itibariyle artış göstermekle beraber, nüfus artış hızına bağlı olarak tüketimde paralel bir artışın olmadığı saptanmıştır. Türkiye'de turunçgiller daha çok taze olarak tüketilmekte, meyve suyu olarak tüketimi diğer ülkelere göre daha azdır.

Türkiye yaş meyve ihracatının üretime oranı en iyimser yaklaşımla % 5 civarındadır. Oysa turunçgil meyvelerinin ihracat üretim oranı son yılların ortalaması üzerinden yaklaşık %20'dir.Bu durum turunçgil meyvelerinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Turunçgil meyveleri ihracatı genellikle 'taze' olarak gerçekleşmektedir(Taşdemir ve Akkaya, 2000).

Yıllara göre mandarin ihracatımızda Tablo 2 incelendiğinde, genel olarak ihracatımızda düzenli bir artışın olmadığı görülmektedir. 2007 yılında 257935 ton gerçekleştirdiğimiz mandarin ihracatımız bugün 672664 ton seviyesine ulaşarak büyük bir ilerleme kaydetmiştir. 2017 yılında en çok ihraç edilen yaş meyve ve sebze ürünleri sırasıyla %15 ile mandalina ilk sırada yer almaktadır(AKİB, 2017).İhracat yaptığımız mandarin çeşidi bakımından satsuma mandarini %55 ile en çok ihraç ettiğimiz çeşittir. 2018 yılında Türkiye'nin en fazla mandarin ihracatı yaptığı ülkeler arasında %41 ile Rusya Fedarasyonu, %25 Irak, %14 Ukrayna, %4 Suudi Arabistan, %2 Romanya yer almaktadır(AKİB, 2017).

Türkiye'nin mandarin üretiminde kendine yeterli olmasına rağmen, az miktarda mandarin ithalatı mevcuttur. İthalat daha çok üretim yetersizliği olduğu yıllarda olmaktadır. 2016 yılında 22435 ton mandarin ithalatımız gerçekleşmiştir.

Tablo 2.Yıllar İtibariyle Türkiye Mandarin İhracatı ve İthalatı

Yıllar	İhracat Miktarı (ton)	Değişim (%)	İthalat Miktarı (ton)	Değişim (%)
2007	257935		2101	
2008	301319	16.82	1056	-49.74
2009	364272	20.89	2606	146.78
2010	429153	17.81	4187	60.67
2011	470929	9.74	7468	78.36
2012	406439	-13.69	9724	30.21
2013	530966	30.64	10696	9.99
2014	633321	19.28	16039	49.95
2015	559787	-11.61	19185	19.61
2016	672664	20.16	22435	16.94

Kaynak: www.fao.org,(2017a)

2. DÜNYADA MANDARİN ÜRETİM, TÜKETİM VE PAZARLAMASI

Dünya mandarin üretiminin yaklaşık %95'i Akdeniz ülkelerinde yapılmaktadır. Turunçgiller dünyada en çok üretilen meyve grubudur. 2017 yılına göre dünyada 133008531 ton turunçgil üretimi 7860285 hektarlık alanda gerçekleşmiştir. Bu üretimin 33414126 tonunu mandarin oluşturarak, % 25.12'lik bir pay meydana getirmiştir. 2017 yılına göre dünya mandarin üretiminin % 53.95'i Çin'de, % 5.89'u İspanya'da, % 4.64'ü Türkiye'de gerçekleşmiştir(Tablo 3).

Tablo 3.Son 3 Yılda Dünya'da Ülkelere Göre Mandarin Üretimi(M:1000 ton)

Ülke	2015		2016		2017	
	Miktar	Oran %	M	Oran%	M	Oran %
Çin	16861	50.60	17318	53.15	18026	53.95
İspanya	3781	11.35	2382	7.31	1967	5.89
Türkiye	1156	3.47	1337	4.10	1550	4.64
Brezilya	1001	3.00	1012	3.11	965	2.89
Fas	993	2.98	1077	3.31	1278	3.82
Mısır	983	2.95	1021	3.13	1038	3.11
İtalya	822	2.47	649	1.99	683	2.04
ABD	783	2.35	848	2.60	937	2.80
Japonya	778	2.33	805	2.47	741	2.22
Kore	672	2.01	640	1.96	688	2.06
İran	666	2.00	651	1.99	656	1.96
Pakistan	623	1.87	609	1.87	590	1.77
Diğer ülkeler	4206	12.62	4153	13.05	4295	12.85
Dünya	33325	100.00	32582	100.00	33414	100.00

Kaynak: www.fao.org,(2017b)

Dünya mandarin tüketimi incelendiğinde 2016 yılına göre % 51.51'lik payla Çin en büyük paya sahiptir. Türkiye'nin dünya mandarin tüketiminde aldığı pay ise % 2.12 seviyesindedir. İspanya'nın mandarin üretiminde önemli payı olmasına karşın, tüketimde % 2.86 oranı ile düşük bir pay oluşturduğu görülmektedir.

2016 yılında dünyada toplam mandarin ihracatı baktığımızda 2016 yılında toplam 5064268 ton mandarin ihracatı olmuş, bunun 2041524 tonu AB ülkeleri tarafından gerçekleşmiştir. Dünya mandarin ihracatında İspanya %29.06 ile en büyük paya sahiptir(Tablo 4). Türkiye %13.28 'lik payı

ile 2.en büyük ihracatçı ülke durumundadır. AB içerisinde en büyük üretici İspanya dünya mandarin ihracatında özellikle çekirdeksiz klemantinlerle mandarin pazarını elinde tutmuş durumdadır.

Tablo 4. Son 3 Yılda Dünya'da Ülkelere Göre Mandarin İhracatı(ton)

Ülke	2014		2015		2016	
	Miktar (ton)	Oran (%)	M (ton)	Oran%	M (ton)	Oran %
Çin	749242	15.16	696094	14.50	646440	12.76
İspanya	1583998	32.04	1530343	31.87	1471481	29.06
Türkiye	633321	12.81	559787	11.66	672664	13.28
Fas	391363	7.92	427969	8.91	498716	9.85
Pakistan	361688	7.32	407261	8.48	353944	6.99
Diğer ülkeler	1224205	24.75	1179681	24.58	1421023	28.06
Dünya	4943817	100.00	4801135	100.00	5064268	100.00

Kaynak: www.fao.org,(2017c)

Uluslararası Ticaret Örgütü'nün 2016 yılı verilerine göre; dünya çapında yaş sebze ve meyve sektöründe en çok ithal edilen ürün grubu % 11,08 pay ile muz olurken, %11 ile turunçgiller 2. sırada yer almaktadır. Dünya mandarin ithalatında 2016 yılına göre % 15.29 pay ile Rusya Federasyonu ilk sırada yer almaktadır(Tablo 5). Almanya, Fransa ve Hollanda mandarin ithalatında meydana getirdikleri %19.66 payla diğer önemli ithalatçı ülkeler arasındadır.

Tablo 5. Son 3 Yılda Dünya'da Ülkelere Göre Mandarin İthalatı(ton)

Ülke	2014		2015		2016	
	Miktar (ton)	Oran (%)	M (ton)	Oran %	M (ton)	Oran %
Rusya Federasyonu	846589	17.78	768736	15.90	763263	15.29
Almanya	384927	8.09	395765	8.19	410673	8.22
Fransa	355414	7.47	351382	7.27	368098	7.37
Hollanda	183844	3.86	185560	3.84	203465	4.07
Diğer ülkeler	2990159	62.80	3132400	64.80	3247812	65.05
Dünya	4760933	100.00	4833843	100.00	4993311	100.00

Kaynak: www.fao.org,(2017c)

4. RAKİP ÜLKE :İSPANYA'DA MANDARİN ÜRETİM, TÜKETİM VE PAZARLAMASI

Dünya mandarin üretiminde en büyük üretime sahip ülkeler Çin ve İspanya'dır. Fakat mandarin ihracatında en büyük rakibimiz İspanya'dır. İstatistik veriler ve Ege İhracatçı Birlikleri'nden alınan bilgiler doğrultusunda, Türkiye'nin, İspanya'dan onbeş gün önce mandarin hasatı gerçekleştirdiği ve İspanya'da hasat zamanına kadar ihracatını daha kolay yapabildiği tespit edilmiştir(Ege İhracatçı Birliği Kayıtları, 2018). Bu nedenle de en büyük rakibimiz olan ülke İspanya olarak seçilmiştir.

AB ve dünyada en önemli turunçgil üreticisi ülkelerden birisi olan İspanya'nın mandarin üretimi 2017 yılında 1967018 ton seviyesine ulaşmıştır(Tablo 6). İspanya'daki turunçgil yetiştiriciliği esas olarak doğu kıyıları boyunca(Levante) ve nehir vadilerinde güney kıyılarda(Andaliucia) gerçekleştirilir. Valencia ve Castellon illeri İspanya'daki mandarin üretiminin çoğunu karşılamaktadır.

Tablo 6.Yıllara Göre İspanya'nın Mandarin Üretimi

Yıllar	Üretim Miktarı(ton)	İndeks(2008=100)
2008	2227916	100.00
2009	2000149	89.78
2010	2196890	98.61
2011	2117119	95.03
2012	1871265	83.99
2013	2198900	98.70
2014	2389681	107.26
2015	3781945	169.75
2016	2382073	106.92
2017	1967018	88.29

Kaynak: www.fao.org,(2017d)

İspanya'nın mandarin tüketimine baktığımızda bazı yıllar artış bazı yıllarda ise azalma görülmektedir. Bunun nedeni İspanya'nın üretimini daha çok ihracat pazarında değerlendirmesinden kaynaklanmaktadır. Fleck,(2000) tarafından yapılan çalışmada İspanya'nın Florida bölgesinde yıllara göre taze ve işlenmiş mandarin üretiminde, taze olarak tüketilen mandarin miktarının daha fazla olduğunu tespit etmiştir. 2016 yılına göre İspanya'nın mandarinde kişi başına tüketimi 20.01 kg iken, Türkiye'de 8.64 kg'dır(Tablo 7). Türkiye İspanya'ya göre daha az mandarin tüketmektedir.

Tablo 7.Yıllara Göre İspanya ve Türkiye'nin Kişi Başına Mandarin Tüketimi

Yıllar	Türkiye'de Kişi Başına Mandarin Tüketimi(kg)	İspanya'da Kişi Başına Mandarin Tüketimi(kg)
2012	6,41	3,43
2013	5,57	13,65
2014	5,58	17,47
2015	7,87	48,87
2016	8,64	20,01

Kaynak: www.fao.org,(2017e)

Turunçgil tarımı İspanya ekonomisinde önemli bir rol oynamakta ve temel ihracat kaynaklarından birisidir. Yıllar itibariyle ihracatına baktığımızda genel olarak artış göstermekle beraber iklim koşulları nedeniyle bazı yıllarda düşüşler meydana gelmiştir. 2016 yılı verilerine göre dünyada toplam 5064268 ton mandarin ihracatı gerçekleşirken, İspanya'da ise 1471481 ton mandarin ihracatı olmuştur(Tablo 8). Dünya mandarin ihracatının % 29.06 sı İspanya tarafından gerçekleşmiştir.

İspanya'nın mandarin ihracatının %93'ü AB ülkelerine gerçekleştirilmiştir. Almanya, Fransa, İngiltere ve Hollanda en fazla ürün ihracatı yapılan ülkelerdir. İspanya mandarin ithalatı genel olarak çok olmamakla birlikte, bazı yıllarda üretime bağlı nedenlerle artışların olduğu görülmektedir.

Tablo 8. Yıllar İtibariyle İspanya Mandarin İhracatı ve İthalatı

Yıllar	İhracat Miktarı (ton)	Değişim (%)	İthalat Miktarı (ton)	Değişim (%)
2007	1652428		10758	
2008	1471381	-10.96	13547	25.92
2009	1486021	0.98	11760	-13.19
2010	1483589	-0.16	7410	-36.99
2011	1590319	7.19	5587	-24.60
2012	1715802	7.89	5140	-8.00
2013	1567869	-8.62	6421	24.92
2014	1583998	1.02	7074	10.17
2015	1530343	-3.39	15759	122.77
2016	1471481	-3.85	16917	7.34

Kaynak: www.fao.org,(2017f)

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

AB içerisinde İspanya'nın sofralık mandarin üretimi ve ihracatı bakımından çok büyük baskısı vardır. İspanya AB ülkeleri turunçgil üretiminin yarısından fazlasını karşılamaktadır. Bununla birlikte İspanya'nın AB turunçgil üreticisi ülkeler içerisinde ihracat payı %93'dür.

Türkiye'nin mandarin ihracatı AB turunçgil yetiştiricisi ülkelerle karşılaştırıldığında Türkiye'nin İspanya'dan sonra 2.sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye AB'ye tam üye olduğunda mandarin ihracatını arttırma şansı bulunmaktadır. Fakat mevcut pazarlarını koruması ve yeni pazarlara girmesi için aşağıda belirtilenleri yerine getirmelidir:

- Ekim-Ocak ayları dışında olgunlaşan çeşitlerin dikimine yer verilerek, pazara girme olanakları genişletilmelidir.
- Mandarin bahçelerinde entegre mücadele, sulamada damlama sulama ve fertigasyona önem verilmelidir.
- Batı ve Doğu Avrupa pazarları ile Yakın Doğu pazarında büyük dağıtım şirketlerinin ihtiyacını karşılayacak pazar organizasyonları kurulmalıdır.
- Tarım arazilerinin bölünmesine izin verilmemeli, yarı sık dikim ve sık dikim yapılarak verim arttırılmalıdır.
- Türkiye'de ekolojik mandarin yetiştiriciliği üreticilere benimsetilerek, sıkı denetim koşullarıyla arttırılmalıdır.
- Türkiye turunçgil üretimi ve pazarlamasında 2020, 2025 ve 2030 yılları esas alınarak hedefler belirlenmeli ve bu hedeflere ulaşmak yönünde politikalar geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

AKİB(Akdeniz Yaş meyve Sebze İhracatçıları Birliği). (2017), *Çalışma Raporu*, 28.03.2019 tarihinde file:///C:/Users/pc/Downloads/Akib%20ya%C5%9F%20meyve%20sebze%202017%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fma%20raporu%20(1).pdf adresinden alındı.

ATLI, F.H., SÖYLER, O. (2018), Dünya'da ve Türkiye'de turunçgil üretiminin ve ihracatının değerlendirilmesi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 79(6), syf. 357-366.

CAN AYDIN,.B. (2004), *Izmir İli Seferihisar İlçesinde Seçilmiş Bir Grup İşletmede Mandarin Üretimi ve Pazarlaması Üzerine Bir Araştırma,* Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Ege İhracatçı Birliği Kayıtları, 2018, İzmir.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2016), *Turkey Tangerine Production*, 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC adresinden alındı.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2017a), *Turkey Tangerine Export-Import* , 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP adresinden alındı.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2017b), *World Tangerine Production*, 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC adresinden alındı.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2017c), *World Tangerine Export-Import*, 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP adresinden alındı.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2017d), *Spain Tangerine Production*, 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC adresinden alındı.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2017e), Spain-Turkey Tangerine Consumption, 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC adresinden alındı.

FAO(The Food and Agriculture Organization). (2017f), *Spain Tangerine Export-Import*, 02.04.2019 tarihinde http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP adresinden alındı.

FLECK,l.j. (2000), *Trends in Florida Fresh Tangerine Shipments and Prices and Clemantine and Tangerine Imports*, Economic and Market Department, Florida Department of Citrus, Florida.

KARACAN, A.R. (1980), *Izmir'de Satsuma İşletmelerinin Ekonomik Analizi İşletmelerde Ürün Pazarlaması ve Dışsatım,* Ege Üniversitesi Uluslararası Ekonomik İlişkiler Enstitüsü, 1, İzmir.

ORAL ATALAY, M., AKPINAR, M.G. (2016), Türkiye'de portakal pazarlaması etkinlik analizi, *Uluslararası Hakemli Ekonomi Yönetimi Araştırmaları Dergisi*, 8, syf.26-46.

TAPKI, N., EMEKSİZ, F., DAĞISTAN, E. (2016), Hatay ili meyve fidanı üreticisi işletmelerin gzft analizi ile değerlendirilmesi, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(9), syf. 734-738.

TAŞDEMİR, H.A., AKKAYA, F. (2000), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Bikisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Turunçgiller Raporu, Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü, Antalya.

TUİK(Türkiye İstatistik Kurumu), (2018), *Bitkisel Üretim İstatistikleri, Turunçgiller İstatistik Tablolar,* 02.04.2019 tarihinde http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 adresinden alındı.

YELBOĞA MENCET, M.N, SAYIN, C., ERYİĞİT, F.D. (2018), Türkiye turunçgil üretiminde iç ticaret hadleri, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 53(3), syf.881-888.

GİRDAP AKIMI TEMELLİ TAHRİBATSIZ MUAYENE YAKLAŞIMI İLE GERÇEK ZAMANLI HATA TESPİTİ

Murat ÇELİKADAM[1,2,3*], Oğuzhan URHAN[3]

[*1]Digitest Elektronik Ltd. Şti., Ankara, Türkiye
[*2]Tahribatsız Malzeme Muayene San. Ve Tic. Ltd. Şti., Bursa, Türkiye
[*3]Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye

[*1]m.celikadam@hotmail.com

Özet

Girdap akımları yöntemi elektriksel olarak iletken malzemelerde bulunan üretim hataları tespit etmek için kullanılan tahribatsız bir muayene tekniğidir. Bu çalışmada literatürde bulunan girdap akımı temelli bir hata tespit tekniğinin gerçek zamanlı bir sistemde uygulanabilirliği irdelenmiştir. Bu amaçla referans alınan yöntemde bazı değişiklikler yapılarak veri analizleri yapılmıştır. Deneyler için üzerinde bir milimetre çaplı delikler bulunan boru formundaki paslanmaz malzeme test amaçlı kullanılmıştır. Test malzemesi konveyör hat üzerinde yaklaşık dakikada 110 metre hız ile hareket ederken bir gömülü test sistemi ile veriler toplanmıştır. Gömülü test sistemi ile elde edilen sinyal frekans düzleminde analiz edilmiştir. Ayrıca gerçek zamanlı çalışacak gömülü test sisteminin işlem kapasitesini verimli kullanabilmek için örnek seyreltme yapılmıştır. Bilgi sinyalini elde etmek için sinyaller farklı tipte sayısal filtrelerden geçirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre uygun filtre tasarımları yapılmıştır. Yapılan testler yöntemin hata algılamada başarılı olduğunu göstermiştir.

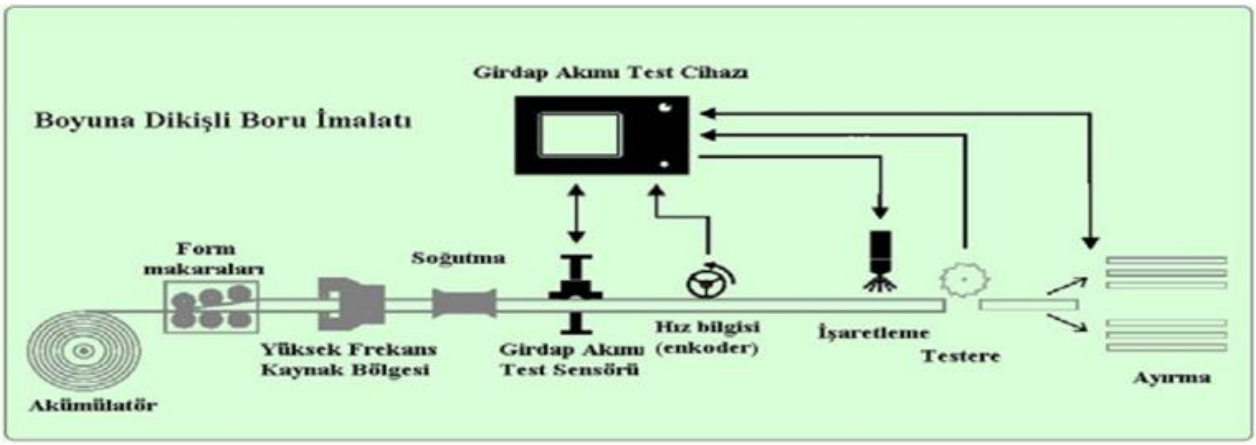
Anahtar Kelimeler: Girdap akımları, çatlak ve delik tespit algoritması, tahribatsız muayene

GİRİŞ

Girdap akımları ile çatlak ve delik gibi üretim hatalarını tespiti tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bu yöntem bakır, alüminyum, çelik gibi (Janousek ve ark., 2008) elektriksel olarak iletken olan metal boru, mil ve tel gibi malzemelerin üretim hatalarının tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır (Martínve ark., 2011). 1950 yılından beri havacılık (Morozov ve ark., 2006) ve nükleer (Förster, 1974) endüstrilerinde yoğun olarak tercih edilmektedir. Özellikle otomatik sistemlere uygulanabilir olması ve yüksek hızlarda test yapabilme kabiliyeti sayesinde üretim hızına herhangi bir olumsuz etki yaratmaması yöntemin yaygınlaşmasında büyük öneme sahiptir (Bae ve Kim, 2001). Girdap akımları test sistemleri temel olarak farklı tip sargılardan oluşan bobin, sinyal işlemek için oluşturulan donanım ve kullanıcının sistem davranışını gözlem ve kontrol etmesinde kullanılan ekrandan oluşur. Girdap akımları test sisteminin çalışmasında cihazın üretim hattına olumsuz etki oluşturmaması için sistem gerçek zamanlı işlem yapmalı ve sonuç üretmelidir. Genel olarak boru üretim sektöründe kullanılan girdap akımları test cihazları 300 m/dk üretim hızına uyum sağlamaktadır.

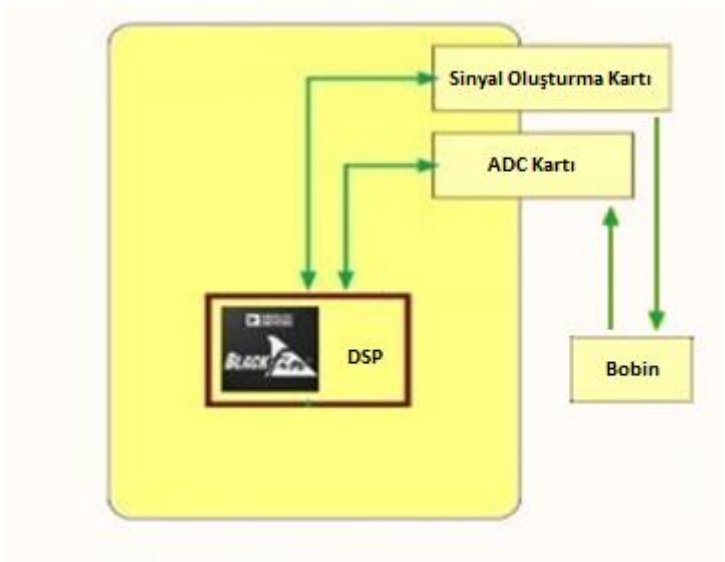
MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada literatürde bulunan bir girdap akımları ile çatlak-delik tespiti yaklaşımı gerçek zamanlı olarak uygulanmıştır. Bu kapsamda özellikle sinyal işleme algoritması üzerinde durulmuştur. Test sistemi 27 mm iç çapa sahip olan bobin, bobinin uyarılması için tasarlanmış sinyal oluşturma kartı, bobinden alınan sinyalleri sayısallaştırılması için tasarlanmış ADC kart ve sinyal işleme algoritmalarının çalıştırılması için tasarlanmış olan sinyal işleme kartından oluşmaktadır. Girdap akımları test sistemini gösteren blok diyagram Şekil 1'de gösterilmiştir.



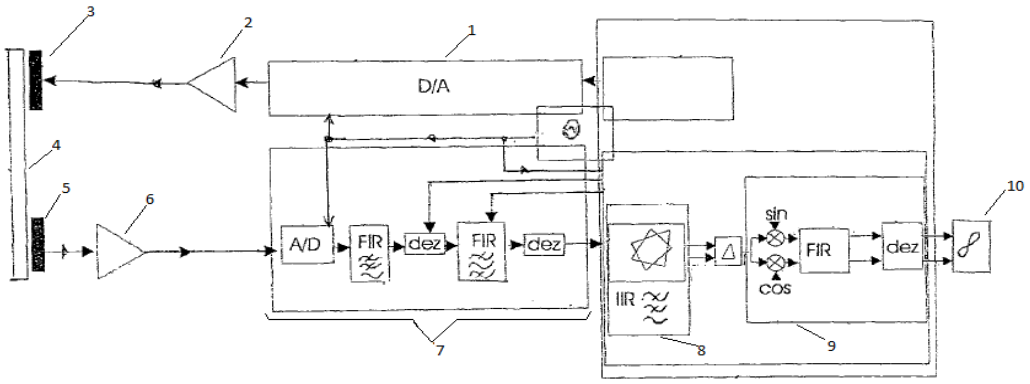
Şekil 1. Girdap Akımları Test Sistemi

Girdap akımı test cihazının blok diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir. Sinyal oluşturma kartı ile 15V genlik ve 25 kHz frekansa sahip sinüzoidal sinyal oluşturulmaktadır. ADC kart ile bobinden alınan analog sinyaller 4 Msps örnekleme hızında 16 bit olarak sayısallaştırılmaktadır. Sinyal işleme kartı 500 MHz saat frekansında çalışan bir DSP'ye sahiptir. ADC karttan alınan sayısal sinyaller sinyal işleme kartı ile işlenerek sonuç üretilmektedir.



Şekil 2. Test Cihazı Blok Diyagramı

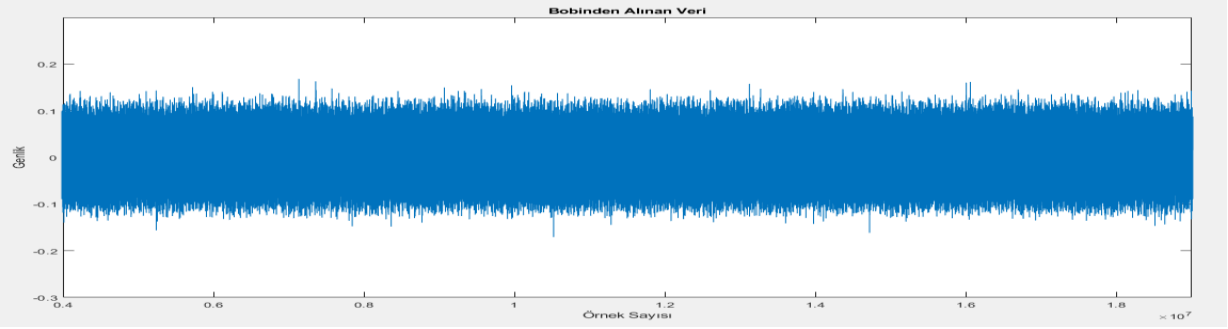
DSP üzerinde çalıştırılan hata tespit algoritması Şekil 3'de (Brau ve Lysen, 2013) detayları verilen yaklaşım referans alınarak uygulanmıştır. Şekil 3'de 1 numaralı blok bobinin uyarılması için sinyal üretmektedir. 2 numaralı blok üretilen uyarıcı sinyalin yükseltilmesinde kullanılmaktadır. 3 numaralı blok bobinin uyarıcı sargısını 4 numaralı blok ise test edilen malzemeyi temsil etmektedir. 5 numaralı blok bobinin alıcı sargısını göstermekte olup 6 numaralı blok alınan analog sinyalin yükseltilmesinde kullanılmaktadır. 7 numaralı blokta analog sinyalin sayısal sinyale dönüştürülmesi, analog filtre ve örnek seyreltme işlemleri gerçekleştirilirken 8 numaralı blok sayısal filtre bloğunu temsil etmektedir. 9 numaralı blok sinyale uygulanacak demodülasyon, filtre ve örnek seyreltme işlemlerinin yapıldığı bölümdür. 10 numaralı blok ise elde edilen son sinyallerin kullanıcıya gösterildiği görselleştirme bölümüdür. Bu çalışmada 7 numaralı analog bileşende yapılan filtre ve örnek seyreltme işlemlerinin sayısal olarak yapılması ile 8 ve 9 numaralı bölümlerin tasarlanması ve bir gömülü sistem üzerinde gerçek zamanlı çalıştırılması konularına odaklanılmıştır. Uygulanacak olan filtreler ve dijital demodülasyon (Sugawara, 1992) işlemleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca sistemin gerçek zamanlı çalışabilmesi için örnek seyreltmenin performansa etkisi irdelenmiştir.



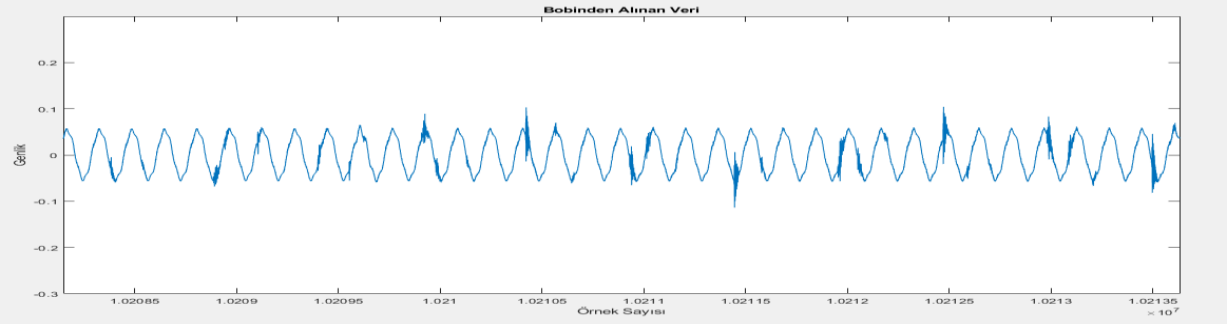
Şekil 3. Referans Algoritma (Brau ve Lysen, 2013)

DENEYSEL SONUÇLAR

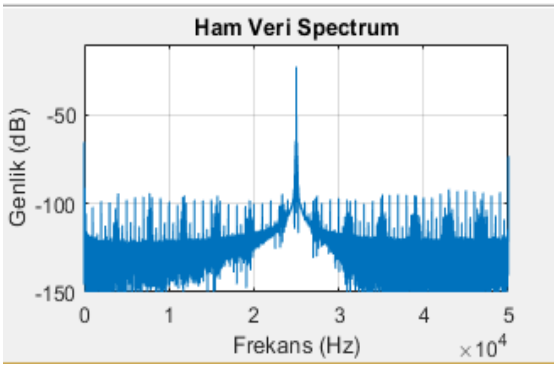
Sinyal işleme algoritmasının gerçek zamanlı olarak gerçeklenmesinde kullanılacak olan yapıların analiz ve tasarımında kullanılacak verilerin toplanması için 23 mm dış çapa sahip olan paslanmaz boru üzerine 1 mm dış çapa sahip 4 adet delik delinmiştir. Oluşturulmuş olan girdap akımları test sistemi kullanılarak boru üzerinden veriler toplanmıştır. Şekil-4'de test edilen boru üzerinde herhangi bir delik hatası varken alınan ham sinyal, Şekil 5'te ise bu sinyalin yakınlaştırılmış hali gösterilmektedir. Bunun dışındaki bantlarda hattan kaynaklanan bir gürültü sinyalinin varlığı gözlemlenmektedir. Toplanan bu veriler frekans düzleminde analiz edilmiştir. Şekil 6'da Şekil-7'de verilen ham sinyalin genlik spektrumu görülmekte olup bu grafik incelendiğinde toplanan ham sinyalin 25 kHz frekansında ve -20 dB güçe sahip olduğu görülmektedir. Sinyalin her iki yanında yaklaşık olarak -60 dB güçte modüle olmuş sinyal mevcuttur. Ayrıca sinyalde DC bileşen mevcuttur.



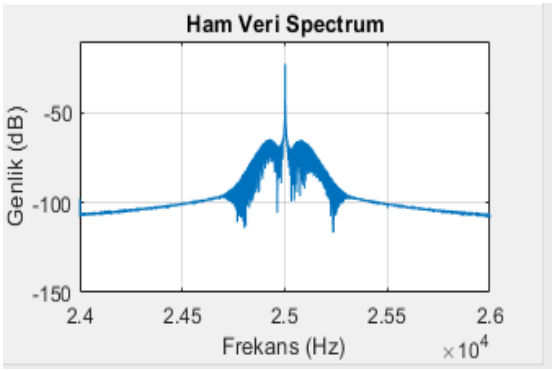
Şekil 4. Ham Veri



Şekil 5. Yakınlaştırılmış Ham Veri



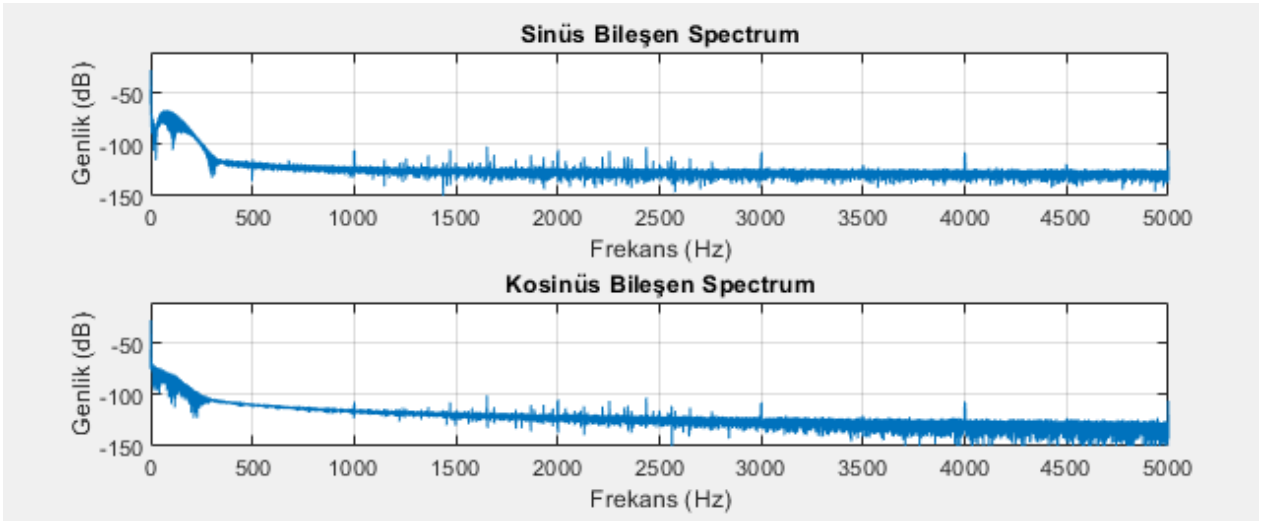
Şekil 6. Ham Veri Spektrum



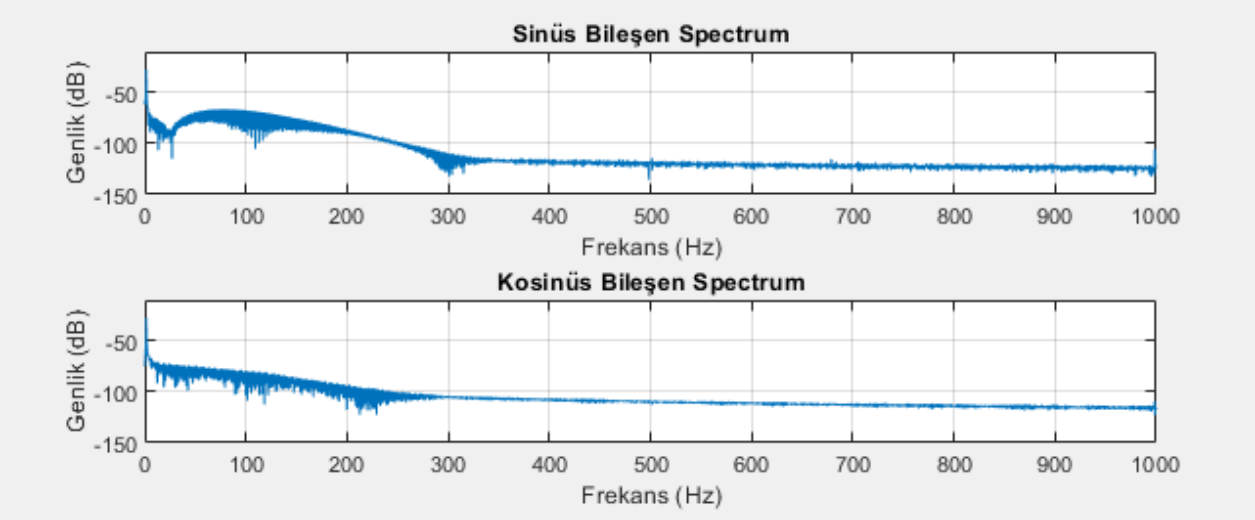
Şekil 7. Yakınlaştırılmış Ham Veri Spektrum

Ham verinin yüksek frekans bileşenlerinin ve DC bileşenin bastırılması için 2. Derece basit bir IIR filtre uygulanmıştır. Benzer özelliklere sahip bir bant geçiren FIR filtrenin daha yüksek mertebeden olduğu gözlemlenmiştir. İşlem sayısının az olması nedeniyle IIR filtre tercih edilmiştir. Verinin içerdiği tüm bilgileri alabilmek için veri toplama kısmında aşırı örnekleme (over-sampling) yapılmıştır. İşlem sayısını azaltmak ve gerçek zamana yaklaşmak için örnek seyreltme işlemi yapılmıştır. Analiz aşamasında örnekleme frekansı 100 kHz olarak belirlenmiştir. Seyreltme işleminden geçirilen sinyal QAM demodülasyon işlemi ile gerçek ve sanal kısım olarak tabir edilen bobinin empedans bileşenlerine (Yating ve Pingan, 2007) ayrılır. Demodüle edilmiş sinyal frekans düzleminde incelendiğinde taşıyıcı sinyalimiz ile bilgi sinyalimizin ayrıldığı ve bilgi sinyalimizin 40 Hz ile 220 Hz bandındaki sinyallerden oluştuğu görülmektedir. Ayrıca demodülasyon işlemi sonrasında bilgi bandında DC bileşenin olduğu gözlemlenmektedir. Bu aşamada elde edilen gerçek ve sanal kısım sinyallerinin frekans düzlemde gösterimi Şekil 8 ve Şekil 9'daki gibidir.

Bilgi bandının açığa çıkarılması için bandın dışında kalan gürültü sinyalinin bastırılması gerekmektedir. Fakat gerçek zamanlı işlem yapılabilmesi için ve bilgi bandının düşük olmasından dolayı tekrar örnek seyreltme işlemi yapılmıştır. Örnek seyreltme sonrası örtüşme olmaması için örnek alt örnekleme öncesinde basit bir 2. Derece alçak geçiren örtüşme önleyici IIR filtre uygulanmıştır. Alt örnekleme ile sinyalin örnekleme frekansı saniyede 5000 örneğe düşürülmüştür. Yapılan analizlerde alt örnekleme frekansının daha da düşürülebileceği görülmüştür. Kullanılan DSP'nin işlem kapasitesi yeterli olduğu için QAM demodülasyon sonrası 5 ksps örnekleme frekansı uygun bulunmuştur.

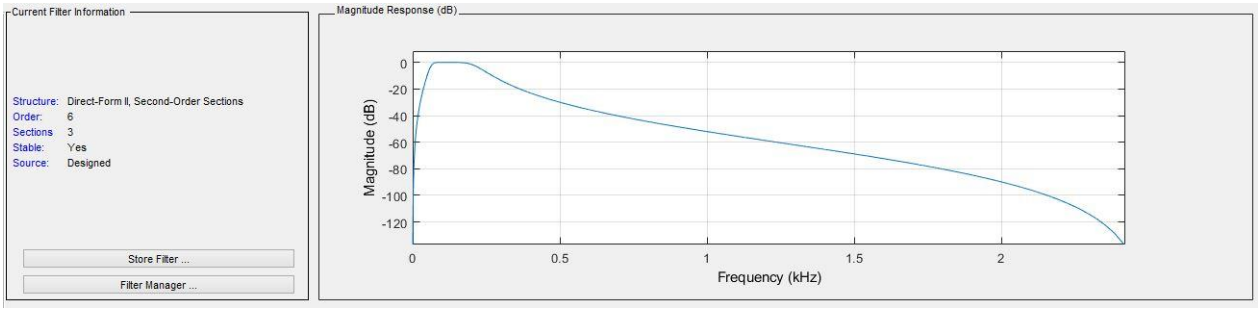


Şekil 8. QAM Sonrası Sanal Kısım Sinyali (Sinüs Bileşen) ve Gerçek Kısım Bileşen (Kosinüs Bileşen)

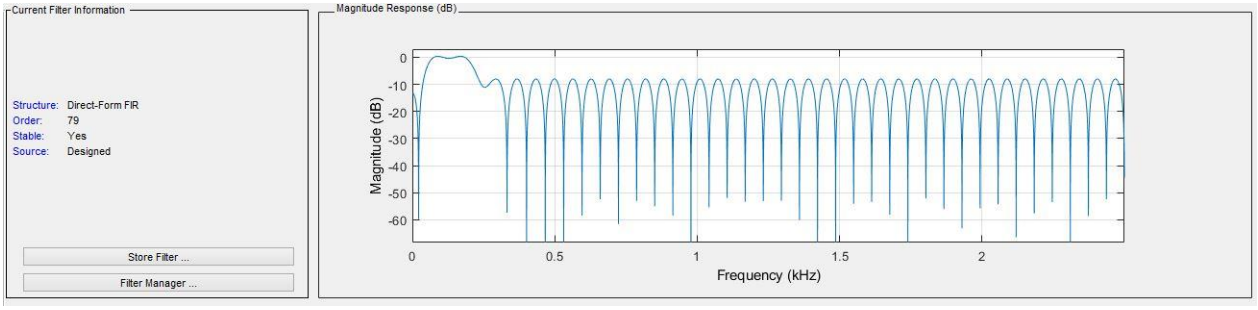


Şekil 9. QAM Sonrası Yakınlaştırılmış Sanal Kısım Sinyali (Sinüs Bileşen) ve Gerçek Kısım Bileşen (Kosinüs Bileşen)

Alt örnekleme işlemi sonrasında elde edilen sinyaller farklı uzunluklara sahip IIR ve FIR tipi filtre ile filtrelenmiş ve sonuçlar gözlemlenmiştir. IIR tipi filtre kullanıldığında sinyal en az 6. derece filtre ile filtrelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Benzer özelliklere sahip bir FIR filtre tasarımı yapıldığında filtrenin sinyali iyi filtreleyemediği, DC bileşeni yok edemediği görülmüştür. Ayrıca FIR filtrenin algoritmada işlem yükünü çok fazla artırdığı görülmüştür. Bu aşamada kullanılan IIR ve FIR tipi filtrenin karakteristikleri Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmiştir.

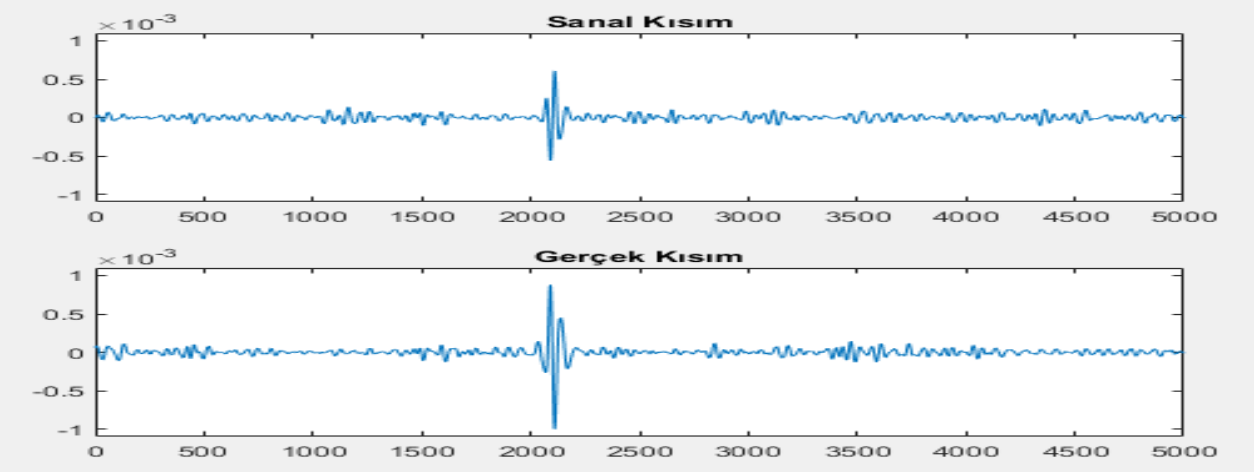


Şekil 10. IIR Filtre Karakteristiği



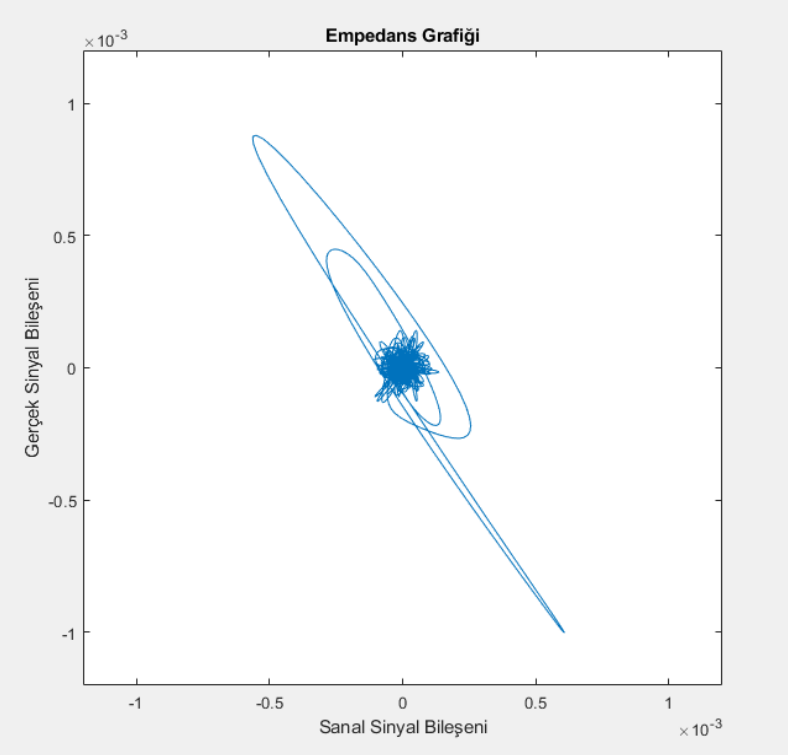
Şekil 11. FIR Filtre Karakteristiği

Sanal ve gerçek kısım sinyallerin filtrelenmesi sonrasında boruda bulunan 1mm çaplı deliklerin gürültüden ayrıştığı ve genlik olarak gözle görülebilir büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir. Deliklerden bir tanesine ait sanal ve gerçek sinyal Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Delikten Elde Edilen Sanal ve Gerçek Kısım Sinyalleri

Elde edilen sinyaller karmaşık düzlemde birbirlerine göre çizdirildiğinde Şekil 13'deki grafik elde edilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi dış etmenlerden dolayı oluşan gürültüler ile lift-off etkisi (Dziczkowski, 2013) ile oluşan gürültüler grafiğin merkezinde toplanmıştır. Delikten elde edilen sinyal ise gürültüye oranla daha büyüktür.



Şekil 13. Empedans Grafiği

SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında literatürde bulunan bir girdap akımı ile test yaklaşımı gerçek zamanlı olarak gerçeklenmiştir. Oluşturulan algoritma gerçek bir boru hattında test cihazı üzerinde çalıştırılmıştır. Algoritmanın gerçek zamanlı olarak çatlak ve delikleri başarıyla tespit edebildiği gözlemlenmiştir. Literatürde bulunan algoritmadan farklı olarak örnek seyreltme ve filtreleme işlemlerinin de sayısal olarak gerçekleştirilmesi ile daha düşük maliyet ile test cihazının yapılabilirliği gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarıma maddi ve manevi destek sağlayan Tahribatsız Malzeme Muayene San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasına teşekkür ederiz. Bu çalışma 7161294 nolu TEYDEB projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Bae J., Kim S. (2001), *Hot wire inspection using eddy current*, Instrumentation and Measurement Technology Conference (IMTC 2001), Budapest, Hungary, May 2001; pp. 962-965.

Dziczkowski L. (2013), Elimination of Coil Liftoff From Eddy Current Measurements of Conductivity. *IEEE Trans. Magn. 62*, 3301-3307.

Förster F. (1974) *Sensitive eddy-current testing of tubes for defects on the inner and outer surfaces*, Non-Destructive Testing, (s. 28-36), Elseiver Ltd.

Janousek L., Capova K., Yusa N., Miya K. (2008), *Multiprobe inspection for enhancing sizing ability in eddy current nondestructive testing, IEEE Trans. Magn.* 2008, *44*, 1618-1621.

Lysen H. ve BRÄU W. (2013), *Testing device and testing method for non destructive detection of a defect in a test piece by means of an eddy current*, Google Patent, No:US20130187643A1 https://patents.google.com/patent/US20130187643

Martín J., Gil J., ve Sánchez E. (2011), *Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing*, https://www.mdpi.com/1424-8220/11/3/2525

Morozov M., Rubinacci G., Tamburrino A., Ventre S. (2006) Numerical models of volumetric insulating cracks in eddy-current testing with experimental validation, *IEEE Trans. Magn. 42*, 1568-1576.

Sugawara H. (1992), *Digital demodulation circuit*. Google Patent, No: JPH05292133A. https://patents.google.com/patent/JPH05292133A/en

Yu Y., Du P. (2007), *Two approaches to coil impedance calculation of eddy current sensor*. https://www.researchgate.net/publication/245387871_Two_approaches_to_coil_impedance_calculation_of_eddy_current_sensor

TÜRKİYE *SAPONARIA* L. CİNSİ POLEN YAPISI

Arş. Gör. Dr. Meltem ERDİR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 26480 ESKİŞEHİR
merdir@ogu.edu.tr

Doç. Dr. Ebru ATAŞLAR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 26480 ESKİŞEHİR
eataslar@ogu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Türkiye'de yayılış gösteren *Saponaria* L. (Caryophyllaceae) cinsine ait türlerin polen yapıları mikromorfolojik yöntemle, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. İncelenen 21 türden 11'i Ülkemiz için endemik türlerdir: *S. pumilio* Boiss., *S. glutinosa* M.Bieb., *S. pamphylica* Boiss. & Heldr. (endemik), *S. calabrica* Guss., *S. mesogitana* Boiss., *S. dalmasii* H.Boissieu (endemik), *S. officinalis* L., *S. orientalis* L., *S. viscosa* C.A.Mey., *S. syriaca* Boiss. (endemik), *S. tridentata* Boiss., *S. picta* Boiss. (endemik), *S. halophila* Hedge & Hub.-Mor. (endemik), *S. chlorifolia* (Poir.) Kunze (endemik), *S. pinetorum* Hedge var. *elatior* Ekim & Hedge (endemik), *S. kotschyi* Boiss. (endemik), *S. prostrata* Willd. subsp. *prostrata* (endemik), *S. prostrata* Willd. subsp. *anatolica* Hedge (endemik), *S. prostrata* Willd. subsp. *calvertii* (Boiss.) Hedge, *S. bargyliana* Gomb., *S. karapinarensis* Vural & Adıgüzel (endemik). Çalışma sonucunda *Saponaria* cinsi polen şeklinin sferoid olduğu ve türlerin tamamında polenlerin porlu (poliporat) yapıda oldukları bulunmuştur. Ancak türler arasında; polen büyüklükleri, por sayıları, polen ve operkulum ornemantasyonları farklılıklar göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Caryophyllaceae, *Saponaria* L., polen, SEM

POLLEN STRUCTURE OF *SAPONARIA* L. IN TURKEY

Abstract

In this study, the pollen structure of species belonging to the genus *Saponaria* L. (Caryophyllaceae) in Turkey with micromorphological method which is scanning electron microscopy (SEM) were examined. 11 of the 21 species are endemic species for our country: *S. pumilio* Boiss., *S. glutinosa* M.Bieb., *S. pamphylica* Boiss. & Heldr. (endemic), *S. calabrica* Guss., *S. mesogitana* Boiss., *S. dalmasii* H.Boissieu (endemic), *S. officinalis* L., *S. orientalis* L., *S. viscosa* C.A.Mey., *S. syriaca* Boiss. (endemic), *S. tridentata* Boiss., *S. picta* Boiss. (endemic), *S. halophila* Hedge & Hub.-Mor. (endemic), *S. chlorifolia* (Poir.) Kunze (endemic), *S. pinetorum* Hedge var. *elatior* Ekim & Hedge (endemic), *S. kotschyi* Boiss. (endemic), *S. prostrata* Willd. subsp. *prostrata* (endemic), *S. prostrata* Willd. subsp. *anatolica* Hedge (endemic), *S. prostrata* Willd. subsp. *calvertii* (Boiss.) Hedge, *S. bargyliana* Gomb., *S. karapinarensis* Vural & Adıgüzel (endemic). As a result of the study, it was found that the pollen shape of the *Saponaria* genus was spheroid and the pollen species were porous in all species. However, among the species; pollen sizes, number of pores, pollen and operculum ornamentations show differences.

Keywords: Caryophyllaceae, *Saponaria* L., pollen, SEM

1. GİRİŞ

Saponaria L. cinsi Caryophyllaceae familyasında yer almaktadır. Cinsin monografisi Simmler (1910) tarafından yapılmıştır. Ülkemizde 22 tür, 25 takson ile temsil edilmekte olup 12 takson endemiktir (Davis 1967, Davis ve ark. 1988, Güner ve ark. 2000, Mutlu 2006, Vural ve ark. 2006, Güner ve ark. 2012).

Saponaria türlerinin özellikle kökleri ve yaprakları saponin içermektedir. Bitkinin kökleri suda köpürme özelliği gösterdiği için deterjan olarak kullanılmakta ve bu nedenle halk arasında 'sabunotu' olarak bilinmektedir (Baytop 1999). Bazı *Saponaria* türlerinin kimyasal yapıları ve saponinler Sezik

(1982) tarafından çalışılmıştır. Ayrıca *Saponaria* türleri farmokolojik amaçlar için de kullanılmaktadır (Metcalfe ve Chalk 1950).

Caryophyllaceae familyasının polen morfolojisi Bittrich (1993)'de genel olarak verilmiştir. Chanda (1962), tarafından İskandinavya'da yetişen Caryophyllaceae familyasının 9 cinsine ait 36 türün polen morfolojileri çalışılmış ve bu çalışmada polenlerin ayrıntılı betimleri ve polen anahtarı verilmiştir. Ayrıca Yıldız (2001), Caryophyllaceae familyasına ait 45 türün polen yapısını mikromorfolojik özellikleri ile tanımlamıştır.

Bazı *Saponaria* türlerinin polen yapıları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Arkan ve İnceoğlu, 1992; Ataşlar, 2004). Familyanın diğer cinslerine ait polen mikromorfolojisi çalışmaları incelendiğinde: *Silene* L. (Yıldız, 1996; Yıldız, 2006; Yıldız ve Minareci, 2008; Yıldız ve ark., 2010; Atasagun ve ark., 2016); *Bolanthus* (Ser.) Rchb. (Pınar ve Oybak, 1997); *Scleranthus* L. (Smissen ve Garnock-Jones, 2002); *Paronychia* Mill. (Kaplan, 2008); *Gypsophila* L. (Ataşlar ve ark., 2009); *Minuartia* Loefl. (Külköylüoğlu ve ark., 2009); *Velezia* L. (Eröz-Poyraz ve Ataşlar, 2010); *Petrorhagia* (Ser.) Link (Aktaş ve ark., 2010); *Dianthus* L. (Kızılpınar ve ark., 2010; Mačukanović Jocić ve ark., 2015) ait çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'de yayılış gösteren *Saponaria* L. cinsine ait türlerin polen yapılarını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Doğal yayılış ortamlarından toplanılarak standart herbaryum tekniklerine göre (Bridson ve Forman, 1999) herbaryum örneği haline getirilmiş *Saponaria* L. türleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi herbaryumunda OUFE kayıt numaraları ile saklanılmaktadır. Çalışmada kullanılan polenler bu herbaryum örneklerinin çiçeklerinden temin edilmiştir.
Polen yapısının belirlenmesinde Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır (Faegri ve Iversen, 1975). Her türün poleni, çift taraflı yapışkan bant kullanılarak inceleme stubları üzerine monte edilmiştir. Daha sonra her örnek 60 saniye boyunca Polaron SC7620'da 100-Å kalınlığında altın tabakası ile kaplanmıştır. Son olarak Jeol 5600 LV Scanning Electron Microscope (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Elektron Mikroskobu Laboratuvarı)'da incelenerek fotoğraflanmıştır.

3. SONUÇ

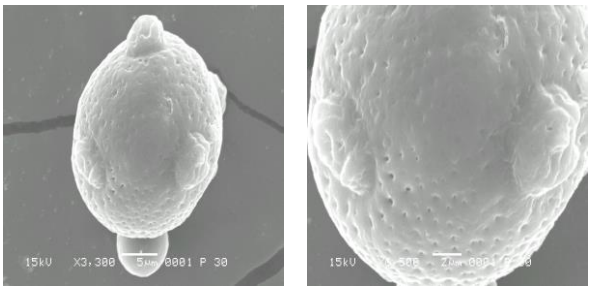
Türkiye'de yayılış gösteren *Saponaria* L. türlerinin polen yapıları Tablo 1'de verilmiştir (Şekil 1).

Tablo 1. *Saponaria* cinsi polen yapısı

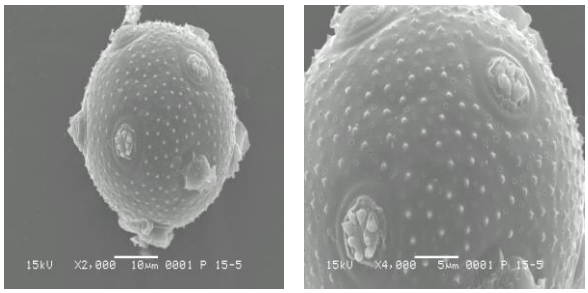
TÜRLER	POLEN ÇAPI (µm)		Polen Şekli	Polen Tipi	Por Sayısı	Polen Ornemantasyunu	Operkulum Ornemantasyunu
	A	B					
S. pumilio	28,53	20,59	sferoid	poliporat	7-8	foveolat-granulat	psilat-rugulat
S. glutinosa	48,42	36,32	sferoid	poliporat	11-12	skabrat-perforat	skabrat
S. pamphylica	60,00	44,12	sferoid	poliporat	12-14	skabrat-mikroperforat	skabrat
S. calabrica	54,74	40,53	sferoid	poliporat	8-9	skabrat-mikroperforat	skabrat
S. mesogitana	47,27	36,36	sferoid	poliporat	11-12	skabrat-mikroperforat	skabrat
S. dalmasii	33,21	25,00	sferoid	poliporat	9-10	skabrat-perforat	skabrat
S. officinalis	55,26	40,53	sferoid	poliporat	11-12	skabrat-perforat	skabrat
S. orientalis	36,67	27,92	sferoid	poliporat	15-16	skabrat-mikroperforat	psilat-rugulat

S. viscosa	48,10	36,19	sferoid	poliporat	11-12	foveolat-granulat	skabrat
S. syriaca	35,77	26,92	Sferoid	poliporat	10-12	skabrat-perforat	skabrat
S. tridentata	37,92	28,75	sferoid	poliporat	10-11	skabrat-mikroperforat	psilat-rugulat
S. picta	43,33	33,33	sferoid	poliporat	12-13	skabrat-perforat	skabrat
S. halophila	29,12	22,06	sferoid	poliporat	8-9	skabrat-perforat	skabrat
S. chlorifolia	42,30	32,69	sferoid	poliporat	10-12	skabrat-mikroperforat	skabrat
S. pinetorum var. *elatior*	31,33	23,33	sferoid	poliporat	10-11	skabrat-mikroperforat	skabrat
S. kotschyi	38,85	26,92	sferoid	poliporat	11-12	skabrat-mikroperforat	skabrat
S. prostrata subsp. *prostrata*	42,80	32,80	sferoid	poliporat	10-12	foveolat-granulat	skabrat
S. prostrata subsp. *anatolica*	42,50	32,50	sferoid	poliporat	11-12	skabrat-perforat	skabrat
S. prostrata subsp. *calvertii*	47,73	33,64	sferoid	poliporat	10-12	skabrat-perforat	skabrat
S. bargyliana	54,74	41,05	sferoid	poliporat	9-10	skabrat-perforat	skabrat
S. karapinarensis	40,83	30,42	sferoid	poliporat	11-12	skabrat-perforat	skabrat

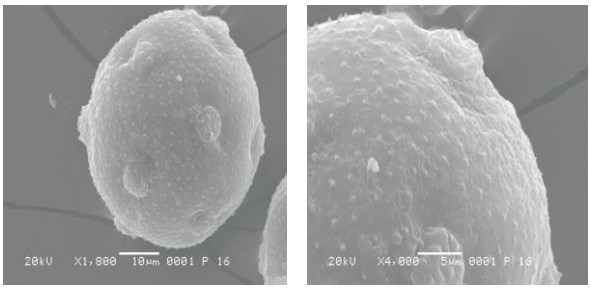
A: uzun eksen, **B:** kısa eksen



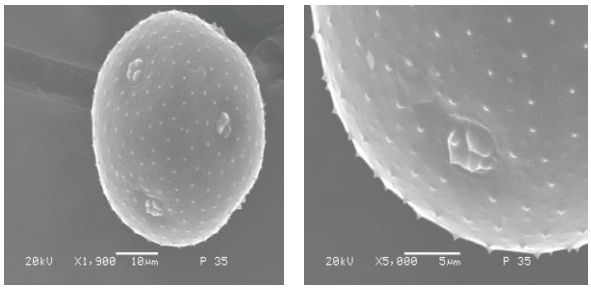
S. pumilio



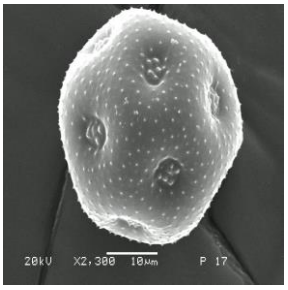
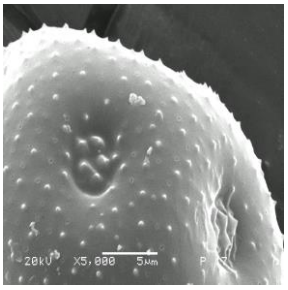
S. glutinosa



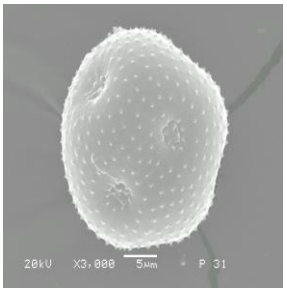
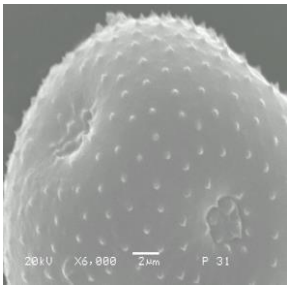
S. pamphylica



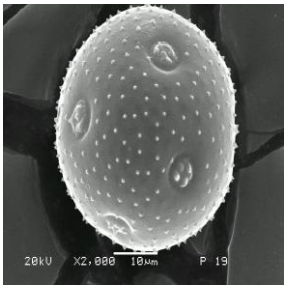
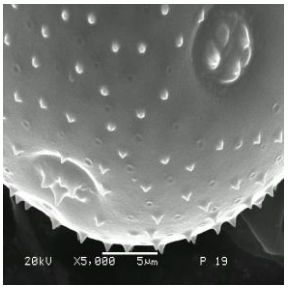
S. calabrica

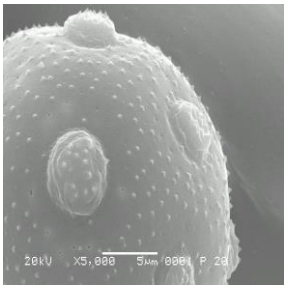
S. mesogitana

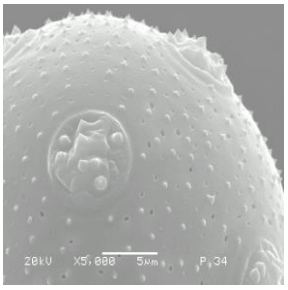
S. dalmasii

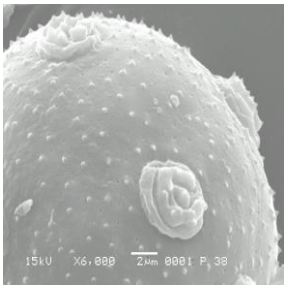
S. officinalis

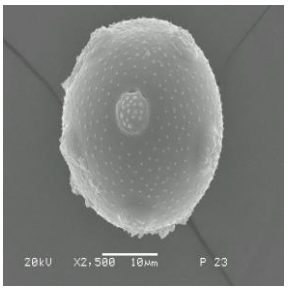
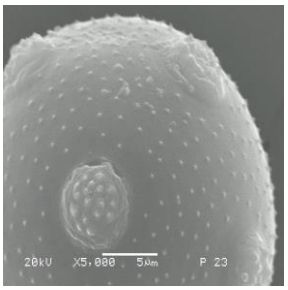
S. orientalis

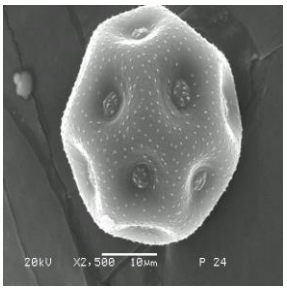
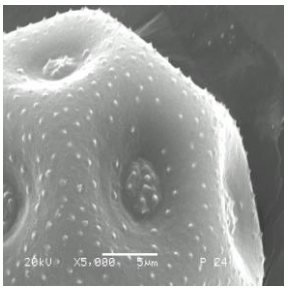
S. viscosa

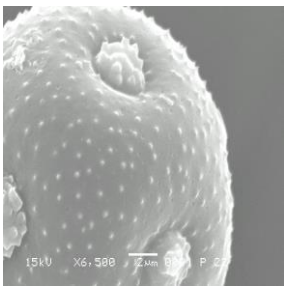
S. syriaca

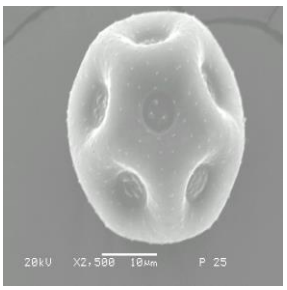
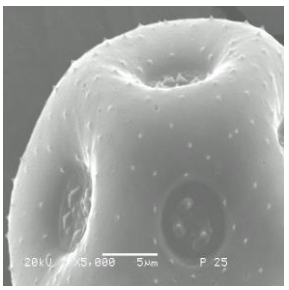
S. tridentata

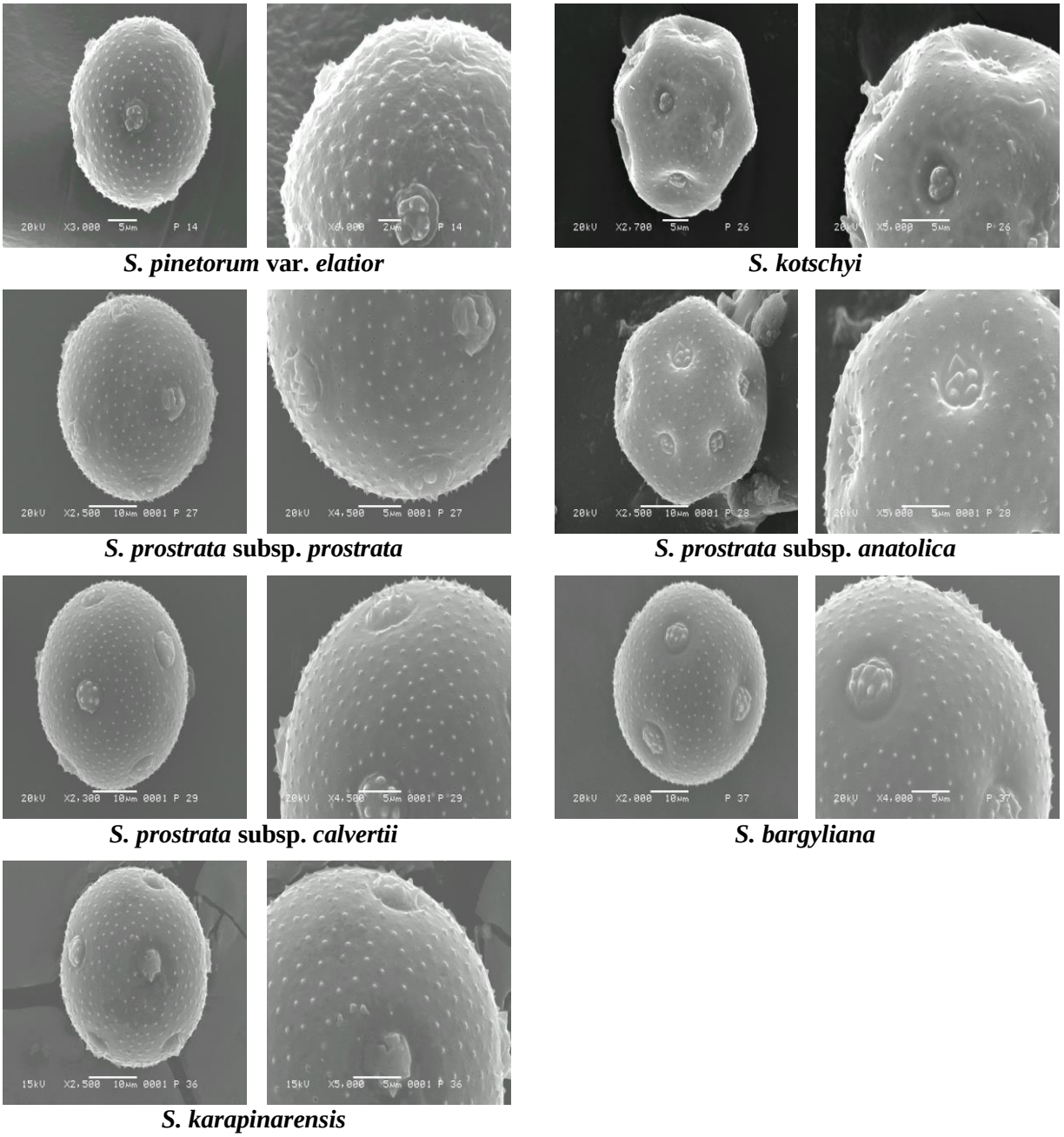
S. picta

S. halophila

S. chlorifolia



S. pinetorum* var. *elatior ***S. kotschyi***

S. prostrata* subsp. *prostrata ***S. prostrata* subsp. *anatolica***

S. prostrata* subsp. *calvertii ***S. bargyliana***

S. karapinarensis

Şekil 1. *Saponaria* cinsine ait türlerin polen mikromorfolojileri

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Türkiye'de yayılış gösteren *Saponaria* L. (Caryophyllaceae) cinsine ait türlerin polen yapıları mikromorfolojik yöntemle, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. İncelenen 21 türden 11'i Ülkemiz için endemiktir.

Türlerin tamamı sferoid şekillidir ve porlu (poliporat) polen tipine sahiptir. *S. pamphylica* 60,00 µm çap ile en büyük, *S. pumilio* ise 28,53 µm çap ile en küçük polen yapısına sahip türlerdir (Şekil 1, Tablo 1).

Por sayıları da türler arasında farklılık göstermektedir. *S. orientalis* 15-16 por sayısı ile en fazla, *S. pumilio* 7-8 por sayısı ile en az por sayısına sahip türlerdir (Şekil 1, Tablo 1).

Cinsin polen ornemantasyonu, skabrat-perforat veya skabrat-mikroperforat yapı göstermektedir. Ancak *S. pumilio, S. viscosa ve S. prostrata* subsp. *prostrata*'da foveolat-granulat polen ornemantasyonu bulunmaktadır (Şekil 1, Tablo 1).

Cinsin operkulum ornemantasyonu, skabrat yapıdadır. *S. pumilio*, *S. orientalis* ve *S. tridentata* türleri ise psilat-rugulat operkulum ornemantasyonuna sahip türlerdir (Şekil 1, Tablo 1).

Bu çalışma ile Türkiye'de yayılış gösteren *Saponaria* cinsine ait türlerinin polen yapıları belirlenmiş olup, sonuçların genel Caryophyllaceae polen yapısı ile uygunluk gösterdiği görülmüştür (Bittrich 1993, Chanda 1962, Yıldız 2001).

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki *Saponaria* türleri, "Türkiye *Velezia* L., *Petrorhagia* (Ser.) Link., ve *Saponaria* L. Cinsleri Üzerinde Taksonomik, Morfolojik ve Anatomik Çalışmalar" başlıklı, 200319054 no'lu Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında toplanılmıştır.

KAYNAKLAR

AKTAŞ, K., ALTAN, Y., ÖZDEMİR, C., BARAN, P., GARNATJE, T. (2010), Comparative Polen Morphology of Turkish Species of *Petrorhagia* (Caryophyllaceae) and its Systematic Implications, *Biologia* 65(3): 444-450.

ARKAN, O., İNCEOĞLU, Ö. (1992), Türkiye'nin Bazı *Saponaria* L. Taksonlarının Polen Morfolojisi, *Doğa–Tr. Journal of Botany*, 16: 253-272.

ATASAGUN, B., AKSOY, A., MARTİN, E. (2016), Anatomical, Palynological and Karyological Remarks of *Silene brevicalyx* and *Silene ozyurtii* (Caryophyllaceae), *Phytotaxa* 270(2): 116-126.

ATAŞLAR, E. (2004), Morphological and Anatomical Investigations on the *Saponaria kotschyi* Boiss. (*Caryophyllaceae*), *Turkish Journal Botany*, 28: 193-199.

ATAŞLAR, E., POTOĞLU ERKARA, İ., TOKUR, S. (2009), Pollen Morphology of Some *Gypsophila* L. (Caryophyllaceae) Species and its Taxonomic Value, *Turkish Journal Botany*, 33(5): 335-351.

BAYTOP, T. (1999), *Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi, Geçmişte ve Bugün*, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.

BITTRICH, V. (1993), Caryophyllaceae, K. KUBITZKI, J. G. ROHWER, ve V. BITTRICH içinde, *The Families and Genera of Vascular Plants, Volume 2-Flowering Plants Dicotyledons: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid Families* (s. 206-236), Germany: Springer.

BRIDSON, D., ve FORMAN, L. (1999), *The Herbarium Handbook*, Kew: Kew Publishing, Royal Botanic Gardens.

CHANDA, S. (1962), On The Pollen Morphology of Some Scandinavian *Caryophyllaceae*, *Grana Palynologica*, 3: 67-89.

DAVIS, P. H. (ed.) (1967), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol 2, Edinburgh: Edinburgh University Press.

DAVIS, P. H., MILL, R. R., ve TAN, K. (eds.) (1988), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol 10, Edinburgh: Edinburgh University Press.

ERÖZ-POYRAZ, İ., ATAŞLAR, E. (2010), Pollen and Seed Morphology of *Velezia* L. (Caryophyllaceae) Genus in Turkey, *Turkish Journal Botany*, 34(3): 179-190.

FAEGRI, K., IVERSEN, J. (1975), *Textbook of pollen analysis*, 3th, Oxford: Wiley-Blackwell.

GÜNER, A., ÖZHATAY, N., EKİM, T., ve BAŞER, K. H. C. (eds.) (2000), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 11, Edinburgh: Edinburgh University Press.

GÜNER, A., ASLAN, S., EKİM, T., VURAL, M., ve BABAÇ, M. T. (eds.) (2012), *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*, İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını.

KAPLAN, A. (2008), Pollen Morphology of Some *Paronychia* Species (Caryophyllaceae) from Turkey, *Biologia*, 63(1): 53-60.

KIZILPINAR, İ., ÖZÜDOĞRU, B., ÖZMEN, E., ERİK, S., DOĞAN, C. (2010), Morphological, Palynological and Ecological Features of *Dianthus engleri* Hausskn. & Bornm., *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 38(2): 139-147.

KÜLKÖYLÜOĞLU, G., YILDIZ, K., MİNARECİ, E. (2009), *Minuartia anatolica* var. *anatolica* ve *M. pestalozzae* Türleri Üzerine Morfolojik, Karyolojik ve Palinolojik Bir Çalışma, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2): 49-57.

MAČUKANOVIĆ JOCIĆ, M. P., JARIĆ, S. V., MLADENOVIĆ, M. A. (2015), Palynomorphological Study of *Dianthus petraeus* Waldst. et Kit. (Caryophyllaceae), *Archives of Biological Sciences, Belgrade*, 67(3): 973-980.

METCALFE, C. R., ve CHALK, L. (1950), *Anatomy of the Dicotyledons*, Vol I, Oxford: Clarendon Press.

MUTLU, B. (2006), *Saponaria bargyliana* Gombault (*Caryophyllaceae*): A New Record From Turkey and Analysis of its Morphological Characters With Related Species, *Turkish Journal Botany*, 30: 63-70.

PINAR, M., OYBAK E. (1997), Pollen Morphology of Turkish *Bolanthus* (Ser.) Reichb. (Caryophyllaceae), *Hacettepe Bulletin of Natural Science and Engineering (A)*, 26: 1-9.

SEZİK, E. (1982). Türk Çöveninin Menşei ve Kalitesi, *Ankara Eczacılık Fakültesi Mecmuası*, 12: 41-64

SIMMLER, G. (1910), Monographie Der Gattung *Saponaria, Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., Wien. Math.-Naturwiss. Kl.*, 85: 434-509.

SMISSEN, R. D., GARNOCK-JONES, P. J. (2002), Relationships, Classification and Evolution of *Scleranthus* (Caryophyllaceae) As Inferred From Analysis of Morphological Characters, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 140: 15-29.

VURAL, M., DUMAN, H., AYTAÇ, Z., ADIGÜZEL, N. (2006), *Saponaria karapinarensis, Senecio salsuginea* and *Centaurea tuzgoluensis*, Three New Species From Central Anatolia, Turkey, *Belgian Journal of Botany*, 139(2): 252-260.

YILDIZ, K. (1996), Pollen Morphology of Some *Silene* L. (Caryophyllaceae) Taxa Distributed in Northwest Anatolia, *Turkish Journal Botany*, 20: 231-241.

YILDIZ, K. (2001), Pollen Morphology of Caryophyllaceae Species from Turkey, *Pakistan Journal of Botany*, 33(4): 329-355.

YILDIZ, K. (2006), Morphological and Palynological Investigation on *Silene gigantea* L. var. *gigantea* and *Silene behen* L. (Caryophyllaceae) Distributed in Western Anatolia and Northern Cyprus, *Turkish Journal Botany*, 30: 105-119.

YILDIZ, K., MİNARECİ, E. (2008), Morphological, Anatomical, Palynological and Cytological Investigation on *Silene urvillei* Schott. (Caryophyllaceae), *Journal of Applied Biological Sciences*, 2(2): 41-46.

YILDIZ, K., ÇIRPICI, A., DADANDI, M. Y. (2010), Pollen Morphology of *Silene* taxa (Caryophyllaceae) in Four Sections from Turkey, *Phytologia Balcanica*, 16(1): 85-95.