International Marmara Sciences Congress (Imascon 2022 Spring)

13 – 14 May 2022 KOCAELI

PROCEEDINGS
E-BOOK

Organizer

Sponsors

This congress proceedings book is published as an electronic format as e-book.

All rights reserved.

Editorial Board

Prof.Dr. Arif ÖZKAN
Assoc.Prof.Dr. Serdar BİROĞUL
Assoc.Prof.Dr. Ömer GÜNGÖR
Lect. İsmail KILIÇASLAN
Lect. Kazım KAHRAMAN

ISBN: 978-605-70762-4-3

Address Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğü, Umuttepe Yerleşkesi Kocaeli, TÜRKİYE
Phone +90 262 303 1000
E-mail info@imascon.com
Web www.imascon.com

All legal and ethical responsibility of the studies belongs to the authors. All rights reserved. The copyright of this proceedings book belongs to Kocaeli University. It may not be copied or reproduced without permission.

TABLE OF CONTENTS

BRIEFLY ABOUT X
IMASCON 2022 ORGANIZATION ..... Xİ
SCIENTIFIC COMMITTEE ..... Xİİ
IMASCON 2022 SPRING INVITED SPEAKERS ..... XİV
CONGRESS PROGRAMME XV
ABSTRACTS AND POSTERS 1
NÖRON BENZERİ HÜCRELERE DÖNÜŞTÜRÜLEN NÖROBLASTOM HÜCRE HATTINA UYGULANAN BORİK ASİTİN NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARDA GEN İFADELERİ ÜZERİNDE Kİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ 2
MONOSPİRO TÜREVİ SİKLOTRİFOSFAZEN BİLEŞİĞİNİN FLAVONOİDLER İLE REAKSİYONLARI VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ 4
GIDA ÖRNEKLERİNDE BULUNAN ERİTROSİN'İN (E127) BULUTLANMA NOKTASI MİKRO-EKSTRAKSİYONU VE ULTRA VİYOLE GÖRÜNÜR BÖLGE SPEKTROFOTOMETRESİ İLE TAYİNİ 5
$PM_{2.5}$ LEVEL IN AUTMTIME PERIOD MEASUREMENTS AND MODELLING IN NOVADA MALL (KONYA, TURKEY) 7
KULFA PREPARATION WITH POMEGRANATE ARILS AND JUICE 9
COMPARISON OF IPT AND CPT WIRELESS CHARGING TECHNOLOGIES 10
RESEARCH ON WIRELESS POWER TRANSFER TECHNOLOGY BASED ON RENEWABLE ENERGY 11
EVALUATION OF THE USAGE OF SOME ESSENTIAL OILS IN COSMETICS 12
ANTİTÜBERKÜLOZ AKTİVİTE POTANSİYELİ OLAN BAZI YENİ FENOTİYAZİN TÜREVİ BİLEŞİKLERİN SENTEZİ VE YAPILARININ AYDINLATILMASI 13
EVALUATION OF THE COSMETIC ASPECT OF THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PLANT COMPONENTS 14
IMIDAZOLE DERIVATIVE CYCLOTRIPHOSPHAZENE LIGANDS AS A MULTIDONOR IN THE CONSTRUCTION OF COORDINATION POLYMERS 15
IMIDAZOLE DERIVATIVE CYCLOTETRAPHOSPHAZENE LIGANDS 16
SYNTHESIS, STRUCTURE AND DYE ADSORPTION PROPERTIES OF AG(I) COORDIATION POLYMER CONSTRUCTED FROM 2-METHYLIMIDAZOLE SUBSTITUTED CYCLOTRIPHOSPHAZENE LIGAND 17
KÜRESEL TAKVİYE ELEMANI İÇEREN KOMPOZİT YAPILARDA BASMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ 18
MİKRO DAĞITIM ARAÇLARINA ÖZEL DÜŞÜK GERİLİM BATARYA PAKETİ TASARIMI, UYGULAMA YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ VE ARAÇ ENTEGRASYONU 19
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK 0-6 YAŞ VEYA ZİHİN ENGELLİ BİREYLER İÇİN BİR TEMEL EĞİTİM MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ 20
REKOMBİNANT HER3 ANTİJENİNİN ÜRETİLMESİ 21
HİSSE YATIRIMCISI İÇİN ŞİRKET PERFORMANS SIRALAMASINA DAYALI OPTİMAL STRATEJİ SEÇİMİ 23
PAZAR EĞİLİMİNE GÖRE GRUP KISITLI PORTFÖY MODELİ VE SEZGİSEL ÇÖZÜMÜ 24
YENİ BİR POLİAROMATİK KETON TÜREVİ SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FOTOBAŞLATMA ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ 25
PLA/PCL/PEG/ZNO KOMPOZİT FİLAMENTLERİNİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU 26
BİYO-İÇERİKLİ HİDROFOBİK KAPLAMALARIN GELİŞTİRİLMESİ 28
FORMATION OF SOIL RESISTOME IN AGROECOSYSTEMS OF MEDICINAL PLANTS 30

ENJEKSİYON KALIPLARINDA KULLANILAN PVD KAPLAMA UYGULAMALARI 31
INVESTIGATION OF THE USABILITY OF MARBLE AND GRANITE WASTES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY .. 32
YENİ BİR TİYOKZANTON KARBOKSİLİK ASİT TÜREVİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FOTOBAŞLATMA ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ 33
FOSFATIDILKOLİN VE SFİNGOMYELİNİN ETKİLEŞMELERİ ONLARIN TERMOTROPİK ÖZELLİKLERİNİ DEĞİŞTİRİR 35
POLİAROMATİK FOTOBAŞLATICI DİOKSİTİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 36
BİR ENERJİ DEPOLAMALI FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMİNİN PVSOL PROGRAMI KULLANILARAK PERFORMANS ANALİZİ 37
MONOMERİK VE DİMERİK SUDA ÇÖZÜNEN DEMİR FTALOSİYANİNLER 38
COMPUTATIONAL SPEED PERFORMANCE COMPARISON OF FAST FOURIER TRANSFORM LIBRARIES IN 2D ... 40
KABLOSUZ ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN TEK FAZLI YÜKSEK FREKANSLI EVİRİCİ TASARIMI 41
COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING BASED COVID-19 CLASSIFICATION METHODS 42
L7 SINIFI MİKRO ELEKTRIKLI ARAÇ TASARIMI VE YANAL TAŞIT DİNAMİĞİ OPTİMİZASYONU 44
MEKÂN DİZİMİ YAKLAŞIMI KULLANILARAK GELENEKSEL KONUT DEĞİŞİMİNİN SAYISALLAŞTIRILMASI 46
GEOLOGY AND TRACE ELEMENT GEOCHEMISTRY OF THE BARITE MINERALIZATION IN THE NORTH OF KOCAELİ 47
MEDICAL WASTE AFTER COVID-19 PANDEMIC: MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL IMPACTS 49
THE STRUCTURAL PROPERTIES OF $PT_{20}CU_{80}$ CATALYST FOR HYDROGEN EVOLUTION REACTION 51
THE CATALYTIC PROPERTIES OF TRIMETALIC $PT_{35}CU_{38}CO_{27}$ NANOPARTICLE 52
MİDYE AVCILIĞI YAPAN BALIKÇILARIN SOSYO-EKONOMİK DURUMU: İSTANBUL ÖRNEĞİ ÖN ÇALIŞMA 53
ÇANAKKALE BOĞAZI, GEMLİK KÖRFEZİ VE İZMİT KÖRFEZİ'NİN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ULVA RİGİDA' NIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNE VE YETİŞTİRİCİLİK POTANSİYELİNE ETKİSİ 54
TARİHİ MARDİN ŞAHKULUBEY KÜMBETİNDEKİ YAPISAL BOZULMALAR VE RESTORASYON ÖNERİSİ 55
EEG TABANLI DUYGU TANIMA İÇİN KANAL SEÇİMİ 56
AKILLANDIRILMIŞ BİR SANTRİFÜJ POMPANIN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA 57
HAVACILIK VE UZAY ENDÜSTRİLERİNDE YAPAY ZEKANIN (AI) FAYDALARI VE RİSKİ 58
RAFT POLİMERİZASYONU İLE İYİ-TANIMLANMIŞ YENİ BİR TELEKHELİK POLİSTİREN MAKROFOTOBAŞLATICISININ SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 59
MONILINIA TÜRLERİNDE GENOM ÇAPINDA KOPYA SAYISI VARYASYON DURUMU 60
MINING INDUSTRY AFTER COVID-19 61
FİTOPATOJENİK FUNGUS TÜRÜNDE MİRNA'LARIN HESAPLAMALI TAYİNİ 62
ATIK YAKMA TESİSLERİ İÇİN UYGULANAN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 63
GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE ALTIN ORAN 64
ROZASE HASTALIK TEŞHİSİ İÇİN KARAR AĞACI ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZİ 65
BENZİN MOTORLU BİR OTOMOBİLİN EGZOZ ÇIKIŞINA BAĞLANAN TERMOELEKTRİK JENERATÖR SİSTEMİYLE ATIK ISIDAN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DENEYSEL ANALİZİ 66
HYPNUM CUPRESSİFORME EKSTRAKTININ KİMYASAL BİLEŞİMLERİ, GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE BİYOLOJİK AKTİVİTESİNİN İNCELENMESİ 67

ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİT YALITIM LEVHALARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ 68
MAXWELL CEBRI VE YÜKLÜ PARÇACIĞIN DİNAMİĞİ 69
BİR İŞLETMEDEKİ ÇALIŞANLARIN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE MARUZ KALDIKLARI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ 70
KONYA İLİ ÖZEL BÜYÜKŞEHİR HASTANESİ KLİNİK ÖRNEKLERİNİN VÜCUTTA İZOLE EDİLDİKLERİ BÖLGELERE GÖRE EN YÜKSEK DAĞILIMLI OLAN BAKTERİ TÜRLERİNİN TESPİT EDİLMESİ 71
MOMORDİCA CHARANTİA L. BİTKİSİNİN MEYVESİNDE BULUNAN ELEMENT MİKTARLARININ ICP-MS ANALİZİ İLE TESPİT EDİLMESİ 72
PAMUKLU KUMAŞLARIN MİKRODALGA ORTAMINDA BOYANMASI 73
PIIGS ÜLKELERİNİN MAKROEKONOMİK PERFORMANSLARININ KÜMELEME ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRMASI .. 74
KOCAELİ KIYI ŞERİDİNDEKİ BALIKÇI BARINAKLARINDA KARŞILAŞILAN SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 75
5-FU VE TİMOKİNON YÜKLÜ PCL NANOPARTİKÜLLERİNİN AGS MİDE KANSERİ HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ IN VITRO ANTİKANSER ETKİNLİKLERİNİN İNCELENMESİ 76
HASTANE ORTAMINDA BİR MOBİL ROBOTUN NAVİGASYONU İÇİN DERİN PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI 77
OTONOM İHA'LARIN NAVİGASYONU İÇİN PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI 78
SESÜSTÜ MUHAREBE UÇAKLARI İÇİN MOTOR HAVA ALIĞI TASARIMI VE AERODİNAMİK PERFORMANSIN İNCELENMESİ 79
ÇOK DEPOLU ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU VE GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜM ÖNERİSİ 80
YOL PLANLAMA VE YOL İZLEME ALGORİTMALARININ HİBRİT OLARAK KULLANIMINA DAYALI YOL OPTİMİZASYONU 81
LİTYUM-İYON PİLLERİNİN SOĞUTULMASININ SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ 82
MİL-GÖBEK BAĞLANTILARINDA BOYUT ÖLÇÜM ANALİZ YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİNİN EKSENEL YÜK İLETİMİNE BAĞLI OLARAK NÜMERİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ 83
İÇME SUYU ARITMA TESİSİ FİLTRASYON İŞLEMİNDE FARKLI FİLTRE MALZEMESİ KULLANIMI VE BORULAMA/GERİ YIKAMA POMPA KAPASİTESİ DEĞİŞİKLİKLERİNİN ARITMA VERİMİNE ETKİSİ 84
SİLİKO ÇALIŞMASINDA SARS-COV-2 PROTEİNLERİNE KARŞI BİGUANİT TÜREVLERİNİN KULLANILMASI 85
ENDÜSTRİDE KESTİRİMCİ BAKIM 86
316L PASLANMAZ ÇELİK MALZEMELERİN SIVI ORTAMINDA ND:YAG LAZER İLE KAYNAĞI 87
22MNB5 ÇELİĞİNİN SICAK PRESLEME İŞLEMİNDE KALIPTA SOĞUTMA SÜRESİNİN OPTİMİZASYONU 88
1,4-BİS(3-AMİNOPROPİL) PİPERAZİN SUBSTİTUE SİKLOTRİFOSFAZEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE YAPISAL KARAKTERİZASYONU. SENTEZLENEN BİLEŞİKLERİN SPEKTROSKOPİK VE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ 89
6-HİDROKSİ FLAVON SÜBSTİTÜE SİKLOTRİFOSFAZEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ 90
İKİ FARKLI ATMOSFERİK BASINÇ SOĞUK ARGON PLAZMA JET SİSTEMİNDE A-X, C-B VE 4P-4S EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI 91
TECRİT LABORATUVARLARINDA BİYOGÜVENLİK VE BİYOEMNİYET DİNAMİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ... 92
MİKROORGANİZMALARIN PATENTLENMESİ VE HAKLARIN KORUNMASI 93
THE EFFECT OF ALKALİ PRETREATMENT ON THE PYROLYSİS CHARACTERİSTİCS OF SUNFLOWER SEED HULLS 94

YÜK ALTINDA ÇALIŞAN KELEPÇE BAĞLANTI ELEMANININ TASARIM GELİŞTİRME ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ 95

DİSPİRO TÜREVİ SİKLOTRİFOSFAZEN BİLEŞİĞİNİN PARASETAMOL İLE SENTEZİ VE ASİT KATALİZLİ HİDROLİZİ . 96

GÖNEN (BALIKESİR) ÇELTİK ALANLARINDAKİ ÇELTİK BEYAZ UÇ NEMATODU APHELENCHOİDES BESSEYİ (APHELENCHİDA: APHELENCHOİDİDAE)'NUN POPÜLASYON YOĞUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI 97

ATMOSFERİK BASINÇ DENGEDE OLMAYAN PLAZMA JETLERİN YAPISINA LAMİNER VE TÜRBÜLANS AKIŞIN ETKİSİ 98

STYPOPODİUM SCHİMPERİ TÜRÜ İLE BESLENEN ZEBRA BALIKLARINDA (DANİO RERİO) BAĞIRSAK MİKROBİYOTASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERİN METAGENOM ANALİZLERİ İLE BELİRLENMESİ 99

ANAHTAR KELİME ÇIKARIMI İÇİN KELİME VEKTÖRLERİ KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRME 100

MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI KULLANARAK TELE-BANKACILIK İÇİN POTANSİYEL MÜŞTERİ TAHMİNİ 101

DIGITALIZATION AND INTERNATIONALIZATION: CASE OF ALBANIAN FASHION INDUSTRY 102

HAREKETLİ KALIPTA EKSTRÜZYON UYGULAMASININ SİMÜLASYON DESTEKLİ İNCELENMESİ 103

FORM VERME VE KESME OPERASYONLARININ EŞLENİK SİMÜLASYONU 104

COMPARISON OF VOLATILE COMPOUNDS OBTAINED BY HS-SPME AND HYDRODISTILLATION IN ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA L. FROM TURKEY 105

SCENEDESMUS OBLİQUUS MİKROALGİNİN GELİŞİMİNDE STRİGOLAKTON HORMONUNUN OLASI ETKİLERİ . 106

HİDROLİK SİSTEMLERDE KULLANILAN OTOMAT ÇELİĞİNDEN YAPILMIŞ SOMUNLARIN KAPLAMA ÇEŞİTLERİNE GÖRE KOROZYON DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ 108

ZIRHLI ARAÇLARDA KATMAN BAĞLANTILARININ DENEYSEL ANALİZİ 109

6082 EKSTRÜZYON PROFİLİNDE ÖN ISIL İŞLEMİN DOĞAL YAŞLANMAYA VE TERMİK SONRASI SERTLİĞE ETKİSİ 110

SOĞUTMA HIZININ FARKLI ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON ALAŞIMLARINDA ELOKSAL SONRASI RENK OLUŞUMUNA ETKİSİ 111

ÜLKE KALKINMA GÖSTERGELERİNE GÖRE ÜLKELER ARASINDAKİ FARKLILIKLAR VE GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİ- SPSS UYGULAMASI 112

ECHİUM PLANTAGİNEUM L. (BORAGİNACEAE) POPÜLASYONLARINDA TOHUM YAĞ ASİDİ VARYASYONLARININ ARAŞTIRILMASI 113

TAŞINABİLİR JENARATÖR VEYA MOTOPOMPLARDA KULLANILAN ŞASE/DEPO TASARLANMASI VE PROTOTİP İMALATI 115

MOTOR ALT MUHAFAZA GELİŞTİRME ÇALIŞMASI 116

SARI MERCİMEK-PİRİNÇ UNU VE MISIR NİŞASTASI-PİRİNÇ UNU KARIŞIMINDAN ÜRETİLEN GLUTENSİZ KEKLERİN KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 117

MODİFİYE NİŞASTA-ZEİN KOMPOZİT YENİLEBİLİR FİLMLERİN FİZİKSEL, OPTİK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ 118

MOF DESTEKLİ FAZ DEĞİŞİM MATERYALLERİNİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU 119

2,2-DİMETİLGLUTARAT VE BİS(TRİAZOL) TÜREVİ LİGANDLARLA İKİ BOYUTLU KOBALT(II), ÇİNKO(II), KADMİYUM(II) KOORDİNASYON POLİMERLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 120

ASFALT YAMA KATKISI VE FARKLI AGREGA TÜRLERİNDEKİ YAPIŞMA MUKAVEMETLERİNİN BELİRLENMESİ . 121

FULL PAPERS 122

KLİNOPTİLOLİT İLE SEFALEKSİN ADSORPSİYONUNA BAŞLANGIÇ PH'ININ ETKİSİ 123

WELDABILITY PROCESS OF DISSIMILAR ALLOY STEEL MATERIALS AND POST WELDING MECHANICAL ANALYSIS 129

DESIGN OF A 3D PRINTED FACE-SHIELD WITH ACTIVE DEFOGGING FOR COVID19 136

5G AĞLARINDA DERİN GÜÇLENDİRME ÖĞRENME TEMELLİ DİNAMİK KAYNAK TAHSİSİ 142

***MENTHA PİPERİTA* ESANSİYEL YAĞININ *PSEUDOMONAS AERUGİNOSA SUŞUNA* KARŞI ANTİBAKTERİYEL VE ANTİBİYOFİLM ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ 157**

CLEANER PRODUCTION SOLUTIONS FOR ABRASIVE WATERJET CUTTING SYSTEM 161

YÜK TAKİP SİSTEMİ 169

PTFE KOMPOZİYONLARININ ELASTİKİYET VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 173

FARKLI ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR İÇİN SU BAZLI YAPIŞTIRICILARIN GELİŞTİRİLMESİ- KAUÇUK METAL BAĞLAYICI AJANLAR 181

ENJEKSİYON KALIPLAMADA FARKLI MALZEME KULANIMININ PARÇA KALİTESİNE ETKİSİ 188

A REVIEW ON NEAR-FIELD AND FAR-FIELD WIRELESS POWER TRANSFER TECHNOLOGIES 195

VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİYLE MÜŞTERİ KAYIP ANALİZİ: YAZILIM SEKTÖRÜ İÇİN ÖNCELİKLİ ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ 200

MONTAJ HATTI DENGELEMEDE SEZGİSEL VE ANALİTİK ÇÖZÜM YÖNTEMİ UYGULAMASI 209

HİZMET SEKTÖRÜNDE YALIN YÖNETİM YAKLAŞIMI VE BELEDİYEDE BİR UYGULAMA 216

İÇME SUYU ŞEBEKE TEDARİKÇİLERİNİN ÜRETEN-TÜKETİCİ OLMALARI İÇİN YÖNTEM ÖNERMESİ VE ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ (EMS) TASARIM ÖNERİSİ 222

BAZI DİPİROMETEN LİGANT VE BORDİFLORÜR KOMPLEKSLERİNİN FOTOFİZİKSEL VE TERMOGRAVİMETRİK ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL VE TEORİK İNCELENMESİ 228

BATTERY SOLUTIONS USED IN AVIATION 235

REDÜKTÖR MİLİNE KAMA YUVASI AÇILMASI İŞLEMİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE TALAŞ KALDIRMA ANALİZİ 241

EXPERIMENTAL AND STATISTICAL INVESTIGATION OF 3D PRINTING PARAMETERS ON MECHANICAL PROPERTIES FOR PETG AND PETT FILAMENT MATERIALS 245

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNDE SON DURUM 252

EL SIKMA KUVVETİ ÖLÇÜMÜ İÇİN GELİŞTİRİLEN SİSTEM VE ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .. 262

OTOMOBİLLERDEKİ ANDROID TEMELLİ MULTİMEDYA CİHAZLARININ GÜVENLİK ZAFİYETLERİ 269

MEKANİK KARIŞTIRMA YÖNTEMİ İLE HİDROKSİAPATİT NANO KÖPÜK ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU 276

STABILIZATION OF QUADCOPTER USING THE COMBINATION OF LQR AND SMC METHODS 283

UÇAKTA ÇALIŞIRKEN ERGONOMİ 293

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE VE OPERASYONLARINDA GÖREV ALAN PERSONEL 299

ENDÜSTRİYEL YAKMA UYGULAMASINA GÖRE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTELERİNİN İNCELENMESİ 306

BRAIN TUMOR PROGRESSION DETECTION WITH DEEP LEARNING AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN PYTHON 313

KRİTİK DIRAC YARIİLETKEN VE TERMOELEKTRİK KMGBİ KRİSTALİNİN KURAMSAL OLARAK İNCELENMESİ 318

THE EFFECT OF EXPANDED PERLITE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PU PRODUCTS 322

TEK KATMANLI INBİ VE DOPAMİN MOLEKÜLÜNÜN ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ 328

SUSURLUK İÇME SUYU ARITMA TESİSİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ: KİMYASAL KOAGÜLASYON İLE DEMİR VE MANGAN GİDERİMİ 333

DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER FEN ÖĞRENME BECERİSİNİ FARKLILAŞTIRIR MI? 340
POLİDİMETİLSİLOKSAN İLE YAPAY İRİS ÜRETİMİ 348
GEMİ PERVANELERİNİN 3B MODELLENMESİ İÇİN TERSİNE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMININ KULLANIMI 355
KONUT TİPİ TÜKETİCİLER İÇİN TALEP TARAFI YÖNETİMİ UYGULAMASI VE ENERJİ OPTİMİZASYONU 361
YAYA GÜVENLİĞİNİ ÖNCELEYEN VE DÜŞÜK ENERJİ TÜKETİMİNE SAHİP YAYA BUTONU TASARIMI 369
TAŞIT KLİMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ 376
YEŞİL KAHVE İÇEREN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL KATKILI BİYOPLASTİKLERİN ÜRETİMİ, KARAKTERİZASYONU VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 386
GRAFENLİ VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ KARBON FİBERLİ POLİMER KOMPOZİT MALZEMENİN ÜRETİLEREK MEKANİK DENEY ÇUBUKLARININ ÜRETİMİ VE İNCELENMESİ 392
AŞIRI PLASTİK DEFORMASYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AA6082 MALZEMESİNİN KOROZYON ÖZELLİKLERİ .. 399
SİVAS İLİ *QUERCUS MACRANTHERA* SUBSP. *SYSPİRENSİS* ÜZERİNDEKİ GAL ARILARI 406
SİVAS İLİ *QUERCUS MACRANTHERA* SUBSP. *SYSPİRENSİS* ÜZERİNDEKİ GAL ARILARININ PARAZİTOİTLERİ VE PARAZİTOİTLİK İLİŞKİLERİ 415
EŞİT KANAL AÇISAL PRESLEME(EKAP) TEKNİĞİ KULLANILARAK ÜRETİLEN AA6082 MALZEMENİN SÜRTÜNME KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMESİ 422
GÜMÜŞ NANOPARÇACIK İÇEREN POLİMETİL METAKRİLAT-POLİRİSİNOLEİK ASİT POLİMERİNİN ENERJİ BAND ARALIĞININ İNCELENMESİ 431
YÖRÜNGE FARKLILIKLARININ MULTİMEDYA GÜVENLİĞİNE ETKİSİ 437
ALTIN NANOPARÇACIK İÇEREN TARAK TİPİ AMFİFİLİK GRAFT KOPOLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ 445
COVİD-19 KARANTİNASININ HAVA KALİTESİNE ETKİSİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ 451
GELİŞTİRİLEN VUCUT DİRENCİ ÖLÇÜMÜ SİSTEMİ VE ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 459
GÜÇ VE SİNYAL KABLOLARINDA ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK KAPSAMINDA EKRANLAMANIN ÖNEMİ 466
KAĞIT ENDÜSTRİSİ ATIK SULARINDAN BOR GİDERİMİ 471
MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI UÇTAN UCA ÇAĞRI MERKEZİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME SİSTEMİ 479
K-VALUE EFFECT ON THERMAL STABILITY OF PVC BASED CABLE FORMULATION 486
THERMAL CHARACTERIZATION OF POLYPHENOL OXIDASE FROM PERSIMMON 493
İNDÜKTİF GÜÇ AKTARIMLI ŞARJ SİSTEMLERİNDE ALÜMİNYUM EKRANLAMA TOPOLOJİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ VE TASARIM YAKLAŞIMLARI 499
ÖĞRENCİLERİN ÖĞRENME TARZINA YÖNELİK SİSTEM ÖNERİSİ 506
ANİZOTROPİK ORTAM YAKININDA KUANTUM GİRİŞİM 512
DURUM GERİ BESLEMELİ H∞ KONTROLCÜLÜ YARIM TAŞIT MODELİNDE YOLCU KONFORUNUN SAĞLANMASI 516
DİRECT YELLOW 142 BOYAR MADDESİNİN ALÜMİNYUM ELEKTROTLU ELEKTROKOAGÜLASYON YÖNTEMİ İLE RENK GİDERİMİ VE BOX-BEHNKEN OPTİMİZASYONU 523
DÜŞÜK REYNOLDS SAYILI AKIŞLARDA SÜPERHİDROFOBİK KAPLAMA İLE SÜRÜKLEME KUVVETİNDEKİ DEĞİŞİM 530
TERSİNE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMIYLA TARIM MAKİNE PARÇASININ ÖZELLİK TABANLI REKONSTRÜKSİYON STRATEJİSİYLE ÜÇ BOYUTLU MODELLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ 538

DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI İLE GÖMÜLÜ SİSTEMLER İÇİN GERÇEK ZAMANLI ARAÇ SAYIM VE TAKİP SİSTEMİ 544

DALGA ENERJİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN ZONGULDAK İLİ ÖZELİNDE KARŞILAŞTIRILMASI 551

BİR BOYUTLU FOTONİK KRİSTAL YAKININDA İKİ KÜRESEL PARÇACIĞIN OPTİK YANITI 561

GALVANO MANYETİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI VE UYGULAMA ALANLARI 565

CONSEQUENCES OF COVID-19 ON FOREIGN DIRECT INVESTMENT 573

NANO-DELİKLİ PLAZMONİK ANTEN TABANLI PEROVSKİTE GÜNEŞ PİLİ TASARIMI 580

REZONATÖR TİP KUVVET ÖLÇÜM CİHAZLARI VE DİĞER SENSÖRLERE GÖRE FARKLILIKLARI 585

MANYETİK KAÇAK AKI SİSTEMİNİN MANYETİK EŞDEĞER DEVRE VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ 592

M3 SINIFI ELEKTRİKLİ BİR ARAÇ İÇİN ELEKTRO HİDROLİK DESTEKLİ DİREKSİYON SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ 597

L7 SINIFI MİKRO ELEKTRIKLI ARAÇ TASARIMI VE YANAL TAŞIT DİNAMİĞİ OPTİMİZASYONU 603

GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK YÜK TESPİTİ İÇİN KULLANILAN V-I ORANI YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ 609

UYUMLU MESH-GRİD ŞEKİLLİ FREKANS SEÇİCİ YÜZEY (FSY) KULLANILARAK SİLİNDİRİK NESNELER İÇİN MANTO PELERİNİNİN ANALİZİ VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ 615

BOOST DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRESİNİN DURUM-UZAY ORTALAMA TEKNİĞİNE DAYALI GEÇİCİ-HAL VE SÜREKLİ HAL ANALİZİ 622

SYNTHESIS OF NOVEL CALIX[4]ARENE SCHIFF BASE DERIVATIVE AND INVESTIGATION OF ITS ANTIPROLIFERATIVE EFFECTS AGAINST DIFFERENT CELLS 628

SİNYALİZE BİR KAVŞAKTA V2X İLE ACİL DURUM ARACI ÖNCELİKLENDİRME ANALİZİ 633

BRIEFLY ABOUT

International Marmara Science Congress was held between 13-14 May 2022 by Kocaeli University and İzmit Municipality. The congress aims to bring together researchers whose working on interdisciplinary subjects in science and social sciences and also to establish an effective communication platform between them. In congress;

In Sciences; Acoustical Engineering, Astrophysics, Astronomy and Space Sciences, Atmospheric Sciences, Bacteriology, Fisheries Sciences, Computer Engineering, Building Services Engineering, Plant Sciences, Biochemistry Biodiversity, Biology, Biomedical Engineering, Botany, Environmental Science Environmental Engineering, Ecology, Electrical Engineering, Electrical Engineering, Electronics Engineering Industrial Engineering, Energy Engineering, Pharmacology, Physics and Physics Engineering, Physical Sciences, Physiology, Genetic Engineer, Geotechnical Engineering, Food Engineering, Climate and Climate Change, Civil Engineering, Statistics and Actuarial Sciences, Geophysics, Geophysical Engineering, Geology, Geological Engineering, Chemistry, Chemical Engineering, Mechanical Engineering, Materials Engineering, Mathematics, Mechatronics Engineering, Meteorology, Microbiology, Molecular Biology and Genetics, Molecular Engineering, Nano Engineering, Nuclear Engineering, Optics M Engineering, Automotive Engineering, Petroleum Engineering, Psychology, Agricultural Engineering, Transportation Engineering, Applied Engineering Sciences, Space Engineering, Production Engineering, Software Engineering, Earth Sciences

The language of the congress is English or Turkish, and all full papers and abstracts submitted for publication in the congress on current issues have been evaluated by at least two referees by the blind reviewing method. 182 papers, abstracts and posters were accepted for oral presentation and publication as a result of peer review. We would like to thank all the researchers who have shown interest in the Congress.

IMASCON 2022 ORGANIZATION

IMASCON 2022, organized by Kocaeli University (KOÜ) and İzmit Municipality and also sponsored by Kocaeli Metropolitan Municipality, Kartepe Municiplatiy, Derince Municipality, Körfez Municipality, Gölcük Municipality and East Marmara Development Agency.

Imascon 2022 General Chair

Öznur GÖKKAYA (KOÜ)

Organizing Committee

Eda BEZHANI (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Flora MERKO (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Lyudmyla SYMOCHKO (Uzhhorod National University, Ukraine)

Luis M. F. ROSEIRO (ISEC, Portuga)

Hysen MANKOLI (Health and Environment, USA)

Reyhan DADASH (Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan)

Violeta NEZA (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Daniela LIKA (Aleksander Moisiu Durres University, Albania)

Fernando Domingues MOITA (ISEC, Portuga)

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)

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Ahmet Küçük, Kocaeli University

Prof. Dr. Ahmet Duran, İstanbul Technical University

Prof. Dr. Alaeddin Bobat, Kocaeli University

Prof. Dr. Arif Özkan, Kocaeli University

Prof. Dr. Ayşegül Günsel, Kocaeli University

Prof. Dr. Engin Özdemir, Kocaeli University

Prof. Dr. Fatma Çanka Kılıç, Kocaeli University

Prof. Dr. C. Gazi Uçkun, Kocaeli University

Prof. Dr. Hanefi Bayraktar, Bayburt University

Prof. Dr. Hasan Latif, Kocaeli University

Prof. Dr. Hristo Ivanov Katrandzhiev, Marketing and Strategic Planning, University of National and World Economy, Bulgaria

Prof. Dr. Hysen Mankolli, Editor of IJEES, Health and Environment Association, U.S.A.

Prof. Dr. İlyas Uygur, Düzce University

Prof. Dr. Juan Carlos, Roca Unıversıty Of Huelva, Spain

Prof. Dr. Kadri Süleyman Yiğit, Kocaeli University

Prof. Dr. Luis M. F. Roseiro, ISEC

Prof. Dr. Maan T. J. MAAROOF, Mousul University, Iraq

Prof. Dr. Mahmut Durmuş, Gebze Teknik University

Prof. Dr. Mehmet Demirtaş, Bitlis Eren University

Prof. Dr. Melda Yardımoğlu Yılmaz, Kocaeli University

Prof. Dr. Mustafa Yaşar, Karabük University

Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaycan Milli ilimler Akademisi, Milli Tarih Müzesi

Prof. Dr. Novo Palakalovic, Faculty of Economics, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Prof. Dr. Olena Demyanyuk, Institute of Agroecology and Environmental Management, Ukraine

Prof. Dr. Orhan Gezici, Ömer Halis Demir University

Prof. Dr. Osman Taylan, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

Prof. Dr. Resul Kara, Düzce University

Prof. Dr. Sibel Zor, Kocaeli University

Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Teknik University

Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, Faculty of Economics, University of Nis, Serbia

Assoc. Prof. Dr. Ayşegül Türk, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Azeta Tartaraj, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Flora Merko, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Eda Bezhani, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Brunela Trebicka, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Assoc. Prof. Dr. Etem Yeşilyurt, Akdeniz University

Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko, Uzhhorod National University, Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Aki's Poona College Of Arts, Science Commerce

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Kerim Güllap, Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, Faculty of Economy, University of Prishtina, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Natalya Gudkova, The State Ecological Academy, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Ömer Güngör, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Seher Uçkun, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Yoshito Ando, Kyushu Institute of Technology

Assoc. Prof. Dr. Ayşe GÜNSEL, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Erdinç Doğancı, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Fatih Koç, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Halil Atmaca, Artro Klinik

Assoc. Prof. Dr. Hasan Kaya, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Dikme, İstanbul Gelişim University

Assoc. Prof. Dr. Hülya Ünver, Düzce Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Samad Rahimi Aghdam, Tabriz University

Assoc. Prof. Dr. Seher Uçkun, Kocaeli Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Selda Uca, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Serdar Birğul, Düzce University

Assoc. Prof. Dr. Sinan Aydın, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Şükran Güzin Ilıcak Aydınalp, İstanbul Gelişim University

Assoc. Prof. Dr. Taner Erdoğan, Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Public Administration Faculty, Kosovo

Assoc. Prof. Dr. Yoshito Ando, Kyushu Institute of Technology

Assist. Prof. Dr. Mazin Nazar Fadhel, College of Environmental Science and Technology Mosul university, Musul, IRAQ

Assist. Prof. Dr. Mehlika Kocabaş Akay, Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. A. Arzu Arı Bural, Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Aslıhan Kuyumcu Vardar, Düzce University

Assist. Prof. Dr. Berna Kavaz Kındığılı, Atatürk Üniversitesi

Assist. Prof. Dr. Fatih Sevgi, Selçuk University

Assist. Prof. Dr. Handan Özçelik Bozkurt, Sinop University

Assist. Prof. Dr. Oğuz Polatel Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Larissa Shragina, Odessa I. I. Mechnikov University

Assist. Prof. Dr. Seyil Najımudınova, Kırgızistan Türkiye Manas University

Assist. Prof. Dr. Vetan Tümen, Bitlis Eren University

Assist. Prof. Dr. Vystavkina Daria, Odessa I. I. Mechnikov University

Assist. Prof. Dr. Yusuf Budak, Kocaeli University

Phd. Alba Ramallari, Economics Department Faculty of Bussines “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

Phd. Alma Zisi, Economics Department Faculty of Bussines “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Blerina Vrenozi, Tirana University, Albania

PhD. Mirela Alushllari, University of Albania, Albania

PhD. Jonida Gashi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Olta Nexhipi, “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Violeta Neza, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Cand. Ariola Harizi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

PhD. Saeid Shojaei, University of Tabriz · Department of Electronics and Photonics

PhD. Ada Aliaj, “Aleksandër Moisiu” University Durrës, Albania

PhD. Moses M. Solomon, King Fahd University of Petroleum and Minerals

PhD. Emma Gurashi Nikolaoy, University Of Patras, Greece

PhD. Hisham M. Alidrisi, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

PhD. Thawee Numsakulwong, Rajamangala University of Technology Isan, Tayland

PhD. Reyhan Dadash, Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi, Azerbaycan

Lect. Barış Demir, Kocaeli University

Lect. Daniela Lika, Aleksander Moisiu Durres University, Albania

Lect. Mustafa Of, Kocaeli Üniversitesi

IMASCON SPRING 2022 INVITED SPEAKERS



Prof. Dr. Luis Roseiro, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal



Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaijan National Academy of Sciences



Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Techical University, Türkiye



Prof. Dr. Hosam Bayoumi Hamuda, Obuda University, Hungary



Assoc. Prof. Dr. Flora Merko,Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania



PTech. Dr. Noor Zaitun Yahaya Universiti Malaysia Terengganu, Malaysia



Assoc Prof., Dr. Lyudmyla Symochko Uzhhorod National University, Ukraine



Assoc., Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Aki's Poona College Of Arts, Science & Commerce, India



Assoc. Prof. Dr Edmond Resmi Hoxha,Polytechnic University Of Tirana, Faculty of Geology And Mine, Albania



Assoc. Prof. Dr., Seema Nahid Department of Urdu Vasantrao Naik College of Arts and Commerce Murud Janjira Raigad, India



Assoc. Prof. Dr. Fernando Domingues Moita Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal



Assist. Prof. Dr. Tahseen Fatima Miano Institute of Food Sciences and Technology, Pakistan



Assist. Prof. Dr. Reyhan Dadash Azerbaijan State Pedagogical University,Azerbaijan



Dr. Ahmad Ali Department of Life Sciences, University of Mumbai, India

CONGRESS PROGRAMME

13 MAY 2022 FRIDAY
The Start of Registration Process
AÇILIŞ KONUŞMALARI - OPENING SPEECHES 10:00 / 11:00 • İstiklal Marşı ve Saygı Duruşu / National Anthem and Moment of Silence • İzmit Belediyesi Tanıtım Filmi / Short Film of Municipality İzmit • Kocaeli Üniversitesi Tanıtım Filmi / Short Film of Kocaeli University • Fatma Kaplan Hürriyet, ***Mayor of İzmit Municipality*** • Doç. Dr. Öznur Gökkaya, ***President of Imascon Congress***
IMASCON PANEL I – LIFE AFTER COVID - 14:00 / 15:00
• Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan • Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Technical University, Türkiye • Assoc. Prof. Dr. Fernando Domingues Moita, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal • Assist. Prof. Dr. Reyhan Dadash, Azerbaijan State Pedagogical University,Azerbaijan • PTech. Dr. Noor Zaitun Yahaya, Universiti Malaysia Terengganu, Malaysia
IMASCON PANEL II – LIFE AFTER COVID - 16:30 / 17:30
• Assoc. Prof. Dr. Flora Merko,Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania • Assoc. Prof. Dr. Edmond Resmi Hoxha,Polytechnic University Of Tirana, Faculty of Geology And Mine, Albania • Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko, Uzhhorod National University, Ukraine • Assoc. Prof. Dr., Seema Nahid Department of Urdu Vasantrao Naik College of Arts and Commerce Murud Janjira Raigad, India • Assist. Prof. Dr. Tahseen Fatima Miano, Institute of Food Sciences and Technology, Pakistan • Dr. Ahmad Ali, Department of Life Sciences, University of Mumbai, India

13 MAY 2022 FRIDAY ORAL (FACE to FACE) PRESENTATIONS		
13 MAY 2022 FRIDAY	**SESSION 1**	**Time 10:00 – 11:15**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 1.1 / 10:00 – 11:15	**Hall : 1**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Prof.Dr. Gönül YENİLMEZ ÇİFÇİ		
Burak KÖKSAL	Synthesis Of The Monospiro Derivative Cyclotriphosphazene Compound With Flavonoids And Investigation Of Its Antioxidant Properties	
Dr. Ayşe USLUOĞLU	Dyeing Of Cotton Fabric In Microwave Media	
Sertel GÖRÜCÜ	Color Removal Of Direct Yellow 142 Dyes With Aluminum Electrode Electrocoagulation Process And Optimization By Box-behnken	
Dr. Ruhan ÖZEL	Evaluation Of The Usage Of Some Essential Oils In Cosmetics	
Melek KAYA	Evaluation Of The Cosmetic Aspect Of The Antioxidant Properties Of Plant Components	

IMASCON 2022 SPRING SESSION 1.2 /11:30 – 12:45	Hall : 1	11:30 – 12:45 13 MAY 2022 FRIDAY
SESSION CHAIR : Assist. Prof. Dr. Mehmet Zeki KONYAR		
Seran KIRKINCI	Possible Effects Of Strigolactone Hormone On The Development Of The Microalgae Scenedesmus Obliquus	
Fatma Nur BAŞTÜRK	Investigation Of Seed Oll Fatty Acid Variations In Echium Plantagineum L. (Boraginaceae) Populations	
Fatih BOZ	Ergonomi While Working In Aircraft	
Fatih BOZ	Personnel In The Aviation Sector And Operations	
Assist. Prof. Dr. Mehmet Zeki KONYAR	Comparative Analysis Of Machine Learning And Deep Learning Based Covid-19 Classification Methods	
Emre Ural	The Use Of Different Filter Material In The Filtration Process Of Drinking Water Treatment Plant And The Effect Of Changes In Piping/Backwashing Pump Capacity On Treatment Efficiency	

13 MAY 2022 FRIDAY ORAL (FACE to FACE) PRESENTATIONS		
13 MAY 2022 FRIDAY	**SESSION 2**	**Time 15:30 – 16:45**

IMASCON 2022 SPRING SESSION 2.1 / 15:30 – 16:45	Hall : 1	13 MAY 2022 FRIDAY
SESSION CHAIR : Prof.Dr. Şükrü DURSUN		
Deniz TAŞÇI	Effects Of Physico-Chemical Properties Of Çanakkale Strait, Gemlik Bay And İzmit Bay On Biochemical Properties And Aquaculture Potential Of Ulva Rigida	
Asuman BAYDUR	Socio-Economic Status Of Fishermen Engaged In Mussel Fishing: Preliminary Study Of The Case Of Istanbul	
Hakan TURAL	Experimental Analysis Of Electricity From Waste Heat By The Thermoelectric Generator System Connected To The Exhaust Outlet Of A Gasoline Engine Car	
Enes FURKAN YİĞİT	Numerical And Experimental Investigation Of The Effectiveness Of Dimensional Measurement Analysis Methods In Shaft-Hub Connections According To Axial Load Transmission	
Ayça Merve YILDIZ	Emergency Vehicle Prioritization Analysis With V2x At A Signalized Intersection	
Zeynep Cansu AYTURAN	Cleaner Production Solutions For Abrasive Waterjet Cutting System	
Prof. Dr. Şükrü Dursun	Pm2.5 Level In Autmtime Period Measurements And Modelling In Novada Mall (Konya, Turkey)	

IMASCON 2022 SPRING SESSION 2.2 / 17:00 – 18:15	**Hall : 1**	**17:00 – 18:15 13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Bülent AYDEMIR		
Assoc.Prof.Dr. Bülent AYDEMIR	Galvano Magnetic Force Measuring Devices And Applications	
Assoc.Prof.Dr. Bülent AYDEMIR	Resonator Type Force Measuring Devices And Their Differences From Other Sensors	
Assoc.Prof.Dr. Bülent AYDEMIR	Hand grip force, force measurement, force sensor	
Sefacan ÇAKMAK	Design, Development And Prototype Manufacturing Of Chassis/Tank For Use In Power Generation Or Power Consumption Machines	
Mustafa KILIÇ BEŞER	Maxwell Algebra And The Dynamics Of A Charged Particle	
MERGENGELDI AKMYRADOV	Investigation Of Burner Control Units According To Industrial Combustion Application	
Serdar UZUN	The System Developed For Measurement Of Body Resistance And Evaluation Of Measurement Results	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 3.1 / 17:00 – 18:15	**Hall : 2**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Lect. Mustafa OF		
Fernando Domingues MOITA	Design of a 3D printed face-shield with active defogging for Covid19	
Alkan ÖZCAN	Optimization Of The Mold Cooling Time In The Hot Stamping Process Of 22mnb5 Steel	
Ahmet Faruk KARAKEBELİOĞLU	Pedestrian Button Design Which Prioritize Pedestrian Safety And Has Low Energy Consumption	
Sadık YILDIZ	Investigation Of The Usability Of Marble And Granite Wastes In The Construction Industry	
Suat KESKİN	Evaluation Of The Problems Faced At The Fishing Shelters On The Kocaeli Coastlin	
Discussion		

13 MAY 2022 FRIDAY ***17:30 – 20:00*** ***POSTER PRESENTATION***		
Poster No	**Responsible Author Name**	**Title**
1	Burak KÖKSAL	Synthesis of 6-hydroxy Flavone Substituted Cyclotriphosphazene Derivatives And Investigation Of Antioxidant Activities
2	Sümeyra YOLDAŞ KILIÇ	Synthesis Of The Dispiro Derivative Cyclotriphosphazene Compound With Paracetamol And Acid Catalyzed Hydrolysi
3	Ceyda DUYAR	Imidazole derivative cyclotriphosphazene ligands as a multidonor in the construction of coordination polymers
4	Afranur PENDAR	Imidazole derivative cyclotetraphosphazene ligands
5	İmren MEYDAN	Determination of Adhesion Strength of Asphalt Patch Additive on Different Aggregate Types
6	Derya AYDIN SARAK	Monomeric and Dimeric Water Soluble Iron Phthalocyanines
7	Tuğçe ÖZGEL	The Interaction Between Phosphatidycholine And Shingomyeline Alter Their Thermotropic Properties
8	Lale ACAR	Comparison Of Quality Of Gluten-free Cakes Produced From Yellow Lentil-rice Flour And Corn Starch-rice Flour Mixture
9	Lale ACAR	Physical, Optical And Mechanical Properties Of Modified Starch-zein Composite Edible Films
10	Göktuğ ÇAĞRI TÜRK	Comparison of volatile compounds obtained by HS-SPME and hydrodistillation in Elaeagnus angustifolia L. from Turkey
11	Harun BAŞKAN	Engine Under Cover Part Development
12	Rahmi ELAGIB MOHAMED	Stabilization of the Quadcopter using LQR and SMC Algorithm
13	Burcu DURMUŞ	The Golden Ratio From Past To Present
14	Hasan TAN	Ensuring Passenger Comfort In Half Vehicle Model With H∞ Controller With State Feedback
15	Nur ÖZCAN	Impact of Consumer Ethnosynynism and Country of Origin Perception on Consumers' Attitudes to Foreign Countries-Evaluation of Domestic and Foreign Brand Perspectives
16	Gözde Şen	Examination of Attention Deficit Hyperactivity Disorder Symptoms and Cognitive Emotion Regulation Strategies As Predictives of Depression and Anxiety

ONLINE PRESENTIONS 13 MAY 2022 FRIDAY			
ONLINE PRESENTATIONS			
13 MAY 2022 FRIDAY	**SESSION 1**	**Time 11:00 – 12:15**	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 1.1 / 11:00 – 12:15		**Hall : 1**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Abdullah Taner BİŞGİN			
Assoc.Prof.Dr. Abdullah Taner BİŞGİN		Cloud Point Micro-extraction And Uv-vis Spectrophotometric Determination Of Erythrosine (E127) In Foodstuffs	
Orhan ÇELİK		Synthesis and structural characterization of 1,4-bis(3-aminopropyl) piperazine substituted cyclotriphosphazene derivatives. Spectroscopic and antimicrobial activities of the derived products	
Özge KARAKOYUN		The Effect Of Alkali Pretreatment On The Pyrolysis Characteristics Of Sunflower Seed Hulls	
Hazal Engin KILIÇARSLAN		Investigation Of Elasticity And Mechanical Properties Of Ptfe Compositions	
Serap EKEN GÜNEŞ		Development Of Water Based Adhesives For Differerent Industrials Applications-rubber To Metal Bonding Agents	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 1.2 / 11:00 – 12:15		**Hall : 2**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assist Prof.Dr. Gökhan SEVİNÇ			
Assist.Prof.Dr. Gökhan SEVINÇ		Experimental And TheoreticaL Investigati On Of PhotophysicaL And ThermogravimetriC PropertieS To Some DipyrromethenE LigandS And Borondifluori	
Dr. Gülşah BAŞKAN		The Effect Of Initial Ph On Cefalexin Adsorption By Clinoptilolite	
Necmettin Samet DALGA		The Synthesis And Characterization Of Novel Polyaromatic Ketone Derivative As A Photoinitiator And The Investigation Of Photoinitiaton Ability	
Mine SUBAŞIOĞLU		The Synthesis, Characterization of Novel Thioxanthone Carboxylic Acid Derivative and the Investigation of Photoinitiation Efficiency	
Nurdan AKDOĞAN		Synthesis and Determination of Structures of Some New Phenothiazine Derivative Compounds with Antituberculosis Potential.	
Discussion			

IMASCON 2022 SPRING SESSION 1.3. 11:00 – 12:15	Hall : 3	13 MAY 2022 FRIDAY
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Mustafa Sencer KARAGÜL		
Assoc.Prof.Dr. Mustafa Sencer KARAGÜL	Evaluation of biosafety and biosecurity dynamics in containment laboratories	
Assoc.Prof.Dr. Mustafa Sencer KARAGÜL	Patenting Of Microorganism And The Protection Of Rights	
Dr. Mehzat ALTUN	Determınatıon Of Antıbacterıal And Antıbıofilm Propertıes Of Mentha Pıperıta Essentıal Oıl Agaınst Pseudomonas Aerugınosa Straın	
Assoc.Prof.Dr. Fadime ÖZDEMIR KOÇAK	Determination of Changes in Intestinal Microbiota in Zebrafish (Danio rerio) Feeding on Stypopodium schimperi Species by Metagenome Analysis	
Dr. İhsan OBALI	Determination Of The Highest Distribution Of Bacterial Species According To The Regions Which Are Isolated In The Konya	
ONLINE PRESENTATIONS		
13 MAY 2022 FRIDAY	**SESSION 2**	**Time 14:00 – 15:15**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 2.1 / 14:00 – 15:15	**Hall : 1**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Merve DANDAN DOĞANCI		
Ceyda DUYAR	Synthesis, structure and dye adsorption properties of Ag(I) coordiation polymer constructed from 2-methylimidazole substituted cyclotriphosphazene ligand	
Ferit ERDEM	Preparation and Characterization of PLA/PCL/PEG/ZnO Composite Filaments	
Yaren DEMIRTEMEL	K-value Effect On Thermal Stability Of Pvc Based Cable Formulation	
Simay KÜÇÜK ÖNEN	Super Absorbent Polymer Synthesis Method And Applications	
İnci CENİK	Preparation and characterization of MOF-based phase change materials	
Mehmet Fatih POLAT	A Study On Determining The Energy Efficiency Of An Intelligent Centrifugal Pump	
Dr. Mehmet OĞUZ	Synthesis of Novel Calix[4]arene Schiff Base Derivative and Investigation of Its Antiproliferative Effects Against Different Cells	

IMASCON 2022 SPRING SESSION 2.2 / 14:00 – 15:15	**Hall : 2**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Özlem ALTUNORDU KALAYCI		
Dr. Bahadir SALMANKURT	Theoretical Investigation Critical Dirac Semimetal And Thermoelectric Crystal Kmgbi	
Assist.Prof.Dr. Özlem ALTUNORDU KALAYCI	Investigation Of The Energy Band Gap Of Poly (methyl Methacrylate)-polyricinoleic Acid Polymer Containing Silver Nanoparticles	
Assist.Prof.Dr. Özlem ALTUNORDU KALAYCI	Investigation Of Mechanical Properties Of Gold Nanoparticles Embedded Into The Comb-type Amphiphilic Graft Copolymer	
Assist.Prof.Dr. Nurgül AKINCI	Kuantum Interference Near Anisotropic Medium	
Assist.Prof.Dr. Nurgül AKINCI	Optical Response of Two Spherical Particles Near One Dimensional Photonic Crystal	
Discussion		
IMASCON 2022 SPRING SESSION 2.3 / 14:00 – 15:15	**Hall : 3**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Lyudmyla SYMOCHKO		
Assoc.Prof.Dr. Lyudmyla SYMOCHKO	Formation Of Soil Resistome In Agroecosystems Of Medicinal Plants	
Dilara AKTUĞ	Performance Assessment And Improvement Of Susurluk Drinking Water Treatment Plant : Iron And Mangan Removal By Chemical Coagulation	
Abdullah ATA	Evaluation Of Life Cycle Analysis Studies For Waste Incineration	
Özge Nur ÇALIK	The Effect Of Covid-19 Lockdown On Air Quality: The Case Of Istanbul	
Aysel ÇEKEN	Removal Of Boron From Paper Industry Wastewater	
ONLINE PRESENTATIONS		
13 MAY 2022 FRIDAY	**SESSION 3**	**Time 15:30 – 16:45**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 3.1 / 15:30 – 16:45	**Hall : 1**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Erdinç DOĞANCI		
Özge DEMİR	Synthesis and Characterization of Two Dimensional Cobalt(II), Zinc(II), Cadmium(II) Coordination Polymers with 2,2-Dimethylglutarate and Bis(Triazole) Derived Ligands	

Ülkü ARSLAN	Synthesis and Characterization of New Well-defined Telechelic Polystyrene Macrophotoinitiator by RAFT Polymerization	
Elif İNANÇ	Production, Characterization and Investigation of Antibacterial Properties of Silver Nanoparticles Doped Bioplastics Containing Green Coffee	
İlkay GÜNEŞ	Development of the Bio-Content Hydrophobic Coatings	
Özden ESEN	Synthesis and Characterization of Dioxide of Polyaromatic Photoinitiator	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 3.2 / 15:30 – 16:45	**Hall : 2**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Prof. Dr. Lütfiye GENÇER		
Prof. Dr. Lütfiye GENÇER	Gall Wasps on Quercus macranthera subsp. syspirensis in Sivas Province	
Prof. Dr. Lütfiye GENÇER	Parasitoids of Gall wasps ve Parasitoid Relationships on Quercus macranthera subsp. syspirensis in Sivas	
Elif KALE	Thermal Characterization Of Polyphenol Oxidase From Persimmon	
Dr. İhsan OBALI	Determination Of Elements In The Fruit Of Momordica Charantia L. By Icp-ms Analysis	
Hüseyin KARATAŞ	Chemical Compositions of Hypnum cupressiforme Extract, Synthesis, Characterization and Investigation of Biological Activity of Silver Nanoparticles	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 3.3 / 15:30 – 16:45	**Hall : 3**	**13 MAY 2022 FRIDAY**
SESSION CHAIR : Prof.Dr. Sehban KARTAL		
Prof.Dr. Sehban KARTAL	The Effect of Laminar and Turbulent Flow on the Structure of Atmospheric Pressure Non-Equilibrium Plasma Jets	
Prof.Dr. Sehban KARTAL	Comparison Of A-x, C-b And 4p-4s Emissions In Two Different Atmospheric Pressure Cold Argon Plasma Jet System	
Dr. Bahadir SALMANKURT	Modelling Of The Interaction Between Monolayer Inbi And Dopamine Molecule	
İlknur BALDAN IŞIK	The Catalytic Properties Of Trimetalic Pt35cu38co27 Nanoparticle	
Hasan Hüseyin IŞIK	The Structural Properties Of Pt20cu80 Catalyst For Hydrogen Evolution Reaction	
Discussion		

ONLINE PRESANTIONS *14 MAY 2022 SATURDAY*		
ONLINE PRESENTATIONS		
14 MAY 2022	**SESSION 5**	**Time 10:30 – 11:45**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 5.1 / 10:30 – 11:45	**Hall : 1**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Assist. Prof. Dr. İbrahim Mutlu		
Dr. Tahseen Fatima MIANO	Kulfa preparation with pomegranate arils and juice	
Mohamad ALHAJHAMOUD	Welding of 316L Stainless Steel Materials Underwater Medium with Nd:YAG Laser	
Ezgi ÇAVDAR	Artificial Iris Production With Polydimethylsiloxane	
Latif Gökhan DURTAŞ	Evaluation Of Employees In An Enterprise In Terms Of Occupational Health And Safety Risks Exposed By Multi-criteria Decision-making Methods	
Halil Mert CENGİZ	Development Of Electro Hydraulic Power Assisted Steering System For An M3 Class Electric Vehicle	
Sümeyra KOÇ	L7 Class Micro Electric Vehicle Design And Lateral Vehicle Dynamics Optimization	
Abdullah Al Hasan	Analysis and realization of mantle cloaks for cylindrical objects using conformal mesh grid shaped frequency selective surface (FSS).	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 5.2 / 10:30 – 11:45	**Hall : 2**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Prof.Dr. Faik ÇELİK		
Ghaith M. İ. ASHQAR	Brain Tumor Progression Detection with Deep Learning and Machine Learning algorithms in Python.	
Çağatay AYDIN	Machine Learning Based End-to-end Call Center Performance Evaluation System	
Nuray ŞENTÜRK	System Recommendation For Students Learning Style	
Emre APAYDIN	Comparison Of Deep Reinforcement Learning Algorithms For Navigation Of A Mobile Robot In Hospital Environment	
Mutlu USLU	Comparison of Reinforcement Learning Algorithms for the Navigation of Autonomous UAVs	
Mohammed Efendi	Using Biguanide Derivatives Against Sars-cov-2 Protiens, In Silico Study	
MOHAMED MOUSSA FARAH	Geology and Trace Element Geochemistry of the Barite Mineralization in the North of Kocaeli	

Discussion		
IMASCON 2022 SPRING SESSION 5.3. / 10:30 – 11:45	**Hall : 3**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Dr. Denada LICA		
Dr. Denada LICA	Digitalization and internationalization: Case of Albanian fashion industry	
Sena ÖNER	Transcriptomic analyses of boric acid applied to neuroblastoma cell line transformed into neuron-like cells in respect to neurodegeneration	
Ahmet Kaan DIKICI	Production Of Recombinant Her3 Antigen	
Muhammed Raşit DURAK	Genome-wide Copy Number Variation Status In Monilinia Species	
Kübra ARSLAN	Computational Prediction of MicroRNAs in Phytopathogenic Fungi	
Büşra POLAT	investigation of nos1ap, twist1 and cdh1 expressions in breast cancer and evaluation according to molecular subtypes	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 5.4. / 10:30 – 11:45	**Hall : 4**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Dr. Mehmet Zahid EREL		
Çağla YAMAN	Application Of Demand Side Management And Energy Optimization For Residential Customers	
Dr. Mehmet Zahid EREL	A Review On Near-field And Far-field Wireless Power Transfer Technologies	
Dr. Mehmet Zahid EREL	Comparison Of Inductive And Capacitive Wireless Charging Technologies	
Dr. Mehmet Zahid EREL	Research On Wireless Power Transfer Technology Based On Renewable Energy	
Abdullah ALTAY	A Method Recommendation For Drinking Water Network Suppliers To Be Prosumer And Energy Management System (Ems) Design Proposal	
Ferhat Özel	Investigation Of V-i Ratio Method Used For Harmonic Load Detection In Power Systems	

ONLINE PRESENTATIONS		
14 MAY 2022	**SESSION 6**	**Time 12:00 – 13:15**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 6.1 / 12:00 – 13:15	**Hall : 1**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Assist.Prof.Dr. Serpil SİVRİKAYA		
Irma DIBRA	Word Embdeddings For Automatic Keyword Extraction – A Comparative Assessment	
Alparslan Göktürk GÜNEŞ	Potential Customer Forecasting For Tele-banking Using Machine Learning Algorithms	
Sena KASIM	Customer Churn Analysis With Data Mining Methods: Determining Priority Features For The Software Industry	
Nasrullah KANCURA	Security Vulnerabilities Of Android-based Multimedia Devices In Cars	
Eren PAPAKÇI	Development Of A Basic Educational Mobile Application For Aged 0-6 Years Or Mental Disabilities Individuals Using Augmented Reality Technology	
Furkan Doğan	Channel Selection For Eeg-based Emotion Recognition	
Assist.Prof.Dr. Serpil SİVRİKAYA	Do Demographic Variables Differential Science Learning Skills?	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 6.2 / 12:00 – 13:15	**Hall : 2**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR: Phd. Ayhan Gültekin		
Talha Zübeyir YÜCEL	Battery Solutions Used in Aviation	
Enes ATEŞ	The Importance Of Screening Within The Scope Of Electromagnetic Compatibility In Power And Signal Cables	
Emin YAYLA	An Overview and Design Approaches to Aluminum Display Topologies in Inductive Power Transfer Charging Systems	
Emre ADIGÜZEL	Comparison Of Electricity Generation From Wave Energy And Solar Energy For Zonguldak Province	
Hüsnü Umut OKUR	Path optimization based on hybrid use of path planning and path tracking algorithms	
Serkan Bayraktar	Predictive Maintenance In Industry	
MOHAMED MOUSSA FARAH	Geology and Trace Element Geochemistry of the Barite Mineralization in the North of Kocaeli	
Discussion		

IMASCON 2022 SPRING SESSION 6.3 / 12:00 – 13:15	**Hall : 3**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Dr. Bülent KOPARAN		
Zahraa Faris ALAANI	Deep Reinforcement Learning Based Dynamic Resource Allocation In 5g Networks	
Basel ZIDAN	Load Tracking System	
Ramazan CENKER	The İmpact of Orbital Divergences to Multimedia Security	
Abdulrezzak DURAN	Real-time vehicle counting and tracking system with deep learning approaches for embedded systems	
Sare Nur ÇUHADAR	Perovskite Solar Cell Design Based on Nano-Hole Plasmonic Antennas	
Mohamed Moussa Farah	Geology and Trace Element Geochemistry of the Barite Mineralization in the North of Kocaeli	
ONLINE PRESENTATIONS		
14 MAY 2022	**SESSION 7**	**Time 13:30 – 14:45**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 7.1 / 13:30 – 14:45	**Hall : 1**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Assist Prof.Dr. Serpil ÖZKURT SİVRİKAYA		
Cabir KÜÇÜK	The Latest Status Of Renewable Energy Production In Turkey	
Esra AYDIN	Performance Analysis of a Photovoltaic Power System with Energy Storage Using PvSOL Software	
Muhammed Selman EREL	Computational Speed Performance Comparison Of Fast Fourier Transform Libraries In 2d	
Museyib HABIBLI	Single Phase High Frequency Inverter Design For Wireless Charging Systems	
Assoc.Prof.Dr. Edmond HOXHA	Mining Industry After Covid-19	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 7.2 / 13:30 – 14:45	**Hall : 2**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Dr. Asım ZEYBEK		
Dr. Asım ZEYBEK	The Effect of Pre-Aging on Hardness Response of Naturally and Artificially Aged 6082 Aluminium Alloy Extrusions	
Dr. Asım ZEYBEK	The Effect of Cooling Rate on Coloration of Different Anodized Aluminium Alloy Extrusions	
Elif TÜREDİ	The Effect Of The Use Of Different Material On The Quality Of The Parts In The Manufacturing Of The Sealing Element Used In Pipe Connection Lines In Injection Molds	

Tuğkan KUTLU	Production And Characterization Of Hydroxyapatite Nano Foam By Mechanical Mixing Method	
Cem YİĞİT	The Effect of Expanded Perlite on The Mechanical Properties of Polyurethane Products	
Abdullah Al Hasan	Analysis and realization of mantle cloaks for cylindrical objects using conformal mesh grid shaped frequency selective surface (FSS)	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 7.3 / 13:30 – 14:45	**Hall : 3**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Assoc.Prof.Dr. Hasan KAYA		
Zülal KAYA GÜNAY	Experimental Analysis Of Layer Connections On Armored Vehicles	
Sercan SUNAR	Low Voltage Battery Pack Design, Application Software Development and Vehicle Integration for Micro-Mobility Vehicles	
Aybüke Yağmur ARAT	Production And Investigation Of Mechanical Experimental Rods By Producing Graphene And Recycled Carbon Fiber Polymer Composite Material	
Soner YAZGI	Corrosion Properties Of Aa6082 Material Produced By Severe Plastic Deformation Method	
Gözde MUTLU	Combination Of Aa6082 Material With Friction Welding Using Equal Channel Angular Pressing (Ekap) Method	
Okan KARA	Analyzing Magnetic flux leakage System Using Finite Element Method and Magnetic Equivalent Circuit	
Discussion		
ONLINE PRESENTATIONS		
14 MAY 2022	**SESSION 8**	**Time 15:00 – 16:15**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 8.1 / 15:00 – 16:15	**Hall : 1**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Dr. Ahmet İPEKÇİ		
Dr. Ahmet İPEKÇİ	Experimental And Statistical Investigation Of 3d Printing Parameters On Mechanical Properties For Petg And Pett Filament Materials	
Yasin SANCAR	Weldability Process of Dissimilar Alloy Steel Materials and Post Welding Mechanical Analysis	
Muhammet DAĞLI	Investigation Of The Design Development Studies Of Clamp Fitting Working Under Load	
Semih Çağlar TAŞ	Examination Of Extrusion Application In Moving Die With Simulation Support	

Alper BAYGUT	Conjugate Simulation Of Forming And Cutting Operations	
Dilara Gökçen Üner	Digitizing The Change Of Traditional House By Using Space Syntax Approach	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 8.2 / 15:00 – 16:15	**Hall : 2**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Lect. Burak Çakır		
Gaye GÜNGÖR	Investigation Of Corrosion Behavior Of Automatic Steel Nut Used In Hydraulic Systems According To Coating Types	
Yunus Zübeyir TURGUT	Chip Removal Analysis Of The Process Of Opening The Keys To The Reducer Shaft With The Finite Elements Method	
Ferhat AKPINAR	Investigation Of Compression Behavior In Composite Structures Containing Spherical Reinforcement	
Betül YILMAZ KARADENİZ	Three-dimensional Modeling And Evaluation Of Ship Propellers With Reverse Engineering Approach	
Discussion		
IMASCON 2022 SPRING SESSION8.3 / 15:00 – 16:15	**Hall : 3**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Dr. Bülent Koparan		
Hikmet BÜKER	Energy Efficiency Methods In Vehicle Air Conditioning Systems	
Serdar DEDE	Pvd Coating Applications Used In Injection Moulds	
Recep KARAASLAN	Change In Drag Force With Superhydrophobic Coating At Low Reynolds Number Flows	
Celalettin MERT	Three-dimensional Modeling And Evaluation Of Agricultural Machinery Parts With A Feature-based Reconstruction Strategy With A Reverse Engineering Approach	
Onur Can AYDIN	Numerical Investigation of Cooling of Lithium-ion Batteries	

ONLINE PRESENTATIONS		
14 MAY 2022	**SESSION 9**	**Time 16:30 – 17:45**
IMASCON 2022 SPRING SESSION 9.1 / 16:30 – 17:45	**Hall : 1**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Phd. Cand. Ayhan Gültekin		
Ömer Kadir AHISKALI	Structural Destroyments And Restoration Proposal In The Historical Mardin Şahkulubey Domb	
Gamze ŞENOL	Application Of Heuristic And Analytical Solution Method In Assembly Line Balancing	
Gamze ŞENOL	Lean Management Approach In The Service Sector And An Application In The Municipality	
Hilal AYDIN	Evaluation Of Industrial Wastes İn Cement-based Composite Insulation Elements	
Merve AYDIN	A Proposal for Solving the Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Particle Swarm Optimization and a Genetic Algorithm	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 9.2 / 16:30 – 17:45	**Hall : 2**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR : Prof.Dr. Faik ÇELİK		
Gamze ŞENOL	Difference Among The Countries And Relation Among The Indicators According To Country Development Indicators-spss	
Sidal ÖLMEZ	Optimal Strategy Selection For Stock Investor Based On Company Performance Ranking	
Yaren KORKMAZ	Group Constrained Portfolio Model According To Market Trend And Its Heuristic Solution	
Burcu DURMUŞ	A Comparative Analysis Of Decision Tree AlgorithmS For The DiagnosiS Of Rosa	
Damla CEYLANOĞLU	ComparisoN Of MacroeconomiC Performance Of Piigs CountrieS WitH Cluster Anal	
IMASCON 2022 SPRING SESSION 9.3 / 16:30 – 17:45	**Hall : 3**	**14 MAY 2022**
SESSION CHAIR :		
Kaan YÜCEL	Benefits & Risk of Artificial Intelligence (AI) in Aerospace Industries	
Ghaith M. İ. ASHQAR	Beacon Frame Generation and implementation	
Fadime ÇETİN	Investigation Of The In Vitro Anti-cancer Effects Of 5-fu And Thymoquinone-loadeD Pcl Nanoparticles On Ags Stomach Cancer Cell	

Özkan AVCUOĞLU	Investigation of Population Density of Rice White Tip Nematode Aphelenchoides besseyi (Aphelenchida: Aphelenchoididae) in Gönen (Balıkesir) Rice Fields
Cengiz SANDIKÇI	Engine Inlet Design and Aerodynamic Analysis for Supersonic Combat Aircraft
Discussion	

ABSTRACTS AND POSTERS

NÖRON BENZERİ HÜCRELERE DÖNÜŞTÜRÜLEN NÖROBLASTOM HÜCRE HATTINA UYGULANAN BORİK ASİTİN NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARDA GEN İFADELERİ ÜZERİNDE Kİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Sena ÖNER
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
senaoner02@gmail.com

Mehmet Enes ARSLAN
Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
enes.aslan@erzurum.edu.tr

Ahmet YILMAZ
Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
ahmet.yilma@erzurum.edu.tr

Funda Doru
Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
fundadoru96@gmail.com

Abdurrahim KADI
Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
abdurrahimkadi@erzurum.edu.tr

Hasan TÜRKEZ
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Tıbbi Byoloji
hturkez@atauni.edu.tr

Özet

Nörodejeneratif hastalıkların ortaya çıkışında gen ifadelerinde oluşan değişiklikler büyük öneme sahiptir. Farklı gen ifadelerinin Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi farklı demans türleri üzerindeki etkilerinin yanında dış faktörlerin de büyük rol oynadığı bilinmektedir. Gündelik hayatta tüketilen ve maruz kalınan farklı moleküllerin bu gibi hastalıklarda araştırılması kaçınılmaz bir gereksinim haline gelmektedir. Yapılan bu çalışmada ise dünya rezervinin %70'ini ülkemizde barındıran bor minerallerinin farklı bir formu olan borik asidin nörodejeneratif hastalıklarda ki etkinliğin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, retinoik asit ve beyinden türetilen nörotrofik faktör (BDNF) uygulaması ile olgun nöron yapılarına dönüştürülen nöroblastom (SH-SY5Y) hattında borik asidin etkinliği araştırılmıştır. Borik asidin hücre canlılığı üzerinde ki etkinliğinin belirlenmesinde MTT hücre canlılık testi kullanılmıştır. Ayrıca, oluşabilecek genotoksik etkilerin belirlenmesinde Hoechst 33258 floresan çekirdek boyama tekniği uygulanmıştır. Bunun dışında, nöron benzeri hücrelere borik asidin uygulanması ile ortaya çıkabilecek apoptotik ölüm mekanizmaları akış sitometrisi tekniği ile belirlenmiştir. Son olarak, Mikrodizin analizi ile borik asit uygulamasının dönüştürülmüş hücrelerde nörodejenerasyon ile ilgili gen ifadelerinin değişimleri incelenmiştir. Sonuç olarak, nöron benzeri hücrelere uygulanan borik asidin hücre canlığı üzerine negatif bir etkisinin olmadığı MTT canlılık testi ile belirlenmiştir. Aynı zamanda, borik asidin dönüştürülmüş hücrelerde kromozomal anomali seviyelerinde bir değişikliğe neden olmadığı bulunmuştur. Akış sitometrisi sonuçları göstermektedir ki borik asidin nöron benzeri hücrelerde düşük oranlarda (%12) apoptotik ölüm mekanizmalarını tetiklemektedir. Mikrodizin analizleri göstermektedir ki borik asidin farklı gen türlerinde düzenleyici bir etkiye sahiptir. Bu genler içerisinde nöronal akson gelişimi, antikanser gen aktivasyonları ve rejenerasyon ile alakalı gen aileleri bulunmaktadır. Bütün bulgular ışığında, borik asit uygulamasının nöron hücrelerinde sitotoksik ve genotoksik olmayan bir etkiyle güvenli bir takviye olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, nöron gelişimi ve doku yenilenmesi gibi gen yolakları üzerinde yüksek

etkiye sahip olduğu ve bu sayede nörodejeneratif hastalıklarda olumlu bir etki oluşturabileceği ileri sürülebilir.

Anahtar Kelimeler: Nörodejenerasyon, borik asit, nöroblastom, apoptoz, genotoksisite

TRANSCRIPTOMIC ANALYSES OF BORIC ACID APPLIED TO NEUROBLASTOMA CELL LINE TRANSFORMED INTO NEURON-LIKE CELLS IN RESPECT TO NEURODEGENERATION

Abstract

In this study, it was aimed to determine the potential neuroprotective effect of boric acid, which is a derivative of boron minerals, which remain 70% of the world's reserves in our country, in neurodegenerative diseases. For this purpose, neuroprotective features of boric acid were investigated in neuroblastoma (SH-SY5Y) line transformed into mature neuron culture by application of retinoic acid and brain-derived neurotrophic factor (BDNF). MTT cell viability test was used to determine the efficiency of boric acid on cell viability. In addition, Hoechst 33258 fluorescent nuclear staining technique was performed to determine possible genotoxic effects that may occur. In addition, apoptotic cell death mechanisms that may occur in aspect to the application of boric acid to neuron-like cells were determined by flow cytometry technique. Finally, changes in neurodegeneration-related gene expressions in transformed cells agains boric acid administration were investigated by microarray analysis. As a result of this study, it was determined by MTT viability test that boric acid application to neuron-like cells did not have an adverse effect on cell viability. It was also found that boric acid did not cause a change in chromosomal aberration levels in transformed cells. Flow cytometry results show that boric acid triggers apoptotic death mechanisms at low rates (12%) in neuron-like cells. Microarray analyzes monitored that boric acid has a regulatory effect on different gene types. Among these probs, there are gene families related to neuronal axon development, anticancer gene activations and regeneration. In the light of all the findings, it is thought that boric acid administration may be a safe supplement with a non-cytotoxic and non-genotoxic effect on neuron cells. It can be concluded that boric acid has a positive impact on gene pathways such as neuron development and tissue regeneration, and thus may have a beneficial effect on neurodegenerative diseases.

Keywords: Neurodegeneration, boric acid, neuroblastoma, apoptosis, genotoxicity

MONOSPİRO TÜREVİ SİKLOTRİFOSFAZEN BİLEŞİĞİNİN FLAVONOİDLER İLE REAKSİYONLARI VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ

Burak Köksal*
Gebze Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Bölümü
b.koksal2021@gtu.edu.tr

Seda Mesci
Hitit Üniversitesi / Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi
sedamesci@hitit.edu.tr

Ebru Batı Ay
Amasya Üniversitesi / Suluova MYO / Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı
ebru.bati@amasya.edu.tr

Tuba Yıldırım
Amasya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoteknoloji AD
tuba.yildirim@amasya.edu.tr

Gönül Yenilmez Çiftçi
Gebze Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Bölümü
yenilmez@gtu.edu.tr

Özet

Fosfazenler, -[N=PR_2]-, lineer, halkalı veya yüksek moleküler ağırlıklı polimer yapılarında bulunabilen önemli bir inorganik kimyasal sınıfıdır. Bu grubun üyelerinden biri olan altı üyeli siklotrifosfazen (hekzaklorosiklotrifosfazen, trimer, $N_3P_3Cl_6$), azot ve fosfor atomlarının ardışık olarak birbirine bağlandığı altı üyeli düzlemsel bir halka yapısına sahiptir[1]. Flavonoidler, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan ve bitkilerde bulunan düşük molekül ağırlıklı doğal bileşiklerdir[2]. Doğal biyolojik bileşikler olduklarından biyoflavonoidler olarak da adlandırılmaktadırlar[3]. Flavonoidlerin bitkilerde antioksidan, ışından korunma, savunma ve enzim inhibitörü gibi birçok fonksiyona sahip olduğu aynı zamanda bitkileri hastalıklara karşı koruma, enerji dönüşümlerine yardımcı olma, büyüme hormonlarına etki etme ve fotosentezi düzenleme özellikleri gösterdiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Bu çalışmada; monospiro yapılı 2,2-dimetil-1,3-propandiol siklotrifosfazen bileşiği ile sırasıyla 6-hidroksi flavon ve 7-hidroksi flavon ile reaksiyonları gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları FT-IR, kütle spektroskopisi, ^{1}H ve ^{31}P NMR spektroskopisi yöntemleri ile aydınlatılmıştır. Yapısı aydınlatılan bileşiklerin antioksidan aktiviteleri de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Siklotrifosfazen, trimer, flavonoid, antioksidan aktivite

Referanslar

1. Şenkuytu, E., Kızılkaya, P., Ölçer, Z., Pala, U., Davarcı, D., Zorlu, Y., Erdoğan, H., Yenilmez Çiftçi, G., Inorganic Chemistry, 59.4 (2020):2288-2298.
2. Karak P., IJPSR, 2019; Biological Activities Of Flavonoids: An Overview Vol. 10(4): 1567-1574.
3. Akyüz M. (2018), Flavonoidlerin Seçimli Ayrımı İçin Manyetik Moleküler Baskılı Polimer Sentezi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, TÜBİTAK-121Z060 Nolu proje tarafından desteklenmiştir.

GIDA ÖRNEKLERİNDE BULUNAN ERİTROSİN'İN (E127) BULUTLANMA NOKTASI MİKRO-EKSTRAKSİYONU VE ULTRA VİYOLE GÖRÜNÜR BÖLGE SPEKTROFOTOMETRESİ İLE TAYİNİ

Abdullah Taner Bişgin
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
atbisgin@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3557-3090

Özet
Eritrosin (E127) gibi sentetik gıda renklendiricileri, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta ve gıda maddelerine büyüleyici bir görsellik kazandırmak için eklenmektedir (Bişgin, 2021). Şekerler, jöleler, enerji içecekleri, meyve suyu tozu, sakız, oralet vb. ürünlerin çoğu Eritrosin (Ery) içerebildiği bilinmektedir. Ery, potansiyel olarak tehlikeli aromatik benzen halkaları içeren bir ksanten boyasıdır (Yuvali ve diğerleri, 2021). Ery'nin gıda maddeleri yoluyla vücuda aşırı miktarda alınması erişkinlerde cilt tahrişi, astım ve egzamaya, çocuklarda ise hiperaktif davranış bozukluklarına neden olabilmektedir (EFSA, 2011). Bu nedenle gıda maddelerinde bulunan gıda boyalarının miktarlarının güvenilir, pratik ve doğru belirlenmesi halk sağlığının korunması açısından önemlidir. UV-Görünür bölge spektrometrisi ile spektrofotometrik tayininden önceki bir adım olarak Ery'nin ekstraksiyonu için bir bulutlanma noktası ekstraksiyon yöntemi geliştirilmiştir. Ery, tayini 540 nm dalga boyunda belirlendi. pH, yüzey aktif madde konsantrasyonu, ekstraksiyon süresi ve sıcaklığı gibi zenginleştirme prosedürünü etkileyen ekstraksiyon parametreleri araştırıldı ve optimize edildi. Matrisin girişim etkisi araştırıldı. Optimum koşullarda, yöntemin analitik özellikleri ve performansı belirlendi. Yöntemin zenginleştirme faktörü 50 olarak elde edildi. Yöntemin bağıl standart sapması %4'ün altında olarak bulundu. Yöntemin gözlenebilme ve tayin limiti sırasıyla 1.77 ve 5.02 µg/L olarak belirlendi. Doğrusal dinamik aralık, 0-5 µg/mL Ery aralığında hesaplandı. Son olarak, Ery içeriklerini belirlemek için gerçek gıda numunelerine bulutlanma noktası mikro ekstraksiyon yöntemi başarıyla uygulandı. Farklı gıda maddelerinin Ery konsantrasyonları 19 ile 331 µg/g arasında belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Bulutlanma noktası mikro-ekstraksiyonu, Eritrosin, E 127, UV-Görünür bölge spektrofotometri

CLOUD POINT MICRO-EXTRACTION AND UV-VIS SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF ERYTHROSINE (E127) IN FOODSTUFFS

Abstract
The synthetic food colorants such as Erythrosine (E127) widely used in food industry and added to foodstuffs to give them charming visualization (Bişgin, 2021). The most of candies, jellies, energy drinks, fruit juice powder, chewing gum, marshmallow and etc. may include Erythrosine (Ery). Ery is a xanthene dye contained potentially hazardous aromatic benzene rings (Yuvali et al., 2021). Excessive amount intake of Ery via foodstuffs can lead to skin irritation, asthma and eczema in adult and hyperactive behavioural disorders in children could be observed (EFSA, 2011). Therefore, reliable, practical and accurate determination of food dyes in foodstuffs is important to protect public health. A cloud point extraction method was developed for extraction of Ery as a prior step to its spectrophotometric determination by UV-vis spectrometry. Ery was determined at 540 nm wavelength. Extraction parameters, affecting the preconcentration procedure, such as pH, surfactant concentration, equilibration time and temperature were investigated and optimized. Interference effect of matrix was investigated. At the optimum conditions analytical characteristics and performance of the method were determined. Preconcentration factor of the method was obtained to be 50. The relative standard deviation of the method was lower than 4%. Detection limit and quantitation limit of the method were determined as 1.77 and 5.02 µg/L, respectively. Linear dynamic range was calculated in the range of 0-5 µg/mL of Ery. Finally, cloud point micro-extraction method was successfully applied to real foodstuff samples to determine their Ery contents. Ery concentrations of different foodstuffs were determined between 19 and 331 µg/g.

Keywords: Cloud point micro-extraction, Erythrosine, E 127, UV-Vis spectrophotometry

References

Bişgin, A.T. 2021. Single and Simultaneous Solid-Phase Extraction and UV–Vis Determination for Monitoring E129, E133 and E110 in Foodstuffs. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science 45, 163-175.

EFSA 2011. Scientific Opinion on the re-evaluation of Erythrosine (E 127) as a food additive. EFSA Journal 9(1), 1854.

Yuvali et al. 2021. An environment-friendly and rapid liquid-liquid microextraction based on new synthesized hydrophobic deep eutectic solvent for separation and preconcentration of erythrosine (E127) in biological and pharmaceutical samples. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 244, 118842

$PM_{2.5}$ LEVEL IN AUTMTIME PERIOD MEASUREMENTS AND MODELLING IN NOVADA MALL (KONYA, TURKEY)

Sukru Dursun
Konya Technical University, Environmental engineering Department, Konya, Turkey
sdursun@ktun.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-9502-1178

Mina Naseer Qasım
Konya Technical University, Environmental engineering Department, Konya, Turkey
mineenviro@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-8953-1240

Abstract
It takes advantage of a large part of society's wide-ranging offering. For this reason, shows are exhibited on surfaces in competitions. There are possible positive or positive directions in an approach involved in the use in outdoor air. Air quality, uses, substance, gaseous emissions, smoke, water vapor, odor and minerals are used to be preferred for the benefit of the target result for people and other purposes. About a world all over the world, every year in the world 3 more and more everything causes their owners. Another, the air wheel, consists of the use of fuels such as natural gas, coal and gasoline used in industry and vehicles. It is long-lasting with a modern exterior coated and coated. Traffic counties, industrial areas close to city centers, urban uses in life, people and the environment can cause urban planning. It is one of the crowded city center of the city in Konya, and central planning and industrial areas intersection, which cannot be crowded, is also applied in the barbershop. A large part of the society generally prefers to spend their free time by shopping. These areas are also areas to have a good time. Novada shopping center is one of them. Employees and visitors in shopping centers are in contact with the ambient air for a long time. The importance of air pollution in these areas is revealed. In order to carefully monitor the air quality in these areas, measurements should be made and evaluated, and if necessary, measures should be taken. In the current situation, improvement planning is important for air quality to reach the determined target in order to achieve the desired results. In this study, $PM_{2.5}$ measurements were made in Novada shopping center and models were created for all areas. The obtained values showed that the air quality of this place is better than other shoping areas.

Keywords: Air quality, indoor, measurement, modelling, Particulate matter, PM2.5, shopping malls.

NOVADA AVM'DE (KONYA, TÜRKİYE) $PM_{2.5}$ SEVİYESİ YAZ DÖNEMİ ÖLÇÜMLERİ VE MODELLEMELERİNDE

Özet
Toplumun büyük bir çoğunluğu günlük aktivitelerinin büyük bir kısmını kapalı alanlarda geçirmektedir. Bu yüzden uzun süreli temasta kaldıkları alanların atmosferik şartlarının ve hava kalitesi önemi ortaya çıkmaktadır. Dış hava kalitesindeki değişme şartlarının iç ortamda daha kısıtlı olası sebebiyle olumlu veya olumsuz yönde etkileri bulunmaktadır. Hava kalitesi açısından, ortamın partikül madde, gaz emisyonları, duman, su buharı, koku ve birçok kimyasal faktörlerin insanlara ve diğer canlılara zararlı olabilecek değerlerinin etkileşimi sonucu özellikle atmosferik partiküllerin dikkate alınması gerekmektedir. günümüzde dünyanın birçok ülkesini etkileyen bir çevre sorunu olan hava kirliliği, dünyada her yıl yaklaşık 3 milyondan fazla insanın ölümüne ve ve daha fazlasının da çeşitli rahatsızlıklarına sebep olmaktadır. Başka bir deyişle, hava kirliliği, endüstride ve taşıtlarda kullanılan doğal gaz, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların kullanılması nedeniyle oluşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde modern ve rahat yaşam işin kapalı alanlarında uzun geçirilen süreler için kaliteli havaya ihtiyaç duyulmaktadır. Trafik yoğunluğu, şehir merkezlerine yakın sanayi alanları emisyonları, yaşam alanlarındaki aktiviteler, insan ve çevre sağlığına zararlı faktörlerin oluşmasına neden olabilmektedir. Konya ili şehir merkezi de Türkiye'nin kalabalık bölümlerinden biri olup, gelişen nüfusla uygun olamayan merkezi planlama ve sanayi alanları kesişmesi birçok zorluğu da berberinde getirmektedir. Toplumu oluşturan büyük bir kesim boş zamanlarını alışveriş yaparak geçirmeyi tercih etmektedir. Bu alanlar aynı zamanda hoş vakit geçirecek alanlardır. Novada alışveriş merkezi de bunlardan önemli bir tanesidir. Alışveriş merkezlerinde çalışanlar ve ziyaretçiler ortam havası ile uzun bir süre temas

halindedir. Bu alanlarda oluşacak hava kirliliğinin önemi ortaya çikiyor. Bu alanlarda hava kalitesinin dikkatle izlenmesi için ölçümler yapılarak değerlendirilmesi, gerkirse tedbirler alınması gerekmektedir. Mevcut durumda iyileştirme planlaması, istenilen sonuçlara ulaşılabilmesi için hava kalitesinin belirlenen hedefine ulaşması önemlidir. Bu çalışmada Novada alışveriş merkezinde $PM_{2.5}$ ölçümleri yapılarak tüm alanlar için modeller oluşturulmuştur. Elde edilen değerler burasının hava kalitesinin diğer alışveriş merkezlerine göre daha iyi olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Hava kalitesi, kapalı, ölçüm, modelleme, Partikül maddeler, $PM_{2.5}$, Alışveriş merkezleri

KULFA PREPARATION WITH POMEGRANATE ARILS AND JUICE

Aziz-Ur-Rehman and Tahseen Fatima Miano
Institute of Food Science and Technology, Sindh Agriculture University, 70060, Tandojam
tahseenfm@yahoo.com

Abstract
The research study was designed for the formulation of kulfa with the incorporation of pomegranate arils and juice. Kulfa is frozen dessert liked by all age people throughout Pakistan. The aim of this study is to prepare nutritious kulfa by the addition of pomegranate arils (0, 10 g, and 15 g) and pomegranate juice (0 mL, 25 mL, and 50 mL). Kulfa sample was prepared with the addition of milk 2 Lit, sugar 250 g, and commercially available kulfa powder 152 g was added as ingredients. Total of six treatments were prepared by following the above ratio of pomegranate arils and juice. All treatments were observed for physico chemical and sensory evaluation. Results regarding the T6 Kulfa sample prepared with the addition of 15 g pomegranate arils and 50 mL pomegranate juice/100 g kulfa resulted in statistically significant for 6.59 pH, 1.26 ash %, 42.33 total solids, 4.92 syneresis %, 48.34 specific gravity, 4.83 protein %, 25.03 total carbohydrate, 3.20 fats %, respectively. Whereas the T0 control sample resulted in physico chemical properties observed at 5.12 pH, 0.80 ash %, 35.89 total solids, 3.22 syneresis, 27.52 specific gravity %, 3.70 protein %, 23.31 total carbohydrate, 2.29 fats % was recorded. Whereas the results observed for sensory evaluation of T6 and T0 were 8.83 color score, 8.86 appearances score, 8.80 texture score, 8.90 flavor score, 8.86 taste score, and 8.72 overall acceptability results statistically significant among all the treatments at $p \leq 0.05$. T0 sample recorded for sensory evaluation observed for 6.11 color score, 6.39 appearance score, 6.29 texture score, 6.43 flavor score, 6.13 taste, and 6.18 overall acceptability score. It is concluded from the present study that the physicochemical and sensory analysis indicated that the incorporation of pomegranate juice improved the quality of kulfa. This is the first study in Pakistan that will help the industry as well health benefits to the consumer as a natural product.

Keywords: Ingredients, formulation, kulfa, analysis, health, industry.

COMPARISON OF IPT AND CPT WIRELESS CHARGING TECHNOLOGIES

Mehmet Zahid EREL
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering
mzerel@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1663-8394

Abstract
Wireless power transfer (WPT) technology has gained a great attention in the last decades. Many advantages are provided with the integration of wireless charging technologies like low cost, low loss, high efficieny and safe operation. This paper presents a comparative study among the most prominent near-field WPT technologies, which are inductive power transfer and capacitive power transfer. In this context, the working principles of inductive and capacitive wireless charging systems are reviewed. The mostly used compensation topologies and power converter topologies are discussed for inductive and capacitive wireless charging systems. Advantages, disadvantages and challenges of both technologies are also mentioned in the paper. Finally, the recent trends in inductive and capacitive wireless charging applications are presented.

Keywords: Wireless power transfer, inductive power transfer, capacitive power transfer

RESEARCH ON WIRELESS POWER TRANSFER TECHNOLOGY BASED ON RENEWABLE ENERGY

Mehmet Zahid EREL
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering
mzerel@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1663-8394

Abstract
The demand for alternative energy sources are gradually increasing due to the extensive utilize of energy, environmental problems, and limited sources of energy. Wireless power transfer (WPT) technology has recently become prominent in renewable energy based applications. WPT technology provides sustainable and durable solution along with renewable sources without needing wires. The main purpose of the paper is to review the applications of WPT in renewable energy and present the state-of-the-art of the latest progress in this concept. The applications are branched into solar energy and wind energy using WPT technology. Herein, inductive and microwave wireless charging technologies are noticable among other wireless charging technologies. Moreover, the advantages and disadvantages of WPT in renewable energy applications are evaluated in the paper. This paper is also expected to become a reference for the researchers who interested in WPT technology based on renewable energy.

Keywords: Wireless power transfer, renewable energy, inductive charging, microwave charging

EVALUATION OF THE USAGE OF SOME ESSENTIAL OILS IN COSMETICS

Ruhan ÖZEL
Kocaeli University, Department of Chemistry and Chemical Processing Technology, Advance Vocational School of Hereke Asım Kocabıyık, Kocaeli, Turkey
ruhan.ozel@kocaeli.edu.tr, ORCİD: 0000-0001-8511-1241

Ömer GÜNGÖR
Kocaeli University, Department of Chemistry and Chemical Processing Technology, Advance Vocational School of Hereke Asım Kocabıyık, Kocaeli, Turkey
omer.gungor@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3835-2920

Abstract
Essential oils are volatile substances obtained from fragrant plants by distillation or cold pressing methods. These oils, which are liquid at room temperature, are also called essential oils because they volatilize when left in the open. Biological activities range from diuretic, antiseptic, analgesic, carminative, antimicrobial, spasmolytic to hyperemic and stimulant. No additional chemical preservatives are required when using essential oils (rosemary oil, eucalyptus oil, etc.) in cosmetic products (ointments, gels, creams, etc.) due to their antifungal and antimicrobial effects (1). Essential oils and their fragrance compounds are a very important part of the perfume and cosmetic industry, as they can serve for natural or natural-like chemical preservatives and also provide various benefits for the skin and body. Raw materials used in cosmetics production (oils, fatty acids, surfactants, etc.) are generally not fragrant. For this reason, perfumes or perfume mixtures are formulated to mask the bad fragrance in cosmetic products (2). Essential oils are also preferred due to pleasant aromas in cosmetics. In addition, these chemicals increase the value of cosmetics due to pleasant fragrances. Therefore, the cosmetics and perfume industry is unthinkable without essential oils. However, it should be taken into account that essential oils and their components can cause allergic reactions and symptoms. In this study, the production methods, chemical structures, usage areas and clinical properties of essential oils such as anise, fennel, lavender, cinnamon bark, chamomile, juniper, clove, rosemary, lemongrass, thyme, tea tree and orange, which are widely used in the cosmetic industry, were investigated.

Anahtar Kelimeler: Cosmetics, Essential oils, Properties of essential oils

References

1. Sticher, O.; Heilmann, J.; Zündorf, I. Hänsel & Sticher Pharmakognosie-Phytopharmazie, 10th ed.; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Press: Stuttgart, Germany, 2015; p. 673.
2. De Groot, A.C.; Schmidt, E. Essential Oils: Contact Allergy and Chemical Composition; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016; p. 1058.

ANTİTÜBERKÜLOZ AKTİVİTE POTANSİYELİ OLAN BAZI YENİ FENOTİYAZİN TÜREVİ BİLEŞİKLERİN SENTEZİ VE YAPILARININ AYDINLATILMASI.

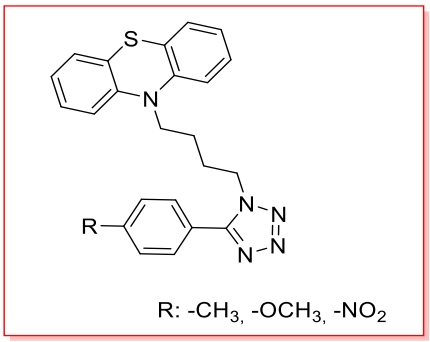
Nurdan AKDOĞAN
Gazi Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
nurdanakdogan96@gmail.com, ORCID:0000-0002-5361-7616

Hamdi ÖZKAN
Gazi Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
hozkan@gazi.edu.tr, ORCID:0000-0003-0794-6942

Ali DİŞLİ
Gazi Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
adisli@gazi.edu.tr, ORCID:0000-0002-5409-8838

Özet

Tüberküloz (TB) basili nefes yoluyla vücuda alınıp akciğerde deformasyonlara neden olan daha sonra diğer organlara da yayılarak tedavi olanaklarının yetersiz oluşu nedeniyle ölümle sonuçlanabilen bir hastalık türüdür. TB hastalığının yayılmasının en önemli nedeni bakterinin ilaçlara karşı yüksek oranda dirençli olması ve ilaç tedavilerindeki yetersizliklerdir[1]. Antibakteriyal, antimikobakteriyel ve antikanser aktivitelere sahip olduğu bilinen fenotiyazin ve tetrazol halkaları, heterosiklik bileşikler sınıfının önemli üyelerinden olup farmakolojik özellikleriyle dikkat çeken yapılardır. Bu halkalar tıbbi ve farmasötik uygulamalarda çok önemli bir rol oynamaktadır[2-3]. Bu çalışma kapsamında, antitüberküloz aktivite potansiyeline sahip olabileceği tahmin edilen tetrazol halkası içeren bazı yeni fenotiyazin türevi bileşikler sentezlenmiştir.



Çalışmanın ilk aşamasında benzaldehit türevi bileşikler, 4-sübstitüe fenil-1*H*-tetrazol türevlerine dönüştürülmüştür. Daha sonra fenotiyazin bileşiği, NaH ile etkinleştirilerek 1,4-dibromobütan ile *N*-alkil fenotiyazin bileşiği elde edilmiştir. Son aşamada ise sentezlenen 4-sübstitüe fenil-1*H*-tetrazol bileşiklerine K_2CO_3 varlığında *N*-alkil fenotiyazin bileşiği takılmıştır. Sentezlenen bileşiklerin yapıları, spektroskopik yöntemlerle (ATR-FTIR, ^{1}H NMR, ^{13}C NMR ve LC-MS) aydınlatılmıştır. Çalışmanın devamında sentezlenen bileşiklerin sayısı çoğaltılarak antitüberküloz aktiviteleri incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Antitüberküloz, Fenotiyazin, Tetrazol.

Kaynakça:

1. D.R. Silva, G.B. Migliori, F. C. de Q. Mello, Tuberculosis series 2019, J. Bras. Pneumol. 45, 2019
2. C.X. He, H. Meng, X. Zhang, H.O. Cui, D.L. Yin Synthesis ana bio-evalution of phenothiaze derivatives as new anti-tuberculosis agents 2015, Chinese Chemical Letters. 26, 951-954.
3. Varala, R., Babu, B. H., (2018). A Click Chemistry Approach to Tetrazoles: Recent Advances. Molecular Docking, 1229

EVALUATION OF THE COSMETIC ASPECT OF THE ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PLANT COMPONENTS

Melek KAYA
Kocaeli University, Department of Chemistry and Chemical Processing Technology, Advance Vocational School of Hereke Asım Kocabıyık, Kocaeli, Turkey
kaya.melek@kocaeli.edu.tr, ORCİD: 0000-0003-4449-9811

Ömer GÜNGÖR
Kocaeli University, Department of Chemistry and Chemical Processing Technology, Advance Vocational School of Hereke Asım Kocabıyık, Kocaeli, Turkey
omer.gungor@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3835-2920

Abstract
Natural products have become in demand in recent years. The use of plants has long history in health and cosmetic fields. Local cosmetic applications of the plants include changing skin color, protection from sunlight, treating acne and body rashes, relieving stains, softening the skin, treating sun burns, making the skin smooth and providing a healthy skin (1). Herbal cosmetics are rapidly absorbed by the superficial layers of the skin and are usually hypoallergenic. Organic cosmetic components obtained from plant species contain a higher amount of natural antioxidants and successfully replaced synthetic components or synthetic additives used to stabilize cosmetics and mostly harmful to the skin (2). Antioxidant activity is related to the protection of biomolecules in the human body and other biological systems from oxidations that can occur in various means. Free radicals are molecules that damage them with oxidation by attacking somatic cells and immune system in the body. The antioxidant is also reacting with these free radicals that damage the cells and the compounds that are degrading or destroying their impact. 2.2-Difenyl-1-picrilhylrazyl (DPPH •) radical scavenging, FRAP (iron (III) reduction), ABTS radical scavenging activity, the total phenolic substance determination can be administered. When we scan the literature, we can access the article with many plants and the antioxidant study. In a study, antioxidant activities of plant extracts were evaluated by combining three different antioxidant assay methods with on-line HPLC method (3). Again in another study, the antioxidant serum has been developed while determining the chemical composition of the plant extracts (4).
Nowadays, the rapid increase in technology and industrialization has started to be directed to nature against the problems. In this respect, interest in the plants is increasingly increasing.

Keywords: Cosmetics, Antioxidant, Antioxidant Activity

References

1) Mwinga, J.L., Makhaga, N.S., vd. Botanicals used for cosmetic purposes by Xhosa women in the Eastern Cape, South Africa. South African Journal of Botany 126 (2019) 4–10
2) Stancıu, G., Oancea, I-A., vd. Evaluatıon of antıoxıdant capacıty for some wıld plant extracts used ın cosmetıcs. Rev. Roum. Chim., 2017, 62(6-7), 553-558
3) Burnaz, N.A., Küçük, M., vd. An on-line HPLC system for detection of antioxidant compounds in some plant extracts by comparing three different methods. Journal Of Chromatography B-Analytıcal Technologıes In The Bıomedıcal And Lıfe Scıences 1052, pp.66-72
4) Panontin, J.F., Barbosa, R. S., vd. Chemical composition, antioxidant activity and development of a facial serum formulation from the extract of Hancornia speciosa. Natural Product Research, DOI: 10.1080/14786419.2022.2053968

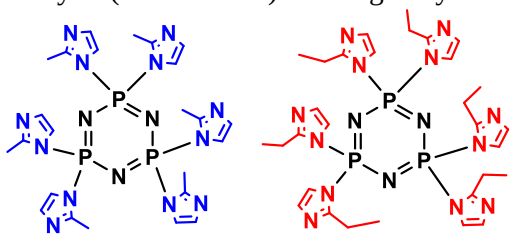
IMIDAZOLE DERIVATIVE CYCLOTRIPHOSPHAZENE LIGANDS AS A MULTIDONOR IN THE CONSTRUCTION OF COORDINATION POLYMERS

Ceyda Duyar
Gebze Technical University / Chemistry Department
c.duyar2021@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9012-2962

Derya Davarcı
Gebze Technical University / Chemistry Department
d.davarcı@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0407-9604

Yunus Zorlu
Gebze Technical University / Chemistry Department
yzorlu@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2811-1872

Abstract
Cyclophosphazenes (*Cps*) constitute an important class of inorganic heterocyclic ring systems that made up of alternating phosphorus and nitrogen atoms. Phosphorus is pentavalent and tetracoordinate while nitrogen is trivalent and dicoordinate [1]. *Cps* show a versatile coordination behaviour, particularly in the form of multidentate ligands carrying additional exocyclic donor functions [2]. There is considerable interest in the use of Cp-based ligand systems. This is primarily due to the fact that it is possible to use the Cp-rings as scaffolds for the design and construction of a variety of ligands each of which can provide unique steric and electronic environments for transition metal coordination [3]. Two cyclotriphosphazene derivatives containing 2-Methylimidazole, 2-Ethylimidazole were synthesized as ligand (**L1**, **L2**) in order to prepare its coordination polymers. Their structures were characterized by ^{31}P NMR, ^{1}H NMR, FT-IR, mass analysis (MALDI-MS) and single crystal X-ray diffraction techniques.



L1 **L2**

The thermal properties of these ligands are investigated by thermogravimetric analysis (TGA) and they have been found to be thermally quite stable.

Keywords: Cyclophosphazene, imidazole, coordination polymers.

We would like to thank the project numbered *TUBITAK-121Z236* for its financial support

References:
[1] Chandrasekhar, V., Thomas, K. J., *Applied Organometallic Chemistry*, 7(1), 1-31, 1993.
[2] Richards, P. I., Steiner, A., *Inorganic chemistry*, 43(9), 2810-2817, 2004.
[3] Chandrasekhar, V., Krishnan, V., Steiner, A., Bickley, J. F., *Inorganic chemistry*, 43(1), 166-172, 2004.

IMIDAZOLE DERIVATIVE CYCLOTETRAPHOSPHAZENE LIGANDS

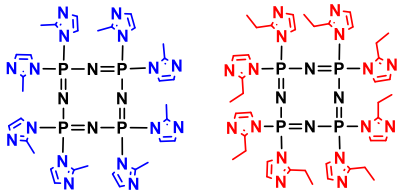
Afranur Pendar
Gebze Technical University / Chemistry Department
a.pendar2022@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1465-2811

Ceyda Duyar
Gebze Technical University / Chemistry Department
c.duyar2021@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9012-2962

Derya Davarcı
Gebze Technical University / Chemistry Department
d.davarcı@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0407-9604

Yunus Zorlu
Gebze Technical University / Chemistry Department
yzorlu@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2811-1872

Abstract
Cyclophosphazenes (*Cp*) are one important class of inorganic heterocyclic rings containing an [N=PX_2] repeat unit [1]. A very important research field focuses on the use of cyclophosphazenes as scaffolds for the preparation of multisite ligands, as well as utility of these cyclophosphazene-based ligands for preparing coordination polymers [2]. *Cp*s are significant examples of inorganic *N*-heterocyclic ligands because of the presence of endo *N*-donor atoms in the *Cp*-rings and exo *N*-donor atoms in the groups bound to the phosphazene ring through the P atoms [3]. Although there are many studies on the coordination compounds of cyclotriphosphazenes, studies with cyclotetraphosphazenes are very few. [1]. We have synthesized two cyclotetraphosphazene ligands containing 2-Methylimidazole (**L1**) and 2-Ethylimidazole (**L2**). Their structures were characterized by ^{31}P NMR, FT-IR, mass analysis (MALDI-MS) and single crystal X-ray diffraction techniques. We have targeted to use these compounds as ligand in order to prepare its coordination polymers. The thermal properties of these ligands are investigated by thermogravimetric analysis (TGA) and they have been found to be thermally quite stable.



L1 L2

Keywords: Cyclophosphazene, imidazole, coordination polymers.

We would like to thank the project numbered *TUBITAK-121Z236* for its financial support.

References:
[1] V. Chandrasekhar, P. Thilagar and B. M. Pandian, Coord. Chem. Rev., 251, 1045–1047, 2007.
[2] X. Li, F. Jiang, L. Chen, M. Wu, Q. Chen, Y.Bua, M. Hong, Dalton Transactions, 41, 14038-14041, 2012.
[3] Cabacı, İ., Davarcı, D., Zorlu, Y., *Polyhedron*, 192, 114823, 2020.

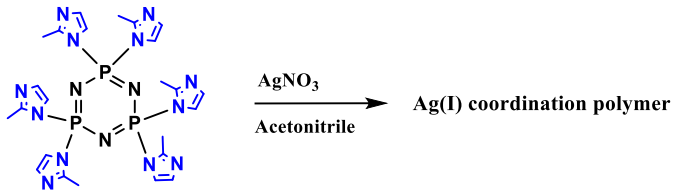
SYNTHESIS, STRUCTURE AND DYE ADSORPTION PROPERTIES OF AG(I) COORDIATION POLYMER CONSTRUCTED FROM 2-METHYLIMIDAZOLE SUBSTITUTED CYCLOTRIPHOSPHAZENE LIGAND

Ceyda Duyar
Gebze Technical University / Chemistry Department
c.duyar2021@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9012-2962

Derya Davarcı
Gebze Technical University / Chemistry Department
d.davarcı@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0407-9604

Yunus Zorlu
Gebze Technical University / Chemistry Department
yzorlu@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2811-1872

Abstract
Cyclophosphazenes (*Cps*) are important class of inorganic heterocyclic ring molecule that comprised of alternating phosphorus and nitrogen atoms [1]. *Cp*s contains six active P-Cl bonds and can be easily substituted with variety nucleophiles. Especially, cyclotriphosphazenes exhibit multidentate ligand behaviour via the binding of groups carrying exocyclic donor atoms [2]. The ring nitrogen atoms of cyclophosphazenes have sufficient basicity and can interact with Lewis acids. Also, Lewis basicity of cyclotriphosphazene derivatives can be modulated by a proper choice of substituents on phosphorus atom [3]. It was targeted that synthesize of coordination polymers removing organic dyestuffs that cause pollution and toxicity in wastewater. In this purpose, firstly, a cyclotriphosphazene ligand containing 2-Methylimidazole group (**L1**) was synthesized. Then, ligand was reacted with $AgNO_3$ salt at the boiling temperature of acetonitrile (Scheme 1). As a result, Ag(I) coordination polymer was obtained as transparent crystals.



L1

As a result of the adsorption measurements, it was observed that Ag(I) coordination polymer adsorbed methyl orange and tartrazine dyes from their aqueous solutions but did not affect methylene blue.

Keywords: Cyclophosphazene, dye adsorption, Ag(I) coordination polymers.

We would like to thank the project numbered *TUBITAK-121Z236* for its financial support.

References:

[1] Jeevananthan, V., Thangavelu, S. A. G., Loganathan, P., Shanmugan, S., *ChemistrySelect*, 6(7), 1478-1507, 2021.
[2] Cabacı, İ., Davarcı, D., Zorlu, Y., *Polyhedron*, 192, 114823, 2020.
[3] Chandrasekhar, V., Thilagar, P., Pandian, B. M., *Coordination chemistry reviews*, 251(9-10), 1045-1074, 2007.

KÜRESEL TAKVİYE ELEMANI İÇEREN KOMPOZİT YAPILARDA BASMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Ferhat AKPINAR
Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültei, Makine Mühendisliği Bölümü
fakpinar@dogus.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2842-6276

Birgül AŞÇIOĞLU TEMİZTAŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi , Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
birgul@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2459-8708

Özet
İki yüzey tabakası arasında çekirdek bileşeni barındıran kompozit malzemelere sandviç kompozit denir. Sandviç kompozit malzemelerin yüksek rijitlik ve düşük ağırlık gibi avantajlarının olması geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmasına olanak tanır. Alüminyum yüzey tabakalı ve poliüretan köpük çekirdekli kompozit levhalarda çevre şartlarından dolayı zamanla deformasyon meydana gelebilmektedir. Köpük malzeme, yüzey levhasından zamanla ayrıştığı için homojen dağılım bozulabilmektedir. Sonrasında ise ince alüminyum yüzey tabakası hasara uğrayarak olumsuz dış hava şartlarının panel içerisine geçmesine sebep olabilir. Bu çalışmada sandviç kompozit malzeme içerisine küresel takviye elemanları yerleştirilerek yüzey tabakalarında oluşabilecek deformasyonun miktarının azaltılması hedeflenmiştir. Kalan boşluklara da poliüretan köpük uygulanarak takviye elemanlarının bir arada durması sağlanmıştır. Küresel takviye elemanları PVC filament kullanılarak 3-D yazıcı ile üretilmiştir. Takviye elemanları Ø25, Ø30 ve Ø35 mm çaplarında içi boş küresel yapıda üretilmiştir. ASTM C365 standardına uygun olacak şekilde numuneler hazırlanmış ve basma testi uygulanmıştır. Ağırlık ölçümlerine göre küresel takviye elemanları ile desteklenmiş numunelerin, sadece poliüretan köpük çekirdeğe sahip sandviçlere göre daha ağır olduğu tespit edilmiştir. Yapılan testlerin sonucunda; küresel takviye elemanları ile desteklenmiş numunelerin, sadece poliüretan çekirdeğe sahip sandviç kompozitlere oranla çap değişimine veya numune yüksekliğine bağlı olarak dayanımın daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sandviç Kompozit, küresel takviye elemanı, basma testi

INVESTIGATION OF COMPRESSION BEHAVIOR IN COMPOSITE STRUCTURES CONTAINING SPHERICAL REINFORCEMENT

Abstract
Composite materials containing a core component between two surface layers are called sandwich composites. The advantages of sandwich composite materials such as high rigidity and low weight allow them to find a wide range of uses. In composite sheets with an aluminum surface layer and polyurethane foam core, the deformation may occur over time due to environmental conditions. As the foam material decomposes from the surface plate over time, homogeneous distribution may be impaired. Afterward, the thin aluminum surface layer may be damaged, causing adverse weather to pass into the panel. In this study, it is aimed to reduce the amount of deformation that may occur in the surface layers by placing spherical reinforcement elements in the sandwich composite material. By applying polyurethane foam to the remaining gaps, the reinforcement elements were kept together. Spherical reinforcement elements were produced by 3-D printer using PVC filament. Reinforcement elements are produced in a hollow spherical structure with diameters of Ø25, Ø30, and Ø35 mm. Samples were prepared in accordance with ASTM C365 standard and a compression test was applied. According to weight measurements, it was determined that the samples supported by spherical reinforcement elements were heavier than the sandwiches with only polyurethane foam core. As a result of the tests; It was concluded that the strength of the samples supported by spherical reinforcement elements was higher than the sandwich composites with only polyurethane core, depending on the diameter change or sample height.

Keywords: Sandwich composite, spherical reinforcement, compression test

MİKRO DAĞITIM ARAÇLARINA ÖZEL DÜŞÜK GERİLİM BATARYA PAKETİ TASARIMI, UYGULAMA YAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ VE ARAÇ ENTEGRASYONU

Sercan Sunar
Kocaeli Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
sunar1988@hotmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Abdulkadir CENGİZ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü
akcengiz@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7830-5299

Özet
Bu çalışmada, Son Nokta Dağıtım Operasyonunda (Last Mile Delivery EV) kullanılan L5-L7 kategorilerindeki mikro dağıtım araçlarının pazar durumu ve batarya teknoloji eğilimi incelenmektedir. Bu araçlar, amaçları gereği düşük hızlı ve yüksek kapasiteli araçlar olup yapılan Fizibilite sonuçları L5-L7 kategorisindeki elektrikli araçların menzil hedeflerini sağlayabilmeleri ve maliyet etkin şekilde üretilebilmeleri için 48V gerilim seviyesinde bataryalara gereksinim duydukları görülmüştür. Çalışmada, batarya paketi ve yönetiminin oluşturulmasına ait gerçekleşen faaliyetler ve ürün geliştirme süreçleri açıklanmıştır. Bu noktadan hareketle, lityum iyon 48V batarya paketinin entegrasyonu, uygulama yazılımının geliştirilmesi ve test faaliyetleri için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Lityum iyon batarya paketinde kullanılan malzemeler; araçların üretim maliyetleri, enerji kapasite gereksinimleri ve elektriksel güvenlikleri dikkate alınarak seçilmiştir. Elektronik/mekanik donanım entegrasyonu için MUSOSHI araçlarının teknik gereksinimleri dikkate alınarak, uygulama yazılımı BMS üzerinde geliştirilmiştir. Batarya paketinde enerji depolama birimi olarak; yüksek ömür çevrim sayısı ve enerji yoğunluk değerine sahip lityum iyon hücreler/modüller kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Son Nokta Dağıtım Araçları, Batarya Elektrikli Araç, lityum iyon batarya paketi, batarya yönetim sistemi, enerji yönetimi

LOW VOLTAGE BATTERY PACK DESIGN, APPLICATION SOFTWARE DEVELOPMENT AND VEHICLE INTEGRATION FOR MICRO-MOBILITY VEHICLES

Abstract
In this study, the market place status and battery technology trend of micro-mobility vehicles which are L5-L7 categories used in Last Mile Delivery EV are examined. These vehicles have low-speed profile and high-capacity vehicles due to their opeation purpose and the feasibility results show that electric vehicles in the L5-L7 category need batteries at 48VDC level voltage level in order to meet their range targets and to be produced cost-effectively. In the study, battery pack development and battery management system processes are explained. From this point of view, necessary studies were carried out for the integration of the lithium-ion 48V battery pack, the development of the application software and testing activities. Mechanic and Electronic components are selected consider total cost of the vehicle, energy capacity requirements and electrical safety. The application software was developed on BMS, taking into account the technical requirements of MUSOSHI EV for electronic/mechanical hardware integration. As an energy storage unit in the Battery Pack; Lithium ion cells/modules with high life cycle and energy density value are used.

Keywords: Last Mile Delivery Vehicles, Battery Electric Vehicle, Lithium-ion cell/module, battery management system, energy management

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK 0-6 YAŞ VEYA ZİHİN ENGELLİ BİREYLER İÇİN BİR TEMEL EĞİTİM MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ

Eren Papakçı
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı
erenpapakci@gmail.com

Adnan Sondaş
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü
asondas@kocaeli.edu.tr

Özet

Günümüzde mobil teknolojilerin hızla gelişmesi ve toplumsal yaşamda etkili olması bilgiye ve eğitime ulaşımı kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda eğitimin yeni nesil teknolojik donanım ve yazılımlarla desteklenmesi eğitimi farklı uygulama yöntemleri aracılığıyla bireylere sunmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde klasik yöntemin dışında artırılmış gerçeklik teknolojisiyle eğitim uygulanması son yıllarda sıkça kullanılmaktadır. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki nesnelerin sanal ortam tarafından üretilen; ses, görüntü, model veya GPS verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı veya dolaylı fiziksel görünümüdür [1]. 2018 yılında Binus Üniversitesinde yapılan bir araştırmada insan anatomisinin görselleştirilmesindeki zorluklardan yola çıkılarak bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiş ve klasik yöntemle kıyaslanarak bir test çalışması gerçekleştirilmiştir. Klasik öğretimde iki boyutlu model olarak gösterilen anatomik resim ve organların artırılmış gerçeklik uygulamasıyla beraber üç boyutlu model olarak gösterilmesiyle öğretimin çok daha kolay ve anlaşılabilir olduğu sonucu ortaya çıkmış ve öğrencilerin artırılmış gerçeklik yöntemiyle öğrenimlerinde klasik yönteme oranla daha başarılı oldukları görülmüştür [2]. Artırılmış gerçeklik ile desteklenmiş materyallerin kelime öğrenimi ve akılda kalıcılığı üzerine 2016 yılında yapılan Abant İzzet Baysal Üniversitesindeki yüksek lisans tezi seviyesindeki farklı bir araştırmada İngilizce öğrenen öğrenciler üzerinde artırılmış gerçeklik ile desteklenmiş materyallerin bilinmeyen kelimelerin öğreniminde ve hatırlanmasında klasik yönteme göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir [3]. Bu örneklerin varlığı çalışmamızın doğmasında etkili olmuştur. Toplumda zihin engelli bireylerin sayısı göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. 2000 yılında yapılan bir araştırmada Türkiye'de 200.000 zihin engelli birey olduğu belirtilmekteydi. Günümüzde bu sayının çok daha fazla olduğu bilinmektedir [4]. Çalışmanın amacı, zihin engelli veya 0-6 yaş aralığındaki çocukların eğitiminde kullanılan basit ama zihinde canlandırılması zor cisimler için bir artırılmış gerçeklik Android mobil uygulaması geliştirmek ve klasik yöntemle öğrenim kıyaslanarak test etmektir. Uygulama geliştirilirken, zihinde canlandırması zor olan cisimler uygulamaya menü kartları başlığı altında eklenmiş ve her bir cisim üç boyutlu model yanında seslerle desteklenmiştir. Mobil uygulamada artırılmış gerçeklik ARCore kütüphanesi kullanılmıştır [5]. Uygulamanın deney çalışmasında, özel eğitim kurumlarındaki eğitmenlerin görüş ve fikirleri alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: Eğitim alanında artırılmış gerçeklik, Zihin engelli bireyler, Artırılmış gerçeklik Android mobil uygulama geliştirme.

Referanslar

[1] https://artsandculture.google.com/entity/m0lqtr?hl=tr (Ziyaret Tarihi 27 Nisan 2022)
[2] Michael H Kurniawan, Suharjito, Diana, Gunawan Witjaksono (2018). *Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application.* Binus Üniversitesi. 3rd International Conference on Computer Science and Computational Intelligence.
[3] Özgür Doğan (2016). *Artırılmış Gerçeklik ile Desteklenmiş Materyallerin Kelime Öğrenimi ve Akılda Kalıcılığı üzerine Etkisi*. Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
[4] Mustafa Şen (2018). *Türkiye'de Engellilere Yönelik İstihdam Politikaları: Sorunlar ve Öneriler.* Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Güvenlik Dergisi.
[5] https://developers.google.com/ar/develop (Ziyaret Tarihi 27 Nisan 2022)

REKOMBİNANT HER3 ANTİJENİNİN ÜRETİLMESİ

Arzu Atalay
Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Temel Biyoteknoloji
aatalay@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1309-5291

Ahmet Kaan Dikici
Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Temel Biyoteknoloji
a.kaandikici@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3795-3684

Merve Samur
Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Temel Biyoteknoloji
mervesamur0@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7495-6852

Rümeysa Doğan
Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Temel Biyoteknoloji
rmysdogan@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6107-9870

Özet
HER3, Epidermal Büyüme Faktörü Reseptör ailesinin dört üyesinden biridir. HER1, HER2, HER3 ve HER4'ü içeren bu reseptör tirozin kinaz ailesi, birçok kanser türü için terapötik bir hedeftir. HER3'ün meme, akciğer, kolon ve pankreas gibi çeşitli insan kanserlerinde aşırı ifadesi metastatik potansiyelin artışına ve tümör gelişiminin desteklenmesine yol açarak tedavide başarısızlığın ana nedenini oluşturur. Son yıllarda yapılan birçok çalışma HER3'ün önemini göstermiş ve HER3'ü hedef alan tedavilerin geliştirilmesine yönelik çok sayıda preklinik ve klinik çalışmanın başlamasını sağlamıştır. Artan HER3 ifadesi, kanser tedavisi sırasında anti-EGFR/HER1 ve anti-HER2 terapötiklerine karşı dirence neden olur. Bu direncin üstesinden gelmek ve terapötik etkinliği artırmak için HER3 sinyal yolağı temel aşağı akış mediyatörlerinin etkili inhibisyonu gereklidir. Bu nedenle, daha fazla HER3 inhibitörü terapötik ajan geliştirme çalışmasına ihtiyaç vardır. Bu reseptörlere bağlanan monoklonal antikorlar geliştirilmiş olmasına ve bunları geliştirmeye yönelik çalışmalar halen devam etmesine rağmen, HER3'ü hedef alan bir monoklonal antikor henüz onaylanmamıştır. Anti-HER3 monoklonal antikor geliştirmeyi hedeflediğimizden, bu çalışmada ilk adım olarak rekombinant HER3 antijen olarak klonlanmış ve ifade edilmiştir. HER3 hücre dışı alanı, ligand bağlanmasının özgüllüğünü belirleyen iki sistein açısından zengin bölge (II ve IV) ve iki yan bölge (I ve III) içeren dört alt alandan (I-IV) oluşur. *Escherichia coli*'de 6xHis taq füzyonlu rekombinant antijeni ifade edebilmek için 1869 nükleotidlik uzunluktaki HER3 hücre dışı alanı pET-30a(+) plazmitine klonlanmıştır. Klonlama için *E.coli* DH5α-TR1 bakteri suşu kullanılmıştır. Rekombinant 6xHistaq-HER3ECD protein *E. coli* BL21(DE3)'de ifade edilmiş ve IPTG indüksiyonunun ardından 6xHis antikoruna karşı immünoblotlamada beklenen 77 kDa bant gözlenmiştir. 6xHistaq-HER3ECD proteininin çözünürlük ve ifade optimizasyon çalışmaları devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnsan epidermal büyüme faktörü reseptörü 3 (HER3), HER3-ECD, Antijen, pET-30 ifade sistemi

PRODUCTION OF RECOMBINANT HER3 ANTIGEN

Abstract
HER3 is one of the four members of the Epidermal Growth Factor Receptor family. This receptor tyrosine kinase family, which includes HER1, HER2, HER3, and HER4, is a therapeutic target for many types of cancer. Overexpression of HER3 in various human cancers such as breast, lung, colon, and pancreas promotes tumor development, increases metastatic potential and is the main cause of treatment failure. In recent years, many studies indicated the importance of HER3, and numerous preclinical and clinical studies for the development of HER3-targeted treatments have begun. Increased HER3 expression causes resistance to anti-EGFR/HER1 and anti-HER2 therapeutics during cancer treatment.

Effective inhibition of key downstream mediators of the HER3 signaling pathway is required to overcome this resistance and increase therapeutic efficacy. Therefore, more HER3 inhibitor therapeutic agent development studies are required. Although monoclonal antibodies binding to these receptors have been developed and studies to improve them are currently in progress, a monoclonal antibody targeting HER3 has not yet been approved. Since we aimed to develop an anti-HER3 monoclonal antibody, we first cloned and expressed recombinant HER3 as antigen. The HER3 extracellular domain consists of four subdomains (I-IV), which include two cysteine-rich regions (II and IV) and two flanking regions (I and III) that determine the specificity of ligand binding. The 1869 nucleotide full-length HER3 extracellular domain was cloned into pET-30a(+) plasmid, in order to express the recombinant antigen fused to 6xHis taq in *Escherichia coli*. E.*coli* DH5α-TR1 bacterial strain was used for cloning. The recombinant 6xHistaq-HER3ECD protein was expressed in *E. coli* BL21(DE3) and upon IPTG induction the expected 77 kDa band was observed in immunoblotting against 6xHis antibody. The solubility of recombinant 6xHistaq-HER3ECD protein and optimization of expression studies are under progress.

Keywords: Human epidermal growth factor receptor 3 (HER3), HER3-ECD, Antigen, pET-30 expression system

HİSSE YATIRIMCISI İÇİN ŞİRKET PERFORMANS SIRALAMASINA DAYALI OPTİMAL STRATEJİ SEÇİMİ

Sidal Ölmez
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / İstatistik Bölümü
olmezzsidal@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8218-5904

Gülder Kemalbay
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / İstatistik Bölümü
kemalbay@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9126-8907

Özet
Borsa İstanbul hisse senetleri piyasası her geçen gün bireysel hisse yatırımcı sayısı ile büyüyen ancak diğer taraftan risk ve belirsizlikleri barındıran bir yatırım ortamı olması nedeniyle yatırımcıların rekabet ortamında rasyonel karar alması oldukça önem arz eder. Çalışmanın amacı, Borsa İstanbul 100 endeksinde işlem gören şirketlerin performans sırasına dayalı olarak en nitelikli şirketlere yatırım yapmak isteyen bir yatırımcının, oluşturduğu stratejiler arasından minimum risk düzeyinde maksimum kazanç getiren yatırım stratejisini seçmesini sağlamaktır. Borsa İstanbul 100 piyasasında işlem gören şirketleri finansal performanslarına göre sıralamak için oran verileri kullanılacaktır. Oran verileri ile şirketlerin performanslarına göre en iyiden en kötüye doğru sıralanması çok kriterli optimizasyon algoritması ile yapılacaktır. Yatırımcı için oluşturulan en nitelikli yatırım stratejileri arasından optimal olanı seçmesi için yatırımcının BIST100 piyasasına karşı oynadığı oyun teorisi modeli geliştirilecektir.

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-B Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı tarafından 1139B412100477 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Şirket Performans Sıralama, Oyun Teorisi

PAZAR EĞİLİMİNE GÖRE GRUP KISITLI PORTFÖY MODELİ VE SEZGİSEL ÇÖZÜMÜ

Yaren Korkmaz
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / İstatistik Bölümü
yarkorkmz@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1832-8747

Gülder Kemalbay
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / İstatistik Bölümü
kemalbay@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9126-8907

Özet
Çalışmanın konusu, finansal varlıkları Beta katsayılarına göre gruplandırarak pazarın artışa ya da azalışa geçtiği dönemlerde yatırımcının izleyebileceği bir portföy oluşturma fikrine dayanmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, Markowitz ortalama-varyans modeline pazar eğilimini göz önüne alan grup kısıtı ekleyerek yeni bir portföy modeli geliştirmek ve geliştirilen modelin Markowitz portföy modeline göre yatırımcıya en az %10 daha düşük risk ve en az %10 daha yüksek getiri sağladığını göstermektir. Oluşturulan kısıt altında portföy riskini minimize eden ve portföy getirisini maksimize eden iki amaçlı portföy optimizasyonu problemi sezgisel algoritma ile çözülecektir. Sonuç olarak, yatırımcıya hisse senetlerinin Beta katsayılarını kullanarak yeni bir portföy oluşturma stratejisi önerilmesi ve böylece pazarın artan ya da azalan dönemlerinde minimum risk ile maksimum getiriyi sağlayan optimal portföy sunulması planlanmaktadır.

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-B Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı tarafından 1139B412100549 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Portföy Optimizasyonu, Pazar Eğilimi, Sezgisel Algoritma

YENİ BİR POLİAROMATİK KETON TÜREVİ SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FOTOBAŞLATMA ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ

Necmettin Samet DALGA
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya
nsametdalga@gmail.com

Nergis ARSU
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Kimya Anabilim Dalı
narsu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1362-2517

Özet
Fotobaşlatıcılar, ışıkla aydınlatma sonucunda fotonları absorplayan ve uyarılmış halden reaktif türler oluşturan ve zincir reaksiyonları başlatan moleküllerdir. Başlatıcı türler radikaller, katyonlar veya anyonlar olabilir. Hemen hemen tüm radikal fotobaşlatıcılar, benzoil (fenil-CO-) yapısını içerir. En önemli iki sınıf, tip I ve tip II fotobaşlatıcılardır. Tip I foto başlatıcılar, reaktif uyarılmış durumun uyarma enerjisinden daha düşük bağ ayrışma enerjisine sahiptir ve bir fotokimyasal reaksiyon için yeterince yüksek termal stabilite sağlar. Tip I fotobaşlatıcıların diğer özellikleri yüksek bölünme hızları ve kısa uyarılmış hal ömürleri, b,moleküler söndürme ve son olarak fotojenere serbest radikaller tarafından etkili bir şekilde başlatmadır. Tip II fotobaşlatıcılar, bağ ayrışması yerine hidrojen donörleri ile reaksiyona giren triplet uyarılmış hali tercih eden başka bir ana fotobaşlatıcı sınıfıdır. Bu başlatma işlemi bir bimoleküler reaksiyondur; bu nedenle, tip II fotobaşlatıcılar genellikle tek moleküllü radikal oluşumuna dayanan tip I fotobaşlatıcılardan daha yavaş serbest radikal üretirler. Benzofenon ve türevleri, tiyoksantonlar, benzil kinonlar tip II fotobaşlatıcılara örnek olabilir. Bu çalışmada, fenantrenin tiyokzantonlanması gerçekleştirildi ve elde edilen yeni fotobaşlatıcının karakterizasyonu spektrofotometrik yöntemlerle yapıldı. Görünür bölgedeki (370-390 nm) yüksek molar absorptivite değerleri bu fotobaşlatıcının, görünür bölgedeki fotopolimerizasyon reaksiyonları için kullanımının çok daha değerli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu fotobaşlatıcıya "Görünür Bölge Fotobaşlatıcısı" denilebilir. Elde edilen ilk sonuçlara gore, çok düşük fotobaşlatıcı konsantrasyonlarında metil metakrilatın fotopolimerizasyonunu başlatmak için amin ve azot atmosferinin gerekli olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotopolimerizasyon, Tiyokzanton, Tip Iı Fotobaşlatıcı, Fotoağarma, Fotokimyasal Metot

Kaynakça

[1] Y. Yagci, S. Jockusch, and N. J. Turro, "Photoinitiated Polymerization: Advances, Challenges, and Opportunities," *Macromolecules*, vol. 43, no. 15, pp. 6245–6260, Aug. 2010, doi: 10.1021/ma1007545.
[2] R. Schwalm, "Photoinitiators and Photopolymerization," *Encycl. Mater. Sci. Technol.*, pp. 6946–6951, 2001, doi: 10.1016/b0-08-043152-6/01230-4.
[3] H. Mirac Dizman, Elif Ozcelik Kazancioglu, Takuya Shigemune, Shigeru Takahara, Nergis Arsu, "High sensitivity colorimetric determination of L-cysteine using gold nanoparticles functionalized graphene oxide prepared by photochemical reduction method," *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Volume 264, 2022, 120294, https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120294.
[4] C. Aydogan, G. Yilmaz, A. Shegiwal, D. M. Haddleton, Y. Yagci, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2022**, e202117377; *Angew. Chem.* **2022**, e202117377.
[5] D. K. Balta, G. Temel, G. Goksu, N. Ocal, and N. Arsu, "Thioxanthone-diphenyl anthracene: Visible light photoinitiator," *Macromolecules*, vol. 45, no. 1, pp. 119–125, 2012, doi: 10.1021/ma202168m.

PLA/PCL/PEG/ZNO KOMPOZİT FİLAMENTLERİNİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

Ferit ERDEM
Süleyman Demirel Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
ferit_erdem91@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-6170-4103

Fatma Burcu ALP
Süleyman Demirel Üniversitesi / Mühendislik-Mimarlık Fakültesi / Kimya Mühendisliği Bölümü
burcualp@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0380-2020

Özet
Gıdaların depolanması ve taşınması sürecinde çevreden korunmasını sağlayan plastik ve kâğıt ambalajlar kullanılmaktadır. Geleneksel plastikler (polipropilen, polietilen, polietilen tereftalat, polistiren vb.) gıdaların tazeliğini korumak için gerekli olan bariyer özelliklerini sağlasa da, bu plastiklerin bozunmaması, düzenli depolama alanlarının doldurulması, su ve arazi kirliliğinin artması ve fosil kaynaklarının hızla tükenmesi, çevresel sorunları ve küresel endişeleri arttırmaktadır. Hedeflerimizden biri sürdürülebilir çevredir. Bu kapsamda çalışmada biyobozunur polimerler kullanılması uygun bulunmuştur. Biyobozunur polimerlerin konvansiyonel polimerlere göre dezavantajları olsa da kullanımını arttırmak için çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Projede ekonomik ve üretilebilir biyopolimer olan polilaktik asit (PLA), geleneksel plastiklere rakip olarak bu projede ana polimer olarak seçilmiştir. PLA, kırılgan yapısını iyileştirmek için farklı oranlarda (95;5, 90;10, 85;15) polikaprolakton (PCL) ile karıştırılmıştır. PLA/PCL karışımının bariyer özelliklerinin geliştirilmesi için çinko oksit (ZnO) (kütlece %0,1) eklenmiştir. ZnO dağılımı ve polimer karışımının kristalizasyon düzenleyicisi olarak Polietilen glikol (PEG) (kütlece %1) kullanılmıştır. PLA/PCL/PEG/ZnO kompozit filamentler (KF'ler) eriyik ekstrüzyon yöntemiyle üretilmiş, üretilen PLA/PCL KF'lerin hidrofobikliği temas açısı ölçümü ile, fonsiyonel grup ve kristal yapı karakterizasyonu fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), X-ışınımı kırınımı (XRD) ile, mekanik özellikleri ise dinamik mekanik analiz (DMA) ile belirlenmiştir. FTIR ve XRD analiz sonuçları incelendiğinde görülen eğriler, KF'lerde PLA, PCL, ZnO ve PEG içeriğinin bulunduğunu göstermiştir. Farklı oranlarda (%5; 10; 15) PCL eklenmesi temas açısını arttırsada hidrofilik yapı devam etmiştir, ZnO ve PEG katkısı ile de temas açısı artmıştır. DMA (E') analizinde ise farklı oranlarda eklenen PCL ile kompozit filamentlerin Tg'sinin arttığı gözlenmiştir. Saf PLA filamentinin E' değeri KF'lerden daha yüksekti, bu da PLA'ya farklı oranlarda PCL eklenmesiyle sertliğinde azalma meydana geldiğini gösterirken, PEG ve ZnO ilavesiylede E' değerinde bir azalma olduğu bulundu. Mekanik sönümleme faktörünün (tan δ) sıcaklıktaki artışla değerinin Tg'ye ulaşana kadar arttığı ve ardından azaldığı not edilebilir. Tipik olarak, maksimum tan δ değeri Tg'de gözlenmiştir. Tan δ'nin yüksek değeri malzemenin elastik olmayan yapısını temsil ederken, düşük değer esnekliği temsil eder. Farklı oranlarda eklenen PCL ve PEG ilavesiyle tan δ değerinde bir azalma gözlemlenmiş ve bu etkinin temel olarak plastikleştirici etkisinden kaynaklandığı not edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekstruzyon, biyobozunur, PLA/PCL/PEG/ZnO kompozit filamentler

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF PLA/PCL/PEG/ZNO COMPOSITE FILAMENTS

Abstract
In the process of storing and transporting foods, plastic and paper packages are used to protect them from the environment. Although traditional plastics (polypropylene, polyethylene, polyethylene terephthalate, polystyrene, etc.) provide the barrier properties necessary to preserve the freshness of foods, these plastics do not degrade, filling landfills, increasing water and land pollution and rapid depletion of fossil resources, pose environmental problems and global concerns. increases. One of our goals is sustainable environment. In this context, it was found appropriate to use biodegradable polymers in the study. Although biodegradable polymers have disadvantages compared to conventional polymers, a lot of research is being done to increase their use. In the project, polylactic acid (PLA), which is an economical and producible biopolymer, was chosen as the main polymer in this project as a competitor

to traditional plastics. PLA was mixed with polycaprolactone (PCL) in different ratios (95;5, 90;10, 85;15) to improve its brittle structure. Zinc oxide (ZnO) (0.1% by mass) was added to improve the barrier properties of the PLA/PCL mixture. Polyethylene glycol (PEG) (1% by mass) was used as the ZnO dispersion and crystallization regulator of the polymer mixture. PLA/PCL/PEG/ZnO composite filaments (KFs) produced by melt extrusion method, hydrophobicity of PLA/PCL KFs produced by contact angle measurement, functional group and crystal structure characterization fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and mechanical properties were determined by dynamic mechanical analysis (DMA). When the results of FTIR and XRD analysis were examined, the curves observed showed that PLA, PCL, ZnO and PEG contents were found in CFs. Although the addition of PCL at different rates (5%; 10; 15) increased the contact angle, the hydrophilic structure remained, and the contact angle increased with the addition of ZnO and PEG. In the DMA (E') analysis, it was observed that the Tg of the composite filaments increased with PCL added at different rates. The E' value of the pure PLA filament was higher than the KFs, indicating that the hardness decreased with the addition of PCL at different rates to PLA, while there was a decrease in the E' value with the addition of PEG and ZnO. It can be noted that the value of the mechanical damping factor (tan δ) increases with increase in temperature until it reaches Tg and then decreases. Typically, the maximum tan δ value was observed at Tg. A high value of Tan δ represents the inelastic nature of the material, while a low value represents flexibility. A decrease in the tan δ value was observed with the addition of PCL and PEG added at different rates, and it was noted that this effect was mainly due to the plasticizing effect.

Keywords: Extrusion, biodegradable, PLA/PCL/PEG/ZnO, composite filaments

BİYO-İÇERİKLİ HİDROFOBİK KAPLAMALARIN GELİŞTİRİLMESİ

İlkay GÜNEŞ
Product Category Specialist, Polisan Kansai Boya
i.gunes@polisankansai.com

Burcu OKTAY
Marmara University, Faculty of Arts and Science, Department of the Chemistry
burcu.oktay@marmara.edu.tr

Özet
Biyo esaslı malzemelerin kaplama sektöründe alternatif ve yenilenebilir ham madde olarak kullanımı gün geçtikçe gelişerek artmaktadır. Ham madde olarak kullanılan bitkisel yağlardan özellikle hint yağı, soya yağı, üzüm çekirdeği yağı, keten tohumu ve palm yağı biyo-polimer sentezinde çoğunlukla kullanılan bitkisel yağlar olarak tercih edilmektedir. İstenilen performansa yönelik son ürün için bitkisel yağların fonksiyonelleştirilmesi sayesinde yüksek performans gösterebilen yenilenebilir biyo-içerikli kaplamaların sentezlenmesi hakkında çalışmalar yürütülmektedir. Klik kimyası kapsamında kendiliğinden gerçekleşen, yüksek verimlilik ve reaksiyon hızına sahip ve hızlı tepkime koşullarında kolayca gerçekleşebilen reaksiyonlar sonucu kaplamalar sentezlenebilecektir. Böylece klik reaksiyonlar sayesinde kendiliğinden çapraz bağlanabilen fonksiyonel hale getirilen bitkisel yağlardan kaplamalar elde edilebilecektir. Sentezlenecek biyo esaslı kaplamalar ile mükemmel hidrofobik, mekanik, anti-korozif, anti-bakteriyel ve diğer çeşitli fonksiyonel özelliklere sahip olabilen polimerik ürünler geliştirilmektedir. Bu tez çalışmasında ise klik reaksiyonu ile fonksiyonelleştirilen kendiliğinden çapraz bağlanma ile bitkisel yağ esaslı hidrofobik kaplamalar üzerine sentez ve karakterizasyon çalışmaları yürütülecektir. Yüzey modifikasyonu ile hidrofobik özellikleri geliştirilerek kendi kendini temizleme özelliği göstermesi beklenen fonksiyonel polimerik kaplama sentezi hedeflenmektedir. Sentezlenen kaplama numuneleri sonrasında elde edilen tüm yapılara performans testleri uygulanarak karakterizasyon çalışması için Fourier transform infrared spektrofotometre (FTIR), Termogravimetrik analiz (TGA), Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve X-Işını Difraktometresi (XRD), Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) yöntemleri ile analiz sonuçları tartışılacaktır.

Bu proje Marmara Üniversitesi BAPKO FYL-2022-10493 proje kapsamında desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyo-içerikli, hidrofobik, kaplama, bitkisel yağ, kendiliğinden çapraz bağlanma, temizleme

DEVELOPMENT OF THE BIO-CONTENT HYDROPHOBIC COATINGS

Abstract
The utility of bio-content materials have been increasing alternatively as renewable resources in the coating industry day by day. Vegetable oils such as castor oil, soybean oil, grape seed oil, lineseed and palm oil, which are the most commonly used in the synthesis of biopolymers. Many studies have been carried out on renewable bio-based coatings with high performance thanks to the functionalization of vegetable oils in accordance with the desired purpose and demand. Within the scope of the click chemistry, coatings can be obtained as a result of the reactions that take place spontaneously, have a high reaction rate, and take place simply and easily under fast reaction conditions with high efficiency. Therefore, functionalized oils will be able to self-crosslinked via click reactions. The synthesis of bio-based coatings, which polymeric products with excellent hydrophobic, mechanical, anticorrosive, antiviral and various functional properties have being developed. With surface modification, functional coatings can show self-cleaning performance by gaining hydrophobic properties, can be synthesized. In this thesis, the synthesis and characterization studies will be carried out on a vegetable oil-based hydrophobic coatings functionalized by click reaction. The rheology and characterization of all obtained structures of the coatings that is purpose to be formed by self-crosslinked, will be examined. The resulting bio-polymer sample is expected to show self-healing performance. Moreover, samples will be analyzed for thermal, mechanical and structural properties by Fourier transform infrared

spectrophotometer (FTIR), Nuclear Magnetic Resonance (NMR), Thermogravimetric analysis (TGA), Differential scanning calorimetry (DSC) and X-Ray Diffractometry (XRD) methods and the results will be discussed.

This project is supported by Marmara University BAPKO FYL-2022-10493 project.

Keywords: Bio-based, hydrophobic, coating, vegetable oil, self-crosslinked, self-healing

FORMATION OF SOIL RESISTOME IN AGROECOSYSTEMS OF MEDICINAL PLANTS

Lyudmyla Symochko[1,2]
[1]Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine
[2]Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra Institute of Engineering, Department of Chemical and Biological Engineering, Coimbra, Portugal
lyudmilassem@gmal.com, ORCID: 0000-0002-6698-3172

Prof. Dr. Maria Nazare Coelho Pinheiro[2]
[2]Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra Institute of Engineering, Department of Chemical and Biological Engineering, Coimbra, Portugal
mnazare@isec.pt, ORCID: 0000-0002-5710-7488

Abstract
Widely use of antibiotics in agriculture leads to the formation and spread of antibiotic resistance in the environment Enrofloxacin belongs to the class of fluoroquinolone antibiotics that have been intensively used in agriculture. In the environment, enrofloxacin can undergo degradations by different processes, but it is not sensitive to hydrolysis. Despite these degradation mechanisms, environmental half life time of enrofloxacin is very long. The effect of enrofloxacin on the function and structure of soil microbiome in agroecosystems of medicinal plants was evaluated. Soil microbiome and resistome of medicinal plants are directly or indirectly involved in the production of bioactive phytochemicals. In soils with different concentrations of enrofloxacin were planted: Lactuca sativa var. crispa, Anethum graveolens, Thymus serpillum, Mentha piperita, Calendula officinalis. The soil of agroecosystem with a high concentration of antibiotic was characterized by a low content of nitrogen-fixing microorganisms and a high number of oligotrophic and spore-forming microbiota. In Vitro experiment were isolated 5 bacteria absolutely resistant to all tested antibiotics. Among AR microorganisms were anaerobic bacteria: Clostridium difficile, Clostridium perfringens and aerobic bacteria: Enterococcus faecalis, Yersinia enterocolitica, Enterobacter cloacae. In experiments In Vivo from the soil, were isolated 7 bacteria resistant to all tested antibiotics. They were representatives of aerobic microbiota: Bacillus licheniformis, Serratia fonticola, Hafnia alvei, Bacillus cereus, Pantoea agglomerans, Bacillus megaterium and anaerobic bacteria - Clostridium difficile. In natural conditions, from the soil of agroecosystems were isolated mostly bacteria of the genus Bacillus. Majority of them are the foodborne pathogens. Environmental contamination by antibiotics cause negative changes in soil microbiome and is one of the important factors in the formation of soil resistome. Modern agroecosystems of medicinal plants are the source of spreading of pathogenic and opportunistic microorganisms with multiple antibiotic resistances and endangering human health.

Keywords: soil, microorganisms, agroecosystem, medicinal plants, resistome.

ENJEKSİYON KALIPLARINDA KULLANILAN PVD KAPLAMA UYGULAMALARI

Serdar DEDE
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, Kocaeli, Türkiye
serdardede1@gmail.com

Erol FEYZULLAHOĞLU
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
efeyz@kocaeli.edu.tr

Özet
Metal enjeksiyon gibi yüksek sıcaklık ve basınçların oluştuğu sıcak iş kalıp uygulamalarında, yüksek sıcaklığa bağlı aşınma mekanizmaları önemlidir. Metal enjeksiyon kalıplarının yüzeyinde kalıplama esnasında ısıl yorulmalar, gerilme çatlakları, erozyon, oksidasyon ve korozyon oluşabilmektedir. Burada ayrıca sıvı metal ve kalıp çeliği arasında gerçekleşen reaksiyonlar neticesinde yapışmaların ve intermetalik bileşiklerin oluşması, kalıpların yüzeyinde hasar meydana getirmektedir. Bu olumsuzlukları önlemek için enjeksiyon kalıbı içine PVD kaplaması uygulanmaktadır. Burada kalıp içinde uygulanacak olan PVD kaplamadan yüksek sıcaklık dayanımına sahip olması, çeliğin aşırı ısınmasını engelleyecek ısıl bariyer etkisine sahip olması, sıvı metal ve kalıp çeliği arasındaki yapışma ve yüzey reaksiyonlarını engelleyecek inert ve stabil bir ara yüzeyi oluşturması, basınç sonucu oluşan yorulma çatlaklarını ve yüzey erozyonunu önleyecek düzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı bir dolgu katmanı oluşturması beklenmektedir. Bu çalışmada enjeksiyon kalıbı içine uygulanan PVD kaplamanın, bu kalıp ile üretilen parçalar üzerindeki olumlu sonuçları da sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enjeksiyon kalıbı, PVD kaplama**,** Isıl yorulma, Gerilme çatlakları, Isıl bariyer

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF MARBLE AND GRANITE WASTES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Sadık YILDIZ
Kocaeli University, Institute of Natural and Applied Sciences, Civil Engineering
sadikyildiz4141@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1674-0452

Salih Taner YILDIRIM
Kocaeli University, Engineering Faculty, Civil Engineering
styildirim@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0021-0625

Abstract
This article explores the use of marble and granite waste as recycling materials in the construction industry. It has been observed that the use of powdered marble and granite wastes up to 10% instead of cement in concrete or mortar positively affects the mechanical and durability properties of concrete, and their use of up to 20% is sustainable. In addition, it was determined that the void ratio of the concrete decreased and its corrosion resistance increased with the use of marble and granite powders instead of cement. the mechanical strength and unit weight of concrete increased with the use of marble and granite wastes instead of aggregate in concrete. The use of marble and granite wastes instead of aggregate up to 50% in concrete has shown positive effects on the mechanical and durability properties of concrete. It has been determined that these wastes can be used up to 100% instead of aggregate in concrete. According to the studies examined, it has been found that the use of marble and granite wastes separately or together with industrial wastes such as fly ash and silica fume affects the mechanical properties of mortar and concrete positively. It has been revealed that marble and granite wastes can be used in concrete or mortar as sustainable recycling materials.

Keywords: Marble waste, granite waste, concrete, recycle.

YENİ BİR TİYOKZANTON KARBOKSİLİK ASİT TÜREVİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE FOTOBAŞLATMA ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ

Mine Subaşıoğlu
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Bölümü
minesubasioglu@gmail.com

Gönül S. Batıbay
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Bölümü
gonul.batibay@gmail.com

Elif Özçelik Kazancıoğlu
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Bölümü
elif.ozcelik93@gmail.com

H. Miraç Dizman
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Bölümü
mirac.dizman@hotmail.com

Meral Aydın
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Kimya Anabilim Dalı
maydin@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4267-6338

Nergis Arsu
Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Kimya Anabilim Dalı
narsu@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1362-2517

Özet
Monomer ve /veya oligomer formülasyonunun ultraviyole veya görünür bölgede absorpsiyon yapan bir fotobaşlatıcının aktif bir merkez oluşturulmasıyla başlayan zincirleme reaksiyon fotopolimerizasyon olarak adlandırılır. Fotobaşlatıcının foton absorplama yeteneği molar absorptivite katsayısı (ε), absorplanan fotonun reaksiyon meydana getirebilmesi ise kuantum verimi ile ilişkilidir (φ). Formülasyonlara eklenen fotobaşlatıcılar başlatıcı radikalleri oluşturma şekillerine göre Tip I ve Tip II olarak sınıflandırılmaktadır. Benzofenon, Tiyokzanton (TX) ve türevleri olan Tip II fotobaşlatıcılar sınıfına dahil olup, yüksek molar absorptivite katsayısına sahiptirler. Tek bileşenli II. Tip fotobaşlatıcılar herhangi bir yardımcı başlatıcıya gerek olmaksızın başlatıcı radikalleri oluşturma yeteneğine sahiptirler. Aynı molekülde hem kromoforik ve hem de hidrojen verici grubu içerirler. Bu nedenle II. Tip fotobaşlatıcılara kıyasla birçok açıdan çok daha avantajlıdırlar. Fotobaşlatıcıların farklı çözücülerle etkileşimi fotobaşlatıcının fotobaşlatma etkinliği üzerinde büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada yeni bir fotobaşlatıcı olarak sentezlenen 2-Amino-2-(9-okso-9H-Tiyoksanten-2-il) asetik asit'in fotofiziksel özellikleri, farklı çözücüler varlığında incelendi. Temel ve uyarılmış hallerinin farklı çözücülerle etkileşimi UV-Vis absorpsiyon ve Floresans emisyon spektroskopisi teknikleriyle kullanılarak incelenmiştir. Çözücüye bağlı olarak değişen floresans kuvantum verimleri ayrıca hesaplanmıştır. Fotobaşlatıcının triplet enerjisi ve fosforesans ömrü 77 K de fosforesans emisyon spektrumundan elde edilmiştir. Fotobaşlatıcının fotobaşlatma mekanizması fotofiziksel özelliklerine ilave olarak fotopolimerizasyon deneyleri ile de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotopolimerizasyon, Fotobaşlatıcı, Fotofiziksel Özellikler, Tiyokzanton, Kuvantum Verimi.

Kaynakça

[1] Koyuncu U., Metin E., Ocal N., Arsu N., Synthesis of one-component type II dithioxanthone-disulfide photoinitiator and investigation of photophysical and photochemical properties, European Polymer Journal,2021.

[2] S. Mutlu, K. Watanabe, S. Takahara, and N. Arsu, Thioxanthone–anthracene-9-carboxylic acid as radical photoinitiator in the presence of atmospheric air, J. Polym. Sci. Part A Polym. Chem., 2018.
[3] Y. Yagci, S. Jockusch, N.J. Turro, Photoinitiated polymerization advances, challenges, and opportunities, Macromolecules 43, 2010.
[4] D. K. Balta, G. Temel, M. Aydin, and N. Arsu, Thioxanthone based water-soluble photoinitiators for acrylamide photopolymerization, Eur. Polym. J., 2010.
[5] F. Karasu, M. Aydin, M. A. Kaya, D. K. Balta, and N. Arsu, Determination of photoinitiated polymerization of multifunctional acrylates with acetic acid derivatives of thioxanthone by RT-FTIR, Prog. Org. Coatings, 2009.
[6] S. Keskin, M. Aydin, I. Khudyakov, and N. Arsu, Study of the polymerization of methyl methacrylate initiated by thioxanthone derivatives: A magnetic field effect, Turkish J. Chem., 2009.
[7] M. Aydin, N. Arsu, Y. Yagci, S. Jockusch, and N. J. Turro, Mechanistic study of photoinitiated free radical polymerization using thioxanthone thioacetic acid as one-component type II photoinitiator, Macromolecules, 2005.

FOSFATIDILKOLİN VE SFİNGOMYELİNİN ETKİLEŞMELERİ ONLARIN TERMOTROPİK ÖZELLİKLERİNİ DEĞİŞTİRİR

Tuğçe Özgel
Kocaeli Üniversitesi / Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
tugce-ozgel1999@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-1787-0099

Sedef Taze
Kocaeli Üniversitesi / Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Sedeftaze4@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2134-0405

Sevgi Türker-Kaya
Kocaeli Üniversitesi / Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Sevgi.turker@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5393-0207

Özet
Membran lipitlerinin termotropik parametrelerinin belirlenmesi biyolojik sistemlerdeki davranışlarının değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Fakat lipit bileşenlerinin karşılıklı etkileşimleri göz önünde bulundurulduğunda bu parametrelerin lipit karışımlarında belirlenmesi onların biyolojik sistemlerdeki davranışların belirlenmesi açısından daha uygundur. Bu çalışmada biyolojik zarların yapısında en yaygın olarak bulunan lipit çeşitlerinden olan fosfatidilkolin (PC) (16:0) ($C_{40}H_{80}NO_8P$) (M.A.734.04 g/mol) ve sfingomyelin (SM) (16:0) ($C_{39}H_{79}N_2O_6P$) (M.A.703.03 g/mol) arasındaki etkileşim onların termotropik özellikleri üzerinden araştırıldı. Bu amaçla, saf PC, saf SM ve PC/SM (1:1) karışımlarını içeren çok katmanlı vezikül model membranlar (MLV'ler) diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC) kullanılarak incelendi. Jelden fazdan sıvı kristal faza geçişin entalpi ve faz geçiş sıcaklık (Tm) değerleri termotrofik parametreleri değerlendirmek için kullanıldı. Kalorimetrik analizlerle, literatürle uyumlu olarak PC ve SM'nin Tm değerleri sırasıyla 41.5 °C ve 37.3 °C olarak elde edildi. PC/SM karışımı, her bir saf lipitinkinden daha yüksek Tm (38.5 °C) ve daha düşük entalpi (10.4 J/g) değerlerine sahip tek bir daha geniş ana faz geçiş piki gösterdi. DSC sonuçları PC ve SM'nin birbirleri ile güçlü bir şekilde etkileşime girdiklerini ve bu etkileşmenin onların termotropik parametrelerini önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koydu. Bu sonuç sayesinde PC ve SM lipit bileşenlerinin biyolojik membran sistemleri içindeki davranışı hakkında bilgi edinildi.

Anahtar Kelimeler: fosfatidilkolin, sfingomyelin, karışım, termotropik parametre, etkileşim, diferensiyel tarama kalorimetresi

POLİAROMATİK FOTOBAŞLATICI DİOKSİTİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Özden Esen
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fizikokimya
ozdenesenn@gmail.com

H. Miraç Dizman
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fizikokimya
mirac.dizman@hotmail.com

Nergis Arsu
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fizikokimya
narsu@yildiz.edu.tr

Özet
Fotopolimerizasyon, sıvı reçine sistemlerinin ışık enerjisi ile hızlı bir şekilde çapraz bağlı katı polimerlere dönüşmesini sağlayan bir yöntem olup; radikal fotopolimerizasyon, fotoaktif maddelerin aydınlatılmasıyla oluşan radikaller aracılığıyla gerçekleşen çevre dostu bir polimerizasyon yöntemidir. Düşük sıcaklıklarda hızlı gerçekleşmesi ve daha az enerji gereksinimi gibi avantajları sayesinde son derece etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca fotopolimerizasyon, güvenilir ve az tehlikeli bir yöntem olduğundan birçok uygulamada tercih edilmektedir. Yıllar içinde, çok çeşitli Tip I ve Tip II fotobaşlatıcılar geliştirilmiştir. Işıkla başlatılan radikal polimerizasyon, hem α- bağlanması (Tip I) hem de H-abstraksiyonu (Tip II) başlatıcılar tarafından başlatılabilir. Tek bileşenli Tip II fotobaşlatıcılar, bir molekülde emici ve hidrojen veren kısımlar içerir, böylece bir yardımcı başlatıcıya ihtiyaç duymadan aktif radikaller oluşturabilir ve polimerizasyonu başlatabilirler. Bu çalışmada sentezlenen fotobaşlatıcının karakterizasyonu spektrofotometrik ve kromotografik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Temel ve uyarılmış haldeki fotofiziksel özellikleri UV - vis absorpsiyon ve floresans emisyon spektroskopi teknikleri ile incelendi. Triplet enerjisi ve fosforesans ömrü fosforesans spektroskopisi ile 77 K de gerçekleştirildi. Fotobaşlatıcı etkinliği model bir akrilat olan metil metakrilatın fotobaşlatılımış polimerizasyonunda saptandı.

Anahtar Kelimeler: Fotopolimerizasyon, Tiyokzanton-Dioksit, Fotobaşlatıcılar

BİR ENERJİ DEPOLAMALI FOTOVOLTAİK GÜÇ SİSTEMİNİN PVSOL PROGRAMI KULLANILARAK PERFORMANS ANALİZİ

Esra Aydın
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, KOCAELİ

Şule Özdemir
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, KOCAELİ

Özet
Fotovoltaik Güç Sistemleri, alternatif enerji kaynakları olarak tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler iklim şartlarından doğrudan etkilenmektedir. Enerji depolama ile, yalnız belirli bir zamanda enerji verebilen yenilenebilir enerji kaynağının enerjisini depolayarak enerji üretiminde süreklilik sağlayarak talep edilen enerjiyi karşılayabilecektir. Bu çalışmada, Şanlıurfa'nın Hilvan ilçesinde bulunan 999 kWp'lik şebeke bağlantılı fotovoltaik bir güç sisteminin PvSOL programına aktarılarak bu sisteme enerji depolama eklenmesiyle gerçek durum üretim verileri ile simülasyon üretim verilerinin kıyaslanması ele alınmaktadır. PvSOL programının kullanımı ile, gerçeğe yakın sistem tasarlamak ve analizler yapabilmek mümkündür. Kurulu sistemde kullanılan 999kWp'lik panel modülü ve 60 kW kapasiteye sahip 17 adet inverter gerçeğe uygun olarak PvSOL programında veri girişi yapılmıştır. Bunlara ek olarak PvSOL programında fotovoltaik güç sistemine uygun kapasitede 2 adet batarya grubu entegre edilmiştir. Bu çalışmada, batarya beslemeli bir fotovoltaik sistemin performans analizi sunulmaktadır. Sistemin kapasite faktörü ve performans oranı elde edilmektedir. 25 yıl faydalı ömre sahip olan fotovoltaik güç sisteminin, enerji depolama eklenmesinin amortisman süresi hesaplanmaktadır. Bu çalışma; mevcutta kurulu olan fotovoltaik güç sistemlerinin daha verimli hale getirilebilmesi için yapılacak revizyon çalışmalarına ve tasarım aşamasında olan fotovoltaik güç sistemleri için yapılacak fizibilite çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Depolama, Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Güç Sistemi, PvSOL

PERFORMANCE ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM WITH ENERGY STORAGE USING PVSOL SOFTWARE

Abstract
Photovoltaic Power Systems are widely used all over the world as alternative energy sources. However, it is directly affected by climatic conditions. With energy storage, it will provide continuity in energy production by storing the energy of a renewable energy source, which can only give energy at a certain time, and the demand will be able to provide energy. In this study, a 999 kWp grid-connected photovoltaic power system located in Hilvan district of Şanlıurfa is simulated in PvSOL software and compared with the simulation results with the addition of energy storage to this PV system. By using PvSOL software, it is possible to design and analyze realistic systems. Data entry was made in the PvSOL software in accordance with real parameters, with PV panel modules of 999kWp and 17 inverters with a capacity of 60 kW. In addition to these, 2 battery groups with a capacity suitable for the photovoltaic power system have been integrated in the PvSOL software. In this study, the performance analysis of a photovoltaic system with battery support is presented. The capacity factor and performance ratio of the PV system are obtained. The amortization period of the photovoltaic power system, which has a useful life of 25 years, for adding energy storage is calculated. This study will contribute revision studies to make the existing photovoltaic power systems more efficient, and the feasibility studies for the photovoltaic power systems in the design phase.

Keywords: Energy Storage, On-grid Connected Photovoltaic Power System, PvSOL

MONOMERİK VE DİMERİK SUDA ÇÖZÜNEN DEMİR FTALOSİYANİNLER

Derya Aydın
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, İstanbul, Türkiye
Gebze Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Gebze, Kocaeli, Türkiye
derya10.aydin@gmail.com

Ümit Salan
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, İstanbul, Türkiye
usalan@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0379-1066

Ümit İşci
Gebze Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Gebze, Kocaeli, Türkiye
u.isci@gtu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6285-0524

Fabienne Dumoulin
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tıp Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
Fabienne.Dumoulin@acibadem.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0388-8338

Özet
Spektroskopik, optik ve elektronik özellikleri nedeniyle ftalosiyanin kompleksleri, modern dünyada yeşil kimya, güçlü katalizör moleküller olmaları nedeniyle enerji ve çevre gibi birçok önemli uygulamada çok geniş bir rol oynamaktadır. Ftalosiyanin kompleksleri klorofil ve hemoglobin gibi biyomolekül sınıfında yer alıp, genellikle biyo uyumludur ve toksik değildir. Bu gibi özellikler, ftalosiyaninleri sağlık alanındaki uygulamalar için hedef molekül haline getirmektedir (1). Birçok uygulama alanı, ftalosiyaninin suda çözünür olmasını istemektedir. Suda çözünürlük için genel olarak ftalosiyanin halkasına anyonik veya katyonik gruplar sübstitüe edilmiştir. Nötral suda çözünür gruplar ise oldukça az bulunmaktadır. Ancak poliokso ve polietilenglikol sübstitüentlerinin, kan sirkülasyon yaşam süresini arttırdıklarından dolayı biyolojik uygulamalar için oldukça uygun olduğu bilinmektedir. Ayrıca, monomerik ve mu-nitrido demir ftalosiyaninlerin biyolojik uygulamalarda kullanımları nadir olup, manyetik olarak aktiftir ve bu özelliklerinden dolayı manyetik görüntüleme uygulamaları için uygun olabileceği tahmin edilmektedir. Şimdilik bu tür kompleksler daha çok kataliz uygulamalar için kullanılmaktadır (2) Bu çalışmada, suda çözünür monomerik ve mu-nitrido dimerik demir ftalosiyanin kompleksleri sentezlenmiştir ve yapıları aydınlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ftalosiyanin, demir, suda çözünürlük, monomer, dimer, mu-nitrido

Kaynakça

(1) Pui-Chi Lo, M. Salomé Rodriguez-Morgade, Dennis K. P. Ng, Tomas Torres, Ravindra Pandey and Fabienne Dumoulin, The unique features and promises of phthalocyanines as advanced photosensitisers for photodynamic therapy of cancer, *Chemical Society Reviews*, **2020**, 49, 1041-1056
(2) İşci Ü., Dumoulin F., Sorokin A. B., Ahsen V. N -bridged dimers of tetrapyrroles complexed by transition metals: syntheses, characterization methods, and uses as oxidation catalysts. *Turk J Chem.* 2014; 38(6): 923-949.

MONOMERİC AND DİMERİC WATER-SOLUBLE IRON PHTHALOCYANİNES

Abstract
Thanks to their spectroscopic, optical, and electronic properties, phthalocyanine complexes play a huge role in modern applications such as green chemistry, energy, and catalysts. Phthalocyanine belong to the family of chlorophyll and hemoglobin biomolecules. Moreover, they are generally biocompatible and non-toxic. These properties make phthalocyanines a target molecule for applications in healthcare (1). Many applications require phthalocyanine to be water-soluble. Anionic or cationic substituents are frequently used, whereas neutral water-soluble groups are rarer. However, it is known that polyoxo and

polyethyleneglycol substituents are quite convenient for biological applications because they increase blood circulation lifetime. The use of iron phthalocyanines in biological applications is rare. Since they are magnetically active, they are likely to be of interest for magnetic imaging applications. So far however they have been mainly used for catalytic applications (2).
In this study, water-soluble monomeric and mu-nitrido dimeric iron phthalocyanine complexes were prepared and characterized.

Keywords: Phthalocyanine, Iron, Water-solubility, Monomer, Dimer, mu-nitrido

COMPUTATIONAL SPEED PERFORMANCE COMPARISON OF FAST FOURIER TRANSFORM LIBRARIES IN 2D

Muhammed Selman Erel
Ankara Yildirim Beyazit University, Engineering and Natural Science Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department
mserel@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6719-0433

Abstract
Analysis is sitting at the heart of solution for engineering and scientific problems. Fourier transform is one of the most powerful linear analysis tools. Discrete methods became popular with digital technologies. Discrete Fourier Transform (DFT) is utilized for mathematical problems in digital domain nowadays. Amount of data motivates to find computationally efficient solution methods. Fast Fourier Transform (FFT) is mostly preferred for modern solutions of recent mathematical problems. Complexity in programming languages trigger the effort for more user friendly languages. Python is one of such high level programming language. It is preferred commonly for scientific computations and data analysis activities. Faster FFT libraries are created for Python as open source. In this study, 2D-computational performance of open source FFT libraries in Python, FFTW, fftpack, numpy, scipy in terms of memory is compared.

Keywords: FFT, DFT, FFTW, fftpack, Python, speed

KABLOSUZ ŞARJ SİSTEMLERİ İÇİN TEK FAZLI YÜKSEK FREKANSLI EVİRİCİ TASARIMI

Museyib HABİBLİ
Kocaeli Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi/ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
museyibhabibli98@gmail.com

Mehmet DAL
Kocaeli Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi/ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği bölümü
mdal.kou@gmail.com

Özet
Bu tez çalışmasında kablosuz şarj sistemlerinin en önemli işlevini gerçekleştiren yüksek frekanslı tek fazlı bir evirici tasarımı ve kontrolü amaçlanmaktadır. Tezin kapsamı köprü tip tek faz yüksek frekanslı evirici tasarımı (çıkış trafosu dahil) ve kontrolünün modellenmesi, simülasyon ve deneysel olarak gerçekleştirilmesi ile sınırlıdır. Başlangıçta evirici tasarım parametreleri belirlenerek analitik yöntemlerle sistem modeli geliştirilmiş ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla lisanslı Matlab/Simulink kullanılmıştır. Güç devresi için baskı devrenin donanım tasarımı Altium Designer kullanılarak yapılmış ve evirici güç katı için 40-80 kHZ aralığında yüksek anahtarlama frekanslı silikon (SiC) tabanlı mosfet yarı iletken anahtarlar ve optik izolasyonlu uygun kapı sürme entegreleri kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar yapılarak tasarımın uygulanabilir olması kanıtlanmıştır. Simülasyon sonuçları ile uygulama sonuçları karşılaştırılmış ve elde edilen bulgular tezde sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: evirici tasarımı, simülasyon, yüksek frekans.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING BASED COVID-19 CLASSIFICATION METHODS

Farid AL-AREQI
Kocaeli University, Natural Science Institute, Biomedical Engineering
ffuad95@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7607-993X

Mehmet Zeki KONYAR
Kocaeli University, Software Engineering Department
mzeki.konyar@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8914-5553

Abstract
Artificial intelligence has spread to a wide range of applications in recent times. Artificial intelligence is becoming more and more popular as it provides useful solutions for different fields of science since they automate the decision process by extracting the features known as meaningful characteristics in the data. In artificial intelligence applications, machine learning methods in which the features are obtained with the help of various formulas and deep learning methods in which the features are extracted automatically with approaches such as neural networks are used. Because of machine learning and deep learning methods accelerate the decision processes, medicine has been one of the most important usage areas of artificial intelligence. As in many diseases in the field of medicine machine learning and deep learning algorithms give useful results also for coronavirus (Covid-19) disease where rapid diagnosis is crucial. In this study, first of all, public data sets used for the classification of Covid-19 with the help of learning algorithms were examined in detail. Then, current machine learning and deep learning algorithms using these datasets were analyzed. Especially, a comprehensive evaluation has been made on feature extraction methods and classifiers used for machine learning, and current network architectures, transfer learning models, and dataset preprocessing methods used for deep learning. The obtained results were evaluated for disease detection and classification and their usage in the process evaluation of the disease. As a result of this study, we reached two important findings. First, contrary to the classical perception, deep learning methods for Covid-19 do not always achieve better results than machine learning methods. Second, although the accuracy of methods using images from a single device is very good, the accuracy values achieved by methods using datasets collected from different sources or tested on more than one dataset are more realistic.

Keywords: Classification, Covid-19, Deep Learning, Machine Learning.

*This study was supported by Kocaeli University Scientific Research Projects Coordination Unit with Project Number: 2021-2751.

MAKİNE ÖĞRENMESİ VE DERİN ÖĞRENME TEMELLİ COVID-19 SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Özet
Yapay zekâ yakın tarihlerde oldukça geniş uygulama alanlarına yayılmıştır. Verideki anlamlı özellikler olarak bilinen öznitelikleri çıkartarak karar sürecini otomatik hale getirmeleri sebebiyle farklı bilim alanları için kullanışlı çözümler sunması yapay zekayı giderek daha da popüler hale getirmektedir. Yapay zekâ uygulamalarında özniteliklerin çeşitli formüller yardımıyla elde edildiği makine öğrenmesi yöntemleri ve özniteliklerin sinir ağları gibi yaklaşımlarla otomatik olarak çıkartıldığı derin öğrenme yöntemleri kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinin karar süreçlerini hızlandırmaları sebebiyle, tıp en önemli yapay zekan kullanım alanlarından birisi olmuştur. Tıp alanında birçok hastalıkta olduğu gibi, özellikle hızlı teşhisin hayati önem taşıdığı koronavirüs (Covid-19) hastalığında da makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları faydalı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada öncelikle, Covid-19'un öğrenme algoritmaları yardımıyla sınıflandırılması için kullanılan halka açık veri setleri ayrıntılı olarak incelenmiştir Daha sonra, bu veri setlerini kullanan güncel makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları analiz edilmiştir. Özellikle makine öğrenmesi için kullanılan

öznitelik çıkarma yöntemleri ve sınıflandırıcılar ile derin öğrenme için kullanılan güncel ağ mimarileri, transfer öğrenmesi modelleri ve veri seti ön işleme metodları üzerinde kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçların hastalık tespiti ve sınıflandırması ile hastalığın süreç değerlendirmesinde kullanımı değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda iki önemli bulguya ulaşılmıştır. Birincisi, klasik algının aksine, Covid-19 için derin öğrenme yöntemleri her zaman makine öğrenmesi yöntemlerinden iyi sonuçlara ulaşmamaktadır. İkincisi, tek bir cihazdan alınan görüntüleri kullanan yöntemlerin doğrulukları çok iyi olmasına rağmen, farklı kaynaklardan toplanan veri setlerini kullanan, veya birden fazla veri seti üzerinde test edilen yöntemlerin eriştiği doğruluk değerleri daha gerçekçidir.

Anahtar Kelimeler: Sınıflandırma, Covid-19, Derin Öğrenme, Makine Öğrenmesi.

L7 SINIFI MİKRO ELEKTRIKLI ARAÇ TASARIMI VE YANAL TAŞIT DİNAMİĞİ OPTİMİZASYONU

Hakan KÖYLÜ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
hkoylu@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Sümeyra KOÇ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
koc.sumeyraa@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Özet
Çağımızın problemlerinden bir olan trafik ve park sorunu gün geçtikçe artmaya devam etmektedir. Bununla birlikte artan yakıt sarfiyatı, çevre ve hava kirliliğininde de büyük ölçüde artışa sebep olmuştur ve bu artış her geçen gün devam etmektedir. Günümüzde pandemi süreciyle birlikte paket sipariş ve kurye yoğunluğu oldukça artmış bulunmaktadır. Genellikle bu tür paket servisler motosiklet ile sağlanmaktadır fakat kuryelerin yoğunluk sebebiyle trafikte yaşadığı problemler, yakıt sarfiyatı ve kötü hava şartları da göz önünde bulundurulduğunda mikro araçlara olan ilgi oldukça artmıştır. Dolayısıyla paket servis iletimi sağlan birçok firma küçük ölçülerde elektrikli araç arayışına girmiştir. Özellikle ülkemizde otomotiv Ar-Ge merkezlerine gelen talepler bu durumu doğrular niteliktedir. Durum böyle olunca otomotiv piyasasındaki birçok firma L6 ve L7 sınıfı elektrikli mikro-araç tasarımları gerçekleştirmeye başlamıştır. Bu tür küçük ölçülere sahip mikro araçların avantajlarını sıralayacak olursak; binek bir taşıta nazaran daha küçük ölçülere sahip olduğundan park yeri problemini minimize edecektir, özellikle kargo-paket teslimatı yapan kuryeler için kötü hava koşullarından korunmalarını sağlayacaktır, kısa mesafe ulaşımları için idealdir, binek araçlara göre daha ucuzdurlar. Avantajlarının yanı sıra en büyük dezavantajlarından biri de viraj anında devrilmeleridir. Hafif olmaları ve dar iz genişliğine sahip olmaları sebebiyle ve ağırlık merkezi yüksekliği de ne kadar yukarıdaysa bu durum kaçınılmaz bir hal almaktadır. Bazı mikro araçlarda devrilmeyi önlemek için ek aktüatörler kullanılır veya devrilme momenti oluşturmak için araç frenlerini kullanır. Fakat ek aktüatörler kullanmak ekstra maliyet demektir. Tam da bu noktada tezin amacına değinilmiştir. Bu çalışmada ek bir maliyet gerektirmeden kendi sınıfında yer alan benzer araçlardan daha da küçük boyutlara sahip bir mikro aracın, Adams/Car programında süspansiyon sistemlerinin optimum tasarımı ve Adams/Insight programı ile yapılan ağırlık merkezinin optimizasyonu ile aracın yanal dinamik davranışlarını optimum seviyede tutarak güvenli sürüş ve iyi bir manevra kabiliyetine sahip araç modeli elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşıt Dinamiği, Mikro-Araç, Optimizasyon, L7 Sınıfı Araçlar, Süspansiyon, Ackermann

L7 CLASS MICRO ELECTRIC VEHICLE DESIGN AND LATERAL VEHICLE DYNAMICS OPTIMIZATION

Abstract
Traffic and parking problem, which is one of the problems of our age, continues to increase day by day. However, increasing fuel consumption has also caused a great increase in environmental and air pollution, and this increase continues day by day. Today, with the pandemic process, the density of package orders and courier has increased considerably. Usually, such package services are provided by motorcycle, but the interest in micro vehicles has increased considerably, considering the problems experienced by the couriers in traffic due to the density, fuel consumption and bad weather conditions. Therefore, many companies that provide package service delivery have started to search for electric vehicles in small sizes. In particular, the demands received from automotive R&D centers in our country confirm this situation. As this is the case, many companies in the automotive market have started to design L6 and L7 class electric micro-vehicles. If we list the advantages of micro-tools with such small dimensions; Since they have smaller dimensions compared to a passenger vehicle, they will minimize the parking problem, they will protect them from bad weather conditions, especially for the couriers who deliver cargo-packages, they are ideal for short distance transportation, they are cheaper than

passenger vehicles. In addition to their advantages, one of the biggest disadvantages is that they tip over when cornering. This is inevitable due to their light weight and narrow track width, and the higher the center of gravity is. Some micro vehicles use additional actuators to prevent rollover or use vehicle brakes to generate rollover torque. But using additional actuators means extra cost. At this point, the aim of the thesis is mentioned. In this study, the optimum design of suspension systems in the Adams/Car program and the optimization of the center of gravity made with the Adams/Insight program of a micro vehicle, which has even smaller dimensions than the similar vehicles in its class, without requiring any additional cost, keep the vehicle's lateral dynamic behaviours at the optimum level and ensure safe driving and safety. A vehicle model with good manoeuvrability has been obtained.

Keywords: Vehicle Dynamics, Micro-car, Optimization, L7 Class Vehicles, Suspension, Ackermann

MEKÂN DİZİMİ YAKLAŞIMI KULLANILARAK GELENEKSEL KONUT DEĞİŞİMİNİN SAYISALLAŞTIRILMASI

Dilara GÖKÇEN ÜNER
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Mimarlık ABD
dilara_gokcen@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-8620-1097

Mehtap ÖZBAYRAKTAR
Kocaeli Üniversitesi / Mimarlık ve Tasarım Fakültesi / Mimarlık Bölümü
mehtap.ozbayraktar@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4460-4968

Özet
Yapılı çevrenin en küçük yapı taşlarından biri olan 'konut'un meydana getirdiği değişim yargısı, hem biçimsel gelişim hem de malzeme kullanımlarının değişmesiyle, çeşitli sosyal ve kültürel ihtiyaçlara cevap vermektedir. Ev, artık sadece basit bir hayatta kalma amacına değil, modern yaşamın karmaşık taleplerine de hizmet etmeye odaklanmaktadır. Sosyal ilişkilerin, kültürel kalıpların ve mekânın sembolik kullanımı, iklimsel, coğrafi ve teknolojik koşullara uyum gibi faktörler, yapının formunu ve dolayısıyla kullanıcı deneyimini şekillendirmektedir. Bu doğrultuda çalışmada öne sürülen varsayım; geleneksel konutun kullanımında ve konutun fiziksel yapısında oluşabilecek değişimin sayısallaştırılarak değerlendirilebilir olduğudur. Araştırmada, kapsam olarak Düzce İli kırsalında yer alan geleneksel konutlarda meydana gelen fiziksel değişimlerin mekân dizimi yaklaşımıyla incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın devamında, konut sakinlerinin mekânsal deneyimlerini etkileyen ilişkiler belirlenmekte ve bu ilişkilerin, mekân kullanımını ne yönde değiştirdiği mekân dizimi görselleştirme araçlarından biri olan geçiş grafikleriyle sergilenmektedir. Çalışmanın sonucunda, geleneksel konut ve çevresindeki değişim gözlemlenerek değerlendirilmiş ve bilimsel bir altlığa dayandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Değişimin Sayısallaştırılması, Geleneksel Konut, Mekân Dizimi.

GEOLOGY AND TRACE ELEMENT GEOCHEMISTRY OF THE BARITE MINERALIZATION IN THE NORTH OF KOCAELİ

Mohamed Moussa Farah
University of Kocaeli/ Institute of Science / Department of Geology
med.moussaf95@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Aykut Güçtekin
University of Kocaeli/ Faculty of Engineering / Department of Geology
a_guctekin@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-4329-1904

Şerafeddin Çakır
University of Kocaeli/ Faculty of Engineering / Department of Geology
scakir@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5027-6211

Fatih Özbaş
Istanbul University-Cerrahpasa / Faculty of Engineering / Department of Geology
fatih.ozbas@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6519-2718

Abstract
Barite mineralization can be observed as being veins along with quartz of the Sopalı formation which consists of mudstone, conglomerate and arcosic sandstone of Lower Ordavician within the Kocaeli peninsula Paleozoic sequence in northern Kocaeli. These barite veins reach up to 50 cm thickness and contain quartz and feldspar minerals associated with barite. Barite minerals are abundant in partially ellipsoidal, mosaic textured rocks with varying grain sizes and shapes. The oscillatory extinction observed in the thin sections of the barites indicates that the mineralization is under the effect of tectonism. Common sericitization and kaolinization are observed in feldspar minerals. Quartz, barite, muscovite and albite minerals were determined as a result of XRD studies performed on the samples. Iron-magnesium-rich minerals such as hematite and clinochlor were encountered in the altered parts of the veins. In the arcoses, which form the host rock of the mineralization, there is quartz, feldspar minerals and matrix composed of sericite. Quartz grains are generally of magmatic origin Fluid inclusion data obtained from the barites indicated a formation from a fluid with moderate salinity (7.5–9.8 wt.% NaCl eq.) at homogenization temperatures between 114 and 191 °C. According to the trace element ratios such as Ce_N/Sm_N and Ce_N/Yb_N, it can be said that the barites are formed by a hydrothermal fluid dominated by sea water.

Keywords: Kocaeli Paleozoic, barite, trace element geochemistry, fluid inclusion

KOCAELİ KUZEYİNDEKİ BARİT MİNERALİZASYONUNUN JEOLOJİSİ VE İZ ELEMENT JEOKİMYASI

Özet
Kocaeli kuzeyinde Kocaeli yarımadası Paleozoyik istifi içerisindeki Alt Ordovisiyen yaşlı, arkoz bileşimli kumtaşı, çakıltaşı ve çamurtaşından oluşan Sopalı formasyonunda damarlar şeklinde kuvarslarla birlikte barit cevherleşmesi gözlenmektedir. Bu baritli damarlar yaklaşık 50 cm kalınlıklara kadar ulaşmakta ve baritle birlikte kuvars ve felsdispat mineralleri içermektedir. Değişken tane boyutları ve şekilleriyle kısmen elipsoidal, mozayik dokulu kayaçlarda barit minerallerinin bollukları oldukça fazladır. Baritlerin ince kesitlerinde gözlenen dalgalı sönme cevherleşmenin tektonizma etkisinde kaldığına işaret etmektedir. Feldispat minerllerinde yaygın serisitleşme ve kaolenleşme gözlenmektedir. Örneklerden yapılan XRD çalışmaları sonucunda kuvars, barit, muskovit ve albit mineralleri tespit edilmiştir. Damarların altere bölümlerinde ise hematit, klinoklor gibi demir-magnezyumca zengin minerallere rastlanılmıştır. Cevherleşmenin yan kayacını oluşturan arkozlarda Kuvars, feldispat mineralleri ve serisitten oluşmuş matriks bulunmaktadır. Kuvars taneleri genellikle mağmatik kökenlidir. Baritlerden elde edilen sıvı kapanım verileri, 114 ve 191 °C arasındaki homojenizasyon sıcaklıklarında ve orta derecede tuzluluğu (ağırlıkça %7.5–9.8 NaCl eq.) olan bir sıvıdan bir oluştuğunu

göstermektedir. Ce_N/Sm_N ile Ce_N/Yb_N gibi İz element oranlarına göre baritlerin deniz suyunun baskın olduğu bir hidrotermal sıvı ile oluştuğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kocaeli Paleozoyiği, barit, iz element jeokimyası, sıvı kapanım

MEDICAL WASTE AFTER COVID-19 PANDEMIC: MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

Sukru DURSUN
Konya Technical University, Environmental engineering Department, Konya, Turkey
sdursun@ktun.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-9502-1178

Zoran SAPURIC
University American College, Skopje, North Macedonia
sazoran@hotmail.com https://orcid.org/0000-0002-4289-989X

Abstract
The emergence of the novel coronavirus (COVID-19) disease has attracted global attention since December 2019. It is a contagious virus that starts with respiratory symptoms. It has been tried to be protected with personal protective equipment and personal isolation rules. Coronavirus Cases: 52 Millons; Deaths: 6 Millons Worldwide It was first seen in Wuhan province of China, 468.9 tons of medical waste are generated every day in association with COVID-19. In Indonesia (Jakarta) that the medical waste scale reached 13,000 tons apx 60 days after people were first infection. Currently, millions of contaminated face masks, gloves and materials for diagnosing, detecting and treating SARS-CoV-2 and other human pathogens are undergoing the irreversible process of becoming infectious waste. This, in turn, will cause environmental and health problems if they are stored, transported and handled improperly. Moreover, due to the increased healthcare waste owing to the COVID-19 pandemic, the threat that unsafe disposal of medical waste will spill over into environmental pollution is palpable and immediate. Consequently, one of the many problems that will inevitably occur is contagious waste, which, if not managed properly, may be the root cause of severe diseases and environmental problems. One of the effects of Covid-19 pandemic on medical waste was to increase the generation of this type of waste, which in the studied hospitals were found to be 0.95 to 3.51 kg/bed/day. Masks, gloves and protective gowns, which are the main defense tools in the fight against coronavirus and protection, are turning into a growing waste problem worldwide. Uncollected waste, after being dragged by winds and rains, can enter the sewer and enter the water. To reduce the burden of wastes and environmental pollution, both industrial and municipal wastes should be recycled and reused. Moreover, hazardous and infectious medical waste should be properly managed by municipal and hospitals. Therefore, proper strategies should be adopted to control environmental degradation and wastes. In this study, several major thermochemical conversion technologies, particularly their suitability to dispose of COVID medical waste, are reviewed. These include combustion, carbonization/heating, pyrolysis and gasification. Among these thermochemical conversion technologies, incineration is thought to facilitate a wide variety of medical waste types followed by gasification and pyrolysis.

Keywords: Medical Waste, coronavirus Pandemic, Management, Environmental Impacts,

COVID-19 PANDEMİSİ SONRASI TIBBİ ATIK: YÖNETİM VE ÇEVRESEL ETKİLER

Özet
Yeni koronavirüs (COVID-19) hastalığının ortaya çıkması Aralık 2019'dan bu yana küresel ilgiyi üzerine çekiyor. Solunum semptomlarıyla başlayan bulaşıcı bir virüs olan Corona-19 için kişisel koruyucu ekipman ve kişisel izolasyon kuralları ile korunmaya çalışılmıştır. Şu anda Dünya Çapında Corona-virüs vakaları 52 Milyon; Ölümler 6 Milyonu bulmuştur İlk kez Çin'in Wuhan eyaletinde görülen COVID-19 ile bağlantılı olarak her gün 468,9 ton tıbbi atık üretilmektedir. Endonezya Jakarta'da tıbbi atık ölçeği, insanların ilk enfeksiyon kapmasından 60 gün içinde yaklaşık 13.000 tona ulaşmıştır. Şu anda, SARS-CoV-2 ve diğer insan patojenlerini teşhis etmek, tespit etmek ve tedavi etmek için milyonlarca kontamine yüz maskesi, eldiven ve malzeme, geri dönüşü olmayan bulaşıcı atık olma sürecinden geçiyor. Bunun yanında yanlış depolanmaları, taşınmaları ve uygun şekilde kullanılmamaları halinde çevre ve sağlık sorunlarına yol açacaktır. Ayrıca, COVID-19 pandemisi nedeniyle artan sağlık hizmeti atıkları nedeniyle, tıbbi atıkların güvenli olmayan şekilde imha edilmesinin çevre kirliliğine yayılması tehdidi öne çıkmakta ve acil tedbir alınması elzemdir. Sonuç olarak, kaçınılmaz olarak ortaya

çıkacak birçok sorundan biri, uygun şekilde yönetilmezse ciddi hastalıkların ve çevre sorunlarının temel nedeni olabilecek bulaşıcı atıklar sorundur. Covid-19 pandemisinin tıbbi atık üzerindeki etkilerinden biri, incelenen hastanelerde 0,95 ila 3,51 kg/yatak/gün olarak bulunan bu tür atıkların oluşumunu artırmaktı. Corona-virüsle mücadelede ve korunmada temel savunma araçları olan maske, eldiven ve koruyucu önlükler dünya çapında giderek büyüyen bir atık sorununa dönüşüyor. Toplanmayan atıklar rüzgâr ve yağmurlarla sürüklendikten sonra kanalizasyona girerek suya girebilir. Atık yükünü ve çevre kirliliğini azaltmak için hem endüstriyel hem de belediye atıklarının geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, tehlikeli ve bulaşıcı tıbbi atıklar belediye ve hastaneler tarafından uygun şekilde yönetilmelidir. Bu nedenle, çevresel bozulmayı ve atıkları kontrol etmek için uygun stratejiler benimsenmelidir. Bu çalışmada, birkaç büyük termokimyasal dönüşüm teknolojisi, özellikle de COVID-19 tıbbi atıklarını bertaraf etmeye uygunlukları gözden geçirilmiştir. Bunlar yanma, karbonizasyon/ısıtma, piroliz ve gazlaştırmayı içermektedir. Bu termokimyasal dönüşüm teknolojileri arasında, yakmanın çok çeşitli tıbbi atık türleri için tercih sebebidir, ve ardından gazlaştırma ve pirolizi atık giderimini kolaylaştırdığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi Atık, koronavirüs Pandemisi, Yönetim, Çevresel Etkiler,

THE STRUCTURAL PROPERTIES OF $PT_{20}CU_{80}$ CATALYST FOR HYDROGEN EVOLUTION REACTION

Hasan Huseyin Isik
Cukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
hhisik@student.cu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5172-8200

Ilknur Baldan Isik
Cukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
ibaldan@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8786-7672

Dogan Kaya
Cukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
dogankaya@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6313-7501

Faruk Karadag
Cukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
fkaradag@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7862-9085

Ahmet Ekicibil
Cukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
ahmetcan@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3071-0444

Abstract
Electrocatalysis of Pt-based provides excellent properties for hydrogen evolution reaction (HER) for hydrogen generation via water splitting. Although the limited Pt source, the high cost, and insufficient recycling processes become major problems for practical applications, alloying Pt with Cu is promising to reduce the cost and increase the electrochemical activities [1]. In this study, Pt-based NPs were synthesized by using modified polyol method to investigate the structural and HER catalysis properties with the addition of 80% Cu[2,3]. The structural properties of $Pt_{20}Cu_{80}$ NPs were determined by using X-ray diffraction (XRD) and Rietveld refinement analyses, and the crystal structure of $Pt_{20}Cu_{80}$ NPs exhibited face-centered cubic formation with two crystalline phases; Pt_1Cu_3 and Cu with a space group of $Pm\bar{3}m$ and $Fm\bar{3}m$, respectively. To define morphological properties and chemical composition of the sample were determined using a scanning electron microscope (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) techniques, respectively. SEM images revealed that no contamination was observed and the average particle size was found to be 6 nm. As a result of EDS, it was found as Pt 20%-Cu 80%. In addition, the electrocatalysis measurements of PtCu were examined for HER. The cyclic voltammetry curves were measured at different scanning rates for (5, 10, 20, 50, 75, and 100 mV s^{-1}) at between -0.5 and -1 V in 1 M KOH solution at room temperature. 1, 100, 200, 300, 400, and 500th cycles at 50mV s^{-1} were compared with each other. The performance of $Pt_{20}Cu_{80}$ catalysts became stable after the 100th cycle up to the 500th cycle at room temperature. Linear sweep voltammetry measurements were operated by comprehensive the potential between 0 and -1.6 V with a scan rate of 25 mV s^{-1}. Maximum HER value was measured as -51.57 mA cm^{-2} at -1.6 V.

Keywords: PtCu NPs, Modified polyol method, XRD, SEM, HER catalysis

References

[1] F. Fievet, S. Ammar-Merah, R. Brayner, F. Chau, M. Giraud, F. Mammeri, J. Peron, J.-Y. Piquemal, L. Sicarda and G. Viau, Chem. Soc. Rev., 2018, 47, 5187.
[2] X. Huang, Y. Chen, E. Zhu, Y. Xu, X. Duan, Y. Huang, J. Mater. Chem. A 1 (2013) 14449–14454.
[3] D. Kaya, H.H. Işık, İ. Baldan Işık, İ. Adanur, Y. Wang, M. Akyol, F. Karadağ, A. Ekicibil, Physica B: Condensed Matter, 632 (2022) 413765-413770.

THE CATALYTIC PROPERTIES OF TRIMETALIC $PT_{35}CU_{38}CO_{27}$ NANOPARTICLE

Ilknur Baldan Isik
Çukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
baldanilknur@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8786-7672

Hasan Huseyin Isik
Çukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
hhisik@student.cu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5172-8200

Dogan Kaya
Çukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
dogankaya@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6313-7501

Faruk Karadag
Çukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
fkaradag@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7862-9085

Dr. Ahmet Ekicibil
Çukurova University, Faculty of Art and Sciences, Department of Physics, Adana, Turkey
ahmetcan@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3071-0444

Abstract
Pt-based nanoparticles (NPs) attract a great interest due to their distinctive properties such as, enhancing catalytic, electronic, and optical properties from those of their bulk materials but need to lower production coast and increase specific activities for practical applications ma. In this work, we synthesized trimetallic PtCuCo NPs with modified polyol method. The crystal structures, such as crystal formation, space group, Miller indices, *d*-space, etc, of the synthesized PtCuCo NPs were investigated by using X-ray diffraction (XRD) and Rietveld refinement analyses which revealed that the crystal structure of PtCuCo NPs was a face-centered cubic structure with a space group of $Fm\bar{3}m$. The morphology of PtCuCo NPs were characterized by scanning electron microscopy (SEM) and observed as monodisperse and spherical NPs with an average particle size of 12.03 nm. The energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) technique was performed to determine stoichiometry which is found as $Pt_{35}Cu_{38}Co_{27}$. In addition, the electro catalytic activities of PtCuCo NPs were examined for hydrogen and oxygen evolution reaction catalysis (HER and OER) in 1 M KOH solution at room temperature. The cyclic voltammetry measurements were performed with different scan rates (5, 10, 20, 50, 75, and 100 mV s^{-1}) within the potential range of 0 –1.0 V vs. Ag/AgCl. As increasing scan rate increased both HER and OER activity [3]. Linear sweep voltammetry measurements were operated by sweeping the potential between 0 and -1.5 V with a scan rate of 25 mV s^{-1}. HER and OER activities were found to be -1.032 V and 0.627 V at 10 mA cm^{-2}, respectively. The maximum HER and OER activities were also recorded as -64.5 mA cm^{-2} at -1.5 V and 77.8 mA cm^{-2} at 1.5 V, respectively.

Keywords: PtCuCo NPs, Modified Polyol method, XRD, SEM, HER and OER catalysis.

References

[1] P.K. Jain, X. Huang, I.H. El-Sayed, M.A. El-Sayed, Accounts of Chemical Research, 41 (2008) 1578-1586.
[2] R.C.P. Oliveira, M. Sevim, B. Šljukić, C.A.C. Sequeira, Ö. Metin, D.M.F. Santos, Catalysis Today, 357 (2020) 291-301.
[3] D. Kaya, H.H. Işık, İ. Baldan Işık, İ. Adanur, Y. Wang, M. Akyol, F. Karadağ, A. Ekicibil, Physica B: Condensed Matter, 632 (2022) 413765-413770.

MİDYE AVCILIĞI YAPAN BALIKÇILARIN SOSYO-EKONOMİK DURUMU: İSTANBUL ÖRNEĞİ ÖN ÇALIŞMA

Asuman BAYDUR
Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Disiplinler Arası Tezli Yüksek Lisans / Su Urunleri
asumanarslan_83@hotmail.com

Mustafa Selçuk UZMANOĞLU
Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım
suzmanoglu@marmara.edu.tr

Derya GÜROY
Yalova Üniversitesi, Armutlu Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Bölümü
dguroy@yalova.edu.tr

Özet
Midye besin kompozisyonu bakımından (protein, yağ, vitamin vb.) değerli olması nedeniyle, uygun miktarlarda tüketildiğinde insan sağlığı üzerine önemli katkılar sunmaktadır. Bu nedenle dünyada olduğu gibi ülkemizde son yıllarda üretimi ve tüketimi gittikçe artmaktadır. Bu çalışma, İstanbul İli Sarıyer İlçesi Rumeli Kavağı Su Ürünleri Kooperatifi'ne üye kara midye (mytilus galloprovincialis) avcılığı yapan tekne sahipleri ile yapılmıştır. Veri toplama yöntemi olarak anket yöntemi tercih edilmiştir. Anketler kooperatife üye midye avcılığı yapan ve çalışmaya katılmayı kabul eden 25 balıkçıya uygulanmıştır. Anket formu 34 sorudan oluşmaktadır. Anketler ile balıkçıların demografik yapıları, kullandıkları av araçları, sosyo-ekonomik yapıları ve avcılık ile ilgili sorunları ve beklentilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın önemli bulguları değerlendirildiğinde midye avcılığı yapan ticari teknelerin boyları 6,8-12,1 m arasında olduğu, hepsinin ahşap ve motorlu olduğu, %68'i öz sermaye ile teknelerini aldıkları, en çok kullanılan av aracının dreç (dip sürütme av aracı) olduğu, balıkçı teknesi sahiplerinin yaş aralığının 20-64 arasında değiştiği midye av yasağı döneminde çalışmadıkları belirlenmiştir. Avladıkları ürün için balıkçıların %19 nun pazarlama kanalı olarak komisyoncuları tercih ettiği görülmüştür. Yapılan değerlendirme sonucunda, midye avcılığına açık alanlardaki av baskısı nedeni ile stokların yetersizliği ve talebin artması gibi sebeplerden dolayı balıkçılara ivedi şekilde yeni saha açılması gerektiği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kara midye, Mytilus galloprovincialis, sosyo-ekonomi, Rumeli Kavağı

Not: Bu çalışma, Asuman BAYDUR'un devam etmekte olan yüksek lisans tez çalışmasının ön verileridir.

ÇANAKKALE BOĞAZI, GEMLİK KÖRFEZİ VE İZMİT KÖRFEZİ'NİN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ULVA RİGİDA' NIN BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNE VE YETİŞTİRİCİLİK POTANSİYELİNE ETKİSİ

Deniz Taşçı
Yalova Üniversitesi, Su ürünleri, Su ürünleri
deniztasci77@gmail.com

Betül GÜROY
Yalova Üniversitesi, Su ürünleri, Su ürünleri
betulguroy@yahoo.com.tr

Özet
Bu çalışmada, Türkiye deniz sularında yaygın olarak görülen Ulva rigida' nın biyokimyasal kompozisyonlarını belirlemek ve yetiştiricilik potansiyelinin ortaya konulması amacıyla, 2021-2022 yılları arasında örnekleme istasyonları olarak seçilen Çanakkale Boğazı Güzelyalı mevki, Gemlik Körfezi Armutlu mevki, İzmit Körfezi Değirmendere mevkilerinin kıyı bölgelerinden mevsimsel olarak Ulva rigida örnekleri ve su numuneleri toplanmıştır. U. rigida ' nın yetiştiriciliği için gerekli deniz suyu fiziko-kimyasal parametrelerini belirlemek amacıyla sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleri çoklu su ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Amonyum, nitrit, nitrat ve fosfor analizleri içinde en yüksek düzeyde bulunan nitrat sonbahar döneminde 1,2 mg/L Gemlik Körfez'inde iken, en az düzeyde bulunan ise Çanakkale Boğazı'nda kış döneminde nitrit 0,001 mg/L düzeyleri analiz sonuçlarında tespit edilmiştir. Yapılan kuru ağırlık analizleri sonucunda Gemlik Körfezi ve Çanakkale Boğazı'nda en yüksek artış sonbahar mevsiminde olmuş iken İzmit Körfez'inde ise kış mevsiminde olmuştur. Protein analizleri sonuçlarına göre Gemlik Körfezi, Çanakkale Boğazı, İzmit Körfezi sırasıyla en yüksek değerler %21,06 %15 %25,96 olarak kış döneminde tespit edilmiştir, en düşük değerler ise %11,45 %13,76 %12,88 olarak yaz döneminde bulunmuştur. Yağ analizlerinde en düşük değer %0,16 Gemlik Körfezi'nde yaz döneminde iken en yüksek değer %0,542 kış döneminde İzmit körfezi istasyonunda bulunmuştur. Her üç istasyonda kış mevsiminde yağ oranları yükselmiştir. Çalışma bulgularına göre Ulva rigida makroalginin, Türkiye sularında hem yaygın görülmesi hem de deniz suyunun fizikokimyasal değerlerinin elverişli olması sebebiyle yetiştiricilik potansiyelinin yüksek olduğu düşünülebilir. Bu çalışma Çanakkale Boğazi, Gemlik Körfezi ve İzmit Körfezi'nin Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin Ulva rigida' nin Biyokimyasal Özelliklerine ve Yetiştiricilik Potansiyeline Etkisi devam etmek olan yüksek lisans tez çalışmasının ön verileridir.

Anahtar Kelimeler: Su ürünleri yetiştiriciliği, makro-alg, biyokimyasal kompozisyon

TARİHİ MARDİN ŞAHKULUBEY KÜMBETİNDEKİ YAPISAL BOZULMALAR VE RESTORASYON ÖNERİSİ

Ömer Kadir Ahıskalı
Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği Bölümü
omerkadirahiskali@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9815-8476

Ahmet Gökdemir
Gazi Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
ahmetgok@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2151-6228

Tahir Ateş
Mardin Artuklu Üniversitesi / Mardin Meslek Yüksekokulu / İnşaat Bölümü
tahirates@artuklu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3910-8126

Fatih Karaçor
Gazi Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü
fatihkaracor@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1201-7857

Özet
Tarih boyunca dil, din ve kültür çeşitliliğinin ve birlikteliğinin hoşgörü üzerine kurulu olduğu ender şehirlerden birisi olan Mardin, ortaya çıkmış olan tarihi eserleri ile bu durumu desteklemektedir. Farklı yönetimlere mesken olmuş bu kadim şehir, ekonomi ve istikrar anlamında zirveyi 12.YY'da Artuklular döneminde yaşamıştır. Bugüne ulaşan eserlerin birçoğu o dönemin yansımalarıdır. Şahkulubey Kümbeti de günümüze ulaşan ender eserlerden birisidir. Bu çalışmada; Şahkulubey Kümbeti ile ilgili restorasyon çalışmalarına ışık tutabilecek mevcut malzemelerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Doğu, batı, kuzey ve güney cephe duvarlarından yere düşmüş parçalarından örnekler alınmış olup, bu örnekler üzerinde SEM-EDS analizleri ile malzeme özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca alınan örneklerin yoğunluk, birim hacim ağırlık, porozite-kompasite, su emme ve basınç dayanımı özellikleri ölçülmüştür. Şahkulubey Kümbetinin yapımında kullanılan malzemelerin fiziksel-mekanik ve SEM-EDS analizleri ile özellikleri ortaya konmuştur. Bununla birlikte Şahkulubey Kümbeti restorasyon çalışmalarında kullanılabilecek mevcut yapı ile uyumlu malzemelerin uygulanması mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Mardin, Kümbet, Artuklular, Yapısal Bozulmalar, Restorasyon

STRUCTURAL DETERIORATIONS AND RESTORATION PROPOSAL IN THE HISTORICAL MARDIN SAHKULUBEY CUPOLA

Abstract
Mardin, which is one of the rare cities where the diversity and unity of language, religion and culture is based on tolerance throughout history, supports this situation with its historical monuments. This ancient city, which was inhabited by different administrations, experienced its peak in terms of economy and stability in the 12th century during the Artuqid period. Many of the works that have reached today are the reflections of that period. Şahkulubey Cupola is one of the rare works that have survived to the present day. In this study; The analysis of the existing materials that can shed light on the restoration works related to Şahkulubey Cupola was carried out. Samples were taken from the pieces that fell to ground from the east, west, north and south facade walls, and the material properties were determined on these samples by SEM-EDS analysis. In addition, the density, unit weight, porosity-compactness, water absorption and compressive strength properties of the samples were measured. The physical-mechanical and SEM-EDS analyzes of the materials used in the construction of Şahkulubey Cupola have revealed their properties. In addition, it will be possible to apply materials compatible with the existing structure that can be used in the restoration works of Şahkulubey Cupola.

Keywords: Mardin, Cupola, Artuqids, Structural Deterioration, Restoration

EEG TABANLI DUYGU TANIMA İÇİN KANAL SEÇİMİ

Furkan Doğan
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
furkandogannn@gmail.com

Kübra Erat
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
kubra.erat@kocaeli.edu.tr

Pınar Onay Durdu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
pinar.onaydurdu@kocaeli.edu.tr

Özet
Beyin Bilgisayar Ara yüzü (BBA) sistemleri günümüzde beyin sinyallerinin doğrudan algılanarak kullanıcıların bilgisayarlar ile iletişim ve kontrolünü doğal etkileşim ile sağlama konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. BBA sistemlerinde beyin sinyallerinin tespit edilmesi için düşük maliyetli ve yüksek zamansal çözünürlüğe sahip Elektroansefalografi (EEG) sinyalleri duygu tanıma, motor imgeleme ve uyku durumu sınıflandırma gibi çeşitli uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. EEG tabanlı BBA'larda iyi bir performans elde edebilmek için beyin üzerinde farklı bölgelere yerleştirilen çok sayıda EEG kanallarından elde edilen sinyaller alınmaktadır. Ancak diğer taraftan çok sayıda EEG kanalının kullanılması BBA performansını düşüren gürültülü ve gereksiz sinyaller içerebilmektedir. Bu gürültülü ve gereksiz sinyaller hesaplama karmaşıklığına yol açmaktadır. Aynı zamanda birçok kanaldan veri toplamaya çalışmak BBA sisteminin kurulum süresini uzatmakta, dolayısıyla BBA sisteminin kullanım kolaylığını da azaltmaktadır. Bu nedenle gerekli kullanım kolaylığının yanı sıra gerekli performansı da sağlayacak algoritmalara ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında EEG sinyallerinin özellikle duygu tanıma amaçlı kullanımına yönelik kanal seçim süreçlerini içeren güncel çalışmalar gözden geçirilmiştir. Uygulanan kanal seçim yöntemlerinin yanı sıra, çalışmalarda raporlanan veri setleri ve uygulanan algoritmaların performans sonuçları özetlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, EEG tabanlı duygu tanımanın performansı ve sınıflandırma doğruluğu için önemli olan kanal/kanal çiftleri, frekans bantları ve beyin bölgelerinin etkileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beyin Bilgisayar Ara yüzü (BBA), Duygu tanıma, Elektroansefalografi (EEG), Kanal seçimi

AKILLANDIRILMIŞ BİR SANTRİFÜJ POMPANIN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Mehmet Fatih Polat
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
f.polat@sempapompa.com

Ali Kahraman
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
akahraman@erbakan.edu.tr

Osman Babayiğit
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
obabayigit@kmu.edu.tr

Özet
Ülkemizin ekonomisinde enerji maliyeti, en önemli maliyetlerin başında yer almaktadır. Enerjide dışa bağlı olunması ise enerji tüketiminin azaltılması üzerine yapılan çalışmaların önemini daha çok arttırmaktadır. Akışkana enerji vermek suretiyle basma yüksekliği kazandıran makineler olan pompalar, dünyada elektrik tüketiminin yaklaşık %20'sinin kullanıldığı yüksek enerji tüketimine sahip sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Pompaların, yüksek enerji tüketimine sahip olması nedeniyle CO2 salınımına ve iklim değişikliklerine olan etkileri de fazladır. Ayrıca enerji tüketimi haricinde, karşılaştıkları sorunların maliyetleri de yüksektir. Tüm bu kriterler göz önüne alındığında pompaların akıllandırılması ile; tespit edilen sorunlara önceden uyarı gönderilerek erken müdahale imkanının sağlanması, değişken debilerde çalışma gereksiniminde veya çalışma şartlarına uygun seçilmemiş pompalarda by-pass vanası ve vana kısmadan dolayı oluşan enerji sarfiyatının önüne geçilmesi ve ömür boyu maliyetlerin en aza indirilmesi gibi önemli kazanımlar elde edilebilmektedir. Pompanın akıllandırılmasında kullanılan ekipmanların başında frekans konvertörü bulunmaktadır. Konvertör sayesinde istenilen çalışma devirleri elde edilebilmekte dolayısı ile farklı çalışma şartlarında pompanın yüksek verimde çalışması sağlanabilmektedir. Bu çalışma için 2900 rpm hız, 50 m3/h debi ve 75 m basma yüksekliğine sahip Sempa Pompa firmasına ait düşey milli çok kademeli santrifüj bir pompa seçilmiştir. Çalışmada frekans konvertörü yardımıyla santrifüj pompa farklı devirlerde çalıştırılmış ve %7-11 gibi önemli oranında enerji tasarrufu elde edildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Akıllı Pompa, Frekans Konvertörü

HAVACILIK VE UZAY ENDÜSTRİLERİNDE YAPAY ZEKANIN (AI) FAYDALARI VE RİSKİ

Kaan YÜCEL
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Savunma Teknolojileri Yüksek Lisans
kaanyucel0@gmail.com

Özet
Yapay Zeka, bir bilgisayar programının öğrenme ve düşünme kapasitesidir. Normalde insan zekasıyla ilişkilendireceğimiz bir şeyi başaran bir yazılımı içeren her şeye yapay zeka denir. Havacılık ve uzay endüstrilerinde Yapay Zeka (AI) kullanmanın yararları ve riskleri bu bölümde tartışılmaktadır. AI, yaşam döngülerinin her aşamasında havacılık sistemlerinin geliştirilmesinin verimliliğini artırmak için en son teknolojiyi kullanır. AI uygulamalarının avantajları çok büyüktür ve herhangi bir profesyonel endüstride devrim yaratabilir. 1. İnsan Hatalarının Azaltılması "İnsan hatası" terimi, insanların zaman zaman hata yapması gerçeğinden doğmuştur. Bilgisayarlar ise doğru programlanmışlarsa bu hataları yapmazlar. Yapay zeka, bir dizi algoritma uygulayarak önceden toplanmış bilgilere dayanarak seçimler yapar. 2. Yapay Zeka, İnsanlar Yerine Risk Alır Yapay zekanın en önemli avantajlarından biri de bu. Riskli görevleri bizim yerimize yapabilen bir Yapay Zeka Robotu oluşturarak, insanlığın birçok riskli sınırlarını çözebiliriz. 3. AI'nın bir molaya ihtiyacı yok Robotların haftada yedi gün, günde 24 saat yapay zeka kullanarak çalıştığından ve makinelerin insanlardan farklı olarak asla sıkılmayacağından veya yorulmayacağından emin olabiliriz. 4. Tekrarlayan Görevlerde Yardım Bir uçakta, kalkıştan önce pilotlar, aviyonik ekipmanların uygunluk kontrolü ve daha birçok şey gibi birçok tekrarlı kontrol gerçekleştirmektedir. 5. Daha Hızlı Kararlar Yapay zekayı diğer teknolojilerin yanında kullanarak makinelerin bir insandan daha hızlı karar vermesini ve eylemleri daha hızlı gerçekleştirmesini sağlayabiliriz. Havacılıkta yapay zeka kullanımına örnek, TF-X, Pilot bayılırsa, uçak Yapay Zeka kullanarak üssüne geri dönebilecek ve iniş yapabilecek. Yapay Zekanın bazı dezavantajları da vardır. 1. Yüksek Üretim Maliyetleri AI günlük olarak geliştiğinden, mevcut gereksinimlere ayak uydurmak için donanım ve yazılım düzenli olarak yükseltilmelidir. Son derece komplike makineler oldukları için yapımları fahiş fiyatlar gerektiriyor. 2. Alışılmışın Dışında Düşünmenin Eksikliği: Makineler yalnızca yaratıldıkları veya programlandıkları görevleri yerine getirebilirler; başka herhangi bir şey onların çökmesine veya alakasız çıktılar üretmesine neden olur, bu da büyük bir dikkat dağıtıcı olabilir. 3. Duygusuzluk Takım yönetimi ve operasyonlarında önemli bir özellik olan makineler insanlarla bağ kuramazlar. Bunlar yapay zekanın yararlarından ve dezavantajlarından bazılarıdır. Her yeni teknoloji veya keşif her ikisini de içerecektir, ancak biz insanlar buna dikkat etmeli ve dünyayı ve havacılığı geliştirmek için buluşun iyi yönlerini kullanmalıyız.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, Yapay, Zeka, Yapay Zeka, Havacılıkta Yapay Zeka, Risk, Avantaj

RAFT POLİMERİZASYONU İLE İYİ-TANIMLANMIŞ YENİ BİR TELEKHELİK POLİSTİREN MAKROFOTOBAŞLATICISININ SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Ülkü ARSLAN
Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya, Kimya
ulkuarslan01@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Zafer UYAR
Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya, Kimya
zaferuyar@gmail.com

Mustafa DEĞİRMENCİ
Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi/ Kimya, Kimya
mustafa@harran.edu.tr

Özet
Son yıllarda, yeni özelliklere ve çeşitli fonksiyonlara sahip iyi-tanımlanmış polimerik malzemelerin sentezi ve tasarımı, polimer kimyasının önemli bir konusu haline gelmiştir. İyi tanımlanmış polimerler, önceden belirlenmiş molar kütlelere ve düşük polidispersite indekslerine sahip makromoleküllerdir. Bu polimerlerin sentezleri, ROP, ATRP ve RAFT gibi yaşayan/kontrollü polimerizasyon teknikleri kullanılarak elde edilir. Fotofonksiyonellik gibi diğer özelliklerin bu polimer omurgasına dahil edilmesi, iyi tanımlanmış polimerlerin uygulama alanlarında ve makrofotobaşlatıcılar gibi fonksiyonel polimerlerin sentezlenmesinde yeni kapılar açmaktadır. İyi tanımlanmış makrofotobaşlatıcılar, zincirlerin ortasında veya sonunda fotofonksiyonel gruplara sahip ve fotopolimerizasyon reaksiyonlarını başlatabilen iyi tanımlanmış polimerlerdir. Bugüne kadar, iyi tanımlanmış yapılara sahip bilinen tüm makrofotobaşlatıcılar, ATRP veya ROP ya da bu tekniklerin klik kimyası gibi bir organik sentez yöntemiyle kombinasyonu sonucu sentezlenmiştir. Grubumuzun son yıllarda yaptığı çalışmalarda kontrollü/yaşayan polimerizasyon yöntemlerinden biri olan RAFT metodu ile makrofotobaşlatıcı sentezi de gerçekleştirilmiştir (Uyar ve ark., 2019; Uyar ve ark., 2021). Bu çalışmada, RAFT polimerizasyonu ile zincirin her iki ucunda fotoreaktif benzoin grupları olan iyi tanımlanmış bir polistiren makrofotobaşlatıcısı sentezlendi. Bu amaçla öncelikle her iki ucunda karboksilik asit grupları içeren bir tritiyokarbonat molekülü sentezlendi (Şekil 1). Daha sonra bu molekül, fotoreaktif benzoin gruplarının her iki uca eklenmesiyle bir fotoreaktif zincir transfer ajanına (CTA) dönüştürüldü. Sonraki adımda, bu CTA varlığında stiren (St) monomerinin RAFT polimerizasyonu ile iyi tanımlanmış bir polistiren makrofotobaşlatıcısı hazırlandı. Son olarak, bu makrofotobaşlatıcı sikloheksen oksit monomerinin fotokimyasal polimerizasyonunda bir ön-polimer olarak kullanılıp bir blok kopolimer elde edildi ve böylece molekülün fotofonksiyonelliği başarılı bir şekilde ispatlandı. Tüm moleküller ve polimerler, spektral ve kromatografik verilerle karakterize edildi.

Anahtar Kelimeler: : Telekhelik, makrofotobaşlatıcı, blok kopolimer, polistiren, fotokimyasal katyonik polimerizasyon

MONILINIA TÜRLERİNDE GENOM ÇAPINDA KOPYA SAYISI VARYASYON DURUMU

Muhammed Raşit DURAK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik
mrasitdurak@gmail.com

Hilal ÖZKILINÇ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
hilalozkilinc@comu.edu.tr

Özet
Kopya sayısı varyasyonu (CNV), boyutları 50 baz çiftinden büyük olan delesyon ve duplikasyona uğrayan diziler olarak tanımlanan bir yapısal varyant türüdür. Bu varyasyonların birçok model/model olmayan organizmada fenotiplerdeki farklılıkları etkilediği kanıtlanmıştır. Bu nedenle, bu varyantların karakterizasyonu, popülasyonlardaki potansiyel evrimsel süreçlerin birçok yönünü anlamada çok önemli bir adımdır. Bu çalışma ile, fitopatojenik fungus Monilinia cinsinin (kahverengi çürüklük hastalığının nedensel ajanları) iki yaygın türü için (M. fructicola ve M. laxa) genom çapında CNV durumunu karakterize edilmiştir. Toplamda, sekiz M. fructicola ve sekiz M. laxa izolatı için sırasıyla 571 ve 174 kopya sayısı değişken bölgesi (CNVR'ler) bulunmuştur. İzolat seviyesindeki CNVR sayısı, M. laxa'ya kıyasla M. fructicola'da yaklaşık iki kat daha fazla bulunmuştur. Ancak, CNVR'lerden etkilenen baz çiftlerinin genomdaki toplam uzunluğu, CNV'lerin boyutlarına bağlı olarak M. laxa'da daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, Monilinia türleri için CNV'nin ilk karakterizasyonunu temsil etmektedir ve bu tarımsal ekonomik açıdan önemli türler için evrimsel süreçleri daha iyi anlamamız için temel sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: kopya sayısı varyasyonu, yapısal varyasyon, bitki fungal patojenleri, Monilinia türleri

MINING INDUSTRY AFTER COVID-19

Edmond Hoxha
İstanbul Teknik Üniversitesi, Faculty of Geology and Mine, Department of Mineral Resource Engineering
ehoxha63@gmail.com

Özet
At our time the Covid-19 is undoubtedly the biggest health crises in the world which affected all the life and economic sectors. One of the biggest sectors in economy is mining industry, which also was impacted from this crisis, bringing economic changes, affecting technology and innovation in the field. The reaction of the mining industry against the Covid was concentrated in two main directions: Employees and community health protection and safety; and Creating the supporting base of long term economic recovery for the community. This paper discusses the impact of the Covid-19 in Mining Industry, presents a general view of consequences of these impacts, and gives some recommendation for future situation improving.

Anahtar Kelimeler: Covid 19, Impact, Mining industry

FİTOPATOJENİK FUNGUS TÜRÜNDE miRNA'LARIN HESAPLAMALI TAYİNİ

Hilal ÖZKILINÇ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen ve Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
hilalozkilinc@comu.edu.tr

Kübra ARSLAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik
kbarslan82@gmail.com

Özet
MikroRNA'lar (miRNA'lar), RNA susturma ve gen ekspresyonunun transkripsiyon sonrası düzenlenmesinde önemli bir rol oynayan, kodlamayan küçük RNA (uzunluğu 18-22 nükleotitten oluşan) grubudur. Farklı fitopatojenik türlerde fungusa ait miRNA'larının bitki stres yanıtının oluşumunda yer alan genleri hedef aldığı keşfedilmiştir. Ayrıca miRNA'ların patojen virülansında veya konak savunma mekanizmalarında yer alan genlerin transkripsiyonunu düzenleyerek konak-patojen etkileşimlerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle fungal patojenler tarafından eksprese edilen miRNA türleri büyük öneme sahiptir, ancak sert çekirdekli meyvelerde kahverengi çürüklük hastalığından sorumlu başlıca patojen türlerinden biri olan M. laxa patojeni henüz miRNA verisi bulunmamaktadır. Bu patojenlerin enfeksiyon süreci net olarak anlaşılamamıştır ve miRNA'ların bu türün patogenezindeki rolü hakkında bir bilgiye sahip değildir. Bu çalışmada, homoloji temelli bir yaklaşım kullanılarak farklı veri tabanlarından bilinen miRNA'lar kullanılarak M. laxa'nın tüm genom dizileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda M. laxa'nın genomunda 138 milRNA bulunmuştur. Bu çalışma, bu türün miRNA'larını ilk kez tanımlamış ve patojenin miRNA profilleri aracılığıyla patojenez gibi birçok biyolojik sürecin ve mekanizmanın daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacak veriler sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: MikroRNA, fungal bitki patojenleri, Monilinia türleri

ATIK YAKMA TESİSLERİ İÇİN UYGULANAN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Abdullah Ata
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Entütürsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı
abdullahata.env@gmail.com

Simge ÇANKAYA
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
simge.taner@kocaeli.edu.tr

Beyhan PEKER
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
bpekey@kocaeli.edu.tr

Özet
Yaşam Döngüsü Analizi (YDA), ürünlerin veya süreçlerin yaşam döngüsü boyunca (ham maddenin elde edilmesinden başlayarak, üretimi, nakliyesi, tüketici tarafından kullanımı ve kullanım sonrası nihai bertarafı sırasında) oluşan tüm olası çevresel etkilerini değerlendiren bütünsel bir tekniktir. Bu teknik kullanılarak, seçilen bir sistemde proses veya ürünlerden kaynaklanan olası çevresel etkiler hesaplanabilir. Ayrıca çeşitli senaryolar oluşturularak maksimum fayda sağlayan yöntemin ve/veya prosesin seçilmesi ve uygulanması sağlanır. Yaşam Döngüsü Analizi, göz önünde bulundurulan süreçlerdeki tüm emisyonları ve kaynak tüketimlerini belirlenen kapsam (beşikten mezara, beşikten kapıya, kapıdan kapıya vb.) dahilinde ölçer. Bu derleme çalışmasında YDA'nin metodolojisi, uygulama alanları, YDA çalışmalarında kullanılan yazılımlar ve veri kütüphaneleri gibi teknik yönlere değinilmiştir. Ayrıca, literatürde yer alan YDA tekniğinin uygulandığı katı atık yakma tesisleri vaka çalışmaları; amaç ve kapsamları, envanter verileri, fonksiyonel birim başına çevresel etkilerdeki değişimleri ve sonuçları bakımından incelenmiştir. Söz konusu çalışmalarda mevcut proseslerin çevresel etkileri ve çevresel kazanımları belirlenerek, alternatif hammadde ve enerji gibi kritik noktalar üzerinde iyileştirmeler hedeflendiği ve olası etkilerde azaltma sağlanabildiği, ayrıca enerji ve kullanılabilir maddelerin geri kazanımının sağlandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaşam Döngüsü Analizi, Atık Yakma, Kentsel Katı Atık, Geri Kazanım

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE ALTIN ORAN

Burcu Durmuş
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik
burcudurmus@mu.edu.tr

Öznur İşçi Güneri
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik
oznur.isci@mu.edu.tr

Aynur İncekırık
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri
aynur.incekirik@bayar.edu.tr

Özet
Altın oran bir bütünün parçaları arasında gözlemlenen, uyum ve estetik açıdan en uygun boyutları veren matematiksel bir sayısal ölçüdür. Altın oran, 1.618 sayısına karşılık gelen bir orandır. Bu sayıyı önemli kılan birkaç sebep vardır. Kendisine 1 ekleme-çıkarma, ters alma gibi işlemler yapıldığında altın oranla bağlantılı sayılar elde edilmektedir ve bu özellikler sadece altın oranda gözlemlenmektedir. Altın oranı önemli kılan başka bir nokta ise doğada canlı cansız varlıkların şekillerinde veya dizilimlerinde, mimari yapılarda, resim, müzik gibi çeşitli sanat eserlerinde, insan vücudunda, geometrik şekillerde ve daha pek alanda sürekli karşımıza çıkıyor olmasıdır. Bu çalışmada geçmişten günümüze altın oranın nerelerde ve ne şekilde karşımıza çıktığı, altın oranın kullanımının nasıl değiştiği ele alınmakta ve altın orana ilişkin özet bir literatür taraması sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: altın oran, geçmişte altın oran, doğada altın oran, günümüzde altın oran

ROZASE HASTALIK TEŞHİSİ İÇİN KARAR AĞACI ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZİ

Burcu Durmuş
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik
burcudurmus@mu.edu.tr

Öznur İşçi Güneri
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik
oznur.isci@mu.edu.tr

Nevin Güler Dincer
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik
nguler@mu.edu.tr

Özet
Makine öğrenimi, veriler içerisindeki yararlı bilgileri çıkarmak ve veriler arasındaki ilişkilere dayalı algoritmalar tasarlamak için kullanılan istatistiksel bir modelleme konusudur. Makine öğrenimi kullanmanın en büyük avantajı, algoritmanın verilerle ne yapacağını öğrendiğinde gerekli işlemleri otomatik olarak yapmasıdır. Veri madenciliği konuları arasında sıklıkla kullanılan yöntem, sınıflandırmadır. Sınıflandırma yöntemi, pek çok algoritmaya kıyasla pratik ve hızlı çözümler sunan alternatif bir yöntemdir. Sınıflandırma yönteminde veriler içerisindeki bilgiler, bağıntılar, desenler ve benzerliklerden yola çıkılarak çeşitli algoritmalar yardımıyla model oluşturulur. Bu model üzerinden yeni gözlemler için sınıf tahmini yapılır. Bu çalışmada, farklı karar ağacı algoritmaları ile hastalık teşhisi için (hasta-hasta değil) sınıflandırma analizi yapılmıştır. Çalışmada asıl amaç; gözlemin hasta-hasta değil şeklinde sınıflandırılmasından ziyade, bu ayrım yapılırken kullanılan değişkenlerin neler olduğunun belirlemesi ve literatür ile kıyaslanmasıdır. Eğitim ve test aşamasında veriler, çapraz doğrulama ile karşılaştırılmıştır. En başarılı yöntem tespit edilirken doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F-ölçütü, MCC, ROC Area, PRC Area ve Kappa değerleri göz önüne alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: karar ağaçları, sınıflandırma, makine öğrenmesi, hastalık teşhisi

BENZİN MOTORLU BİR OTOMOBİLİN EGZOZ ÇIKIŞINA BAĞLANAN TERMOELEKTRİK JENERATÖR SİSTEMİYLE ATIK ISIDAN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DENEYSEL ANALİZİ

Hakan Tural
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
hakan_tural1989@hotmail.com

Dilek Özlem Esen
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
desen@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmanın amacı otomobiller üzerindeki atık ısı geri kazanımının irdelenmesidir. Toyota Corolla 1.6 lt motor hacmine sahip otomobilin egzoz sistemi üzerine yerleştirilen TEJ (termoelektrik jeneratör) yardımı ile ideal çalışma şartlarındaki araç üzerinde üretilen enerji incelenmiştir. Atık ısının bulunduğu hat olan egzoz sistemi üzerindeki sıcaklık kullanılmak istendiğinden dolayı termoelektrik modüller bu bölüme yerleştirilmiştir. Egzoz manifoldu çıkışında ilk susturucunun olduğu bölgeye toplamda 22 adet termoelektrik modül yerleştirilerek elde edilen enerjinin analizi yapılmıştır. Deney sonucunda 13.1V gerilim ve 2.6A akım şiddeti elde edilmiştir. Motor dönüş hızı 4000 dev/dk bu maksimum değerler elde edilmiştir. Üretilen enerji termoelektrik yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı arttığında maksimum değerleri görmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atık ısı, Egzoz, Enerji Üretimi, Motor Devri. Termoelektrik

HYPNUM CUPRESSİFORME EKSTRAKTININ KİMYASAL BİLEŞİMLERİ, GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE BİYOLOJİK AKTİVİTESİNİN İNCELENMESİ

Hüseyin KARATAŞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, TIBBİ SİSTEM BİYOLOJİSİ ANABİLİM DALI, TIBBİ SİSTEM BİYOLOJİSİ
h.karatas@inbox.ru

Özlem YAYINTAŞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, TIBBİ SİSTEM BİYOLOJİSİ ANABİLİM DALI, TIBBİ SİSTEM BİYOLOJİSİ
ozlemyayintas@hotmail.com

Özet

Karayosunları çok zorlu iklim koşullarında bile canlılığını sürdürebilme yeteneğini geliştirebilmiş ve yeryüzünde oldukça geniş bir bölgede yayılım gösteren, biyoçeşitliliğin ikinci büyük grubunu oluşturan bitki türleridir. Hayvan/böcek etkileşimleri, ultraviyole ışınlar, kuraklık, aşırı sıcaklık, mikrobiyal etkiler gibi çevresel etkenlerle mücadele edebilmek için geliştirdikleri ikincil metaboitler açısından ise oldukça zengindirler. Bitkilerin içinde barındırdıkları bu ikincil metabolitlerin antifungal, antioksidan, antibakteriyal etkileri olduğu bilinmektedir. Nanoparçacıklar maddelerin yeni tasarımlarla üretilebilmelerine olanak sağlamış; bu da nanoparçacıklarla üretilen ürünleri, hacimli yapılarından üretilen materyallere göre daha avantajlı hale getirmiştir. Bu avantajlar sayesinde nanoteknoloji destekli ürünlerden; hastalıklardan korunma, sağlığı geliştirme, hastalığın teşhisi ve tedavisi aşamasında da faydalanılmaktadır. Özellikle gümüş nanopartiküller kendine has özellikleri sayesinde antimikrobiyal, antitümör ve yara iyileşmesini hızlandıran aktiviteye sahiptir. Bu nedenle tıp ve farmakoloji alanında kullanımı hızla artmaktadır. Ancak nanopartikül sentezi sırasında kullanılan kimyasallar maliyeti arttırmakla birlikte toksik etkilere yol açmaktadır. Bu dezavantajlar, nanopartiküllerin sentezi için doğal, ucuz ve toksik olmayan yöntemlerin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bitkilerden; yenilenebilir olması, üretim maliyetinin düşük olması ve toksik etkileri olmaması nedeni ile nanopartikül sentezinde alternatif bir yöntem olarak faydalanılmaya başlanmıştır. Yeşil sentez olarak adlandırılan bu yöntem; nanopartiküllerin aktif hale gelmesi için başka herhangi bir yönteme ihtiyaç duyulmaması, üretim basamaklarının basit ve hızlı olması ve nanopartiküllerin aktif bileşenlere bağlanmasını kolaylaştırması gibi pek çok avantajı da beraberinde getirmiştir. Yeşil sentez yönteminin temelinde de bitkilerin barındırdıkları ekstraktların metal iyonlarını indirgeyici ve inorganik metal iyonlarını metal nanopatiküllere dönüştürme yeteneklerini kullanma prensibi bulunmaktadır. Ülkemizde de kolaylıkla yetişebilen ve zengin ikincil metabolitlere sahip bir karayosunu türü olan Hypnum cupressiforme bitkisi üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada Hypnum cupressiforme ekstraktının kimyasal bileşimleri, gümüş nanopartiküllerinin sentezi, karakterizasyonu ve biyolojik aktivitesi incelenmiş, SEM ve EDS analizi yapılmıştır. Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koodinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: TYL-2021-3547

Anahtar Kelimeler: Hypnum cupressiforme, nanopartikül, AgNP

ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİT YALITIM LEVHALARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Hilal Aydın
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
91hilalaydin@gmail.com

Cenk Karakurt
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
cenk.karakurt@bilecik.edu.tr

Özet
Günümüzde hızla değişip gelişen inşaat sektörü ve teknolojisiyle birlikte yalıtım malzemelerinde atık malzemeler kullanılarak daha düşük maliyetlerle üretim yapılmakta, çevre kirliliğine ve zararlara neden olan atık malzemeler ortadan kaldırılmakta ve doğal malzemelerin de korunması sağlanmaktadır. Bu çalışmada endüstriyel atıkların, kompozit yalıtım levhalarından fibercement levha üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Her türlü iç ve dış cephe kaplama malzemesi olarak kullanılabilen selüloz lifi takviye edilmiş çimento esaslı kompozit fibercement levhaların üretiminde çimento, kum, selüloz hammaddeleri kullanılmaktadır. Fibercement levhalar, özel makinalarla boyutlandırılarak levhalar haline getirilip, otoklavda sertleştirilip, çeşitli doku ve renklerde üretimleri sağlanabilmektedir. Yapılan çalışmada hammadde olarak çimento, selüloz bağlayıcı olarak atık kağıtlar, agrega olarak silis kumu ve endüstriyel şişecam atıkları ile birlikte 3 farklı atık olan geri dönüştürülmüş lastik tozu, mermer tesislerinden çıkan kesim atığı ve inşaat atığı olarak da tuğla atıkları kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında çimento ve selüloz oranı sabit tutularak, silis kumu ve şişecam oranında azaltma yapılıp kütlece %5, %10 ve %15 oranlarında lastik tozu, tuğla tozu ve mermer tozu eklenerek 3 faklı atık malzemeyle her birinden üçer adet fibercement levha numuneleri hazırlanmıştır. Bu atık malzemelerle üretilen numuneler ile referans fibercement levhalar fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan atık mermer tozu ve tuğla atıklarının fibercement levha üretiminde değerlendirildiğinde olumlu sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yalıtım levhası, Endüstriyel atık, Çimento, Kompozit malzeme

MAXWELL CEBRI VE YÜKLÜ PARÇACIĞIN DİNAMİĞİ

Mustafa Kılıç Beşer
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik
beser.kilic.m@gmail.com

Özet
Bu araştırmada amacımız, yüklü bir parçacık için Maxwell grubu altında değişmez olan bir eylem oluşturmaktır. Maxwell grubu, sabit bir düzgün elektromanyetik alanda hareket eden yüklü bir parçacığın simetri grubudur. Maxwell cebri, Poincaré cebirinin genişletilmiş bir halidir, burada öteleme üreteçleri artık komütatif olmayıp [P_a,P_b]=iF_ab eşitliğini sağlar, burada F_ab elektromanyetik gerilme (stress) tensörüdür. Yüklü parçacığın dinamiği, doğrusal olmayan gerçekleştirme (eş küme inşa metodu) yöntemi kullanılarak elde edilebilir. Eş küme elemanı açıkça tanımlandıktan sonra Maurer-Cartan formları hesaplanır. Maurer-Cartan formlarından elde edilen kovaryant nesneleri kullanılarak, bir parçacık için Maxwell grubu altında değişmez bir eylem oluşturulur. Sonuç olarak, elektromanyetik alandaki yüklü bir parçacığın dinamiği elde edilir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetizma, Grup Teori, Maxwell Cebri

BİR İŞLETMEDEKİ ÇALIŞANLARIN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE MARUZ KALDIKLARI İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Latif Gökhan DURTAŞ
Kocaeli Üniversitesi, FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
latifdurtas@gmail.com

Özet
İş Sağlığı ve Güvenliği meselesi gerek can kayıpları gerek sakatlanma ve yaralanmalar gerekse mal ve zaman kayıpları olarak iş hayatımızın tanzim edilmesinde en önemli hususlardan birini oluşturmakta olup aynı zamanda ülkemiz adına kanayan yaralarımızdan birisidir. 2020 SGK verilerine göre iş kazası sayısı 384.262, bu kazalarda ölen çalışan sayımız ise 1231 candır. Bu çalışmada, örnek bir işletmede farklı görevler üstlenen çalışanların iş sağlığı ve güvenliği yönünden maruz kaldıkları risklerin karşılaştırılması ve sonuç olarak hangi grup çalışanların diğerlerine göre daha yüksek düzeyde riske maruz kaldıklarının belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin nasıl kullanılabileceğinin ortaya konularak ilgili alana katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Böylelikle proseslerin hangi aşamasındaki iş türü ve çalışan grubu için gerekli iyileştirme ve önlemlerin öncelikli olarak ele alınması gerektiğine dair bir yöntem-karar tekniği örneği ortaya koyularak, sistemsel ve bütünsel sürdürülebilirliğe katkı sunulabilecektir. Genel olarak çok kriterli karar verme yöntemleri pek çok alanda uygulama imkânı bulan yöntemler olmakla birlikte bu çalışma ile İş Sağlığı ve Güvenliği alanında kullanımına yönelik alternatif bir yöntem olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İş Güvenliği, İşçi Güvenliği, İş Kazası Riskleri, Çok Kriterli Karar Verme, Risk Yönetimi

KONYA İLİ ÖZEL BÜYÜKŞEHİR HASTANESİ KLİNİK ÖRNEKLERİNİN VÜCUTTA İZOLE EDİLDİKLERİ BÖLGELERE GÖRE EN YÜKSEK DAĞILIMLI OLAN BAKTERİ TÜRLERİNİN TESPİT EDİLMESİ

İhsan OBALI
Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya A.B.D.
selcuklubilsem42biyolog@gmail.com

Özet

Konya ili Özel Büyükşehir Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı′ na 1 Aralık 2016-30 Kasım 2017 tarihleri arasında gelen çeşitli kilinik örneklerden izole edilip tanılaması yapılmış 240 örnek incelenmiştir. Bakterilerin tanımlanmasında İndol, Metilen kırmızısı, Sitrat, Fosfataz, Üre, Triple sugar Iron agar, Katalaz testleri, Koagülaz ve Aglütinasyon testi olarak adlandırılan çeşitli biyokimyasal testler kullanılmıştır. Toplam 11 farklı bakteri türü belirlenmiş ve alındıkları hastaların yaş cinsiyetlere göre ve bakteri dağılımlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. İzole edildikleri yerlere göre(idrar, kan, yara, balgam, katater, diğer) dağılımları ve cinsiyetlerdeki en yüksek oranların belirlenmesi hedeflenmiştir. Kilinik örneklerden izlole edilen 240 bakteriden en fazla Escherichia coli ve sırasıyla Staphylococcus aureus, Proteus, Enterobacter bakterileri olduğu belirlenmiştir. Örneklerin alındığı hastalardan 169'u kadın 71'i erkektir. Hastalık etkeni olan bu bakterilerin prevelansları değerlendirildiğinde en fazla E.coli ve S. aureus bulunan bakterilerdir. Kadın hasta sayısı erkek hasta sayısından çok fazla olup en fazla E.coli bakterileri tespit edilmiştir bu bakterilerde en fazla idrar örneklerinde ve kadın hastalarda bulunmuştur. Tüm hastalar da en fazla belirlenen E. coli bakterilerinin alındıkları numunelerin izole edildiği bölgelere ve cinsiyet dağılımlarına göre hastaların sayısına bakıldığında en çok kadın hastaların idrar örneklerinden izole edildiği tespit edilmiştir. İkinci sırada en fazla belirlenen S. Aures bakterilerinin olduğu ve kadın hastaların yara numunelerinden izole edildiği saptanmıştır. Üçüncü sıra olarak ise kadın hastaların vajen ve erkek hastaların ise aynı şekilde da ilk iki sıra idrar ve yara olup üçüncü sırada kan, boğaz kültürlerinde en sık bakterilere rastlanmıştır. 128 E. coli suşunun örneklere göre dağılımına bakıldığında en fazla idrar örneği ve sonra sırasıyla vajen ve yara örneklerinde tespit edilmiştir. Elde edilen veriler bize E. coli bakterisinin en çok idrarda bulunduğunu göstermekte bu ise idrar yolu hastalıklarının en etkili nedenlerinden birini oluşturduğunun kanıtıdır.

Anahtar Kelimeler: E. coli, hastane, idrar örneği, prevelans, Konya

MOMORDİCA CHARANTİA L. BİTKİSİNİN MEYVESİNDE BULUNAN ELEMENT MİKTARLARININ ICP-MS ANALİZİ İLE TESPİT EDİLMESİ

İhsan OBALI
Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya A.B.D.
ihsan.obali@lisansustu.selcuk.edu.tr

Sudenaz BÜYÜKTÜRK
Selçuk Üniversitesi, Tıp fakültesi, Tıbbi Biyokimya A.B.D.
sudenazbt42@gmail.com

Özet
Eylül-Ekim 2021'de Balıkesir ilinde pazardan alınan, Momordica charantia L. (Kudret narı) meyve örnekleri etüvde kurutulmuş sonrasında öğütülmüştür. Analizi yapılan 10 farklı elementin (ağır metal ve ağır metaller dışındaki elementeler); Çinko (Zn), Krom (Cr), Bakır (Cu), Mangan (Mn) ve metal Alüminyum (Al), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Katminyum (Cd), Kurşun (Pb) miktarları Endüktif Eşleşmiş Plazma–Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazı ile tespit edilmiştir. Bu analiz için Thermo marka X series 2 model ICP-MS cihazı kullanılmıştır. ICP-MS cihazına numuneleri vermeden, ön hazırlık olarak kurutma-öğütme yapılmış, daha sonra ICP-MS mikrodalga çözme işlemi sonucunda içerik analizi yapılmıştır. Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde elde edilen örnekler, ICP-MS cihazı kullanılarak okumaları yapıldı. Ağır metal elementleri (Cu, Zn, Ni, Cr, Fe, Co, Cd, Pb ve Mn) ve ağır metal elementleri dışındaki elementin (Al) miktarları ppb olarak tespit edilmiştir. Bu bitkide analizi yapılan elementleri, ağır metal miktarları en yüksek değerden en düşük değere doğru sıralarsak en yüksek miktarda Fe ve sırasıyla Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Pb ve Co, ağır metal elementleri dışındaki element Al ise analiz sonuçlarına göre miktarı en yüksek ikinci element olduğu belirlenmiştir. Bu bitkideki element miktarları karşılaştırıldığında en fazla miktarda 260,01 ppm olarak Fe elementinin en az miktarda ise 0,19 ppm Co olduğu tespit edilmiştir. Analizi yapılan elementlerden Cd ise hiç tespit edilmemiştir. Elementler miktarlarına göre çoktan aza doğru sıralanan ilk beş element; 260.01 ppm (Fe), 164.79 ppm (Al), 52.06 ppm (Zn), 22.74 ppm (Mn), 8.036 ppm (Cu)'dur. Analiz sonuçları, bize bu bitkinin besin ve ilaç olarak tüketiminin sağlık açısından etkilerinin araştırmasında ipuçları sunacaktır. Sağlık açısından güvenilir olup olmadığını gösterecektir. İlaç olarak tüketilmesinin, ilaç ham maddesi olarak kullamının uygun olup olmadığı belirlenecektir. Tüm bilimsel çalışmalarda bu element miktarları göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Momordica charantia L., Fe, Al, Ağır Metal.

PAMUKLU KUMAŞLARIN MİKRODALGA ORTAMINDA BOYANMASI

Ayşe Usluoğlu
Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Ar-Ge Merkezi
ayse.usluoglu@aydinorme.com.tr

Murat TEKER
Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
teker@sakarya.edu.tr

Hilal Gülnur ALŞAN
Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
teker@sakarya.edu.tr

Özet
Mikrodalga teknolojisinin birçok endüstri dalında kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Homojen ve hızlı ısıtma sağlayan mikrodalga teknolojisi, tekstil işlemlerinde çevre dostu alternatif yeni bir yöntem olarak ilgi çekmektedir. Bu çalışmada, pamuklu kumaşların C.I. Reaktive Red 141 ve C.I. Reactive Yellow 138:1 boyarmaddeleri ile renklendirilmesinde mikrodalga teknolojisinin kullanımı araştırıldı. Boyama prosesleri L(195.5W), ML(460W), M(759W) mikrodalga düzeylerinde, pamuklu kumaşın reaktif boyarmaddelerle boyama süresine bağlı olarak oluşturuldu. Mikrodalga gücüne göre yapılan boyama çalışmalarında elde edilen veriler, 0., I. ve II. dereceden hız denklemlerine dönüştürüldü. Boyama kinetiğinin I. dereceden hız denklemlerine uyduğu tespit edildi. I. dereceden hız denklemine ait hız sabitleri hesaplandı. Ayrıca boyamanın süreyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, Reaktif Boyarmadde, Mikrodalga, Hız Sabiti, Kinetik

PIIGS ÜLKELERİNİN MAKROEKONOMİK PERFORMANSLARININ KÜMELEME ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRMASI

Damla Ceylanoğlu
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik
damlaceylanoglu@gmail.com

Özet
Makroekonomik performans, bir ülkenin hükümet politikasının önemli amaçlarına veya kilit hedeflerine ulaşmada ne kadar başarılı olduğudur. Temel amaçlar ise işsizliği azaltma, enflasyonu düşürme, üretimi arttırma, ekonomik büyümeyi sağlama, kalkınma, verimlilik artışı, kamu hizmetlerinde iyileşme, çevreye duyarlı ekonomik büyüme ve gelir ve servet eşitsizliğini azaltmak olarak sayılabilir. Küme analizi ise, verilerin işlenmesi için istatistiksel bir yöntemdir. Öğeleri ne kadar yakından ilişkili olduklarına göre gruplar veya kümeler halinde düzenleyerek çalışır. Kümeleme analizinin amacı, her bir denek çifti arasındaki "benzerliğin", tüm özellikler kümesi üzerinde bir küresel ölçü anlamına geldiği, benzer denek gruplarını bulmaktır. Bu çalışmanın amacı, PIIGS ülkelerinin makroekonomik göstergelerinden yararlanarak belirli tarih aralıklarında (1995-2018) ekonomik durumlarının değerlendirilmesidir. Çalışmada Avrupa Birliği üyesi olmalarına karşılık ekonomik performansları diğer birlik ülkelerine göre zayıf olan kısaca PIIGS ülkeleri olarak adlandırılan Portekiz, İtalya, İrlanda, Yunanistan ve İspanya incelenmiştir. Bu ülkelerde küresel krizler, izlenen yanlış para politikaları makroekonomik dengesizlikleri beraberinde getirmiştir. Bunun sonucu olarak kemer sıkma politikaları, tasarruf tedbirleri gibi politikalar uygulanmıştır. Aynı zamanda ekonomik anlamda güçlü Avrupa Birliği ülkeleri bu ülkelere parasal yardım yaparak PIIGS ülkelerini ayakta tutulmaya çalışılmıştır. Bu çalışma ile PIIGS ülkelerinde uygulanan politikalar ve birlik yardımlarının makroekonomik göstergelere etkileri gözlemlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Makroekonomik gösterge (enflasyon, işsizlik, ithalat-ihracat, gayrisafi yurtiçi hasıla) verileri EUROSTAT üzerinden alınarak SPSS ile kümeleme analizi uygulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: PIIGS, Makro Ekonomi, Kümeleme Analizi

KOCAELİ KIYI ŞERİDİNDEKİ BALIKÇI BARINAKLARINDA KARŞILAŞILAN SORUNLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Suat KESKİN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği
suatkeskin90@gmail.com

Önder EKİNCİ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı / Hereke Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü
oekinci@kocaeli.edu.tr

Özet
1996 yılında, 3621 sayılı Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmeliğin Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi Hakkında Yönetmelikle; limanlarla birlikte teknik ve sosyal tesislerin yapılabilmesine izin verilerek çekek yeri, yat limanı, balıkçı barınağı gibi kıyı yapıları tanımlanmıştır. Her türlü balıkçı gemilerine hizmet vermek maksadı ile mendireklerle korunmuş, yeterli havuz ve geri saha ile barınacak gemilerin manevra yapabilecekleri su alanı ve derinliğe sahip, yükleme, boşaltma, bağlama rıhtımları ile suyu, elektriği, ağ kurtarma sahası, satış yeri, idare binası, ön soğutma ve çekek yeri bulunan kıyı yapıları olarak yönetmelikte tanımlananan balıkçılık kıyı yapıları, ulaştırma, gıda ve turizm sektörleriyle ilişkilidir. Balıkçılık kıyı yapıları tasarlanırken, tekne ve gemi boyutları, ulaşım kanalı ve giriş ağzı genişliği, manevra alanı, basen içi gerekli su derinliği, izin verilen çalkantı yükseklikleri, yanaşma düzenleri, rıhtım uzunluğu ve çekek yerinin fiziksel özellikleri gibi kısıtlar göz önünde bulundurulmalıdır. Ülkemizdeki yaklaşık 367 adet balıkçılık kıyı yapısından yarıya yakınının imar planının bulunmamasıyla birlikte, yeterli rıhtım uzunluğuna sahip olmayıp çalkantı ve dalga aşması sorunlarıyla karşılaşan bazı balıkçılık kıyı yapılarından bahsedebiliriz. Ayrıca, dalgakıran boylarının kısa olması, mendireklerinin yeterli deniz derinliğine kadar uzatılmamış olması, akarsu, yağmur suyu deşarj hattı gibi unsurların liman içine askıda katı madde taşıması, gerektiği halde kum tutucu mahmuz yapılmaması gibi nedenlerle liman giriş ağzının veya baseninin dolmasına neden olan kumlanma sorunuyla karşılaşan balıkçılık kıyı yapılarına da rastlanabilmektedir. Bu çalışmada, bütünleşik kıyı alanları planlaması kapsamında Kocaeli kıyı şeridinde bulunan balıkçı barınakları gibi kıyı yapılarında karşılaşılan işletme öncesi ve sonrası sorunların, özellikle dalga karakteristikleri açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dalgakıran, Dalga Aşması, Liman İçi Çalkantılar, Liman Basen derinliği

5-FU VE TİMOKİNON YÜKLÜ PCL NANOPARTİKÜLLERİNİN AGS MİDE KANSERİ HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ IN VITRO ANTİKANSER ETKİNLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Fadime Çetin
Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik
fadimecetin4534@gmail.com

Emrah Şefik Abamor
Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Biyomühendislik
esabamor@gmail.com

Özet

Günümüzde mide kanseri ileri evrelerde teşhis edilebilmekte ve mevcut tedavi yöntemleri hastalığın tedavisinde yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda kemoterapötik ilaçların toksik yan etkileri de bilinmektedir. Bu nedenle tedavide kullanılabilecek yeni formülasyonların geliştirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kemoterapötik ilaçların tüm sistem üzerindeki toksik etkilerini azaltmak ve hedefe yönelik bir ilaç taşınımı sağlamak için yeni bir kombinasyon ve nanoboyutta hedefli bir ilaç taşıma sisteminin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında ileri evre mide kanseri kemoterapi ilacı olarak kullanılan 5-Fluorourasil (5-FU) ve Nigella Sativa bitkisinin esas bileşenlerinden olan Timokinon (TQ) moleküllerinin biyobozunur, biyouyumlu, Polikaprolakton (PCL) polimerlerine enkapsülasyonu ile yeni nesil nanoformülasyonlar hazırlanmıştır. İlaçların nanopartiküllere kapsüllenerek biyolojik sisteme verilmesi ilacın toksik etkisinin azaltılmasına, stabilitelerinin ve biyolojik aktivitelerinin arttırılabilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca ilaçlar doğal bileşikler ile kombinasyon halinde nanopartiküllere kapsüle edilebilmektedir. Bu çalışmada 5-Florourasil ve Timokinon bileşenleri tekli ve kombinasyon halinde çözücü buharlaştırma yöntemiyle PCL nanopariküllerine kapsüllenmiştir. Sentezlenen polimerik nanopartiküllerin karakterizasyonu SEM, FTIR, UV-VIS, DLS analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Nanopartiküllerin antikanser etkinliği AGS Mide kanseri hücrelerinde, toksisite ve biyouyumluluk çalışmaları L929 Fibroblast hücrelerinde MTT yöntemi kullanılarak test edilmiştir. 5-FU, TQ ve 5-FU+TQ kombinasyonlarını içeren PCL nanopartiküllerinin karakterizasyonuna yönelik çalışmalarda bu nanopartiküllerin ortalama boyutlarının 210-230 nm arasında olduğu görülmüştür. FTIR analizi sonuçlarına göre TQ ve 5-FU içeren PCL nanopartiküllerinde TQ ve 5-FU'a spesifik bantlar görülmemiştir. Bu durum bu bileşenlerin nanopartiküllere başarıyla enkapsüle edildiğini göstermektedir. UV-VIS spektroskopisinde gerçekleştirilen salım analizine göre ise TQ ve 5-FU içeren PCL nanopartiküllerinin %70 civarında salım yaptıkları belirlenmiştir. AGS mide kanseri hücre hattı üzerinde tek başına 5-FU, TQ ve 5-FU+TQ kombinasyonlarını içeren PCL nanopartiküllerinin farklı konsantrasyonları incelenmiş ve yapılan MTT testi sonucunda 5-FU+TQ PCL nanopartiküllerinin antikanser etkinliğinin tekli formülasyon bileşimlerine göre daha fazla olduğu görülmüştür. L929 Fibroblast hücreleri üzerinde denenen aynı konsantrasyonların ise toksik etkisinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ilaç ve ekstrakt yüklü polimerik nanopartikülerin mide kanseri hücrelerine karşı kayda değer bir terapötik etkinlik gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar aynı zamanda mide kanserinin tedavisinde ilaç ve ekstrakt yüklü polimerik nanopartiküllerin alternatif bir terapi olarak büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mide kanseri, nanopartikül, ilaç iletimi, AGS

HASTANE ORTAMINDA BİR MOBİL ROBOTUN NAVİGASYONU İÇİN DERİN PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

EMRE APAYDIN
Kocaeli Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
emre.apydn@gmail.com

A.BURAK İNNER
Kocaeli Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
binner@kocaeli.edu.tr

Özet
Mevcut mobil robotik araştırmalarındaki en önemli konulardan biri otonom navigasyondur. Navigasyon; yol planlama ve hareket planlama olarak iki kısımdan oluşur. Bununla birlikte yol ve hareket planlama, haritası çıkarılmamış ortamlarda daha zorlu bir görev olabilir. Bu zorlukları aşmak için son yıllarda derin pekiştirmeli öğrenme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hastane ortamlarındaki taşıma işlemleri için geliştirilmiş tekerlekli bir mobil robotun, navigasyon işlemlerinde kullanılabilecek bir çözüm araştırılmıştır. Hastanede sedye, masa, sandalye gibi nesneleri ve insanları engel olarak kabul ederek farklı senaryolar üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, grid dünyası olarak tasvir edilen temsili bir problem olan yol arama için derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarından Deep Q-Network (DQN) ve Proximal Policy Optimization (PPO) ajanlarının simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır ve simülasyonda kullanılan ortam, model mimarisi ve parametreleri sunulmuştur. Ajanın etkileşimde bulanacağı ortam iki boyutlu grid dünya olarak tasarlanmıştır. Robotun doğasında bulunan sürekli ve yüksek boyutlu durumlar ve eylemler, mevcut derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarını doğrudan uygulamak için sınırlar oluşturmaktadır. Hastanedeki 3 boyutlu kapalı bir ortamı, robotun çalışma ortamını tanımasını sağlamanın bir yolu olarak grid dünyasına haritalamak, çalışma ortamını ifade etmenin bir yoludur. Bu, durum ve eylem boyutlarının, öğrenme için gereken veri ve hesaplama miktarının önemli ölçüde azaltmamıza ve derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarını kullanarak yol arama problemi için en uygun politikayı bulmamıza olanak tanır. Başlangıç durumu, hedef durumu, engel durumları hücreler ile temsil edilmiştir. Eylem uzayı dört hareketten oluşmaktadır: ileri, geri, sola git, sağa git . Mobil robot da hücre olarak temsil edilmiştir. Böylece robottan bağımsız bir şekilde uygun algoritma parametrelerini ve model mimarilerini bulma sürecine odaklanılmıştır. Eğitilen ajanlar engelli ve engelsiz ortamlarda simüle edilmiştir. Sonuçlar grafiksel olarak, bölüm sayısı-ödül olarak karşılaştırlmıştır. PPO algoritması ,DQN algoritmasından daha iyi sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Hareket planlama, Yol planlama, Derin pekiştirmeli öğrenme, Otonom navigasyon, Mobil robotlar

OTONOM İHA'LARIN NAVİGASYONU İÇİN PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

MUTLU USLU
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
mutluslu@hotmail.com

BURAK İNNER
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
binner@kocaeli.edu.tr

Özet
2000'li yıllardan sonra İnsansız Hava Araçları (İHA) teknolojisinin gelişimi askeri ve sivil alanda bir çok ülkede hız kazanmıştır. Çoğu alanda kullanılma sebeplerinin en başında zaman ve maliyet bakımından sağladığı faydalar gelmektedir. Haritacılık, Arama/Kurtarma, Tarım, Nakliye ve bir çok alanda kullanımı artmaktadır. Bu nedenle İHA otonom hareket planlama problemini çözmek için değişik yapay zeka çözümleri kullanılmıştır. Bu gibi sorunların çözüm yollarının en başında da pekiştirmeli öğrenme gelmektedir. Pekiştirmeli öğrenmedeki ana prensip sistemin çevresi ile etkileşimlerinden elde ettiği deneyimleri kullanarak istenilen görevleri yapabilmeyi kendi kendine öğrenmesidir. Çevrede İHA'nın 3 boyutta hareket etmesi gerekmektedir. Izgara haritasında engelin üzerinden, sağından veya solundan geçebileceği kabul edilmektedir. Engelin üzerinden geçmesini engelin sağından veya solundan geçmesinden daha öncelikle hale getirmek istenmiştir. Ödül-ceza buna göre ayarlanmıştır. Hedefe ulaşma ödülü ilk olarak 10 olarak ayarlanmıştır. Daha sonra ödül değeri arttırılarak deneme yapıldığında ajanın eğitimi tamamlama hızları grafiklerle gösterilmiştir. Simulasyon aracı olarak matlab kullanılarak oluşturulmuş iki boyutlu bir çevre baz alınarak bir ortam oluşturulmuştur. Bu ortam üzerinde Q-Learning, SARSA, DDPG (TD3) ve Deep Q-Network (DQN) gibi farklı pekiştirici öğrenme algoritmalarının karşılaştırmalı bir simülasyon çalışması sunulmaktadır. Bu karşılaştırmayı yaparken belirli bir öğrenme kriteri eklenmiştir ve ayrıca epsilon değeri, step sayısı gibi parametreler değiştirilerek eğitim ve test aşamalarındaki değişiklikler analiz edilmiştir. Bu çalışma için simülatör programı tarafından sağlanan engeller ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin Pekiştirmeli Öğrenme, otonom navigasyon, İnsansız Hava aracı (İHA)

SESÜSTÜ MUHAREBE UÇAKLARI İÇİN MOTOR HAVA ALIĞI TASARIMI VE AERODİNAMİK PERFORMANSIN İNCELENMESİ

Cengiz Sandıkçı
Milli Savunma Üniversitesi, Hezârfen Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Havacılık Mühendisliği
cengizsand@gmail.com

Hayri Acar
Milli Savunma Üniversitesi, Hezârfen Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Havacılık Mühendisliği
acarh@itu.edu.tr

Özet
Bu çalışmada ses üstü uçuş rejimine sahip muharebe uçakları için kritik öneme sahip bir bileşen olan motor hava alığının genel özellikleri, tasarım parametreleri, performans kriterleri ile birlikte konsept bir tasarımın belirli aşamaları gösterilmiştir. Belirlenen tasarım noktası ile referans bir uçak alınarak hava alığı 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Tasarım noktası; 2 Mach seyir hızı ve 20 000 ft seyir irtifası olarak kabul edilmiştir. Referans uçak olarak F-35 avcı sınıfı savaş uçağı kabul edilmiştir. Tasarımda dış sıkıştırmalı 2 eğik şok ve 1 normal şok kullanılmıştır. Ardından ticari bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımıyla nümerik olarak performans değerleri çıkartılmıştır. Analizler ses altı, ses üstü, kalkış ve seyir durumları için yapılmıştır. Analizlerde şok dalgaları ve motor giriş hızı, hava alığı basınç kaybı, bozulma kriteri gibi performans özelliklerine ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava Alığı, Aerodinamik, Ses üstü Akış, Uçak

ÇOK DEPOLU ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİNİN PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU VE GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Merve Aydın
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği
mrve.aydiin@gmail.com

Yıldız Şahin
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
yildiz.sahin@kocaeli.edu.tr

Özet
İşletmeler uygun lojistik ile müşterilerin taleplerini karşılaması ile lojistik maliyetlerini azaltır. Bu çalışmada çok depolu araç rotalama problemi çalışılmaktadır. En kısa yollar ile en uygun rotalar hedeflenmektedir. Araçların kapasite kısıtı vardır. Literatürde birçok metasezgisel yöntemler, araç rotalama problemlerinde büyük verilerin çözümlerinde yer aldığı görülmektedir. Literatürde çok depolu araç rotalama problemleri çözümünde KKO, Parçacık Sürü Optimizasyonu(PSO), Genetik, Tavlama vb. algoritmalar kullanılmıştır. 2022 yılında ki çok depolu araç rotalama yayınlara bakıldığında, metasezgisel yöntemlerden popüler olarak Parçacık Sürü Optimizasyonu(PSO) ve Genetik algoritma çalışmaları yer aldığı fark edilmiştir. Literatürde bu yöntemlere yönelmiş yayınlarda yer alsa da, çok depolu araç rotalama problemlerinde iki yöntemin kıyası yapılan yayın miktarı azdır. Bu çalışmada müşteriler depolara iki farklı gruplama yöntemi ile gruplanmaktadır. Depo kısıtlı transport atama yöntemi ve en yakın depoya gruplama kullanılmaktadır. Parçacık Sürü Optimizasyonu(PSO) ve Genetik algoritma ile iki algoritmanın çözüm sonucuna ulaştıracak Matlab programı kodlandı. İki farklı başlangıç çözümü ile Parçacık Sürü Optimizasyonu(PSO), Genetik algoritma çözülmüş, kıyaslanmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Depolu Araç Rotalama, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Genetik Algoritma

YOL PLANLAMA VE YOL İZLEME ALGORİTMALARININ HİBRİT OLARAK KULLANIMINA DAYALI YOL OPTİMİZASYONU

Hüsnü Umut Okur
Milli Savunma Üniversitesi, Hezârfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği
umutokur137@gmail.com

Pınar Öztürk Özdemir
Milli Savunma Üniversitesi, Hezârfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği
oozdemir33@hho.msu.edu.tr

Musa Nurullah Yazar
AVL Araştırma ve Mühendislik, Yazılım Birimi, Yazılım Bölümü
musa.yazar@avl.com

Özet
Bu çalışmada, otonom araçlar için yol planlama ve yol izleme algoritmalarının hibrit kullanımına dayalı bir yöntem önerilmiştir. Başlangıç noktası ile varış noktası arasındaki en uygun yolu bulmak, ortamın boyutu ve engellerin pozisyonlarına bağlı olarak hesaplama açısından maliyetli ve zaman alıcı olabilir. Yol planlama algoritmaları temelde iki kategoriye ayrılabilir: grid tabanlı ve örnekleme tabanlı yöntemler. Grid tabanlı yöntemler, küçük boyutlu ortamlarda optimum yolu daha verimli bir şekilde bulabilir, ancak ortamın boyutu ve grid çözünürlüğünün artmasıyla algoritmanın verimliliği azalır. Örnekleme tabanlı algoritmalar, büyük boyutlu ortamlar için alt optimal yolu daha hızlı bulabilirken, rastgele noktalarla oluşturulan yol, yolun verimliliğini azaltan birçok keskin dönüş içerir. Örneklemeye dayalı algoritmanın yüksek iterasyonda kullanılmasıyla keskin dönüşlerden kaçınılabilir, ancak bu durumda hesaplama süresi açısından verimlilik düşer. Önerilen yöntemde, başlangıç noktası ile varış noktası arasında alt-optimal yolu belirleyen RRT (Rapidly-Exploring Random Tree) yol planlama yönteminin düşük iterasyonlarda kullanılması amaçlanmaktadır. Ardından, bu alt-optimal yol Pure-Pursuit yönteminin giriş parametrelerinin yolun düzlüğüne ve engel konumlarına göre hibrid bir yapıda ayarlanmasıyla iyileştirilir. Simülasyonda kullanılan araç İnsansız Hava Aracı (İHA) olarak seçilmesine rağmen yöntemi her türlü mobil robot için genişletmek ve genelleştirmek oldukça kolaydır. Simülasyon sonuçları, önerilen hibrit metod ile elde edilen yolun düşük iterasyonlardaki etkinliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yol Planlama, Yol İzleme, RRT, Pure-Pursuit, Engelden Kaçma

LİTYUM-İYON PİLLERİNİN SOĞUTULMASININ SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Onur Can AYDIN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği
195109018@kocaeli.edu.tr

MÜSLÜM ARICI
Kocaeli Üniversitesi, Makina Mühendisliği, Termodinamik Ve Isı Tekniği
muslumarici@kocaeli.edu.tr

Özet
Etrafı faz değiştiren akışkan ile çevrili 5S5P (5 seri ve 5 paralel) konfigürasyonundaki pil paketi, delikli alüminyum çerçeve ile sabitlenmiştir. İlgili pil paketinde deliklerinin bazılarından soğutucu akışkan (su) geçirilerek farklı kombinasyonlardaki ve akış hızındaki (0,02-0,14 m/s) ilgili kısımlar incelenmiştir. En iyi pil paketi konfirigasyonuna sahip paket için, ilgili tasarımda değişikliğe gidilmiş ve faz değiştiren akışkan içine pillller ile temas halinde olacak şekilde kanatçıklar eklenerek normal durumdaki pil paketi içindeki sıcaklık durumları modellenip sayısal olarak incelenmiştir. İlgili durumlar grafiksel olarak incelenip ilgili tasarımdaki kanatçık etkisi yorumlanmıştır. Ayrıca faz değiştiren akışkan için ise kütle fraksiyon etkisinin ideal olarak seçilerek gizli ısıdaki etkisi pil paketi için soğutmadaki performansı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lityum-iyon piller, Soğutma, Sayısal Analiz

MİL-GÖBEK BAĞLANTILARINDA BOYUT ÖLÇÜM ANALİZ YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİNİN EKSENEL YÜK İLETİMİNE BAĞLI OLARAK NÜMERİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ

ENES FURKAN YİĞİT
Kocaeli Üniversitesi, TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ, OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ
furkanyigit80@hotmail.com

Abdulkadir Cengiz
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Müh.
abdulkadir.cengiz@kocaeli.edu.tr

Mustafa Kitapçı
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
mustafa.kitapci@torunmetal.com

Özet
Mil-Göbek bağlantılarında kuvvet/moment iletiminin tasarımdaki hedefine uygun yapılabilmesi için temas yüzeylerine ait boyut tolerans bölgesi yapım resminde doğru ve eksiksiz bir şekilde verilmeli ve üretimde CMM vb. hassas dijital ölçüm cihazları ile kontrolleri yapılmalıdır. Ancak dijital ölçüm için seçilen metodolojiye bağlı olarak elde edilen gerçek boyut değerleri değişebilmektedir. Kuvvet bağlı Mil-Göbek bağlantıları için tolerans hesaplamaları nümerik hesaplama yöntemleri ile yapılabilmekte olup farklı yöntemlerde kullanılmaktadır. CMM ile parçaların gerçek şeklinin ve boyutlarının ölçülmesi, (LSQ, GX, GN) yöntemleri ile hesaplanabilmektedir. Deneyde CK45 ve 1.2080 Takım çeliğinden imal edilen Mil ve Göbek bağlantı parçaları, farklı tolerans aralıklarındaki çap değerleri ile hesaplanmıştır. Eksenel kuvvetlerin nümerik hesaplamalarında Lame denklemleri ve sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılmıştır. Her bir takım için, ölçüm yöntemine bağlı oluşan 9 farklı sıkılık miktarına göre elde edilen nümerik hesap değerleri ile test verileri karşılaştırılmıştır. Test verileriyle uyum sağlayan sıkılık miktarı için ölçüm yöntemi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GN-GX-LSQ, Sıkı Geçme, Tolerans Analiz Metodu

İÇME SUYU ARITMA TESİSİ FİLTRASYON İŞLEMİNDE FARKLI FİLTRE MALZEMESİ KULLANIMI VE BORULAMA/GERİ YIKAMA POMPA KAPASİTESİ DEĞİŞİKLİKLERİNİN ARITMA VERİMİNE ETKİSİ

B. Emre URAL
Kocaeli Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, Makina Mühendisliği
beykanemreural@yahoo.com

Onur Eren
izmit su a.ş, arıtma tesisi, işletme
oeren@izmitsu.com.tr

Elif Soyer
Marmara Üniversitesi, mühendislik, çevre
elif.soyer@marmara.edu.tr

Mahmut Üye
Kocaeli Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, inşaat
mahmutuye@gmail.com

Özet
İzmit İçme Suyu Arıtma Tesisinde, birbirinden bağımsız paralel çalışan ve filtreleme hızı 7,35 m/sa olan 20 adet hızlı kum filtresi, koagülasyon – flokülasyon ve durultma sonrası suda asılı kalan küçük boyutlu flok ve parçacıkları sudan ayırmak için kullanılmaktadır. Filtrasyon işlemi sonrasında suyun bulanıklığı çok düşük seviyelere (0.1-0.5 NTU) azalmakta, demir ve manganın okside formları (çökeltileri) sudan uzaklaştırılmaktadır. Tesiste cazibeli olarak (kendi doğal akışı ile) filtre havuzuna ulaşan durultucu çıkış suyu aşağıya doğru süzülerek kum filtreden geçmekte ve filtrelenmiş su, filtre tabanında bulunan kanallardan geçerek her filtreye ait temiz su borusunun birleştiği ana boru hattına bağlanmaktadır. Filtrasyon süresince kum taneler arasında biriken flok ve parçacıklar, filtrasyonun durdurulması ve geri yıkama işlemine alınması ile uzaklaştırılmaktadır. Geri yıkama işleminde, daha önce filtrelenmiş olan temiz su kullanılmakta ve geri yıkama pompaları ile ters yönde (yukarı akışlı olarak) belirli hız ve süre boyunca filtre havuzuna verilmektedir. Geri yıkama, filtrasyon süresinde ulaşılan maksimum yük kaybı, filtasyon süresi veya filtrelenmiş su bulanıklığı dikkate alınarak otomatik olarak yapılabilmektedir. Hızlı kum filtrasyonunda filtre hızı 5-10 m/sa aralığında tutulabilir ve ince-orta (0.5-1.2 mm) silika kumu kullanılabilir. İzmit İçme Suyu Arıtma Tesisi filtre havuzlarında bulunan kumun efektif tane çapı yaklaşık 1.35 mm olup sıcaklığın yükseldiği yaz aylarında aynı pompa debisi (geri yıkama hızı kullanılarak) geri yıkama ile kum yatak genişlemesinin (geri yıkama sırasında kum porozitesi) düşük olması sebebiyle tutulan flokların kum yataktan atılması esnasında zorluklar yaşanmaktadır. Geri yıkama sırasında filtre içerisinden istenen seviyede temizlenememiş olan floklar ise filtreler tekrar işleme alındığında yük kaybı artışının gözlenmesine neden olmakta ve filtreler beklenenden daha kısa sürede tekrar geri yıkamaya alınmak durumunda kalınmaktadır. Bu çalışmada kum filtrelerin hızlı tıkanması ve servis sürelerinin düşmesi probleminin çözümü için tek tabakalı kum filtre yerine kum-antrasit çift tabakalı filtrelerin kullanımı deneysel olarak incelenmiş ve antrasit kullanımı ile filtrede flok ve parçacıkların tutulma kapasitesinde artış olduğu, filtrelerin daha uzun süre hizmet verdiği görülmüştür. Çalışmada ayrıca geri yıkama esnasında filtre yatağının daha iyi temizlenebilmesi için geri yıkama debileri (pompaj kapasitesi) artışı da incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu arıtma tesisi, silika kumu, antrasit kömürü, bulanıklık, geri yıkama

SİLİKO ÇALIŞMASINDA SARS-COV-2 PROTEİNLERİNE KARŞI BİGUANİT TÜREVLERİNİN KULLANILMASI

Mohammed Efendi
Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
efendimd88@gmail.com

Tuğba Taşkın Tok
Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
taskin.tugba@gmail.com

Özet
COVID-19, dünya çapında binlerce insanın hayatını tehdit etmeye devam ediyor. Modern araştırmaya göre, bu hastalığın ana patojeni (SARS-CoV-2)dir. İnsan hücresini ele geçirdikten sonra, bu virüs içine girer, daha sonra bu virüsün yeni hücreye saldıran kopyalarını oluşturmak için çoğaltma ve kopyalama işlemi başlatılır ve böylece enfeksiyon meydana gelir. Bu replikasyon sürecinden sorumlu olan birçok yapısal ve yapısal olmayan protein vardır; ana proteaz (MPro), papain benzeri proteaz (PLP), RNA'ya bağımlı RNA polimeraz (RdRp) ve diğer proteinler. Çalışmamızda, biguanit türevlerinin (Cycloguanil, Phenformin, Proguanil, Moroxydine, Buformin ve Metformin) bu proteinlere karşı etkinliğini araştırmak için moleküler modelleme uygulayarak bu proteinlerin rollerini engellemeyi hedefliyoruz. Ayrıca, siliko'da, daha iyi sonuçlar elde etmek için biguanit türevlerini modifiye ediyoruz, son adım olarak, iyi sonuçları gösteren modifiye edilmiş bileşiklere Absorpsiyon, Dağıtım, Metabolizma, Ekskresyon ve Toksisite testleri (ADMET) uyguluyoruz.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Moleküler Modelleme, Biguanitler, SARS-CoV-2 proteinleri

ENDÜSTRİDE KESTİRİMCİ BAKIM

Serkan Bayraktar
Kocaeli Üniversitesi, Muhendislik Fakultesi, Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans
serkannbayraktar@hotmail.com

Özet
Endüstride bakım sistemleri 2000'li yılların başlamasıyla birlikte önemli değişim ve gelişime uğramıştır. Geçmişten günümüze bakım metotları olan Arızi ve Planlı Bakım tanımlarına Kestirimci bakım kavramı da eklenmiştir. Kestirimci bakım metotlarına örnek olarak ; Titreşim Analizi, Termal Ölçümler, Güç Analizleri, Ultrasonik Analizler, Yağ Analizi gibi çalışmaları örnek gösterebiliriz. Bu çalışmalar sayesinde bakım sistemlerinde genel anlayış ciddi bir değişiklik göstermektedir. Kestirimci bakım metodlarından elde edilen veriler sayesinde arızi bakım süreleri , maliyetleri ve planlı bakım sürelerinde kaydadeğer azalmalar gerçekleştirilmektedir. Bu sayede işletme verimi ve deger kazanan iş süreleri artmaktadır. Bu calısmaların endustri 4.0 ile entegrasyonu ile de digital donusum yolunda onemli adımlar atılmıs olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bakım Sistemleri, Kestirimci Bakım, Titreşim Analizi

316L PASLANMAZ ÇELİK MALZEMELERİN SIVI ORTAMINDA ND:YAG LAZER İLE KAYNAĞI

Mohamad ALHAJHAMOUD
Kocaeli Üniversitesi, FEN BİL.ENS, BİYO. MÜH.
mech24680@gmail.com

Ersin KAYAHAN
Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği
kayahan@kocaeli.edu.tr

Özet
Ortopedi ve travmatoloji alanında, kemik hasarı ve kırıklarına bağlı olarak uygulanan ameliyatlarda sıkılıkla biyometaller kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları Ti6Al4V, 316L paslanmaz çelik, Co-Cr-Mo alaşımlarıdır. Kimi zaman bu malzemeler de travma sonucu hasara uğramaktadır. İkinci ameliyatın özellikle yaşlı hastalar için başlı başına bir risk teşkil etmesinin yanı sıra ekstra malzeme sarfiyatı da gereklidir. Bu bağlamda önce biyometallerin kaynak yapılabilirliği önem kazanmaktadır. Vücut ortamını simüle edebilecek bir sıvı ortamında kaynak yapma çalışmaları bu hedefle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı bahsi geçen metalik biyomalzemelerin lazer ile kaynak kabiliyetinin ve kaynağı gerçekleştirilen malzemelerin bu prosesten nasıl etkilendiğinin araştırılmasıdır. Vücut sıvısında da bu malzemelerin kaynağının mümkün olması gelecekteki çalışmalar için umut verici bir başlangıç olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Lazer, kaynak, biyo-malzemeler

22MNB5 ÇELİĞİNİN SICAK PRESLEME İŞLEMİNDE KALIPTA SOĞUTMA SÜRESİNİN OPTİMİZASYONU

Nihat Akkuş
Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
nihat.akkus@gedik.edu.tr

Özgür Yurtgan
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
oyurtgan@cpsform.com

Serkan Alan
Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
salan@cpsform.com

Alkan Özcan
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
aozcan@cpsform.com

Özet

Yüksek mukavemetli çeliklerin sıcak presleme işlemi, düşük şekillendirme kuvvetleri ile istenilen formun elde edilebilmesi gibi avantajlarından dolayı, özellikle otomobil yapısal parçalarının üretiminde yaygın olarak kullanılan bir imalat metodudur. Bu metotta östenitleme sıcaklığının üzerinde bir sıcaklığa ısıtılan çelik pres kalıbına aktarılır, burada sıcak olarak şekillendirilir ve hemen ardından kalıp içerisinde oda sıcaklığına hızlı soğutularak malzemede mikro yapısal dönüşümlerin gerçekleşmesi ve hedeflenen mekanik özelliklerin elde edilmesi sağlanır. Bu çalışma otomobil tipik yapısal parçalarından biri olan B-sütunu parçasının imalatının sıcak presleme prosesiyle üretimi için bir seri parametre denemesini içermektedir. B-sütunu parçasının üretimi için uygun bir formda kalıp çekirdeği ve bu çekirdeğe uygun azot soğutma kanalları içeren bir kalıp tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. 22MnB5 sacı östenitleme işlemi için fırın içerisinde ısıtılmasının ve 20 dakika boyunca bu sıcaklıkta tutulmasını ardından, endüstriyel bir robot aracılığıyla kalıp içerisine aktarılmış, ardından sıcak presleme ve kalıpta soğutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; ısıtma sıcaklığı, fırından kalıba aktarım süresi, pres baskı kuvveti ve kalıpta soğutma hızı sabit olarak tutulmuş ve kalıp içerisinde farklı soğutma sürelerinde deneme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Denemeler sonucu elde edilen numunelere çekme, mikro sertlik testleri yapılmış ve optik mikroskopi ile mikro yapısal incelemeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 22MnB5 sacının 1050 °C sıcaklıkta preslenmesi ile elde edilen B-sütunu parçasının istenen mekanik özelliklerde imalatı için kullanılması gereken ideal soğutma süresi belirlenmiştir. Son olarak ideal parametrelerle üretilen parçaların geometrileri 3 boyutlu koordinat ölçüm makinesi (CMM) kullanılarak doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıcak presleme, B-sütunu, bor alaşımlı çelikler, optik mikroskopi

1,4-BİS(3-AMİNOPROPİL) PİPERAZİN SUBSTİTUE SİKLOTRİFOSFAZEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE YAPISAL KARAKTERİZASYONU. SENTEZLENEN BİLEŞİKLERİN SPEKTROSKOPİK VE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ

ORHAN ÇELİK
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, FAKÜLTE, KİMYA
celik_orhan11@hotmail.com

SEDAT TÜRE
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, FAKÜLTE, KİMYA
turese65@yahoo.com

Gamze KAYA
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, FAKÜLTE, KİMYA
ggamzekeles@gmail.com

Özet
Hekzaklorosiklotrifosfazen, N3P3Cl6 ile di-foksiyonel nükleofilik 1,4-bis(3-aminopropil) piperazinin tepkimeleri. Reaksiyonlar NaBH4 eşliğinde, THF ve aseton içerisinde, oda sıcaklığı ve 1:1, 1:2 ve 1:3 mol oranlarında gerçekleştirilmiştir. Tepkimelerden bir mono-anza, N3P3Cl4[NH-(CH2)3-N(CH2)2]2; tek-köprülü bino, N3P3Cl5[NH-(CH2)3-N(CH2)2]2N3P3Cl5; çift-köprülü bino, N3P3Cl4{[NH-(CH2)3-N(CH2)2]2}2N3P3Cl4; ve üç-köprülülü bino, N3P3Cl4{[NH-(CH2)3-N(CH2)2]2}2N3P3Cl4 türevleri sentezlenmiştir. Elde edilen bileşiklerin yapıları genel olarak element ve FT-IR analizi, TLC-MS, 31P ve 1H NMR spektral veriler doğrultusunda belirlenmiştir. Halojeno-aminopropilpiperazin ile sübstitüe edilmiş siklofosfazenlerin fiziksel özellikleri kapsamlıca tartışılmıştır. Çözücünün ve sıcaklığın reaksiyon hızına etkisi ve ayrıca sterik engelin ürün miktarı ve türüne etkisi detaylıca tartışılmıştır. Sentezlenen bileşiklerin olası biyolojik aktiviteleri escherichia coli, staphylococcus aureus, proteus vulgaris gibi bir grup insan patojenik bakterilerine karşı DFT ve moleküler "docking" çalışmaları ile araştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Siklotrifosfazen, 1,4-bis(3-aminopropil)piperazin, ansa bileşiği, köprülü bino türevleri, biyolojik çalışmalar

6-HİDROKSİ FLAVON SÜBSTİTÜE SİKLOTRİFOSFAZEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİNİN İNCELENMESİ

Burak Köksal
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
b.koksal2021@gtu.edu.tr

İbrahim Kitmur
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
i.kitmur@gtu.edu.tr

Seda Mesci
Hitit Üniversitesi, Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Biyoloji
sedamesci@hitit.edu.tr

Tuba Yıldırım
Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji AD
tuba.yildirim@amasya.edu.tr

Gönül Yenilmez Çiftçi
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
yenilmez@gtu.edu.tr

Ebru Batı Ay
Amasya Üniversitesi, Suluova MYO, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı
ebru.bati@amasya.edu.tr

Özet
Bağlı olduğu gruplara göre potansiyel antikanser ajanı olarak çalışılan inorganik bileşiklerden biri de hekzaklorosiklotrifosfazendir, (N3P3Cl6). Bu bileşik, çeşitli ligandlarla yer değiştirebilen altı klor atomuna sahip sağlam bir heterosiklik halkaya sahiptir.1,2 Flavonoid bileşikleri, benzo-γ-piron türevlerinden meydana gelen geniş heterojen grupları içeren polifenollerdir. Flavonoid iskeleti heterosiklik bir halde bulunan üç karbonlu bir zincirle bağlanmış iki fenolik halkadan oluşur. Doğal olarak oluşan biyolojik bileşikler oldukları için biyoflavonoidler olarak da bilinirler.2 Yapılan araştırmalar flavonoidlerin canlılarda antioksidan, radyasyondan korunma, enzim inhibitörü ve enerji dönüşümlerine yardımcı olma gibi pek çok işlevi olduğunu, büyüme hormonunu etkilediğini belirlemiştir.3 Yapılan çalışmada; monospiro yapılı 1,3-propandiol siklotrifosfazen bileşiği ile 6-hidroksi flavon bileşiğinin reaksiyonu incelenerek, kısmi ve tamamen sübstitüe olmuş siklotrifosfazen bileşikleri elde edildi. Sentezlenen bileşiklerin yapıları FT-IR, kütle spektroskopisi, 1H ve 31P NMR spektroskopisi yöntemleri ile aydınlatıldı. Yapısı aydınlatılan bileşiklerin antioksidan aktivite özellikleri de incelendi.

Anahtar Kelimeler: Siklotrifosfazen, trimer, 6-Hidroksi flavonoid, antioksidan aktivite

İKİ FARKLI ATMOSFERİK BASINÇ SOĞUK ARGON PLAZMA JET SİSTEMİNDE A-X, C-B VE 4P-4S EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Sehban Kartal
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik
sehban@istanbul.edu.tr

Tamer Akan
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik
akan@ogu.edu.tr

Çağrı Durmuş
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik
durmuscagri@gmail.com

Özet
Bu çalışmada iki farklı plazma jet sisteminde atmosferik basınçta Argon gazının soğuk plazma jetleri üretilmiştir. Atmosferik basınç soğuk plazma jet (ABSPJ) sistemleri, iğne elektrot-ABSPJ ve çift dış sargı elektrot-ABSPJ olarak üretilmiştir. Her iki plazma jet sisteminde üretilen Argon gazı atmosferik basınç soğuk plazma jetlerin optik emisyon spektrumları (OES); uygulama voltajı, uygulama frekansı ve gaz akış hızı değişimine göre plazma jetlerin farklı bölgelerinden ayrı ayrı alınmıştır. Uygulama voltajı, uygulama frekansı ve gaz akış hızı değişimine göre Argon gazında üretilen her iki atmosferik basınç soğuk plazma jetlerin erken, orta ve geç bölgelerinden alınan emisyon spektrumlarında hidroksil radikaline ait $A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$, nitrojene ait $C^3\Pi u - B^3\Pi g$ ve Argona ait 4P-4S eksitasyon geçişlerinden yayınlanan dalga boylarının şiddet değişimi incelenmiştir. Bu sonuçlar ile soğuk plazma jet sistemlerinde üretilen atmosferik basınç soğuk Argon plazma jetlerin simülasyonu yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Soğuk plazma jet, Argon, Emisyon spektrumu, Nitrojen.

TECRİT LABORATUVARLARINDA BİYOGÜVENLİK VE BİYOEMNİYET DİNAMİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa Sencer Karagül
Kocaeli Üniversitesi, Kartepe Atçılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim
sencer.karagul@kocaeli.edu.tr

Özet
Biyogüvenlik seviyesi yüksek laboratuvalar olarak tanımlanan ‘‘Tecrit Laboratuvarları’’ biyotehlikeli materyaller ile çalışırken güvenli ve emniyetli çalışma alanları sunabilmektedirler. Laboratuvarlarda çalışma metotlarındaki revizyonlar ve mikroorganizmaların patojenite değişiklikleri nedeniyle biyogüvenlik ve biyoemniyet risklerinin artması ve risk seviyelerinin yükselmesi mümkündür. Bu nedenle biyogüvenlik ve biyoemniyet risklerine karşı tecrit laboratuvarlarında bariyerleri oluşturan biyogüvenlik ve biyoemniyet bileşenlerinin dinamik bir süreçte yönetilmesi gerekmektedir. Aksi halde stabil biyogüvenlik ve biyoemniyet yaklaşımları istenmeyen olaylar veya laboratuvar kaynaklı enfeksiyonlar için zayıf noktalara dönüşebilirler. Patojen ve laboratuvar prosesi değiştiği sürece risk de değişebileceği için biyogüvenlik ve biyoemniyet faaliyetlerinde revizyonlar kaçınılmazdır. Uygulamaların başarısı düzeltici faaliyetler yerine önleyici bariyerlerin inşası ile mümkün gözükmektedir. Önlemlerin belirlenmesinde tehlike, tehdit, duyarlı konak, çevre, durum ve proses unsurlarının tanımlanması ilk adımı oluşturmaktır. Akabinde kaynaklar göz önünde bulundurularak yeterli ve uygun önlemlerin alınması yer almaktadır. Bu çalışmada biyogüvenlik ve biyoemniyet yaklaşımlarını oluşturan dinamik bileşenler detaylandırılmıştır. Biyogüvenlik ile biyoemniyet arasında birbirini destekleyen veya kısmen çakışan alt bileşenler arasında etkileşimler değerlendirilmiştir. Laboratuvar çatısı altında biyotehlikeler karşı erken zamanda aksiyon almak için risk yönetimi dinamik bir işleyişe sahip olmalıdır. İşleyişteki devinimin devamlılığı için ise risk iletişimi, güvenlik kültürü ve paydaşlar ile açık iletişim kanallarının kurulması gibi uygulamalar dikkate alınması gereken dinamiklerdir.

Anahtar Kelimeler: Biyoemniyet, biyogüvenlik, biyotehlike, biorisk, tecrit Laboratuvarı

MİKROORGANİZMALARIN PATENTLENMESİ VE HAKLARIN KORUNMASI

Mustafa Sencer Karagül
Kocaeli Üniversitesi, Kartepe Atçılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim
sencer.karagul@kocaeli.edu.tr

Özet
Mikroorganizmalar, biyoteknolojik faaliyetler ve buluşlar için potansiyeli olan değerli genetik kaynaklardır. Bu nedenle mikroorganizmalardan istifade edilmesi ile elde edilecek faydalara dair hakların korunması önem arz etmektedir. Hakların korunmasına dair izlenecek yollar için ulusal ve uluslararası belgelerin takip edilmesi gerekmektedir. Söz konusu rehber belgelerde işleyiş için detaylı bilgiler yer almakla beraber hakların korunması adına yapılacak ilk şey mikroorganizmaya dair patent hakkının alınmasıdır. Patent ve hakların korunması birbirini takip eden süreçlerdir zira patent hakkı, buluş sahibi kişi ve kurumların haklarının koruyucusudur. Patentin keşiften ziyade buluş olma gerekliliği ile beraber yenilik, bilinen durumu aşması ve sanayiye aktarılabilirlik kriterlerini içermesi mikroorganizma patentleri için de geçerlidir. Patent başvurusu için patent ofislerinin işlemlerinden önce söz konusu suşun Budapeşte Anlaşması gereğince uluslararası bir tevdi merkezine (IDA) teslim edilmesi gerekmektedir. Dünya Kültür Koleksiyonu Federasyonuna kayıtlı Türkiye'de kültür koleksiyonları bulunmaktadır fakat bu koleksiyonlar IDA statüsünde değillerdir. Biyoteknolojik buluşlar ve faaliyetlerin biyoloji bölümünü oluşturan mikroorganizmaların muhafaza edilmesi için uygun merkezlerin kurulma ihtiyacı günümüzde etkisini fazlasıyla göstermektedir. Ayrıca mikroorganizmaların patentlenmesi hususunda araştırmacılara rehberlik edilmesi kayda değer bir ihtiyaç olarak görünmektedir. Bu çalışmasında söz konusu ihtiyaca bağlı mikroorganizmaların tevdi edilmesi, patentlenmesi, uygun merkezlerde muhafaza edilmesi ve ilişkili hakların korunmasına dair temel strateji değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoteknoloji, Budapeşte Anlaşması, Mikroorganizma, Patent, Tevdi Merkezi

THE EFFECT OF ALKALİ PRETREATMENT ON THE PYROLYSİS CHARACTERİSTİCS OF SUNFLOWER SEED HULLS

Özge Karakoyun
Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği
ozgekarakoyun9412@gmail.com

Gözde Gözke
Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği
gozdegozke@yahoo.com

Abstract
Depending on the development of technology and population growth, the need for energy increases significantly. Biomass is a renewable and safe energy source that is relatively less harmful to the environment when converted into energy using appropriate technologies and methods. Sunflower is one of the most important oil crops cultivated mainly for the production of edible oil and therefore reveals a considerable amount of biowaste. In this study, the effect of alkali pretreatment on the pyrolysis characteristics of sunflower seed hulls was investigated. Non-isothermal thermogravimetric analyses of alkaline pretreated and unpretreated samples were carried out from ambient temperature to 800°C using 10, 20, and 40 °C/min heating rates in the presence of nitrogen atmosphere. The pretreatment of sunflower seed hulls was performed using 1%, 3%, and 10% (w/v) NaOH solution in 1:20 solid to liquid ratio (g/ml). Thermogravimetric analysis results of the sunflower seed hulls demonstrated that the pyrolysis process took place in three stages, one of which was the active pyrolysis stage. The pretreated and unpretreated samples exhibited different pyrolysis characteristics in the active pyrolysis stage at different heating rates. As the alkali concentration increased, the maximum decomposition occurred at lower temperatures at all three heating rates, which is important for lower energy expenditure. In addition, the mass loss decreased as the solution concentration increased, since alkaline pretreatment enabled the dissolution of one of the main components, lignin. According to the results, the biomass should be treated with 3% NaOH solution for effective pretreatment.

Keywords: Alkali pretreatment, pyrolysis characteristics, sunflower seed hulls.

YÜK ALTINDA ÇALIŞAN KELEPÇE BAĞLANTI ELEMANININ TASARIM GELİŞTİRME ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ

Muhammet Dağlı
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği
muhammettdagli@gmail.com

Ahmet DEMİRER
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği
ademirer@subu.edu.tr

Özet
Plastik enjeksiyon kalıplama teknolojisi her geçen gün büyük bir hızla gelişim göstermektedir. Enjeksiyon kalıplama yöntemi, plastik parça üretiminde en problemsiz ve en önemli metod olarak kabul edilir. Bu metot hammaddeyi tek bir proses sonucunda ürüne dönüştürebildiği için kütle imalatına uygundur. Enjeksiyon metodunun en önemli avantajlarından biri, ikinci bir işleme ihtiyaç duyulmadan karmaşık geometrili parçaların imalatına olanak sağlamasıdır. Genellikle sıvı ve gaz gibi akışkanların taşındığı alt yapı sektöründe, yüksek dayanım, ömür gerektiren plastik boru hatlarına ve ekleme parçalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle plastik ekleme parçaları yüksek hat basınçlarına ve dış kuvvetlere maruz kalabilmektedir. Bu nedenle standartlar gereği bağlantı elemanlarının fonksiyonellik ve ömür dayanımı açısından belirli kriterleri sağlaması gereklidir. Bu sektörde kullanım yeri ve ihtiyacına bağlı olarak farklı birleştirme-montaj yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, alt yapı sektöründe kullanılan ana şebeke hattından herhangi bir şebeke hattına akışkanın (sıvı veya gaz) yönlendirilmesini sağlayan ekleme parçasını montajına yarayan ve fonksiyonel bir parçası olan kelepçe bağlantı elemanının mekanik dayanım açısından tasarım geliştirmeleri incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada, %30 Cam Elyaf katkılı Polipropilen malzemeden, aynı kalıp üzerinden ve aynı proses parametreleriyle klasik ve geliştirilmiş kelepçe bağlantı tasarımı karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Enjeksiyon sonrasındaki ölçüsel kontroller neticesinde numunelerdeki çekme ve darbe mukavemet değerleri incelenmiştir. Geliştirilmiş tasarım klasik tasarıma göre çekme mukavemetinde sırasıyla; enjeksiyon giriş noktasında % 15,8 , enjeksiyon giriş noktasının karşı kolunda % 39,87'lik bir iyileşme sağlamıştır. Geliştirilmiş tasarım klasik tasarıma göre darbe mukavemetinde de sırasıyla; enjeksiyon giriş noktasında % 23,13 , enjeksiyon giriş noktasının karşı kolunda % 28,70'lik bir iyileşme sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Enjeksiyon kalıplama, Kelepçe bağlantı elemanı, Çekme ve Darbe Mukavemeti

DİSPİRO TÜREVİ SİKLOTRİFOSFAZEN BİLEŞİĞİNİN PARASETAMOL İLE SENTEZİ VE ASİT KATALİZLİ HİDROLİZİ

Sümeyra YOLDAŞ KILIÇ
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
sykilic2018@gtu.edu.tr

Fatma YÜKSEL
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
fatma@gtu.edu.tr

Gönül YENİLMEZ ÇİFTÇİ
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya
yenilmez@gtu.edu.tr

Özet
Yapılarında tekrarlanan –N=PX2– gruplarını bulunduran fosfazen bileşikleri genel olarak düz zincirli (lineer), halkalı (siklo) ve polimerik olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Halkalı fosfazenler, içerdikleri çoklu aktif P-halojen bağları nedeniyle birçok yeni tip bileşiğin sentezinde kullanılan inorganik bileşik grubudur ve önemli üyelerinden biri de hekzaklorosiklotrifosfazendir (N3P3Cl6)1. Parasetamol, günümüzde ağrı kesici olarak kullanılmakla birlikte, hidroliz yoluyla aktif bileşikler elde edilerek çeşitli polimerlerin sentezine olanak sağlamaktadır. Literatür araştırmalarına göre hekzaklorosiklotrifosfazenin parasetamol ile reaksiyonlarına az rastlanmıştır ve genellikle tamamen parasetamol bağlı türevi sentezlendikten sonra yeni tip polimerler elde edilmiştir2. Fonksiyonel gruplarla kolayca reaksiyona girdikleri için polifosfazenlerin araştırma alanları giderek artmaktadır. Elastomerler, alev geciktiriciler, optik, yakıt pilleri, biyomedikal bunlardan bazılarıdır3. Bu çalışmada; lineer polimer sentezinde kullanılması planlanan parasetamol sübstitüe dispiro türevi siklotrifosfazen bileşiğinin asit katalizli hidrolizi sonucu, amino uçlu fonksiyonel grubuna sahip monomer elde edilmesi amaçlanmıştır. İlk olarak dispiro yapılı 2,2-dimetil-1,3-propandiol sübstitüe siklotrifosfazen bileşiği ile parasetomol (4-aminofenol) ligandının reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, elde edilen parasetamol sübstitüe dispiro bileşiğinin asit katalizli hidrolizi gerçekleştirilerek, amino grubuna sahip monomer başarıyla sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları FT-IR, DSC, kütle spektroskopisi, X-Ray ve 31P NMR spektroskopisi yöntemleri ile aydınlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cyclotriphosphazene, paracetamol, X-Ray

GÖNEN (BALIKESİR) ÇELTİK ALANLARINDAKİ ÇELTİK BEYAZ UÇ NEMATODU APHELENCHOİDES BESSEYİ (APHELENCHİDA: APHELENCHOİDİDAE)'NUN POPÜLASYON YOĞUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Özkan Avcuoğlu
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma
ozkanavcuoglu10@gmail.com

Uğur Gözel
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültes, Bitki Koruma
ugozel@comu.edu.tr

Özet
Bu çalışma Balıkesir ili Gönen ilçesinde çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlardan alınan örnekler ile çeltikte önemli verim kayıplarına sebep olan Çeltik beyaz uç nematodu (Aphelenchoides besseyi)'nun popülasyon yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Aphelenchoides besseyi Bitki Karantina Yönetmeliği gereğince dış karantina zararlılar listesinde yer alan önemli bir bitki paraziti nematodtur. Bu amaçla Gönen ovasını kapsayacak şekilde Tuzakçı, Gönen Merkez, Keçeler, Hacıvelioba, Bakırlı, Akçapınar, Babayaka, Armutlu, Sarıköy, Osmanpazar, Gündoğan, Kurudeğirmen, Gökçesu, Köteyli, Bostancı, Hasanbey, Alaettin ve Taştepe köylerinden toplam 160 farklı araziden periyodik olmayan arazi çıkışları yapılarak başak örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerden 33 tanesinin (%20,62) bulaşık olduğu tespit edilmiştir. Bulaşık örneklerdeki A. besseyi yoğunluğu 10 ile 450 (adet/100g tohum) arasında değişmiştir. Aynı köylerden çeltik alanlarından toplanan başak örneklerinin 127 tanesinde ise A. besseyi'ye rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Nematod Popülasyonu, Balıkesir, Çeltik, Aphelenchoides besseyi

ATMOSFERİK BASINÇ DENGEDE OLMAYAN PLAZMA JETLERİN YAPISINA LAMİNER VE TÜRBÜLANS AKIŞIN ETKİSİ

Sehban Kartal
İstanbul Üniversitesi, Fen, Fizik
sehban@istanbul.edu.tr

Tamer Akan
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat, Fizik
akan@ogu.edu.tr

Çağrı Durmuş
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik
durmuscagri@ogu.edu.tr

Özet
Bu çalışmada Argon gazında Atmosferik Basınç Dengede Olmayan Plazma Jetler üretilmiştir. Argon gazı Atmosferik Basınç Dengede Olmayan Plazma Jetler 1-10 L/dak arasında değişen farklı Argon gazı akış hızlarında üretilmiştir. 5-6 L/dk Argon gazı akış hızlarında, Atmosferik Basınç Dengede Olmayan Plazma Jetler Laminer akış ile İpliksi modda oluşurken, 7-10 L/dk Argon gazı akış hızlarında Atmosferik Basınç Dengede Olmayan Plazma Jetler Türbülanslı akış ile Yaygın modda oluşmuştur. Deneyler Argon Atmosferik Basınç Dengede Olmayan Plazma jetlerin dik, yan ve yukarı pozisyonlarında üretilmesi ile tekrarlanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla akışkanlar dinamiği üzerinden plazma jetlerin üretim mekanizması-plazma jetin dinamiği ve yapısal değişimi modellemesi yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dengede Olmayan Plazma, Plazma Jet, Laminer ve Türbülans Akış

STYPOPODİUM SCHİMPERİ TÜRÜ İLE BESLENEN ZEBRA BALIKLARINDA (DANİO RERİO) BAĞIRSAK MİKROBİYOTASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLERİN METAGENOM ANALİZLERİ İLE BELİRLENMESİ

Fadime Özdemir Koçak
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik
fadime.ozdemirkocak@bilecik.edu.tr

Dilek ÜNAL
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
dilek.unal@bilecik.edu.tr

İnci Tüney-Kızılkaya
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
tuneyinci@gmail.com

Mustafa Koyun
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
mustafa.koyun@bilecik.edu.tr

Özet
Algler sahip oldukları metabolitler nedeniyle tıpta, gıda sektöründe, eczacılık alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Sunulan çalışmada, 6 farklı alg türünün reaktif oksijen türlerini uzaklaştırma kapasiteleri DPHH analizi ile belirlenmiştir. Stypopodium schimperi türü en yüksek aktiviteye sahip olduğu için balık yemi yapımında kullanılmak amacıyla seçilmiştir. S. shimperi tallusları %5 oranında olacak şekilde balık yemine ilave edilmiş ve 21 gün süresince zebrafish balıklarının beslenmesinde kullanılmıştır. Deney sonunda cerrahi inseksiyon yöntemi ile çıkarılan balık bağırsak örneklerinden genomik DNA izolasyonu, Zymo Research firmasına ait "Quick- DNA TM Fecal/Soil Microbe Miniprep Kit" kullanılarak yapılmıştır. 16S rRNA genine ait V3-V4 bölgeleri 341F-805R primerleri ile SimpliAmp Thermal Cycler kullanarak amplifiye edilmiştir. 16S rRNA V3-V4 amplikon ürünleri için kütüphane hazırlama Illumina'nın "Nextera XT DNA Library Prep Kit" ile; index işlemi ise "TG Nextera XT Index Kit v2 Set A" ile gerçekleştirilmiştir. Dizileme işlemi Illumina Miseq platformu ile paired-end (PE) 2x150 olarak yapılmıştır. Ham veri okumaları (FASTQ), Kraken Metagenomik sistemi ile OTU sınıflarına ayrılmıştır. Özellikle S. shimperi ile beslenen balıkların bağırsak mikrobiyotasında büyük değişimlerin olduğu gözlenmiştir. Acinetobacter schindleri, Acinetobacter venetianus, Pseudomonas aeruginosa, Pseudomonas putida türlerinin algle beslenen balık bağırsağında yoğun bulunmasına karşın normal yemle beslenen balık mikrobiyotasında yer almadıkları görülmüştür. Aynı şekilde Escherichia coli, Salmonella enterica, Rhodobacter capsulatus, Klebsiella pneumonia, Vibrio cholera türleri normal yemle beslenen balık mikrobiotasında yer alırken algle beslenen bireylerde yer almadığı görülmüştür. S. shimperi ile beslenmenin balıkların bağırsak mikrobiyotasında değişimlere sebep olduğu ve özellikle patojenik özellik gösteren gruplarda azalmaya neden olması nedeniyle beslenme rejimi açısından önemli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Balık mikrobiyotası, balık diyeti, kahverengi alg, metagenom analizi, zebra balığı

ANAHTAR KELİME ÇIKARIMI İÇİN KELİME VEKTÖRLERİ KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRME

Irma Dibra
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
185112028@kocaeli.edu.tr

Furkan Göz
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
furkan.goz@kocaeli.edu.tr

Alev Mutlu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
alev.mutlu@kocaeli.edu.tr

Özet
Anahtar kelimeler, bir belgenin içeriğini en iyi tanımlayan kelime veya kelime öbekleridir. Çevrimiçi dökümanların sayısının hızla artması ve anahtar kelimelerin metin sınıflandırma, metin kümeleme gibi çeşitli metin işleme problemlerinde uygulanması nedeniyle popüler bir araştırma problemine dönüşmüştür. Son zamanlarda, sözcüklerin anlamsal benzerliğini tahmin etmek için sıklıkla kullanılan kelime vektörleri birçok otomatik anahtar kelime çıkarma sisteminde uygulama alanı bulmuştur. Bu çalışmada, tam metinden anahtar kelime çıkarma uygulaması olan Referans Vektör Algoritması (RVA) modifiye edilerek farklı kelime vektör modellerinin otomatik anahtar kelime çıkarmadaki başarısı incelenmiştir. Daha spesifik olarak, FAO30, Krapivin, Nguyen, Schutz ve SemEval2010 isimli veri kümeleri kullanılarak GloVe, Word2Vec, Doc2Vec, fastText, BERT ve SciBERT kelime vektör modellerinin otomatik anahtar kelime çıkarmadaki performansı karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları GloVe ve SciBERT'in iki veri kümesi için Word2Vec'in ise bir veri kümesi için en yüksek F1@10 değerine ulaştığını göstermektedir. Ayrıca GloVe, üç veri kümesi için en yüksek mean reciprocal rank (MRR) ve mean average precision (MAP) değeri elde etmiştir.

Anahtar Kelimeler: otomatik anahtar kelime çıkarma, kelime vektörleri, RVA

MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI KULLANARAK TELE-BANKACILIK İÇİN POTANSİYEL MÜŞTERİ TAHMİNİ

Alparslan Göktürk Güneş
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
gunesgokturk@gmail.com

Alev Mutlu
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
alev.mutlu@kocaeli.edu.tr

Özet
Tele-pazarlama telefon aracılığıyla pazarlama, tanıtım, satış ve reklam faaliyetlerinin hedef kitleye ulaştırılmasını sağlayan bir yöntemdir. Günümüzde bu pazarlama yöntemi bankalar tarafından da sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat, bu yöntemin en önemli problemlerden biri teklifi kabul etmesi muhtemel müşterilerin bankanın pazarlama ekibi tarafından önceden bilinmemesidir. Bu çalışmanın amacı farklı makine öğrenme algoritmalarının bankaların pazarlama ekibi için potansiyel müşteri tespitindeki performansını değerlendirmektir. Bu kapsamda, açık erişimde olan Portekiz merkezli bir bankanın tele-pazarlama verileri kullanılmıştır (https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/bank+marketing). Bu veri kümesi 2008 ile 2010 yılları arasında toplanmış ve 45.211 satır ve 17 sütundan oluşmaktadır. Veriler üzerinde sayısallaştırma, eksik verilerin doldurulması, normalizasyon ve kategorik verilerin gruplandırılması gibi veri önişleme yöntemleri uygulanmıştır. Potansiyel müşterilerin tespiti için Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri, Karar Ağaçları, Lojistik Regresyon algoritmaları kullanılmıştır. Deneysel sonuçlarda Naive Bayes yönteminin %85, Karar Ağaçlarının %86, Destek Vektör Makinelerinin %88 ve Lojistik Regresyonun %89 başarı gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: gözetimli öğrenme, tele-bankacılık, müşteri sınıflandırması

DIGITALIZATION AND INTERNATIONALIZATION: CASE OF ALBANIAN FASHION INDUSTRY

Denada Lica
University Aleksander Moisiu, Durres, Albania, Faculty of Business, Department of Management
denadalica@uamd.edu.al

Özet
Digitalization is playing an important role in enhancing the firm's internationalization process and in particular for firms that operate in fashion industry. The use of Industry 4.0 presents opportunities for firms to facilitate the process of entering in foreign markets. The aim of this study is to provide a new perspective on how Industry 4.0 removes many international barriers and influences firms in order to engage in international markets. Albanian firms that operate in fashion industry are investigated. The results indicate that adoption of digitalization determines a more efficient foreign market development process increasing the speed of internationalization. This study contributes to international business literature regarding, in particular, the behaviors of companies in internationalization process through digitalization.

Anahtar Kelimeler: Industry 4.0, Internationalization, Fashion Industry, Albanian Firms, Technologies

HAREKETLİ KALIPTA EKSTRÜZYON UYGULAMASININ SİMÜLASYON DESTEKLİ İNCELENMESİ

Semih Çağlar TAŞ
Bolt Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., AR-GE, AR-GE
caglar.tas@bolt.com.tr

İlhan KÜÇÜK
Bolt Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., AR-GE, AR-GE
arge@bolt.com.tr

Özet
Soğuk dövme ile plastik şekil verme işlemi, yüksek üretim hızı, düşük hurda miktarı ve yüksek yüzey kalitesi sağlaması sebebiyle bağlantı elemanlarının üretiminde yaygın kullanıma sahiptir. Bu avantajların yanı sıra soğuk dövme yönteminin, sıcak ve ılık dövme yöntemlerine göre daha yüksek dövme yüklerine ihtiyaç duyması ve yüksek kalıp maliyetleri dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuk dövme preslerinin şekil verme sistemi karşılıklı iki bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden birincisi sabit ana kalıp grubu, ikincisi ise hareketli kafa grubu olarak isimlendirilmektedir. Standart ürün tasarımında ekstrüzyon, ana kalıpta gerçekleştirilir. Bu çalışmada ekstrüzyon işlemi hareketli kafa grubunda gerçekleştirilmiştir. Tasarım çalışmalarında özellikle kafa grubunda ekstrüzyon işleminin uygulanması ve eksenel kaçıklık büyük öneme sahip olmakla birlikte en fazla 0,1 mm olması istenmiştir. Çalışmada soğuk dövme yöntemi kullanıldığından uygun operasyonların tasarımına göre hareketli kafa grubunda %58 oranında (yaklaşık Ø8,1 mm'den Ø5,1 mm'ye) ekstrüzyon uygulaması öngörülmüştür. Tasarım kriterleri belirlenirken, ekstrüzyon ile şekillendirme esnasında WC-Co kalıp üzerinde oluşan basma gerilmesinin sertifikada belirtilen sınır şartlarını sağlaması gerekmektedir. Ekstrüzyon kalıbı olarak G40 WC-Co malzeme kullanımı öngörülmüştür. G40'ın malzeme sertifikasında dayanabileceği en fazla basma gerilmesi 3.900 MPa olarak belirtilmiştir. Tasarım girdisi olarak %80 emniyet oranı ile 3.100 MPa olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon ve optimizasyon çalışmaları neticesinde hareketli kalıp bölgesinde %58 oranında ekstrüzyon gerçekleştirilmiş, ekstrüzyon kalıbı üzerinde 1.950 MPa basma gerilmesi oluştuğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plastik şekil verme, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Kalıp Analizi

FORM VERME VE KESME OPERASYONLARININ EŞLENİK SİMÜLASYONU

Alper BAYGUT
BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., Ar-Ge, Ar-Ge
alper.baygut@bolt.com.tr

Osman Nazım MALGİR
BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş., Ar-Ge, Ar-Ge
osman.malgir@bolt.com.tr

Özet
Malzemenin plastik şekil verme yöntemlerinden bir tanesi olan soğuk şekillendirme yöntemi; son ürün yüzey ve mekanik özelliklerinin alternatif üretim yöntemlerine göre daha gelişmiş olması, diğer üretim yöntemlerine göre adet/dk olarak daha hızlı üretim akışına sahip olması, prosesin oda sıcaklığında herhangi bir ön ısıtma işlemi gerekmeden gerçekleştirilebilmesi, ürün üzerinde tufal oluşumunun meydana gelmemesi, son ürün ölçü hassasiyet toleranslarının oldukça düşük değerlerde olması gibi avantajlarından dolayı karmaşık şekilli iş parçalarının şekillendirilmesi için üretim yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada anma çapı - kafa çapı oranı yüksek (M5 – 17+0,5mm), kafa altı özel kademeye sahip, kafa kalınlığı ince (1.8+0,3mm), kafa formu gereği özel çapaklama kalıbına ve çapaklama karşılığına gerek duyulan özel bağlantı cıvatasının simülasyon destekli operasyon tasarımları gerçekleştirilmiştir. Tasarım sınır şartları gereği çapaklama öncesi kafa çapı istenen çaptan en az 1 mm fazla olmalıdır. M5 anma çapına sahip ürün çapaklama öncesi kafa çapı Ø17 +0,5 mm (özel kafa formu nedeni ile çapaklama sonrası en büyük çap Ø15+-0,35mm - en küçük çap Ø10+-0,2mm) olarak tasarlanmalıdır. Hammadde çapı ile kafa çapının oranı plastik şekil verme için oldukça yüksek bir orandır (Ø17mm / Ø5mm). Bundan dolayı plastik şekil verilme esnasında flambaj olma olasılığı yüksektir. Flambaj ile birlikte malzeme mikro yapısındaki lif akışı uygun olmayacak ve sonraki operasyonlarda yada nihai ürün kullanım bölgesinde standarttan çok daha az gerilmede (8.8 mukavemet sınıfı için en az 800 MPa çekme mukavemeti - 7,6 Nm kopma torku) kafa kopmaya sebebiyet verecektir. Simülasyon destekli tasarım ile ürünün kafa altı bölgesindeki kademe kalıp içerisinde oluşturularak kafa şişirme sırasında flambaj oluşumu engellenmiş liflerin homojen yönlendiği simülasyon uygulamasında görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plastik Şekil Verme, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Nümerik Analiz

COMPARISON OF VOLATILE COMPOUNDS OBTAINED BY HS-SPME AND HYDRODISTILLATION IN ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA L. FROM TURKEY

Aslı CAN AĞCA
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Halk Sağlığı Enstitüsü, Geleneksel, Tamamlayıcı ve Entegretif Tıp Anabilim Dalı
acanagca@ybu.edu.tr

Göktuğ Çağrı TÜRK
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Halk Sağlığı Enstitüsü, Geleneksel, Tamamlayıcı ve Entegretif Tıp Anabilim Dalı
goktugcagriturk@gmail.com

Nilüfer VURAL
Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü
n.vural@ybu.edu.tr

Özet
Elaeagnus angustifolia (L.) belongs to Elaeagnaceae, widely used as both food ingredient and herbal remedy. The fruits, flowers, leaves and barks of the plant has been used traditionally for their different indications worldwide as well as in Turkey such as analgesic, antipyretic, diüretic, anti-inflammatory, antitüssive, carminative, antidiarrheal activities(1,2,3). In present study, the plant materials were collected from West Anatolia in 2021. The volatile compounds of aerial parts with flowers, obtained by both hydrodistillation and head space-solid phase micro extraction (HS-SPME) methods, were analyzed and compared. Analysis of compounds were performed by Gas Chromatography/ Mass Spectrum (GC/MS). Totally, thirty-eight (representing totally 92,34%) and thirty (representing totally 92,4%) compounds were separated from hydrodistillation and HS-SPME of samples, respectively. The major compounds found in the volatile oil of the plant material were palmitic acid (20,45%), (E)-ethyl-cinnamate (9,13%), E-15-heptadecenal (7,95%), methyl linolenate (7,95%), phytone (7,30%) whereas palmitic acid (23,70%), elaidic acid ethyl ester (11,65%), methyl linolenate (10,87%), 1-docosanol (6,97%) and methyl stearate (6,15%) were determined as the main volatile constituents of flowering aerial parts of E.angustifolia by using HS-SPME coupled GC-MS. References 1. FARZAEI MH, BAHRAMSOLTANI R, ABBASABADI Z,RAHIMI R(2015). A comprehensive review on phytochemical and pharmacological aspects of Elaeagnus angustifolia L. Journal of Pharmacy and Pharmacology 67:1467-1480 2. CANSEV A, SAHAN Y, CELIK G, TASKESEN S, OZBEY H (2011). Chemical Properties and Antioxidant Capacity of Elaeagnus angustifolia L. Fruits. Asian Journal of Chemistry 23(6):2661-2665. 3. BAYTOP T (1999). “Türkiye’de Bitkilerle Tedavi (Therapy with Medicinal Plants in Turkey), Nobel Tıp Basımevi, İstanbul.

Anahtar Kelimeler: Elaeagnus angustifolia, hydrodistillation, HS-SPME, volatile compounds, GC-MS

Scenedesmus Obliquus MİKROALGİNİN GELİŞİMİNDE STRİGOLAKTON HORMONUNUN OLASI ETKİLERİ

Seran KIRKINCI
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
serankirkincist@gmail.com

Yusuf Can Gerçek
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
yusuf.gercek@istanbul.edu.tr

Gülriz Bayçu
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
gulrizb@istanbul.edu.tr

Özet
Mikroalgler, hücre sayılarının hızlı artması, bünyelerinde lipit, protein ve karbonhidrat gibi önemli metabolitlerin bol miktarda bulundurması ve biyokütlelerinin hemen hemen tamamının kullanılabilmesinden dolayı endüstriyel anlamda hammadde ihtiyacını gidermek amaçlı son zamanlarda birçok çalışmada tercih edilen organizmalardır. Fitohormonlar ile yapılan çalışmalarda, eksojen fitohormon uygulamasının mikroalgal hücre sayısı, biyokütle verimliliği, lipid, protein ve karbonhidrat gibi metabolit içeriği artışına katkı sağladığı belirtilmiştir. Bu araştırmada, strigolakton (SL) hormonunun Scenedesmus obliquus mikroalg kültürüne eksojen olarak uygulanması ve algal biyokütle ile lipid içeriğinin artırılması amaçlanmıştır. SL'nin sentetik formu olan GR24 farklı konsantrasyonlarda uygulanmıştır. Hormon uygulaması sonucunda 10-6 M GR24 konsantrasyon uygulanan grubun kontrol ve diğer gruplara kıyasla maksimum hücre sayısına, biyokütle artışına, klorofil-a, klorofil-b ve total karotenoid içeriğine ulaştığı hesaplanmıştır. GR24'ün yağ asidi içeriklerine etkisi Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) ölçümleriyle belirlenmiştir. Sonuç olarak en yüksek total yağ asidi metil esteri (total FAME) 1,38 kat ile 10-6 M GR24 konsantrasyon uygulanan grupta gözlenmiştir. Buna ek olarak 10-6 M GR24 grubunda önemli olan yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0), oleik asit (C18:1n9c), elaidik asit (C18:1n9t), linoleik asit (C18:2n6c) ve α-linoleik asit (C18:3n3) ile eikosanoik asit (C20:1n9), kontrol grubuna göre sırasıyla 1,27, 1,74, 2,33 ve 1,13 kat fazladır. 10-4 M GR24 grubunda ise stearik asit (C18:0) ve γ-linolenik asit (C18:3n6) kontrol grubuna göre sırasıyla 1,28 ve 1,24 kat fazladır. Tez çalışmamızdan elde edilen verilerin ışığında, S. obliquus'un büyüme ve gelişiminde GR24 hormonunun etkili olduğu ve gelecekte yapılacak daha detaylı araştırmalara zemin oluşturabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Scenedesmus obliquus, Strigolakton, Biyokütle, Pigment, Yağ asidi

POSSIBLE EFFECTS OF STRIGOLACTONE HORMONE ON THE DEVELOPMENT OF THE MICROALGAE Scenedesmus obliquus

Abstract
Microalgae that have been preferred in many studies recently in order to minimize the need for industrial raw materials due to the rapid increase in cell numbers, the abundant presence of important metabolites such as lipids, proteins and carbohydrates in their body, and the fact that almost all of their biomass can be used. In studies with phytohormones, it has been stated that exogenous phytohormone application contributes to the increase in the number of microalgal cells, biomass productivity, and metabolite content. In this study, it was aimed to apply the strigolactone (SL) hormone exogenously to Scenedesmus obliquus culture and to increase the algal biomass and lipid content. GR24, the synthetic form of SL, was applied at different concentrations. As a result of the hormone application, it was calculated that 10-6 M GR24 application reached the maximum cell number, biomas, chlorophyll-a, chlorophyll-b and total carotenoid content compared to the control and other groups. The effect of GR24 on fatty acid contents was determined by Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS) measurements. As a result, the highest total fatty acid methyl ester (total FAME) was observed in the

group treated with 10-6 M GR24 concentration. In addition, important fatty acids in the 10-6 M GR24 group are palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1n9c), elaidic acid (C18:1n9t), linoleic acid (C18:2n6c) and α-linoleic acid (C18:3n3) and eicosanoic acid (C20:1n9) were 1.27, 1.74, 2.33 and 1.13 times higher than the control group, respectively. In the 10-4 M GR24 group, stearic acid (C18:0) and γ-linolenic acid (C18:3n6) were 1.28 and 1.24 times higher, respectively, than the control group. In the light of the data obtained from our thesis study, it is thought that the GR24 hormone is effective in the growth and development of S. obliquus and may form the basis for more detailed research in the future.

Keywords: Scenedesmus obliquus, Strigolactone, Biomass, Pigment, Fatty Acid.

This study was funded by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University. Project number: 34608

HİDROLİK SİSTEMLERDE KULLANILAN OTOMAT ÇELİĞİNDEN YAPILMIŞ SOMUNLARIN KAPLAMA ÇEŞİTLERİNE GÖRE KOROZYON DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Gaye GÜNGÖR
Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü/Kimya, ARGE
ggungor@altanhidrolik.com.tr

Yavuz Selim KORKMAZ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü/Makine Mühendisliği, ARGE
ykorkmaz@altanhidrolik.com.tr

Özet
Hidrolik sistemler mekanik sistemlerden daha az enerji harcanarak çok daha büyük kuvvetlerin elde edilebileceği sistemlerdir. Hidrolik sistemler pek çok endüstriyel tesiste krikolar, asansörler, vinçler, takım tezgâhları, vites kutuları, test cihazları, sanayi tipi robotlar gibi yaygın olarak kullanılmaktadır. Taşıtların fren ve direksiyonları, yağlama istasyonları, hidrolik kaldıraçlar ve iş makineleri hidrolik sistemlerin uygulama alanıdır. Hidrolik sistemlerde yüksek performanslı hidrolik yağlar korozyon inhibitörleri içererek korozyona engel olurlar. Malzeme yüzeyinden başlayan ve malzeme derinliklerine doğru kimyasal ve elektrokimyasal bir reaksiyonla etkileşerek malzemenin değişikliğe uğraması ya da aşınması olayına korozyon denir. Korozyon sonunda oluşan kimyasal yapıya ise pas denir. Pas, nemli ya da suyun bulunduğu ortamlarda, demir ve oksijenin kimyasal tepkimeye girmesiyle oluşur. Bu durum pas dayanımını azaltıcı etki yapar. Bunu önlemek için maddenin kaplama çeşidi çok önemlidir. Bu çalışmada kaplama türünün korozyona etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla kalınlıkları 11-16 µm olan somun örnekleri Cr+3, Zn ve Zn-Ni kaplama türü ile kaplanmıştır. Ürünler ASTM B117 standardına göre Tuz Testi'ne tabi tutulmuştur ve kırmızı pasın oluşum süresi hesaplanmıştır. 3 farklı kaplama çeşidi ile kaplanmış somun örneklerinin çevresel şartlarda dayanım süresi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kaplama çeşitlerinden en az dayanıma sahip olan Cr+3 ile kaplanan somun örneği olmuştur. En iyi dayanıma sahip kaplama türü Zn-Ni kaplama bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik sistemler, somun, korozyon, kaplama çeşitleri

ZIRHLI ARAÇLARDA KATMAN BAĞLANTILARININ DENEYSEL ANALİZİ

Zülal Kaya Günay
Kocaeli Üniversitesi, Otomotiv Mühendisliği, Otomotiv Mühendisliği
zulalkaya87@gmail.com

Abdulkadir CENGİZ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Müh.
akcengiz@kocaeli.edu.tr

Özet
Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte zırhlı araçlara yapılan saldırıların etkileri ve çeşitleri her geçen gün artmaktadır. Artan tehdit türlerine karşı geliştirilen yeni malzemeler ile birlikte farklı koruma seviyelerine sahip zırh yapıları oluşturularak araçlarda personel için gerekli koruma sağlanmaktadır. Zırh yapıları, ilgili tehdidin tipine göre tek katmanlı ve çok katmanlı yapıda olabilmektedir. Özellikle tehdidin büyüklüğüne ve gelebileceği açıya göre araç tavanı, araç tabanı ve araç yan duvarlarındaki bağlantı şekilleri değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada zırhlı araçlarda en çok kullanılan bağlantı tipleri incelenmiştir. İncelenen bağlantı şekilleri ve boyutuna göre, araç gövde yapısını oluşturan zırhın ve parçacık kalkanının bağlantı şekilleri ele alınmıştır. Araç zırh yapısını ve parçacık kalkanını simüle eden üç farklı numune üzerinde çeşitli bağlantı tipleri test edilmiştir. Testlerde kullanılan numunelerin bağlantı elamanının büyüklüğü ve tipinin dayanıklılığa etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zırh Sistemleri, Zırh Sistemleri Bağlantı Tipleri, Zırhlı Araçlar

6082 EKSTRÜZYON PROFİLİNDE ÖN ISIL İŞLEMİN DOĞAL YAŞLANMAYA VE TERMİK SONRASI SERTLİĞE ETKİSİ

ASIM ZEYBEK
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
asim.zeybek@yesilova.com.tr

BARIŞ KARA
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
baris.kara@yesilova.com.tr

KÖKSAL KURT
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
koksal.kurt@yesilova.com.tr

ESRA ŞEN
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
esra.sen@yesilova.com.tr

KEMAL ORUÇ
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
kemal.oruc@yesilova.com.tr

Özet
6xxx serisi ekstrüzyon alaşımlarında yüksek mukavemet beklentisi olduğu durumlarda en yaygın olarak kullanılan alaşımların başında 6082 gelmektedir. Yoğun alaşım elementleri sayesinde 320MPa üzeri çekme mukavemetleri elde edilebilmektedir. Alaşım elementi miktarı artması doğal yaşlanmayı hızlandırmaktadır. Bu çalışmada 550C'de 2 saat bekletildikten sonra suya verilerek solüsyona alınan 6082 alaşımında, 130 C'de 60, 90 ve 120 dk. sürelerle yapılan ön ısıl işlemin alaşımın doğal yaşlanma davranışına sertlik ölçümleri ile etkisi incelenmiştir. 360 saat doğal yaşlanmaya bırakılan profillerin, bu süre sonunda 185C'de 5 saat yapılan termik ısıl işlemine verdiği tepkiler kıyaslanmıştır. Ön ısıl işlemin belirli ölçüde doğal yaşlandırmayı geciktirdiği ve termik sonrası sertlikleri artırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, Ekstrüzyon, Termik, Isıl İşlem, Mg2Si, Yaşlanma, Sertlik

SOĞUTMA HIZININ FARKLI ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON ALAŞIMLARINDA ELOKSAL SONRASI RENK OLUŞUMUNA ETKİSİ

ASIM ZEYBEK
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
asim.zeybek@yesilova.com.tr

BARIŞ KARA
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
baris.kara@yesilova.com.tr

KÖKSAL KURT
Yeşilova Holding, -, Ar-Ge
koksal.kurt@yesilova.com.tr

Özet
Alüminyum ekstrüzyon sektöründe en yaygın kullanılan alaşım grubu Mg vs Si takviyeli 6xxx serisidir. 6xxx serisi alüminyum profillerin belirgin bir kısmı eloksallı olarak kullanılmaktadır. Eloksal tabakasının gerek kozmetik gerekse de korozyon direnci açısından önemli faydası bulunmaktadır. Billet ve ekstrüzyon proses kalitesinin eloksal rengine ve parlaklığına doğrudan etkisi bulunmaktadır. 6xxx serisi alaşımlarda mukavemeti sağlayan Mg2Si parçacıklarının çökelme kinetiği eloksal davranışının da başlıca etkenlerinden sayılmaktadır. Bu çalışmada 550 C'de 2 saat süreyle solüsyona alınan 6063, 6005 ve 6082 alaşımlı alüminyum profiller, farklı soğutma hızlarında soğutulduktan sonra aynı şartlarda eloksal yapılmış, renk ve parlaklık ölçümleri kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmada yavaş soğutulan profillerde eloksal sonrası renklerin daha koyu olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, Eloksal, Ekstrüzyon, Renk, Soğuma Hızı, Mg2Si

ÜLKE KALKINMA GÖSTERGELERİNE GÖRE ÜLKELER ARASINDAKİ FARKLILIKLAR VE GÖSTERGELER ARASINDAKİ İLİŞKİ- SPSS UYGULAMASI

GAMZE ŞENOL
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
gaamzesen@gmail.com

BURCU ÖZCAN TÜRKKAN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr

MEHLİKA KOCABAŞ AKAY
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
mehlika.kocabas@kocaeli.edu.tr

AHSEN IŞIK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
nurahsen141@gmail.com

TUĞÇE AY
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
tugce-ay.9@hotmail.com

Özet
Toplumların genel amacı daha iyi koşullarda yaşamak ve bunun sürekliliğini sağlamaktır. Bu sebeple dünyada kalkınma kavramı ortaya çıkmıştır. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre de kalkınmaları değişiklik göstermektedir. Birçok kalkınma göstergesi vardır ve bu ülkeler arasındaki farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Uygulamada kişi başına düşen GSYİH, enerji kullanımı, hava taşımacılığı ve karbondioksit emisyonu göstergeleri seçilmiş olup ülke olarak da İsviçre, Japonya, Türkiye ve Pakistan ele alınmıştır. Çalışmada geçmiş yıllardaki veriler baz alınmıştır. Ülke kalkınma göstergelerine göre ülkeler arasındaki farklılıklar ve göstergeler arasındaki ilişki IBM SPSS Statistics programındaki istatistiki testlerle bulunmuştur. Yapılan testler sonucunda ele alınan kalkınma göstergeleri açısından ülkeler arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Farklılıkların sebepleri yorumlanarak tahminlerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalkınma, Kalkınma Göstergeleri, SPSS

Echium plantagineum L. (Boraginaceae) POPÜLASYONLARINDA TOHUM YAĞ ASİDİ VARYASYONLARININ ARAŞTIRILMASI

Fatma Nur Baştürk
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
fatmanurbasturk@ogr.iu.edu.tr

Tamer Özcan
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
tameroz@istanbul.edu.tr

Yusuf Can Gerçek
İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
yusuf.gercek@istanbul.edu.tr

Özet
Boraginaceae familyasının bir üyesi olan Echium plantagineum L. geleneksel tıbbi potansiyeli nedeniyle son yıllarda sağlık ve kozmetikte kullanım potansiyeli araştırılan ve faydalı veriler elde edilen bir bitkidir. E. plantagineum tohumları tohum yağ asidi profillerinin incelenmesi amacı ile farklı lokasyonlardan toplanmıştır. Tohumların toplam yağ miktarı %20-25 aralığında bulunmuştur. Tohum yağlarında doymamış yağ asitleri, doymuş yağ asitlerinden daha yüksek oranlarda gözlenmiştir. Tohumlarda omega-3 yağ asitleri omega-6 yağ asitlerinden daha yüksek konsantrasyonda tespit edilmiş olup, lokasyonlara göre omega-3:omega-6 oranları 1 ile 2 arasında değişen varyasyonlar göstermektedir. Palmitik asit (16:0), Stearik asit (18:0), Oleik asit (18:1n-9), Linoleik asit (LA, 18:2n-6), γ-Linolenik asit (GLA, 18:3n-3), αLinolenik asit (ALA, 18:3n-6) ve Stearidonik asit (SDA, 18:4n-3) majör yağ asitleri olarak belirlenmiştir. Farklı lokasyonlardan toplanan tohum örneklerinde nadir yağ asitlerinden SDA (% 10,9 ± 1,78) ve GLA (% 9,26 ± 1,4) yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Tohum yağlarının fenolik ve flavonoid madde içeriğinin rakıma bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, E. plantagineum tohum yağ asidi kompozisyonlarının coğrafi değişikliklere bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir. Çalışma kapsamında tespit edilen veriler, söz konusu türün kültür bitkisi olarak yetiştirilme potansiyeline sahip olduğu ve omega-3 yağ asitleri verimi dikkate alındığında akuatik orjinli türlere ilave, uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri içeren kaynaklar olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir..

Anahtar Kelimeler: E. plantagineum L., Boraginaceae, yağ asidi, GLA, SDA, omega-3, omega-6

INVESTIGATION OF SEED OIL FATTY ACID VARIATIONS IN Echium plantagineum L. (Boraginaceae) POPULATIONS

Abstract
Echium plantagineum L., which is a member of the Boraginaceae family, is a plant whose potential for use in health and cosmetics has been investigated in recent years due to its potential in traditional medicinal approaches and beneficial data have been obtained. Seed samples of E. plantagineum were collected from different localities in order to examine the seed oil fatty acid profiles. Total oil contents of the seeds were found to be in the range of 20-25%. Unsaturated fatty acids were observed in higher concentrations than saturated fatty acids in the seed oils. Omega-3 fatty acids amounts were found more than omega-6 fatty acids, and the ratio of omega-3:omega-6 that range from 1 to 2 differed based on the locations of the plants. Palmitic acid (16:0), Stearic acid (18:0), Oleic acid (18:1n-9), Linoleic Acid (LA, 18:2n-6), γ-Linolenic acid (GLA, 18:3n-3), α-Linolenic acid (ALA, 18:3n-6) and Stearidonic acid (SDA, 18:4n-3) were determined as major fatty acids. The unusual fatty acids SDA (10.9 ± 1.78%) and GLA (9.26 ± 1.4%) were found to be high in the seed oils of the plants. It has been noticed that the phenolic and flavonoid content of the seed oils increased depending on the altitude. The results showed that the fatty acid composition of E. plantagineum differs depending on geographical changes. Data obtained within the scope of this study, it is thought that the plant has the potential to be grown as a culture plant,

considering to omega-3 production capacity, and can be evaluated as an additional sources of long-chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) to aquatic origin species.

Keywords: E. plantagineum L., Boraginaceae, fatty acid, GLA, SDA, omega-3, omega-6

This study was funded by Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University. Project number: 36773

TAŞINABİLİR JENARATÖR VEYA MOTOPOMPLARDA KULLANILAN ŞASE/DEPO TASARLANMASI VE PROTOTİP İMALATI

Sefacan Çakmak
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği
sefacancakmak@gmail.com

Mehmet Bayraktutar
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği
mbayraktutar@gmail.com

K. Süleyman Yiğit
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği
kyigit@kocaeli.edu.tr

Özet
Günümüzde endüstriyel alanda bir şase üzerinde çalışan güç üretim veya güç tüketimi yapan makineler, yakıt kullanımı yöntemleri açısından oldukça elverişsizdir. Genellikle bu makineler üzerinde yer alan dahili yakıt depoları ile beslenmekte veya harici taşınabilir yakıt depoları ile kullanılmaktadır. Dahili yakıt depoları 5 – 10 litre civarlarında yakıt alabilmekte, bu da makinelerin operasyon sürelerini oldukça kısıtlamaktadır. Kısa süreler içerisinde sürekli olarak yakıt ilavesine ihtiyaç duymaktadırlar. Çalışma sahasında yakıt ikmalinin gerçekleşmesi ise iş sağlığı ve güvenliği açısından son derece sıkıntılı bir uygulama yöntemidir. Endüstriyel makinelerde yakıt deposunun küçük olması sorununa karşı geliştirilen bir diğer çözüm ise harici yakıt deposu kullanımıdır. Harici yakıt deposuna sahip ürünler ise her ne kadar daha fazla yakıt kapasitesine sahip olsalar da harici olmasından dolayı korunum zorluğuna, taşıma esnasında taşıma zorluklarına ve boyutlarından dolayı tasarım ve depolama zorluklarına neden olmaktadır. Ayrıca harici depolar güvenlik açısından devrilme tehlikesi gibi riskler teşkil etmektedir. Harici depolar, yapıları itibariyle kolayca çalınabildiğinden özel olarak korunması ve saklanması gerekmektedir. Genel olarak bu nedenler ve problemler hem üreticiyi hem de tüketiciyi çeşitli şekillerde etkilemektedir. Sonuç olarak mevcut teknikte var olan dezavantajları ortadan kaldıran yeni bir yapıya olan gereksinimin varlığı ve mevcut çözümlerin yetersizliği ilgili alanda teknik bir geliştirme yapmayı zorunlu kılmıştır. Proje konusu ürün, bahse konu dezavantajları ortadan kaldıran ve ilave bazı avantajlar getiren endüstriyel alanda kullanımda olan, bir şase üzerinde çalışan ve üzerinde dahili veya harici bir yakıt deposu bulunan; jeneratör, motopomp, pompa, hidrolik güç ünitesi, dizel ve benzinli motor ve benzeri gibi güç üretimi veya güç tüketimi yapan makineler için tasarlanmış şase-depo yapılanması ile ilgilidir. Bu ürün ile, mevcut yakıt deposunun kapasitesi arttırılmış, makinenin toplam ağırlığı hafifletilmiş, üretim kolaylığı sağlanmış ve üretim maliyeti düşürülmüş olup daha önce literatürde ve uygulamada görülmemiş olan yakıt deposunun ve makine şasesinin birleştirilmiş bir yapısını ortaya çıkarmıştır. Proje, KOSGEB Araştırma Geliştirme, İnovasyon ve Endüstriyel Uygulama Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şase, Yakıt Deposu, Pompa, Makine

MOTOR ALT MUHAFAZA GELİŞTİRME ÇALIŞMASI

Tolga Aydemir
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
t.aydemir@faraero.com.tr

Harun Başkan
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
harun.baskan@farform.com.tr

Sevim Geçici
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Organik Kimya
sevim.gecici@farform.com.tr

Özet
Motor alt muhafaza parçası aracın altından gelebilecek toz, toprak, su gibi etkilere karşı aracın alt kısmını korumaktadır. Aynı zamanda hava nedeniyle aracın alt kısmında oluşan sürtünme direncini azaltarak araca yakıt tasarrufu ve ses yalıtımı sağlamaktadır. Otomotiv üreticilerinin bu parçalar için araç tasarımına uygun olarak daha daha hafif ürün talepleri söz konusudur. Motor Altı Muhafaza parçaları genellikle tek katman PET keçeler kullanılarak sıcak pres ile üretilmektedir. İlgili parçalar keçelerin bir araya getirilmesi ile nihai ürün haline dönüştürülmektedir. PET keçe ile basılan bu parçalar araç üzeri kısa performans testlerinde uygun sonuç alsa da uzun vade kullanımlarında yırtılma, montaj deliklerinden kopma gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Mevcutta kullanılan plastik temelli parçalara göre, LWRT(Lightweight Reinforced Thermoplastic Panel) malzemesi yapısı gereği daha hafif ve mekanik direnci ise aynı kalınlıktaki parçalara göre çok daha yüksektir. Geliştirilen Motor Altı Muhafaza ürünü ile müşteri istekleri doğrultusunda farklı ağırlık isteklerine de cevap verebilen, dış ortam dayanım şartlarına uygun bir ürünün geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araç tasarımına uygun olarak; 600, 800, 1000 ve 1400 gsm paneller kullanılmıştır. LWRT ana yapısı, sürtünme direnci yüksek olacak şekilde dış yüzeyleri su ve yağ itici dokumasız kumaş ile kaplanmış ve tek proses ile preslenip kesimi yapılarak nihai haline getirilmiştir. İç yapısının PP(Polipropilen) ve GF(Cam Elyaf) malzeme bazlı olması nedeni ile estetik kumaşların laminasyonu pres altında formlama çalışması ile birlikte gerçekleştirilebilmiştir. Beklenen mekanik direnç seviyesi mevcut parçalara göre çok daha düşük ağırlıklarda sağlanabilmiştir. Ürün üzerinde ise aynı mekanik dirençte daha hafif ürün ve aynı ağırlıkta çok daha yüksek mekanik dirence sahip prototipler geliştirilmiştir. Geliştirilen Motor Alt Muhafaza ürünü için, su testi, kaldırım testi, sürtme direnç testi ve akustik ses testlerine tabi tutulmuş ve tüm testlerden başarı ile geçmiştir. Bu çalışma ile birlikte Türkiye'de ilk defa LWRT hammaddesi ile Motor Alt Muhafaza ürünü geliştirilmiş ve üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomotiv, Motor Alt Muhafaza, Kompozit Malzeme, LWRT

SARI MERCİMEK-PİRİNÇ UNU VE MISIR NİŞASTASI-PİRİNÇ UNU KARIŞIMINDAN ÜRETİLEN GLUTENSİZ KEKLERİN KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Lale Acar
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı
laleacar04@gmail.com

Semin Özge Keskin
Kocaeli Üniversitesi, İzmit MYO/Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Teknolojisi/ Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı
seminozgekeskin@gmail.com

Özet

Çölyak hastalığında semptomların azaltılmasında bilinen en etkin yaklaşım, hastaların ömür boyu glutensiz diyet yapmalarıdır. Klasik glutensiz karışımlardan yapılan hamurlarda istenen ağ yapı oluşmadığı için glutensiz tahıl ürünleri düşük hacimli, sert, kolay ufalanabilir olmakta ve çabuk bayatlamaktadır. Glutensiz ürünlerin kalitelerinin hem de besleyici özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yeni bileşenlerle formülasyon geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Glutensiz ürün formülasyonlarına bakliyat unlarının ilave edilmesi bunlardan biridir. Bu çalışmada, sarı mercimek-pirinç unu (SMU-PU) ve mısır nişastası-pirinç unu (MN-PU) karışımları kullanılarak glutensiz kekler üretilmiş ve 7 gün depolanmıştır. Glutensiz keklerin renk, ağırlık kaybı, tekstür, özgül hacim ve hacim indeks değerleri belirlenmiştir. Her iki formüldeki kek için taze ve 7 gün depolanmış olan örnekler karşılaştırıldığında, depolama süresi arttıkça renk değeri (ΔE), ağırlık kaybı, iç sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri artarken; iç yapışkanlık ve esneklik değerleri ise azalmıştır. İki farklı formülle hazırlanmış taze keklerin kaliteleri karşılaştırıldığında, MN-PU karışımından yapılan keklerin özgül hacim ve hacim indeks değerleri, SMU-PU karışımından yapılan keklerin değerlerinden daha yüksek; iç sertlik değerleri ise daha düşük bulunmuştur. Ancak 7 günlük depolama sonunda iç sertlik değerleri karşılaştırıldığında, SMU-PU karışımından yapılan glutensiz keklerin iç sertlik değerlerinin MN-PU karışımından üretilen glutensiz keklerin iç sertlik değerlerine oranla önemli oranda düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuç, sarı mercimek unundan yapılan glutensiz keklerin bayatlama hızlarının daha düşük olduğunu göstermektedir. Sarı mercimek unu, glutensiz keklerin bayatlama sorununun çözümünde formülasyonda başarıyla kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Bayatlama, depolama, glutensiz kek, mısır nişastası, pirinç unu, sarı mercimek unu

MODİFİYE NİŞASTA-ZEİN KOMPOZİT YENİLEBİLİR FİLMLERİN FİZİKSEL, OPTİK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Lale Acar
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı
laleacar04@gmail.com

Semin Özge Keskin
Kocaeli Üniversitesi, İzmit MYO/Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Teknolojisi/ Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı
seminozgekeskin@gmail.com

Özet
Yenilebilir film ve kaplamalar, yenilebilir polimerlerden üretilen, insan vücudu tarafından sindirilebilen yenilenebilir malzemelerdir. İyi polimerizasyon özellikleri nedeniyle polisakkaritler ve bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinler, polimerik matrisler oluşturmak için kullanılmaktadır. Son zamanlarda yenilebilir film ve kaplamaların özelliklerini geliştirmek için formülasyonda kullanılan polimerler; ultrason, mikrodalga teknolojileri ve bunların kombinasyonu kullanılarak modifiye edilmektedir. Bu çalışmada, mısır nişastası ve zein polimerleri kullanılarak elde edilen yenilebilir film solüsyonlarına mikrodalga ve ultrason teknolojileri, ayrı ayrı ve farklı sırayla arka arkaya uygulanmıştır. Islak prosesle elde edilen yenilebilir filmlerde su temas açısı, renk, mekanik test gibi analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Mikrodalga ve ultrases teknolojilerinin uygulanması, yenilebilir filmlerin su temas açısı değerlerini arttırmıştır. Diğer yandan, teknolojilerin tek başına veya arka arkaya uygulanması, filmlerin renk değerlerinde büyük bir değişikliğe neden olmamıştır. Mikrodalganın önce, ultrases işleminin sonra uygulandığı film örneklerinin çekme dayanımı, % uzama ve su temas açısı değerleri diğer uygulamalardan elde edilen yenilebilir filmlerin değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga, mısır nişastası, ultrason, yenilebilir film, zein

MOF DESTEKLİ FAZ DEĞİŞİM MATERYALLERİNİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

İnci CENİK
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Polimer Bilimi ve Teknolojisi
cenik.inci@gmail.com

Burcu OKTAY
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
burcu.oktay@marmara.edu.tr

Nilhan KAYAMAN APOHAN
Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
napohan@marmara.edu.tr

Özet
Gelişen toplumların ana problemlerinden birisi enerji ihtiyacı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan çevre kirliliğidir. Birincil ve ucuz enerji kaynakları olarak fosil yakıtlar, günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin çok büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Fakat bu kaynakların tükenebilir olmalarının yanında yerel ve küresel kirletici özellikleri de çok fazladır. Nükleer enerji ise bazı problemler aşılırsa pratik hale getirilebilir fakat riskli bir enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerjisi, biyokütle enerjisi gibi) çevre kirliliği düşük ve sürdürülebilir kaynaklardır. Bu sürdürülebilir ve yenilikçi enerji kaynaklarının devreye sokularak yaygınlaştırılması için verimli ve etkin bir şekilde depolanması gerekmektedir. Termal enerji depolama (TED) sistemleri, düşük karbon salınımı ile yüksek enerji verimliliği sağlayan sistemlerdir. TED sistemleri ana enerji kaynağından üretilen enerjiyi çeşitli sistemlerle bünyesinde depolar. Enerji kaynağının olmadığı ve enerjiye ihtiyaç duyulduğu durumlarda enerji gereksinimi için kullanılır. Faz değişim malzemeleri; katı-katı ve katı-sıvı faz geçişi yoluyla enerjiyi gizli ısı şeklinde depolayan, yüksek enerji depolama yoğunluğuna sahip ve çift yönlü olarak çalışabilen, enerji depolayabilen TED malzemelerdir. Fakat bu malzemelerde faz geçişini sağlayan bileşenin akma probleminden dolayı kullanım aralığı daralmaktadır. Aynı zamanda akma problemi çevresel kirliliğe ve ısı depolama etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Yeni fonksiyonel polimerler, kompozit malzemeler, çapraz-bağlı sistemler başlıca olmak üzere her geçen gün bu alanda yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Bu çalışmanın ana amacı enerji depolayabilen fonksiyonel malzemeler hazırlamaktır. Bu amaçla öncelikle metal-organik kafes (MOF) yapıları sentezlenecektir. MOF içerisine glisidil metakrilat ve stearil metakrilat monomerlerinin kontrollü polimerizasyonu ile düzenli ve iyi tanımlanmış polimer zincirleri hazırlanacaktır. Yapılan sentez ve modifikasyonlar sonrası elde edilen tüm yapıların karakterizasyonu Fourier Transform İnfrared Spektrofotometre (FT-IR), Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) yöntemleri ile yapılacaktır. Geliştirilecek faz değişim malzemeleri ile 20-60°C sıcaklık aralığında faz değişimi gösteren, erime entalpisine sahip fonksiyonel bir ürünün geliştirilmiş olunacağı düşünülmektedir. Bu Proje Marmara Üniversitesi BAPKO FHD-2021-10222 proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termal Enerjı Depolama, Sürdürülebılır Enerjı, Metal-Organık Kafes Yapı, Faz Değışım Malzemesi

2,2-DİMETİLGLUTARAT VE BİS(TRİAZOL) TÜREVİ LİGANDLARLA İKİ BOYUTLU KOBALT(II), ÇİNKO(II), KADMİYUM(II) KOORDİNASYON POLİMERLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

ÖZGE DEMİR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya
ozge.dmr97@gmail.com

SEVDE DEMİR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya
sevde.demir@ogu.edu.tr

PELİN KÖSE YAMAN
Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya
pelin.kose@deu.edu.tr

HAKAN ERER
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya
herer@ogu.edu.tr

Özet
Metal atomlarının koordinasyon yetenekleri ve organik köprü ligandlarının özellikleri, koordinasyon polimerlerinin (CP) tasarımı ve sentezi için önemli bir rol oynamaktadır. Koordinasyon polimerlerinin gaz depolama, katalizör, iyon değişimi, fotolüminesans, manyetizma ve daha pek çok potansiyel uygulama alanı bulunmaktadır. Koordinasyon polimerlerinin boyutlanmasında ve yapısal özelliklerinin belirlenmesinde organik ligandlar çok önemli roller oynamaktadır. Bu bağlamda, organik ligandların şekil, esneklik, işlevsellik, simetriklik ve uzunluk gibi yapısal özellikleri koordinasyon polimerlerinin yapılarını doğrudan etkilemektedir. Koordinasyon polimerlerinin sentezinde oksijen verici ve azot verici organik ligandlar, koordinasyon modları ve konformasyonlarındaki çeşitlilikleri nedeniyle büyük ilgi uyandırmıştır [1]. Bu çalışmada, Co(II), Zn(II) ve Cd(II) iyonları ile alifatik ligand olarak 2,2'-dimetilglutarik (H2dmg) asit ve nötral ligand olarak 1,2-bis((1H-1,2,4-triazol-1il)metil)benzen (obtx) ve 1,4-bis((1H-1,2,4-triazol-1-il)metil)benzen (pbtx) kullanılarak hidrotermal yöntemle beş adet yeni iki boyutlu (2D) koordinasyon polimerleri sentezlenmiştir. [Co(μ-dmg)(μ-obtx)]n (1), [Zn(μ-dmg)(μ-obtx)]n (2), [Cd(μ-dmg)(μ-obtx)]n (3), [Co2(μ-dmg)2(μ-pbtx)2]n (4), [Cd(μ-dmg)(H2O)(μ-pbtx)]n (5) komplekslerinin yapıları elementel analiz, IR spektroskopisi ve tek kristal X-ışını kırınım analiz yöntemleri ile aydınlatılmıştır ve komplekslerin faz saflıkları toz X-ışını kırınımı yöntemi ile belirlenmiştir. Termal analiz (TG/DTA) yöntemleri kullanılarak komplekslerin termal kararlılıkları tespit edilmiştir. d10 elektron dizilimine sahip metal iyonları ile elde edilen koordinasyon polimerlerinin lüminesans özellikleri incelenmiştir. Tüm komplekslerin optik özelliklerinin belirlenmesinde difüz reflektans spoktroskopisinden yararlanılmıştır. Bu yöntemle reflekstansları kaydedilen komplekslerin, Kubelka-Munk eşitliği ile optik bant aralıkları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Koordinasyon polimerleri, 2,2-dimetilglutarat, bis(triazol)

ASFALT YAMA KATKISI VE FARKLI AGREGA TÜRLERİNDEKİ YAPIŞMA MUKAVEMETLERİNİN BELİRLENMESİ

İmren Meydan
Kocaeli Üniversitesi, MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ, KİMYA MĞHENDİSLİĞİ
imren.meydan@petroyag.com

Özet
"Asfalt", yol yüzeyi birikintisi olarak, sıkıştırılmış mineral agrega katmanları, hava boşlukları ve asfalt kaplama malzemelerinin farklı bileşenlerini yapıştırmak için tutkal görevi gören belirli bir orandaki bağlayıcıların birleşimidir. En iyi bilinen asfalt bağlayıcı olarak bitüm, siyah bir viskoelastik, uçucu olmayan, termoplastik yapıştırıcı ve vakum damıtma kalıntısı olarak petrol ile özütlenen su geçirmez bir malzemedir. Bitüm (asfalt bağlayıcı) fraksiyonlarının en popüler sınıflandırması, n-heptan gibi parafinik çözücülerdeki çözünürlüklerine dayanmaktadır. Maltenler (alt fraksiyon doymuşları, aromatikler ve reçinelere ayrılabilir) ve asfaltenler, bitümün iki ana fraksiyonudur. Bitüm fraksiyonları arasında asfalten, bitüm viskozitesini kontrol etme ve agrega oluşumundaki rolü nedeniyle daha fazla ilgi görmüştür. Oda sıcaklığında saf asfalten, esas olarak bitümün siyah renginden sorumlu olduğu bilinen siyah bir tozdur. Asfaltenler ham yağ, bitüm ve tolüen gibi aromatik çözücülerde kolloidal süspansiyonlar oluşturur ve n-heptan gibi hafif parafinik çözücüler içinde çökelir. Asfaltenlerin ağır yağların rafine edilmesi, üretilmesi ve taşınmasındaki zararlı etkileri, asfalten agregasyonunun tam olarak karakterize edilmesini ve onu etkileyen çevresel faktörlerin araştırılmasını gerektirmektedir. Artan enerji fiyatları, küresel ısınma ve daha katı çevre düzenlemeleri, geleneksel sıcak karışım asfalt üretimiyle ilişkili enerji tüketimini ve emisyonları azaltmanın bir yolu olarak sıcak karışım asfalt (WMA) teknolojilerine ilgi ile sonuçlanmıştır. Bununla birlikte, WMA karışımında hidratlanmış kireç ve sıvı antistripping ajanlarının (ASA) kullanımı bu sorunları daha karmaşık hale getirmektedir. Bu çalışma için deneysel tasarım çalışması yapılarak bağlayıcı ajan olarak anti-stripping agent (ASA) maddesinin sentezlenmesi ve deney optimizasyonu bununla birlikte asfaltta kullanılan bitümen emülgatörünün geliştirilmiştir. Antistripping agent 3 farklı agrega türü üzerinde denenerek sonuçlar analiz edilmiştir. Antistrip agent eldesi için poli amin yapıları ile fatty asit karışımlarının kondenzasyon reaksiyonları kurularak optimizasyonları yapılmıştır. Elde edilen reaksiyon ürünü uygun taşıyıcı fazlar ile formüle edilecek ve son ürün elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asfalt, bitumen, agrega

FULL PAPERS

KLİNOPTİLOLİT İLE SEFALEKSİN ADSORPSİYONUNA BAŞLANGIÇ PH'ININ ETKİSİ

Gülşah Başkan
Uşak Üniversite / Teknoloji Transfer Ofisi / Proje Destek Birimi
gulsah.mersin@usak.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2852-6114

Özet
Su ve atık sularda bulunan antibiyotik kalıntıları çevre ve insan sağlığına ciddi zararlar vermektedir. Bu zararların önlenmesi ve en aza indirilmesi için atık suların arıtılması ve daha sonra çevreye salınması gerekir. Son yıllarda atık sularda tespit edilen önemli bir kirletici de antibiyotiklerdir. Sefaleksin en çok tüketilen birinci nesil sefalosporin grubu antibiyotiklerindendir. Bu çalışmada atık sulardan sefaleksin adsorpsiyonuna etki eden önemli bir parametre olan pH'ın adsorpsiyon kapasitesine etkisi incelenmiştir. En yüksek giderim pH:7'de elde edilmiştir. Çalışmada adsorban olarak kullanılan Gördes yöresine ait klinoptilolitin antibiyotik gideriminde verimli bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. pH:7'de 0,1 g klinoptilolit ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda 34,58 mg/g adsorpsiyon kapasitesi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Klinoptilolit, Sefaleksin, Adsorspiyon, Atık su

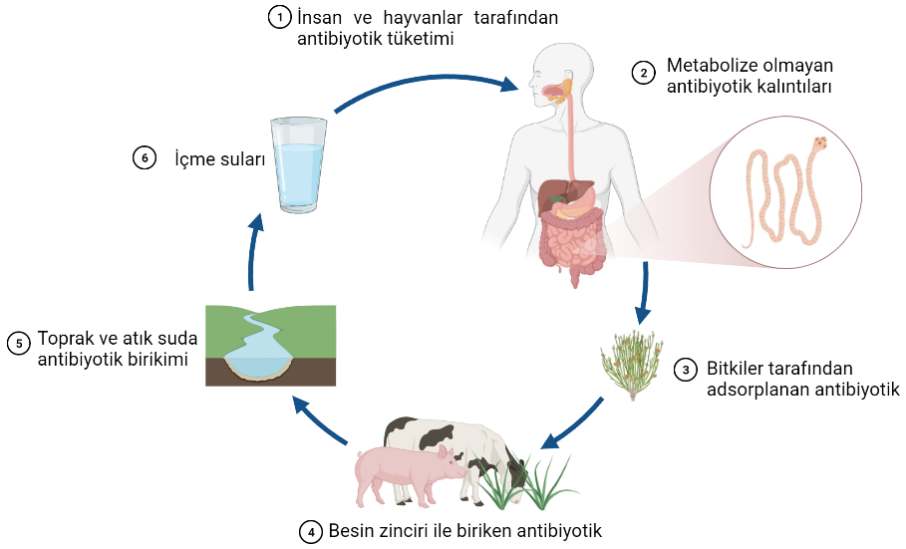
THE EFFECT OF INITIAL PH ON CEPHALEXIN ADSORPTION BY CLINOPTILOLITE

Abstract
Antibiotic residues in water and wastewater cause serious damage to the environment and human health. In order to prevent and minimize these damages, wastewater should be treated and then released into the environment. In recent years an important pollutant detected in wastewater is antibiotics. Cephalexin is one of the most consumed first generation cephalosporin antibiotics. In this study, the effect of pH, which is an important parameter affecting the adsorption of cephalexin from wastewater, on the adsorption capacity was investigated. The highest removal was obtained at pH:7. In the study, it was seen that clinoptilolite from Gördes region, which was used as an adsorbent, could be used efficiently in antibiotic removal. As a result of the experiments carried out with 0.1 g clinoptilolite at pH: 7, an adsorption capacity was obtained as 34.58 mg/g.

Keywords: Clinoptilolite, Cephalexin, Adsorption, Waste water

1. GİRİŞ

İlaçlar, belediye, hastane, evsel ve endüstriyel atık sular dahil olmak üzere birçok yolla çevreye salınmaktadır Biyolojik bozunmaya karşı oldukça dirençli olan antibiyotikler uzun süre çevrede bozunmadan kalır (Nazari ve ark., 2016). Penisilinin keşfinden sonra insan ve hayvan tedavisi için kullanılan antibiyotikler umut verici olsa da günümüzde antibiyotiklerin aşırı tüketimi su kaynaklarının kirlenmesine neden olmuştur (Şekil 1). Dünyada en çok kullanılan ilaçlar arasında yer alan antibiyotikler, bakteriyel enfeksiyonlara karşı kullanılan doğal, sentetik ve yarı sentetik biyolojik ajanlardır (Polianciuc ve ark., 2020). Son yüzyılda insan nüfusunda görülen hızlı artış ve buna bağlı olarak artan protein talebi antibiyotik tüketimini arttırmaktadır (Ali Noman ve ark.,2021). Antibiyotiklerin çeşitli endüstrilerle kitlesel üretimi antibiyotik atıklarının su kaynaklarına erişmesine ve çevre üzerinde toksik etki yaratmasına sebep olmuştur (Khan Aziz ve ark., 2022). Antibiyotiklerin atık su arıtma tesislerinde verimli bir şekilde arıtılamaması, hayvanlar ve insanlar tarafından metabolize olmaması da bu etkiyi arttırmıştır (Tran ve ark., 2016). Antibiyotiklerin su kaynaklarında arıtımında ozonlama (Li ve ark., 2008), fotodegredasyon (Trovó ve ark., 2008), membran filtrasyonu (Sheng ve ark., 2016), koagülasyon (Changotra ve ark., 2019), adsorpsiyon (Cheng ve ark., 2021) vb. teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler arasında yer alan adsorpsiyon, farmasötikler ve diğer organik kirleticilerin gideriminde ekonomik erişilebilirlik, esnek çalışma, işlevsel kolaylık ve yüksek verimlilik gibi çeşitli avantajlarla sıklıkla tercih edilmektedir (Khan ve ark., 2022).



Şekil 1. Çevredeki antibiyotik döngüsü

Sefaleksin, β-laktam grubunda yer alan ve birçok ülkede veterinerlikte yaygın olarak kullanılan birinci nesil sefalosporindir (Benarab ve Fangninou, 2020). Bu nedenle sefaleksin, en çok reçete edilen antibiyotiklerden biridir ve büyük miktarlarda üretilir. Avrupa'da en çok reçete edilen sefalosporin grubu antibiyotikleri dünya sağlık örgütü tarafından önemli çevre kirleticileri arasında sınıflandırılmıştır (WHO, 2017). Dünyada 3000 ton/yıl ile geniş spektrumlu olarak kullanılan sefaleksinin %90'ı, atık su arıtma tesislerinde arıtılmış atık sularla çevreye girmektedir ve su kullanımı yoluyla insan sağlığını etkilemektedir (Ali Noman ve ark., 2021). Karmaşık kimyasal yapısı nedeniyle uzun süre bozunmadan kalan sefaleksin, çevrede en düşük 38,40 ng/L ile en yüksek 3900 ng/L arasında değişen farklı derişimlerde bulunabilir (Al-Gheethi ve ark., 2021). Sefaleksinin adsorpsiyon ile su kaynaklarından arıtımında bor nitrür nano levhalar (Bangari ve Sinha, 2019), grafenoksit (Wernke ve ark., 2020), MgO naopartikülleri (Fakhri ve Adami, 2014), aktif karbon (Pouretedal ve Sadegh, 2014), biyokömür (Shirani ve ark., 2020), Cu-Zn biyonanokompoziti (Al-Gheethi ve ark., 2021), mezogözenekli silika (Legnoverde ve ark., 2014), biyokütle (Angulo ve ark., 2018), doğal zeolit (Samarghandi ve ark., 2015) vb. adsorbanlar kullanılmıştır.

Bu adsorbanlar arasında yer alan klinoptilolit enrofloksasin (Ašperger ve ark., 2014), siprofloksasin (Ngeno ve ark., 2019), sefaleksin (Nezamzadeh-Ejhieh ve Tavakoli-Ghinani, 2014), azitromisin (Saadi ve ark., 2021) gibi antibiyotiklerin adsorpsiyonunda verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Zeolit ailesinin bir üyesi olan klinoptilolit mikro, mezo ve makro gözenekli yapıda olan üç boyutlu beyaz alümünosilikattır. Höylandit grubunun bir minerali olan klinoptilolit, termal rejenerasyona ve yıpranma kayıplarına karşı yüksek direnç gösterir ve bu nedenle baca gazı temizleme maddesi, yem ve gıda katkı maddesi, koku kontrol maddesi, su filtresi, su arıtımında adsorban gibi birçok uygulamada kullanılır. Hayvanlarda sindirim sırasında küflerden ve mikroskobik parazitlerden kaynaklanan toksinleri emebildiğinden, son yıllarda inekler, domuzlar, atlar ve tavuklar için yem katkı maddesi olarak başarıyla kullanılmaktadır. Bunun dışında bitki büyümesi için toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek, gübre verimliliğini artırmak ve kimyasal gübreyi azaltmak için toprak ıslahında kullanılır (Mercurio ve ark., 2018). Zeolitler, benzersiz iyon değişimi, geniş yüzey alanı, gözenekli yapısı, uygun maliyeti, yüksek seçiciliği, yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve yüksek termal stabilite gibi üstün özelliklerinden dolayı su arıtımında verimli bir şekilde kullanılmaktadır (Saadi ve ark., 2021). Bu çalışmada Gördes yöresine ait doğal klinoptilolit ile laboratuvar ortamında oluşturulan atık sulardan sefaleksin (CFX) adsorpsiyonuna pH'ın etkisi incelenmiştir.

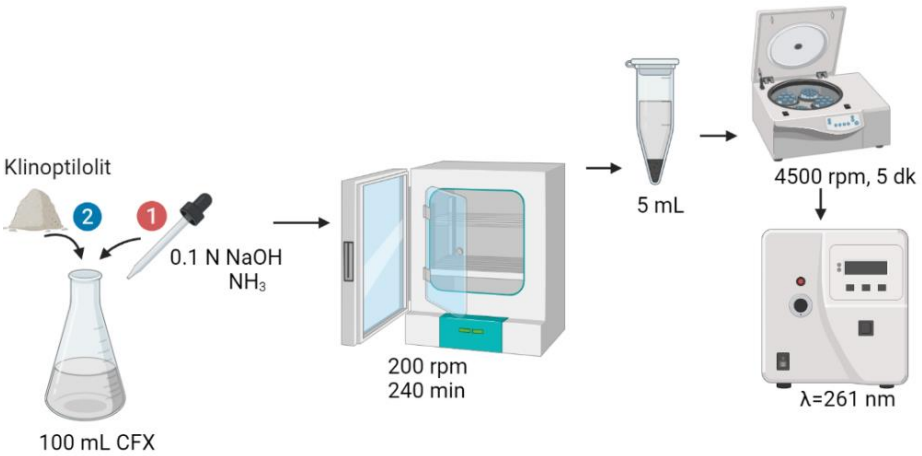
2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan sefaleksin monohidrat İstanbul'da faaliyet gösteren PharmaVision San. ve Tic. AŞ., doğal klinoptilolit ise İzmir Bayraklı'da bulunan Gordes Zeolite AŞ.'den temin edilmiştir. NaOH ve HNO_3 Sigma-Aldrich firmalarından satın alınmıştır. 1 g susuz sefaleksin ile 1000 mg/L stok

sefaleksin (CFX) çözeltisi (950 mL su+ 50 mL NH_40H) hazırlanmıştır (Samarghandi ve ark., 2015). Sefaleksinin adsorpsiyon çalışmaları kesikli sistemde 250 mL'lik tepkime kaplarında yürütülmüştür. Çalışma hacmi ise 100 mL olarak belirlenmiştir. Çözeltilerin pH değeri 0,1 N NaOH ve HNO_3 kullanılarak ayarlanmıştır. Deneylerde 0-600 µm boyutunda adsorban olarak kullanılan doğal zeolit 3 kez distile su ile yıkanarak safsızlıklar giderilmiştir. Yıkanan zeolit örnekleri süzüldükten sonra 105 ^oC'de 24 sa kurutulmuştur. Erlenlerde hazırlanan 100 mg/L'lik çözeltilere 0,1 g klinoptilolit eklenmiştir ve 200 rpm sabit karıştırma hızı, 25 ^oC'de 240 dk boyunca karıştırmalı inkübatöre tutulmuştur. Deneylerdeki numune örnekleri çözeltide adsorplanmadan kalan antibiyotik derişiminin bulunması için kullanılmıştır. Belirli zaman aralıklarında çözeltinden alınan 5 mL'lik örnekler 4500 rpm'de 5 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Örneklerin absorbans değerleri 261 nm'de UV-vis spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 2). Deneylerde kullanılan tüm cam eşyalar temizlendikten sonra bir gece boyunca %20'lik HNO_3 çözeltisinde bekletilmiştir. Birim zeolit kütlesi tarafından adsorplanan antibiyotik miktarı Eşitlik 1'deki gibi hesaplanmıştır (Mersin ve ark., 2021).

Tablo 1. Sefaleksinin ve klinoptilolitin bazı fiziksel özellikleri

Özellik	**Sefaleksin monohidrat**	**Klinoptilolit**
Molekül formülü	$C_{16}H_{19}N_3O_5S$	$(Na_{0.5}K_{2.5})(Ca_{1.0}Mg_{0.5})(Al_6Si_{30})O_{72}.24H_2O$
Görünüm	Beyaz kristal toz	Beyaz açık bej granül / toz
Su (%w/v)	6,2	%35 -75
Yığın yoğunluk (g/cm^3)	0,44	0,8 – 1,1
Suda çözünürlük	Suda az çözünür	Suda çözünmez



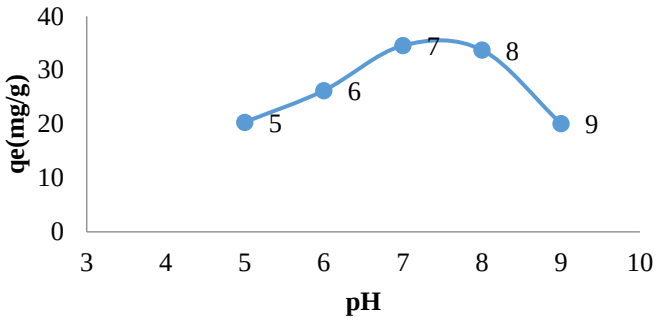
Şekil 2. Doğal klinoptilolit ile sefaleksinin (CFX) adsorpsiyon çalışmaları

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (1)$$

Burada; q_e, dengede adsorbentin gramı başına adsorpladığı sefaleksin miktarını (mg/g), C_o, başlangıç sefaleksin derişimini (mg/L), C_e, dengede adsorban tarafından adsorplanan sefaleksin derişimini (mg/L), m, adsorban kütlesini, V, çözelti hacmini (L) ifade etmektedir.

3. SONUÇ

Sefaleksinin doğal klinopilolit ile adsorpsiyon kapasitesi zeolitin yüzey yükü ve fonksiyonel grup kimyasını değiştirmeye yol açan çözelti pH'ındaki değişim nedeniyle pH'a bağlıdır. Bu çalışmada, pH'ın CFX giderim verimliliği üzerindeki etkisi, 5 ile 9 aralığında değişen farklı pH'larda araştırılmış ve sonuçlar Şekil 3'te gösterilmiştir. pH:6'da 26,22 mg/g olan adsorpsiyon kapasitesi pH: 7'de 34,58 mg/g'a yükselmiş, pH:8'de ise 33,76 mg/g'a düşmüştür. Asidik ortamda doğal zeolitin sefaleksin bağlanması için itici etkisi nedeniyle, adsorpsiyon kapasitesi azalmıştır. pH > 7'de ise hidroksil gruplarının sayısı artmış, pozitif yüklü bölgelerin sayısını azalmış ve sefaleksin molekülleri ile zeolit yüzeyi arasındaki çekme kuvveti azalmıştır (Samarghandi ve ark., 2015).



Şekil 3. Klinoptilolit ile sefaleksin adsorpsiyonuna pH'ın etkisi (C_o: 100 mg/L T: 25 ^oC, m: 0,1 g, K.H: 200 rpm)

Sefalosporinlerin adsorpsiyon işlemi, bazik çözelti pH'ları için daha uygundur. Sefalosporinlerin yüksek pH'da yüksek adsorpsiyon kapasitesi, alkali ortamda yüzeyin nötralizasyonu nedeniyle daha kolay çözünen difüzyonundan kaynaklanabilir (Fakhri ve Adami, 2014). Sefaleksin giderimi ve çözelti pH'ı arasındaki ilişki, yüzey yükü ve yüzey fonksiyonel grupları gibi adsorbanın özellikleri, kimyasal yapısı ve asit-baz özellikleri ile açıklanabilir. Sefaleksin bir karboksil grubuna (pK_{a1}: 3,1) ve bir amino grubuna (pK_{a2}: 6,8) sahiptir. pH 7-8'de zwitteriyonik ve anyonik türler olarak bulunabilir (Watanabe ve ark., 2010). pH > 8'de ise negatif yüklüdür. Negatif yüklü sefaleksin negatif yüklü klinoptilolit tarafından tam olarak adsorbe edilememiştir. Sefaleksinin pH:7'de zwitteriyon formu daha kolay adsorbe edilmiş ve molekülün net yükünü nötr hale getirmiştir (Martínez-Olivas ve ark., 2020). Yu ve ark. (2020), karbon üzerine sefaleksin adsorpsiyonunda en yüksek adsorpsiyon verimini pH:7'de elde etmiştir (Yu ve ark., 2020). Samarghandi ve ark. (2015), doğal zeolit ile sefaleksin adsorpsiyonunda pH:7'de en yüksek %20-30 giderim verimi elde edildiğini bildirmiştir (Samarghandi ve ark., 2015). Mohseni-Bandpi ve ark. (2016), doğal zeolit ile yaptıkları çalışmada sefaleksin için %29 giderim verimi elde etmiştir (Mohseni-Bandpi ve ark., 2016). pH 7-8 aralığında sefaleksinin zwitteriyonik formda olmasının elektrostatik etkileşimlerle doğal zeolitlerin sefaleksin adsorpsiyonunu desteklediği görülmüştür.

Genel olarak antibiyotiklerin katı yüzeyler üzerine adsorpsiyonu hidrojen bağı, yüzey çökelmesi, hidrofobik etki, gözeneklere difüzyon, elektrostatik etkileşim, katyon/anyon etkileşimi ve hidrojen bağı gibi proseslerle gerçekleşir (Tan ve ark., 2015). Adsorpsiyon ile sulu çözeltilerden antibiyotik giderimi adsorban ve antibiyotiğin fiziksel ve kimyasal özelliklerine de bağlıdır. Adsorban dozu, operasyon sıcaklığı, çözeltinin karıştırma hızı ve adsorbanın partikül boyutu gibi parametreler de adsorpsiyon kapasitesini etkilemektedir (Acelas ve ark., 2021).

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, atık sulardan sefaleksini arıtmak için doğal zeolitin adsorpsiyon uygulamasına çözelti pH'ının etkisi incelenmiştir. En yüksek adsorpsiyon kapasitesi pH:7'de 34,58 mg/g olarak belirlenmiştir. Deneysel sonuçlardan klinoptilolit gibi doğal zeolitlerin sefaleksin gibi organik kirleticileri adsorplama performansına sahip olduğu görülmüştür. Gelecek çalışmalarda, çözeltinin iyonik kuvvetleri araştırılarak pH etkisi ile klinoptilolit ve antibiyotik arasındaki elektrostatik çekim, indirgenme, hidrojen bağı gibi etkileşimler daha detaylı açıklanabilir. Doğal zeolitin fizyokimyasal özellikleri değiştirilerek modifikasyon işlemleri ile adsorpsiyon kapasitesi artırılabilir. Sefaleksin adsorpsiyonunda gerçek arıtım maliyetinin hesaplanması için laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalar gerçek atık sularda denenerek incelenmelidir.

TEŞEKKÜR

Yazar sefaleksin monohidrat ve klinoptilolit temini için PharmaVision (İstanbul-Türkiye) ve Gordes Zeolite (İzmir-Türkiye) firmalarına teşekkürlerini belirtmektedir.

KAYNAKLAR

Acelas, N., Lopera, S. M., Porras, J., Torres-Palma, R. A. 2021. Evaluating the removal of the antibiotic cephalexin from aqueous solutions using an adsorbent obtained from palm oil fiber. Molecules 26 (11), 3340.

Al-Gheethi, A., Noman, E., Saphira Radin Mohamed, R. M., Talip, B., Vo, D. V. N., Algaifi, H. A. 2021. Cephalexin removal by a novel Cu–Zn bionanocomposite biosynthesized in secondary metabolic products of *Aspergillus arenarioides* EAN603 with pumpkin peels medium: Optimization, kinetic and artificial neural network models. Journal of Hazardous Materials 419, 126500.

Ali Noman, E., Al-Gheethi, A., Saphira Radin Mohamed, R. M., Talip, B. A., Hossain, M. S., Ali Hamood Altowayti, W., Ismail, N. 2021. Sustainable approaches for removal of cephalexin antibiotic from non-clinical environments: A critical review. Journal of Hazardous Materials 417, 126040.

Angulo, E., Bula, L., Mercado, I., Montaño, A., Cubillán, N. 2018. Bioremediation of Cephalexin with non-living *Chlorella sp*., biomass after lipid extraction. Bioresource Technology 257, 17-22.

Ašperger, D., Varga, I., Babić, S., Ćurković, L. 2014. Adsorption of enrofloxacine on natural zeolite-clinoptilolite. The Holistic Approach to Environment, 4 (1), 3-15.

Bangari, R. S., Sinha, N. 2019. Adsorption of tetracycline, ofloxacin and cephalexin antibiotics on boron nitride nanosheets from aqueous solution. Journal of Molecular Liquids 293, 111376.

Benarab, N., Fangninou, F. F. 2020. The issues of antibiotics: cephalexin antibiotic as emerging environment contaminant. International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP) 10 (2), 306-318.

Changotra, R., Rajput, H., Paul Guin, J., Varshney, L., Dhir, A. 2019. Hybrid coagulation, gamma irradiation and biological treatment of real pharmaceutical wastewater. Chemical Engineering Journal 370, 595-605.

Cheng, N., Wang, B., Wu, P., Lee, X., Xing, Y., Chen, M., Gao, B. 2021. Adsorption of emerging contaminants from water and wastewater by modified biochar: A review. Environmental Pollution, 273, 116448.

World Health Organization (WHO), *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum.* 2017. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442370. Erişim tarihi: 17.02.2022

Fakhri, A., Adami, S. 2014. Adsorption and thermodynamic study of Cephalosporins antibiotics from aqueous solution onto MgO nanoparticles. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 45 (3), 1001-1006.

Khan, A. H., Aziz, H. A., Khan, N. A., Hasan, M. A., Ahmed, S., Farooqi, I. H., Dhingra, A., Vambol, V., Changani, F., Yousefi, M., Islam, S., Mozaffari, N., Mahtab, M. S. 2022. Impact, disease outbreak and the eco-hazards associated with pharmaceutical residues: a Critical review. International Journal of Environmental Science and Technology, 9 (1), 677-688.

Khan, A. H., Khan, N. A., Zubair, M., Azfar Shaida, M., Manzar, M. S., Abutaleb, A., Naushad, M., Iqbal, J. 2022. Sustainable green nanoadsorbents for remediation of pharmaceuticals from water and wastewater: A critical review. Environmental Research 204, 112243.

Kovalakova, P., Cizmas, L., McDonald, T. J., Marsalek, B., Feng, M., Sharma, V. K. 2020. Occurrence and toxicity of antibiotics in the aquatic environment: A review. Chemosphere 251, 126351.

Legnoverde, M. S., Simonetti, S., Basaldella, E. I. 2014. Influence of pH on cephalexin adsorption onto SBA-15 mesoporous silica: Theoretical and experimental study. Applied Surface Science 300, 37-42.

Li, K., Yediler, A., Yang, M., Schulte-Hostede, S., Wong, M. H. 2008. Ozonation of oxytetracycline and toxicological assessment of its oxidation by-products. Chemosphere 72 (3), 473-478.

Martínez-Olivas, A., Torres-Pérez, J., Balderas-Hernández, P., Reyes-López, S. Y. 2020. Oxytetracycline Sorption onto Synthetized Materials from Hydroxyapatite and Aluminosilicates. Water, Air, and Soil Pollution 231 (6), 264.

Mercurio, M., Sarkar, B., Langella, A. (2018). *Modified clay and zeolite nanocomposite materials: environmental and pharmaceutical applications.* Elsevier, 362s.

Mersin, G., Açıkel, Ü., Levent, M. 2021. Efficient adsorption of Basic Blue 41 from textile wastewaters by natural and magnetically modified Manisa-Gördes clinoptilolite. Chemical Engineering and Processing-Process Intensification 169,108632.

Mohseni-Bandpi, A., Al-Musawi, T. J., Ghahramani, E., Zarrabi, M., Mohebi, S., Vahed, S. A. 2016. Improvement of zeolite adsorption capacity for cephalexin by coating with magnetic Fe_3O_4 nanoparticles. Journal of Molecular Liquids 218, 615-624.

Nazari, G., Abolghasemi, H., Esmaieli, M., Sadeghi Pouya, E. 2016. Aqueous phase adsorption of cephalexin by walnut shell-based activated carbon: A fixed-bed column study. Applied Surface Science 375, 144-153.

Nezamzadeh-Ejhieh, A., Tavakoli-Ghinani, S. 2014. Effect of a nano-sized natural clinoptilolite modified by the hexadecyltrimethyl ammonium surfactant on cephalexin drug delivery. Comptes Rendus Chimie 17 (1), 49-61.

Ngeno, E. C., Shikuku, V. O., Orata, F., Baraza, L. D., Kimosop, S. J. 2019. Caffeine and ciprofloxacin adsorption from water onto clinoptilolite: Linear isotherms, kinetics, thermodynamic and mechanistic studies. South African Journal of Chemistry 72, 136-142.

Polianciuc, S. I., Gurzău, A. E., Kiss, B., Georgia Ștefan, M., Loghin, F. 2020. Antibiotics in the environment: Causes and consequences. Medicine and Pharmacy Reports 93 (3), 231-240.

Pouretedal, H. R., Sadegh, N. 2014. Effective removal of Amoxicillin, Cephalexin, Tetracycline and Penicillin G from aqueous solutions using activated carbon nanoparticles prepared from vine wood. Journal of Water Process Engineering 1, 64-73.

Saadi, Z., Fazaeli, R., Vafajoo, L., Naser, I., Mohammadi, G. 2021. Promotion of clinoptilolite adsorption for azithromycin antibiotic by Tween 80 and Triton X-100 surface modifiers under batch and fixed-bed processes. Chemical Engineering Communications 208 (3), 328-348.

Samarghandi, M. R., Al-Musawi, T. J., Mohseni-Bandpi, A., Zarrabi, M. 2015. Adsorption of cephalexin from aqueous solution using natural zeolite and zeolite coated with manganese oxide nanoparticles. Journal of Molecular Liquids 211, 431-441.

Sheng, C., Nnanna, A. G. A., Liu, Y., Vargo, J. D. 2016. Removal of Trace Pharmaceuticals from Water using coagulation and powdered activated carbon as pretreatment to ultrafiltration membrane system. Science of the Total Environment 550, 1075-1083.

Shirani, Z., Song, H., Bhatnagar, A. 2020. Efficient removal of diclofenac and cephalexin from aqueous solution using *Anthriscus sylvestris*-derived activated biochar. Science of the Total Environment 745, 140789.

Tan, X., Liu, Y., Zeng, G., Wang, X., Hu, X., Gu, Y., Yang, Z. 2015. Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions. Chemosphere 125, 70-85.

Tran, N. H., Chen, H., Reinhard, M., Mao, F., Gin, K. Y. H. 2016. Occurrence and removal of multiple classes of antibiotics and antimicrobial agents in biological wastewater treatment processes. Water Research 104, 461-472.

Trovó, A. G., Melo, S. A. S., Nogueira, R. F. P. 2008. Photodegradation of the pharmaceuticals amoxicillin, bezafibrate and paracetamol by the photo-Fenton process-Application to sewage treatment plant effluent. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 198 (2–3), 215-220.

Watanabe, S., Tsuda, M., Terada, T., Katsura, T., Inui, K. I. 2010. Reduced renal clearance of a zwitterionic substrate cephalexin in Mate1-deficient mice. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics 334 (2), 651-656.

Wernke, G., Shimabuku-Biadola, Q. L., dos Santos, T. R. T., Silva, M. F., Fagundes-Klen, M. R., Bergamasco, R. 2020. Adsorption of cephalexin in aqueous media by graphene oxide: kinetics, isotherm, and thermodynamics. Environmental Science and Pollution Research 27 (5), 4725-4736.

Yu, J., Kang, Y., Yin, W., Fan, J., Guo, Z. 2020. Removal of Antibiotics from Aqueous Solutions by a Carbon Adsorbent Derived from Protein-Waste-Doped Biomass. ACS Omega 5 (30), 19187–19193.

WELDABILITY PROCESS OF DISSIMILAR ALLOY STEEL MATERIALS AND POST WELDING MECHANICAL ANALYSIS

Yasin SANCAR
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Science, Department of Mechanical Engineering
y.sancar1995@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-4200-1293

Yasin SARIKAVAK
Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering
ysarikavak@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3573-6179

Özet
Günümüzde farklı özellikteki malzemelerin kaynağı çeşitli kaynak yöntemleri ile yapılabilmektedir. Gaz metal ark kaynağı (GMAW), ergitme esaslı kaynak işlemleri arasında en yaygın olarak kullanılan kaynak yöntemlerinden biridir. Gaz metal ark kaynağı uygulanabilirlik açısından birçok avantaja sahiptir ve metal imalat sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaynak kalitesi, kaynak işlemi sırasında uygulanan sınır koşullarına bağlıdır. Farklı alaşım özelliklerine sahip çelik malzemelerin gaz altı kaynağı yöntemiyle birleştirilmesi imalat sanayi, havacılık, savunma sanayi ve otomotiv sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada farklı özelliklere sahip düşük alaşımlı çelik malzemeler gaz altı kaynağı yöntemiyle çeşitli sınır koşulları altında birleştirilmiştir. Kaynak sonrası numunelere mekanik testler uygulanarak mekanik davranışları detaylı olarak incelenmiştir. Mekanik özelliklerin detaylı olarak incelendiği deney tasarımında Taguchi L9 ortogonal dizilimi için prosesin üç seviyeli değişkeni olan kaynak hızı, kaynak akımı ve kaynak voltajı kullanılmıştır. Bu çalışmada 10 mm kalınlığında St37 ve St52 düşük alaşımlı çelik malzemeler, SG-2 elektrot teli kullanılarak V alın kaynağı yöntemi ile birleştirilmiştir. Mekanik dayanım kapsamında optimum kaynak parametreleri netleştirilerek değişkenlerin katkısı detaylı olarak değerlendirilmiş ve tanımlanan değişkenler altında en yüksek darbe dayanımı 35 V, 330 A ve 250 mm/dk kaynak hızı şartlarında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gaz metal ark kaynağı (GMAW), Taguchi L9 ortogonal dizilim, Optimum kaynak parametreleri, Mekanik özellikler, Charpy darbe dayanımı

WELDABILITY PROCESS OF DISSIMILAR ALLOY STEEL MATERIALS AND POST WELDING MECHANICAL ANALYSIS

Abstract
Today, welding of materials with different properties can be done with various welding methods. Gas metal arc welding (GMAW) is one of the most widely used welding methods among the melting-based welding processes. Gas metal arc welding has many advantages in terms of applicability and extensively used in the metal manufacturing industry. In practice joining dissimilar steel sheets frequently conducted however weld quality strongly dependent to boundary conditions during the weld process. Dissimilar low-alloyed steels joined by GMAW in many fields such as manufacturing, aviation, defence and automotive industries. Therefore, in this study 10 mm thick dissimilar steel sheets are joined by GMAW under various boundary conditions. Post weld mechanical behaviours are investigated in detail. For the process three level variables of parameters i.e. welding speed, welding current and welding voltage were used for the Taguchi L9 orthogonal array in experimental design where mechanical properties investigated in detail. Frequently used dissimilar St37 and St52 steel sheet materials with a thickness of 10 mm were joined with 'V' butt weld and SG-2 electrode wire. Within the scope of mechanical strength, optimum welding parameters were clarified and the contribution of the each variables was evaluated in detail and the highest impact strength under the defined variables was obtained in 35 V, 330 A and 250 mm/min.

Keywords: Gas metal arc welding (GMAW), Taguchi L9 orthogonal array, Optimum welding parameters, Mechanical properties, Charpy impact strength

1. INTRODUCTION

Welding method is widely used in many fields such as aerospace, defense industry, automotive industry. The characteristics of the welding process vary according to the areas in which it is used. Today, welding of different alloy materials can be done with various welding methods such as arc welding, resistance welding, and friction welding. The welding parameters, dimensions of the weld groove, type of shielding gas are some of the factors that affect the mechanical properties of the weld joint. Welding parameters have significant effects on the mechanical properties of welded steels. The contribution rates of the welding parameters are also an important factor in increasing the mechanical properties of welded steels. Many studies were focused on to examine the effect of welding parameters on the mechanical properties of welded steels. Bodude et al. (2015) investigated the effects of welding parameters on the mechanical properties of welded low carbon steel. They observed that the toughness increases while the hardness and tensile strength of the joint decrease. Mohanavel et al. (2018) investigated the optimization of tungsten inert gas welding parameters to attain maximum impact strength in AA6061 alloy joints using Taguchi technique. In their study, maximum impact resistance was obtained at the highest current and welding speed values among the used welding parameters. It was observed that, gas flow rate was the most dominant factor to effect the impact strength of TIG welded AA6061 joints. Heat input is also important factor that effect the mechanical properties of welded sample. Arista et al. (2021) investigated the effect of Q_{net} on compressive residual stresses and ductile toughness of dissimilar HAZ in robotic GMAW joints between A572-50 and A36 steels. Wijoyo et al. (2021) investigated the effect of current strength on tensile strength and impact toughness of cast iron welded joints. In their study, it was found that the maximum tensile strength and impact toughness of cast iron TIG-welded metal were obtained at the high value of current. Gejendhiran et al. (2019) investigated the process parameters optimization for improving the mechanical properties of IS2062 mild steel weldments by GMAW. In their study, they found that the maximum welding current and voltage increased the welded impact strength, and also reduced the tensile strength and hardness of the welded samples. Impact toughness values in base metal and weld metal may differ. The comparison of impact toughness in base metal and welded metal were also investigated in many studies. In most studies, a high toughness value was obtained in the weld zone. Kumar et al. (2022) investigated the effect of weld-groove surface modification on the joint performance of military grade armour steel: A sustainability approach. Shin et al. (2015) investigated the low temperature impact toughness of structural steel welds with different welding processes. Yin et al. (2021) investigated the microstructure and mechanical properties of weld metal in laser and gas metal arc hybrid welding of 440-MPa-grade high-strength steel. In their study, it was observed that the impact absorbed energy of the weld metal increased with increase in welding speed.

In this study dissimilar steels were joined by GMAW under various boundary conditions. Post weld mechanical properties were investigated in detail. The welding speed, welding current and welding voltage were selected as variable welding parameters. Taguchi method was used to obtain optimum welding parameters. St37 and St52 steel sheet materials with 10 mm thickness were used as base material. SG-2 electrode wire was used as welding electrode. The type of single v butt weld was used in experiment. Optimum welding parameters and contribution of the welding parameters were investigated in detail.

2. MATERIAL AND METHOD

In this study, steel sheets with different alloy properties were joined by GMAW under various boundary conditions.

2.1. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

GMAW, sometimes referred to by its subtypes metal inert gas (MIG) and metal active gas (MAG) is a welding process in which an electric arc forms between a consumable MIG wire electrode and the workpiece metal, which heats the workpiece metal, causing them to fuse (melt and join). Along with the wire electrode, a shielding gas feeds through the welding gun, which shields the process from atmospheric contamination (Wikipedia, 2022). MIG welding technique, which uses noble gases such as Argon and Helium as shielding gas, and MAG techniques, which use carbon dioxide, an active gas, as shielding gas, are used most intensively. The difference of the Wolfram inert gas (WIG) technique, which is used relatively less than the others, is the use of non-melting Wolfram (Tungsten) electrodes.

To perform gas metal arc welding, the basic necessary equipment is a welding gun, a wire feed unit, a welding power supply, a welding electrode wire, and a shielding gas supply. The choice of a shielding gas depends on several factors, most importantly the type of material being welded. GMAW is also commonly used in sheet metal industry, particularly in the car industry, body shops, and small industry. GMAW is used in pipe welding, pipe joints, automotive production and maintenance, manufacturing, shipbuilding, construction, railroad tracks, underwater welding.

GMAW has many advantages. Some of them are listed below (Nadzam, 2014).

- It is a fast welding process, which means that there is a lower heat effect on the surrounding material.
- MAG welding can be performed in all positions, making it one of the most widely used welding processes.
- MAG welding creates no oxidation because of the weld area is protected by the shielding gas.
- GMAW has the ability to join a wide range of material types and thicknesses.
- Simple equipment components are readily available and affordable.
- GMAW has higher electrode efficiencies when compared to other welding processes.
- GMAW is easily adapted for high-speed robotic, hard automation and semiautomatic welding applications.
- Excellent weld bead appearance.
- Lower heat input when compared to other welding processes.
- A minimum of weld spatter and slag makes weld clean up fast and easy.
- Less welding fumes when compared to Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Flux-Cored Arc Welding (FCAW) processes.
- Minimal post weld cleanup.

There are also disadvantages of GMAW. Some of them are listed below (Throat, 2022).

- MIG/MAG welding have higher initial setup cost.
- The atmosphere surrounding the welding process has to be stable. So, It is limited to drought free conditions. It needs shielding gas so welding in windy conditions can be difficult.
- It has higher maintenance costs due to the extra electronic components.
- MAG welding cannot be performed outdoors as the welding gas needs to be protected from the wind.
- As with most welding process, GMAW exhibits an open arc. Proper care must be taking to shield the welder and by standers from the harmful UV rays.
- Moving the welding equipment may not be that tough, but the moving of the high pressure cylinders are dangerous.
- Welding torch has to be close to the workpiece so welding in hard to reach areas is not easy.

2.2. Design of Experiment

In this study, the effect of welding parameters on mechanical properties of welded steels were investigated by using Taguchi method. GMAW was used as weld type. The welding current, voltage and welding speed were selected as variable welding parameters. The weldability of St37-2 and St52-3 steels by MAG welding method was investigated. The thickness of base materials is 10 mm. MIG 550 SW welding machine was used in experiment as shown in Figure 1. The mixed gas was used as shielding gas in GMAW process. SG-2 electrode wire with a diameter of 1.0 mm was used as welding electrode. Single V butt weld was used in welding processes. The weld groove angle is 60º, the root face is 2 mm. The materials were machined according to these dimensions as shown in Figure 2.



Figure 1. Gas metal arc welding machine



Figure 2. Machining of samples

Three different levels of values were used for each parameter. The welding parameters which was used in the experiment are shown in Table 1.

Table 1. Welding Parameters

Symbol	Factor	Unit	Level 1	Level 2	Level 3
A	Voltage	Volt	25	30	35
B	Current	Amper	250	290	330
C	Welding Speed	mm/min	200	250	350

Taguchi L9 orthogonal array was used in experiment. The L9 orthogonal array, which consists of nine different experiments, is shown in Table 2.

Table 2. Taguchi L9 orthogonal array

Experiment No	A (Voltage) in Volt	B (Current) in Amper	C (Welding Speed) in mm/min
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

After the welding process was completed, rough cutting process of the specimens of charpy impact test was performed with a band saw which is the brand of Cuteral. The specimens of charpy impact test were machined according to the ASTM A370 standard on the CNC machine. The notch was machined after the precision machining was finished as shown in Figure 3. The charpy impact tests were performed with an impact tester with a capacity of 300 J.



Figure 3. Machining of notches

3. RESULT

Optimum values were determined by using parameters as levels and mechanical properties as noise data. Welding current, welding voltage and welding speed are determined as variable parameters. Notch impact test results were used to determine the signal/noise ratios. Minitab software was used to perform the Taguchi method. Optimum welding parameters were obtained in accordance with the notch impact test results. The results of impact test were shown in Table 3.

Table 3. The results of impact test

Experiment No	A (Voltage) in Volt	B (Current) in Amper	C (Welding Speed) in mm/min	Impact Test Results in Joule
1	25	250	200	42.55
2	25	290	250	66.95
3	25	330	350	84.66
4	30	250	250	133.60
5	30	290	350	59.41
6	30	330	200	139.21
7	35	250	350	137.73
8	35	290	200	79.56
9	35	330	250	171.72

These results showed that a higher impact toughness value was obtained in the weld metal compared to the base metal. The analysis results based on the notch impact test results are shown in Figure 4.



Figure 4. Main effects plot for Signal-Noise (S/N) ratios

The optimum welding parameters were observed that the current of 330 A, voltage of 35 V, and welding speed of 250 mm/min.

According to the results of Analysis of Variance (ANOVA), it was found that the highest contribution rate was voltage, then current and welding speed, respectively. The contribution rates of welding parameters are shown in Table 4.

Table 4. Response Table for Signal to Noise Ratios

Level	VOLTAGE	CURRENT	WELDING SPEED
1	35.88	39.29	37.82
2	40.29	36.67	41.24
3	41.83	42.04	38.94
Delta	5.95	5.37	3.42
Rank	1	2	3

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

St37-2 and St52-3 materials were joined by GMAW and then the effect of welding parameters on Charpy impact toughness was investigated. The welding parameters are important factor which effect the mechanical properties of welded metal. The mechanical properties of the welded specimen can be improved by changing the welding parameters. The effect of welding parameters on impact toughness was investigated using by Taguchi analysis. Optimum welding parameters were determined according to the impact test results. The highest impact strength under the defined variables was obtained in 35 V, 330 A and 250 mm/min. The lowest impact strength under the defined variables was obtained in 25 V, 250 A and 200 mm/min. A higher impact toughness value was obtained in the weld metal compared to the base metal. It was observed that the results obtained by Taguchi analysis gave results consistent with the literature. Future work is to test the hardness of the welded specimen and examine the relationship between strength, the impact results and the hardness values.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Ankara Yıldırım Beyazıt University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: FYL-2021-2282.

REFERENCES

Bodude, M. A., & Momohjimoh, I. (2015). Studies on effects of welding parameters on the mechanical properties of welded low-carbon steel. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 3(03), 142.

Mohanavel, V., Ravichandran, M., & Kumar, S. S. (2018). Optimization of tungsten inert gas welding parameters to: Attain maximum impact strength in AA6061 alloy joints using Taguchi Technique. Materials Today: Proceedings, 5(11), 25112-25120.

Arista, B. V., Flores, I. G., González, C. E. C., Vargas, L. R., & Villasana, J. D. P. (2021). On the effect of Qnet on compressive residual stresses and ductile toughness of dissimilar HAZ in robotic GMAW joints between A572-50 and A36 steels. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 113(5), 1535-1546.

Wijoyo, W., Mujahid, M., Nurhidayat, A., Surjadi, E., & Saefuloh, I. (2021). The effect of current strength on tensile strength and impact toughness of cast iron welded joints. Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi, 17(2), 13-18.

Gejendhiran, S., Vignesh, S., Kalaimani, M., & ArokiaAnicia, S. (2019). Process Parameters Optimization for Improving th Mechanical Properties of IS2062 MildsteelWeldments by GMAW. dimensions, 9(3), 180.

Kumar, N. V., Uthayakumar, M., Kumaran, S. T., & Velayudham, A. (2022). The effect of weld-groove surface modification on the joint performance of military grade armour steel: A sustainability approach. Materials Chemistry and Physics, 281, 125902.

Shin, H. S., Park, K. T., Lee, C. H., Chang, K. H., & Van Do, V. N. (2015). Low temperature impact toughness of structural steel welds with different welding processes. KSCE Journal of Civil Engineering, 19(5), 1431-1437.

Yin, F. X., Li, X. C., Chen, C. X., Zhao, L., Peng, Y., & Tian, Z. L. (2021). Microstructure and mechanical properties of weld metal in laser and gas metal arc hybrid welding of 440-MPa-grade high-strength steel. Journal of Iron and Steel Research International, 28(7), 853-861.

Gas metal arc welding, 12 Şubat 2022 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_metal_arc_welding adresinden alındı.

Nadzam, J., Armao, F., Byall, L., Kotecki, D., & Miller, D. (2014). Gas Metal Arc Welding—Product and Procedure Selection. Lincoln Global Inc.: Cleveland, OH, USA, C4.

Throat, S. (2022), What is GMAW – Basic of Gas metal arc welding, 10 Nisan.2022 tarihinde https://learnmech.com/what-is-gmaw-basic-of-gas-metal-arc-welding/ adresinden alındı.

DESIGN OF A 3D PRINTED FACE-SHIELD WITH ACTIVE DEFOGGING FOR COVID19

Fernando Moita
Electrical Engineering Department, ISEC - Coimbra Institute of Engineering, Portugal
moita@isec.pt

Marco Silva
Electrical Engineering Department, ISEC - Coimbra Institute of Engineering, Portugal
msilva@isec.pt

Luis Roseiro
Mechanical Engineering Department, ISEC - Coimbra Institute of Engineering, Portugal
lroseiro@isec.pt

Nuno Lavado
Physics and Mathematics Department, ISEC - Coimbra Institute of Engineering, Portugal
nlavado@isec.pt

Abstract
This work presents the development of an individual protection device, an active ventilated face shield, with incorporation of an air filtering system. The device can work with the inclusion of a front visor or just with the ventilation structure. The system brings together a set of components intended for production by additive manufacturing, forming a chassis that incorporates an electronic control unit, a rechargeable battery, a fan and a humidity/temperature sensor. The performed system tests showed that the forced ventilation system prevents fogging even in the most adverse situations and increases user comfort when it is used simultaneously with an individual protective face mask, due to the air flow generated by the integrated fan. The ventilated air, which is filtered, guarantees the user's safety. Results also show that, with or without the front visor, the equipment prevents fogging, both of the face shield and glasses for users who wear them. The forced air flow promotes sealing of the breathing zone, decreasing the contact with potentially contaminated aerosols, thus reducing the risk of contagion.

Keywords: Covid 19; Ventilated Face Shield; Individual Protection Equipment.

1. INTRODUCTION

The COVID-19 forces society to adopt new behaviors with a direct impact on daily activities, and the use of facial or face shield masks is now a compulsory reality. In several professions, and especially in eyeglasses users, discomfort with the use of conventional masks, the fogging on the glasses and in the face shield can lead to reduction in the use of the mask or even its abandonment. Thus, the development of personal protective equipment that allows the comfortable use of face shields can be important to ensure that citizens will use this protection system. To guarantee comfort, provided through a fresh air stream, and safety in the use of protective masks, even for those who wear eyeglasses, the development of a forced ventilated face shield is presented. The developed device aims to respond, in the actual context of pandemics, to the demands and needs placed on various professionals, with emphasis on the health system, but also to other professional contexts, such as the activities of police forces, firefighters, hairdressers, cooks, kitchen helpers, commerce/services, among others.

Currently, the market provides several passive face shields with anti-fog coating, for example for kitchen helpers with chin support that only cover the mouth area, and also offers face shields with glasses like frame support. But does not provide any type of personal protective equipment like a face shield with elimination of fogging through forced ventilation suited to use with face mask and common glasses.

There are systems that use air flow projected for installation in sports glasses [1, 2], or sports glasses that already have this functionality integrated [3, 4]. Systems with air flow, not for defogging but to aid in the ventilation of fabric masks are also available [5]. In the industry to perform tasks like sandblasting,

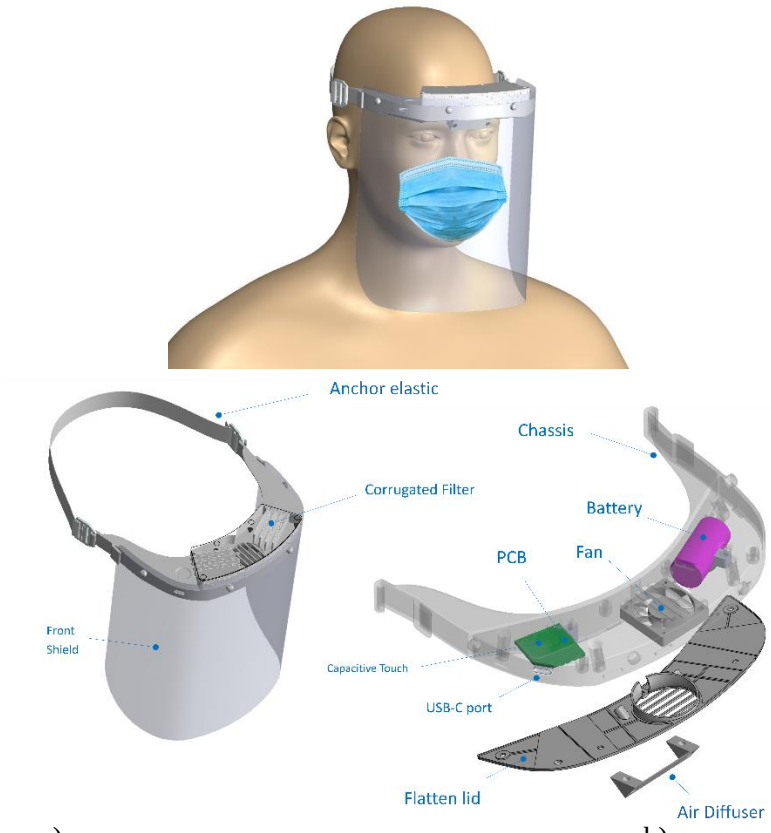
or in health care protection [6] there are also forced ventilation systems. These systems are expensive and application specific, involving the use of materials and geometries that are difficult to decontaminate, and use bulky air filtration pumps.

2. MATERIALS AND METHODS

The ventilated face shield results from the work of a multidisciplinary team in the field of engineering and incorporates a production system based on additive manufacturing and electronics. The face shield was designed using 3D modeling, divided into a support structure made of PETG, produced using a 3D printer, an electronic control system, a rechargeable battery, a fan, a front shield fitted with a PETG sheet, and an elastic head anchor. The development of the system followed an alignment in which mechanical, electronic, and aesthetic language were in constant dialogue, which is described in this chapter. To make the reading of the manuscript more consistent, the final solution is presented first, following the developments that led to this solution.

2.1 The Ventilated Face Shield

The ventilated face shield is based on a mechanical configuration with a set of structural elements, with embedded electronics, which can be visually framed through Figure 1. Until reaching this final version of the system, several prototypes were being developed and tested, both regarding the structural component and its manufacture, as well as the functionalities implemented by the electronic system and the inter-connection of the various components.



a) b)

Figure 1. Ventilated face shield components: a) Perspective on a virtual mannequin; b) 3D model of the system, highlighting the main components.

Figure 1-b) presents an exploded view of the system main components. In this figure it is possible to identify the elements that constitute the developed system, both the mechanical and electronic components, as well as connection elements.

2.2 Development of the Mechanical Components of the Ventilated Face Shield

The three-dimensional geometry of the components and its assembly was created using modeling software (Solidworks® 2019, Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp., Waltham, MA, USA). The mechanical components were developed to fulfill a set of defined design requirements. On the one hand, it was intended that the system be as light as possible, so as not to introduce discomfort in its use. Particular attention was paid to ergonomic aspects. Thus, based on anthropometric data referring to the typical dimensions of the contour of a user's forehead, a curvature in the chassis that fills the entire front part of the forehead was defined and tested. In addition, in order to reduce the effect of the weight of the electronic components, a balanced distribution of these elements was taken into account, in order to be as close as possible to the anchorage area on the forehead and to minimize the sensation of weight. To support the system, a fixation to the headgear using an adjustable elastic was considered. In this way, the user will be able to adjust the tension to be placed, which guarantees comfort conditions.

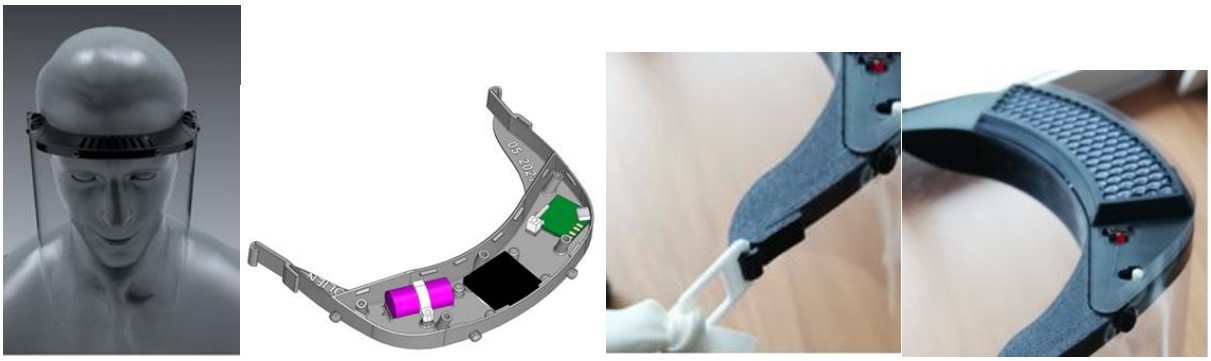


Figure 2. Evolution of the developments. Electronics disposal, elastic and first filter version.

As described above, the mechanical system involves a chassis with filter anchor and a cover with diffuser anchor. The developed geometries required the design and optimization of the prototyping methodologies to be used. A relevant development aspect included the form of production of the lid, with curved geometry, as shown in the Figure 3a). The design of this geometry with two grooves allows an impression of the flat component, and subsequent folding for fixation using screws. This type of printing does not use support material, thus optimizing its cost. As can be seen and described above, the upper area of the visor is completely covered, so as to eliminate the likelihood of suspended aerosols. However, as the system has forced ventilation, it needs an air intake for the fan, which must be filtered. Thus, another challenge in the system was the development of a filter, easy to produce and with simple anchoring in the system. The Figure 3a,b) shows the geometry of the filter that was developed.The system was developed so that the mechanical components can be entirely produced using additive manufacturing technologies, commonly known as 3D printing. This challenge was placed on a green production line, as this methodology uses the material strictly necessary for each of the components, being possible nowadays to put an additive production equipment to work in series. Furthermore, it is now possible to use recycled filaments.



a) b) c)

Figure 3. Evolution of the developments. Curved lid and final filter.

The prototypes of the mechanical components were produced using the Pruza printer and to produce the final product an BCN Sigma D25 -FDM 3D printer with two independent extruders was used. Figure 4 shows one moment of a component production.

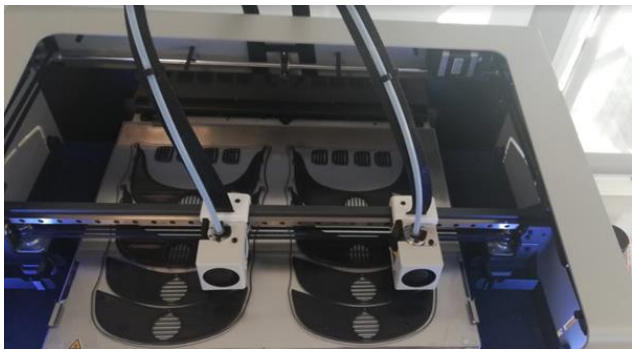


Figure 4. Additive manufacturing of structural components of the V1 face shield product for testing.

The material considered for the mechanical components was the Polyethylene Terephthalate Glycol (PETG) due to its properties. PETG show good impact and chemical resistance, mechanical strength, and stiffness, as easily printing characteristics. The filter was also made with SMMS (spunbond-meltblown-spunbond) HEPA (High Efficiency Particulate Arrestance) corrugated particulate filter. Its optimized geometry provides the required strength and barrier for liquids and particles while ensuring the necessary airflow for defogging.

2.3. Development of the Electronic Control Board

Despite the small size of the board, it should contain many functionalities. With three inputs and three outputs, the system needs 3 controllers, see Figure 5. A charging manager, a touch controller, and a main controller. The fan speed is proportional to the air flow produced. A higher flow rate improves defog efficiency but increases noise and energy consumption. For most scenarios the fan does not need to run at its maximum speed. Reducing the speed to appropriate levels has the benefit of reducing noise and increasing battery runtime while maintaining the user's desired efficiency. For this, it was necessary to implement a SEPIC-type DC-DC regulator that maintains the speed defined by the user regardless of the battery charge level. The schematic shown in Figure 5, represents the controller project that was elaborated and integrated in the printed circuit board of the face shield. With the help of a microcontroller and its firmware developed for this purpose, the user can select four pre-configured speeds or set the desired ventilation operating speeds with specific touches on the system's touch sensor. If desired, the defog velocity can be automatically controlled by measured temperature and humidity parameter inside visor.

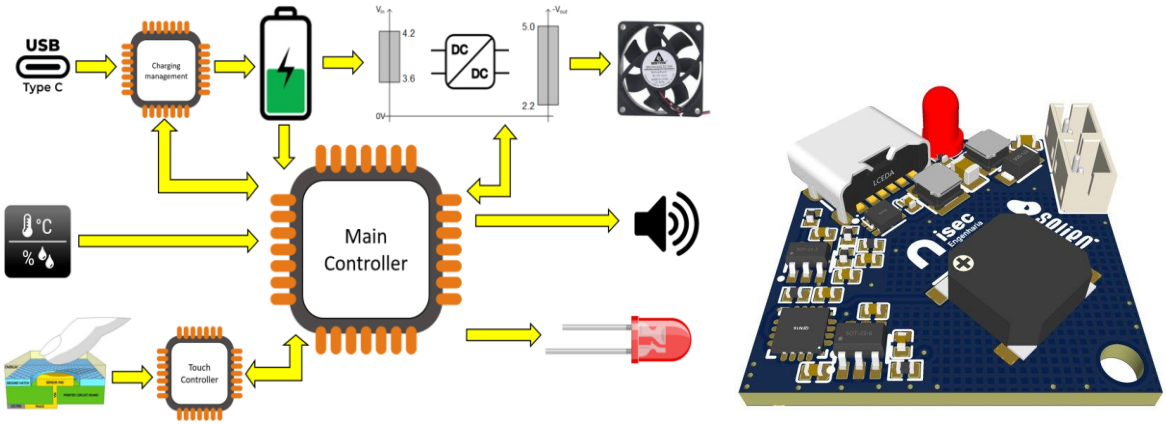


Figure 5. Electronics functional block diagram and final board.

3. RESULTS

Laboratorial experiments were crucial to identify and characterize the results of the different solutions in the various versions of the operational prototypes and the variants to be incorporated depending on the user's activity.

Figure 5 shows, as an example, an instrumented face shield placed on a volunteer to record data on their behavior and experimental effectiveness. In this analysis system, an array of sensors was installed on the visor, on the glasses and on the outside of the system to check the level of humidity and temperature in the system. Tests were carried out under various ambient temperature and humidity conditions.

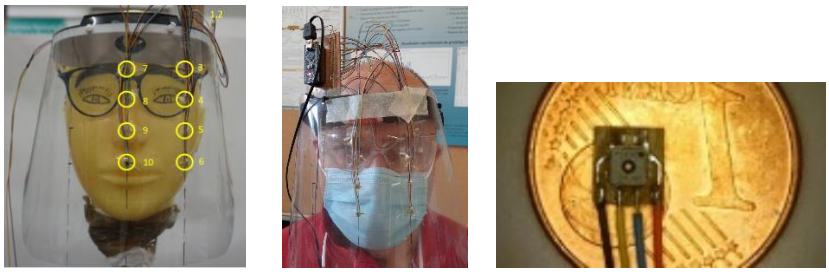
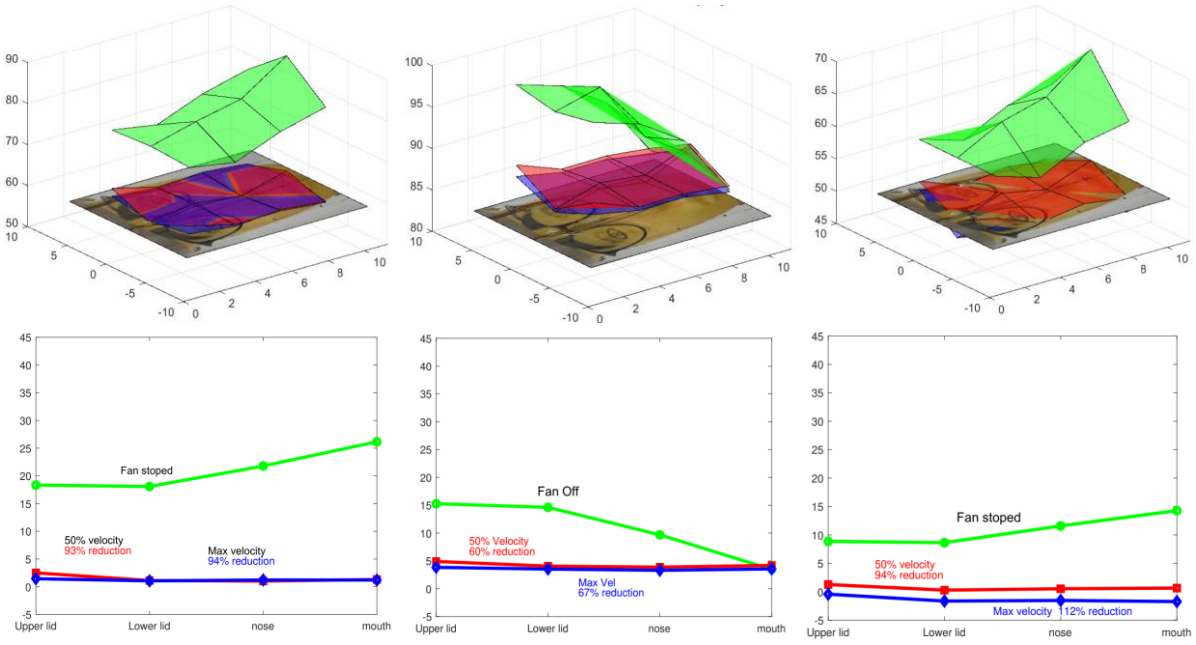


Figure 6. Visor and glasses instrumented used for experimental tests. Micro Digital Humidity Sensor SHTC1.

The experimental tests showed a high performance defogging the shield. Figure 7 shows an example of the defogging performance quantification of the face shield for a test without mask, simulating breathing under normal environment conditions, humid and dry conditions. For standard conditions, Figure 7a), with stopped fan, the humidity rises by more than 20%, but accelerating the fan to only half maximum it reduces the humidity differential to almost zero. For humid conditions, Figure 7b), it can be seen that the humidity increases mainly in the area over the glasses. Again, 50% speed is enough to reduce almost the entire differential. Figure 7c) represents the results for dry conditions. For this situation, 50% fan speed is also satisfactory with 94% reduction in humidity while full spreed reduces 112%, which means the user will feel refreshing air on their face.



a) b) c)

Figure 7. Record of some test results for different scenarios. a) Normal conditions, b) Humid conditions, c) Dry conditions.

4. CONCLUSION

The new ventilated face shield is a device that can play a relevant role in the context of fight against COVID-19, since, in addition to ensuring the necessary comfort when using a protective face shield, it allows the use of a mask without fogging. The ventilated face shield can be important in different contexts, especially in the health domain, but also in other professional activities, such as security forces, cooks, hairdressers, among others.

ACKNOWLEDGEMENTS
This project was parcially sponcered by FEDER funds through the COMPETE 2020 Programme, in the scope of the project POCI-02-0752-FEDER-047888.

REFERENCES

[1] "Haber Eliminator Info," [Online]. Available: https://www.habervision.com/Haber-Eliminator-Info_ep_54.html. [Accessed 11 8 2021].
[2] "Virtue Stealth Visor Fan," [Online]. Available: https://virtuepb.eu/products/virtuestealthvisorfanupgrade. [Accessed 11 8 2021].
[3] "FMA SI-Ballistic-Goggle Updated version Fan version BK TB886 - Goggle - FMA.HK," [Online]. Available: http://www.fma.hk/ballistic-goggle-updated-version-version-tb886-p-742.html. [Accessed 11 8 2021].
[4] "Smith Knowledge Turbo OTG Fan Goggles," [Online]. Available: https://sectionhiker.com/smith-knowledge-turbo-otg-fan-goggles-review/. [Accessed 11 8 2021].
[5] "Purely Air Purifying Respirator Mask Gray," [Online]. Available: https://xiaomi-mi.com.pt/air-purifiers/xiaomi-purely-air-purifying-respirator-mask-gray/. [Accessed 11 8 2021].
[6] "Composite medical protective helmet," [Online]. Available: https://compotech.com/composite-medical-protective-helmet/. [Accessed 11 8 2021].

5G AĞLARINDA DERİN GÜÇLENDİRME ÖĞRENME TEMELLİ DİNAMİK KAYNAK TAHSİSİ

Zahraa Faris Hamdan Al-Aani
Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli / TÜRKİYE
zahraalaani@gmail.com

Arif Dolma
Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli / TÜRKİYE
adolma@kocaeli.edu.tr

Özet
5G teknolojilerinin hızla yaygınlaşması, ağ kaynaklarının yönetimi için yeni stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılıyor. Kaynaklar geleneksel olarak kapsamlı arama ve genetik algoritmalar gibi buluşsal yaklaşımların yanı sıra dal ve sınır gibi kombinatoryal teknikler kullanılarak tahsis edilir. Ultra yoğun baz istasyonu kurulumlarına, devasa bağlantılara ve farklı kullanıcı sınıfları için değişen QoS gereksinimlerine sahip büyük ölçekli heterojen hücresel ağlar, hesaplama maliyetleri nedeniyle bu çözümlerden yararlanamaz. Sonuç olarak, beşinci nesil kablosuz ağlarda geleneksel kaynak tahsis algoritmalarından bir paradigma değişikliğine ihtiyaç vardır. Düşük bilgi işlem maliyetiyle performansı optimize etmeye yönelik yöntemler, veriye dayalı Makine Öğrenimi (ML) kullanılarak oluşturulmuştur. Derin öğrenme (DL), ağ verilerinden bir kaynak yönetimi yöntemini simüle etmek için çok katmanlı bir sinir ağını eğitmek için kullanışlı bir tekniktir. Böylece, aksi takdirde kaynak tahsisi sorunlarını çözmek için gerekli olacak yoğun çevrimiçi hesaplamalardan kaçınılabilir. Çok hücreli kablosuz ağlar için, bu araştırmada toplam ağ verimini artırmak amacıyla derin öğrenmeye dayalı bir kaynak tahsis çerçevesi oluşturuyoruz. Derin Q-ağları (DQN) algoritmasını ve DQN'nin Rain-bow uzantılarını kullanarak çoklu pekiştirmeli öğrenme aracılarını eğitiyor ve test ediyoruz. Her aracının performansı, 5G Kentsel Makro simülasyon senaryolarında test edilir ve sabit bir güç tahsisi yaklaşımıyla kıyaslanır.

Anahtar Kelimeler: Derin öğrenme (DL), baz istasyonu (BS), derin Q-öğrenme (DQL) algoritması..

DEEP REINFORCEMENT LEARNING BASED DYNAMIC RESOURCE ALLOCATION IN 5G NETWORKS

Abstract
The rapid proliferation of 5G technologies necessitates the development of new strategies for managing network resources. Resources are traditionally allocated using heuristic approaches like exhaustive search and genetic algorithms, as well as combinatorial techniques such as branch and bound. Large-scale heterogeneous cellular networks with ultra-dense base station installations, huge connections, and varying QoS needs for distinct classes of users can not benefit from these solutions due to their computational cost. There is a need for a paradigm change from traditional resource allocation algorithms in the fifth generation of wireless networks as a result. Methods for optimizing performance with a low computing cost have been created using data-driven Machine Learning (ML). Deep learning (DL) is a useful technique for training a multi-layer neural network to simulate a resource management method from network data. Thereby avoiding heavy online computations that would otherwise be necessary to solve resource allocation problems might be achieved. For multi-cell wireless networks, we create a deep learning-based resource allocation framework with the goal of increasing total network throughput in this research. We train and test multiple reinforcement learning agents using the deep Q-networks (DQN) algorithm, and the so-called Rain-bow extensions of DQN. The performance of each agent is tested on 5G Urban Macro simulation scenarios, and is benchmarked against a fixed power allocation approach.

Keywords: Deep learning (DL), base station (BS), deep Q-learning (DQL) algorithm.

1. GİRİŞ

Kapasite ve kapsama taleplerindeki muazzam büyümeyi karşılamak için 5G mobil iletişim sistemlerinin tanıtılmasıyla mobil iletişim yeni bir döneme girmiştir. Çok çeşitli yenilikçi hizmetler sunmak için 5G mobil ağlarının gecikme, bant genişliği, güvenilirlik ve uyarlanabilirlik açısından çok çeşitli gereksinimleri karşılaması gerekir. Ağ kaynaklarının yönetimi, ağ performansını iyileştirmek için iyi bir mimari gerektiren daha zor bir görev haline gelir. Bir ağ dilimleme yaklaşımı, kullanıcıların QoS kriterlerini belirlemelerine izin verdiğinden, bu durumda 5G ağları için uygun bir tekniktir. Ağ dilimleme temelinde, kaynak tahsis esnekliğini ve ağın kapasitesini geliştirmek için 5G ağlarında verimli kaynak tahsis yöntemlerinin kullanılması gerekir. Dilimleme yaptığınızda, etkinleştirilmiş dilimlerin standartlarını karşılamak için gereken ağ kaynaklarını sağladığınız için ağ kaynaklarını daha iyi kullanırsınız. 5G teknolojilerinde radyo kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması tamamen yeni bir meydan okumayı temsil ediyor. Önceki nesillerin metodolojileri, 5G sistemlerinde güvenilir iletişim için optimum kaynak tahsisi sağlayamamaktadır. Son yıllarda optimal ağ kaynak yönetimi stratejilerini belirlemek için makine öğrenimi yöntemlerini birleştirmeye artan bir ilgi vardır. Kablosuz ağların optimize edilmesi söz konusu olduğunda, doğru bilgi ve eksiksiz bir model bilinmez, bu nedenle Reinforcement Learning çerçevesi mantıklıdır. Son zamanlarda Takviyeli Öğrenme alanlarında, Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenmedeki gelişmelere bağlı olarak umut verici sonuçlar gösterilmiştir. Son yirmi yılda dünya, ilk nesilde sınırlı sayıda kullanıcı için analog sesli aramaları mümkün kılmaktan dördüncü nesilde yüz milyonlarca cihaz için yüksek veri hızları sağlamaya kadar mobil radyo iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimine tanık oldu. (4G) son birkaç yılda. Son zamanlarda ortaya çıkan beşinci nesil (5G) kablosuz iletişim, internet için devasa makine tipi iletişim sağlamak için 10-100 kat daha fazla sayıda bağlı cihaza hizmet vermeyi amaçlarken, daha da yüksek veri hızları ve daha düşük gecikme vaadiyle geliyor. şeyler uygulamaları. Doğal olarak, artan kullanıcı sayısı ve daha katı hizmet gereksinimleriyle, erişim noktalarının ve baz istasyonlarının sayısı artmalı, bu da piko hücreler ve femto hücreler gibi küçük hücrelerin yoğun bir şekilde yerleştirilmesine yol açmalıdır. Bu arada, 5G'nin farklı boyutlarda, iletim güçlerinde ve ana taşıyıcı bağlantılarında diğer radyo erişim teknolojilerinin ağlarıyla birlikte var olması planlanıyor. Dağınık ve heterojen ağ mimarileri, etkili radyo kaynağı ve parazit yönetimi, yeni ve daha güçlü çözümler arayışını motive ederek giderek daha önemli hale geliyor.

2. ÖNERİLEN SİSTEM

Tek değişkenlere (güç gibi) dayalı bir model oluşturmak ve eğitmek için algoritmik teknikleri kullanan birçok veriye dayalı yaklaşım (DL) vardır. Sonuç, öğrenme stratejilerinin etkisiz olmasıdır. Küçük baz istasyonlarındaki ("SBS") veya bilişsel radyolardaki ("CR'ler") güç dağıtımı, aksine, daha küçük bir ağda DRL tabanlı olma eğilimindedir (örneğin, SBS'ler veya CR'ler kendi aralarında işbirliği yapmaz veya bilgi alışverişinde bulunmaz) . Geniş bir ölçekte, çalışmaların birçoğu, dağıtılmış bir şekilde çok hücreli kablosuz ağlara güç tahsis eder. Bu nedenle, mümkün olan en iyi cevap bulunmayabilir. Ek olarak, bu çalışmalar ya hücre başına çok sayıda alt bantlı tek bir kullanıcıyı ya da hücre başına herkes tarafından paylaşılan tek bir frekans bandına sahip bir kullanıcı grubunu inceler. Aynı frekans alt bantlarını kullanan hücre başına birden fazla kullanıcıya sahip çok hücreli ağlarda bu stratejileri uygulamak mümkün değildir. Spesifik olarak, 5G'nin dinamik kaynak tahsisinin performansı nasıl etkileyeceğine bakacağız. RL ve DRL tabanlı çerçeveler, en iyi zamanlama politikasını belirlemek amacıyla tasarlanmış ve uygulanmıştır. İdeale yakın bir güç tahsisi politikası için, bir DQL tekniği (derin Q-öğrenme) uyguluyoruz. Bu tezin en önemli başarılarından biri, optimal veya optimale yakın bir çok hücreli kablosuz ağ kaynak tahsis algoritmasının geliştirilmesiydi. Çok hücreli kablosuz ağlar için, denetimli derin öğrenmeye dayalı merkezi bir kaynak tahsisi yaklaşımı geliştirilmiştir. Sonuç olarak, ağ verimini en üst düzeye çıkarmak birincil hedeftir.

Bu tezin ana katkıları aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

• DL mimarilerini ve DL modelinin eğitim ve test süreçlerini kısaca tanımlayın. Öte yandan, bir kablosuz kaynak tahsis problemini çözmek için DL modelinin nasıl kullanılabileceğini tartışıyoruz.

• Aynı frekans alt bantlarını paylaşan çok sayıda kullanıcının olduğu çok hücreli bir ağda kaynakların nasıl dağıtılacağını tanımlayın. Birçok alt bant ve güç seviyesine sahip çok hücreli ağlar için, optimal alt bant ve güç dağıtım çözümünü bulmak için denetimli bir derin öğrenme modeli kullanılır. Böyle bir problem, kombinatoryal optimizasyonda sıklıkla ortaya çıkar, ancak asla bu şekilde çözülmemiştir. Bu nedenle, DL modeli için neredeyse mükemmel eğitim verileri sağlamak için genetiği kullanıyoruz ve

daha sonra değerlendiriyoruz (GA). Ayrıca, önerilen model için çevrimiçi eğitim ve test süreçlerini sunuyoruz.
• Kablosuz ağlarda kaynak tahsisi için, kaynak tahsisine yönelik denetimli DL yaklaşımının sınırlarını inceleyin. DRL tabanlı merkezi kaynak tahsisini kullanarak çok hücreli ağlar için bir çözüm sunuyoruz. İlk kez, frekans alt bantlarını paylaşan çok sayıda kullanıcıya sahip çok hücreli bir ağ, maksimum güç kısıtlaması koşulları altında güç tahsisi sorununu ele alan bir şemaya sahiptir. DRL aracısı için, aracının durumunu, eylemini ve ödül alanlarını ve ayrıca ödül işlevini tanımlarız. Ayrıca önerilen DRL tabanlı kaynak tahsis planının çevrimiçi eğitim mekanizmasını da tanımlıyoruz.

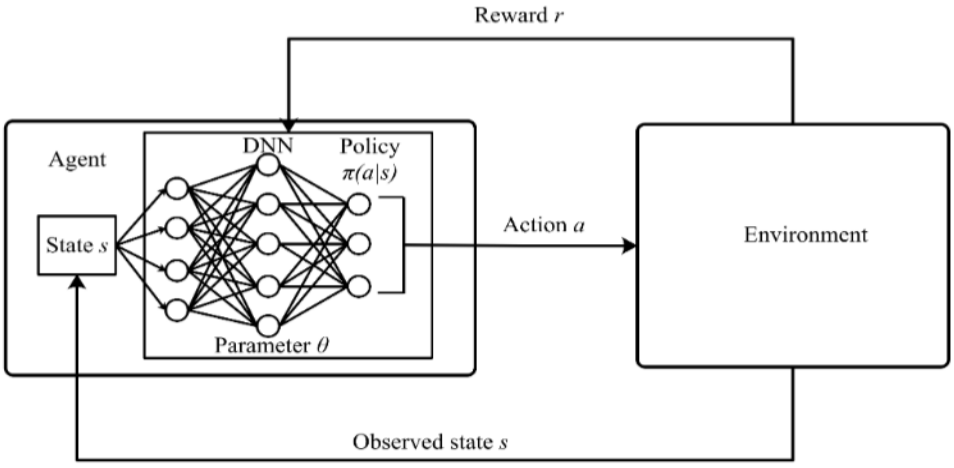
2.1.Algoritma Seçimi

Son yıllarda geliştirilen sayısız başarılı derin Takviyeli Öğrenme algoritmasına rağmen, uygun yöntemi seçmemiz, pratikte, çeşitli hususlar tarafından yönetildi. İlk olarak, rastgele bir politika tarafından oluşturulan verilerden çevrimdışı bir şekilde birden fazla modeli eğitmek için kendimizi politika dışı yöntemlerle sınırladık. Bu kısıtlama, esas olarak, bir saniyelik simüle edilmiş radyo ağının pratikte birkaç dakika sürdüğü son derece ayrıntılı ve sonuç olarak yavaş simülasyondan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, çevrimiçi eğitimdeki bazı erken girişimler, uygun olmayan hiperparametreler nedeniyle düşük performans gösteren politikalara yol açtı; yine de, uygun parametreleri araştırmak için deneyleri tekrar etmenin son derece zaman alıcı olduğu kanıtlandı.

İkincisi, eğitim setimiz oldukça küçük olduğundan (yine uzun simülasyonlar nedeniyle), yüksek veri verimliliğine sahip bir algoritma seçmeyi amaçladık, bu da aracının her geçiş örneğinden mümkün olduğunca çok şey öğrenmesini çok önemli hale getirdi. Bu ve önceki gereksinimler, derin Q ağlarını ve derin deterministik politika gradyanını potansiyel adaylar olarak destekledi, çünkü ikisi de politika dışı yöntemlerdir ve yeniden oynatma belleği uygulamaları nedeniyle yüksek veri verimliliği sağlar. Son olarak, ağdaki tüm BS'lerin gücünü kontrol etmek için tek bir aracıyı eğitmenin pratik sonuçlarını düşündük. Derin deterministik politika gradyanı, eylem olarak tek bir gerçek değerli skaler çıktısı verdiğinden, bu tez için uygun algoritma olarak derin Q ağları seçilmiştir. Ek olarak, Rainbow uzantıları gibi derin Q ağlarında yapılan son gelişmeler, bizi hem vanilya algoritmasını hem de sonraki varyantlarını denemeye teşvik etti.

2.1.1.Derin Takviyeli Öğrenme (DRL)

Takviyeli öğrenmede, çevre ile etkileşime girerek öğrenen bir yazılım aracısı vardır. Ajan, mevcut durumunu ve çevrenin durumunu algılar ve ardından bir eylem seçer. Yaptığı her eylemin bir sonucu vardır. Temsilci ya iyi bir hamle için bir ödül ya da kötü bir hamle için bir ceza alır. Temsilcinin birincil işi, bir dizi eylem yoluyla kümülatif ödülü en üst düzeye çıkarmaktır. Bir aracı olarak derin bir sinir ağı kullanıldığında, Derin Takviyeli Öğrenme olarak adlandırılır. Bu nedenle Derin Takviyeli Öğrenme, Şekil 1'de gösterildiği gibi derin sinir ağı ve Takviyeli Öğrenmenin birleşimidir.



Şekil 1. Derin pekiştirmeli öğrenme

Tablo 1. Semboller

Symbol	Description
s_t	State at time step t
a_t	Action at time step t
A	Action space
r_t	Reward at time step t
R_t	Accumulated reward
γ	Discount factor
Q	Action-value function
$\hat{Q}$	Target action-value function
y	Approximate target values
$L_i(\theta_i)$	Loss function at each iteration i
$\mathbb{V}_{s'}[y]$	Variance of the target
λ	Speed of decay
τ	Total number of steps elapsed
K	Number of base stations (BSs)
F	Number of frequency sub-bands
B	Bandwidth of each sub-band in MHz
$P_{k,f}$	Power allocated by cell k in frequency sub-band f
$P_k^{\max}$	Maximum power of a cell k
$\mathcal{U}_k$	Set of users associated with cell k
$\mathcal{U}$	Set of all users
$\mathcal{A}_k$	Allocation vector of cell k
$A_{k,f}$	The user assigned to sub-band f in cell k
$\mathbb{I}(.)$	Indicator function
$\text{SINR}_{u,k,f}$	SINR of user u in cell k over frequency sub-band f

2.1.2.Derin Takviyeli Öğrenme Mimarileri

Okunabilirliği artırmak için bu çalışma boyunca kullanılan tüm semboller Tablo 1'de toplanmıştır. Derin pekiştirmeli öğrenme algoritmaları üç kategoriye ayrılabilir: değer tabanlı, politika tabanlı ve aktör kritik yöntemler. Değere dayalı derin pekiştirmeli öğrenmede, etmen, eylem-durumu değer fonksiyonundan optimal eylemi öğrenir. Derin Q-öğrenme ve SARSA, değere dayalı derin pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinde en popüler olanlardır. REINFORCE öğrenimi gibi ilke tabanlı bir yöntemde, aracı ilkeyi doğrudan optimize eder. Aktör-eleştiri yöntemlerinde, eleştirmen eylem-değer fonksiyonunu günceller ve aktör politikayı günceller. Derin deterministik politika gradyanı algoritması aktör-eleştirmen tabanlıdır. Bu bölümde, değere dayalı bir Derin Takviyeli Öğrenme olan derin Q-öğrenmeye odaklanıyoruz. t adımında, derin Q-öğrenme aracısı bir S durum uzayından s_t durumunu alır ve bir eylem uzayı A'dan bir eylemde bulunur. Ajan bir politika izler $\pi(a_t|s_t)$) yani, eylemi seçmek için s_t durumundan eylem a_t'ye bir eşleme. a_t eylemini yürüttükten sonra, etmen bir r_t ödülü alır ve yeni s_{t+1} durumuna geçer. Etmen, terminal durumuna ulaşana kadar işlemi devam ettirir ve ardından yeniden başlar. Temsilcinin amacı, şu şekilde tanımlanan indirimli birikmiş ödülü maksimize etmektir $R_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+1}$. Burada, $\gamma \in [0,1]$ Mevcut ödüle kıyasla gelecekteki ödüllerin önemini belirleyen indirim faktörüdür. Bir eylem değeri işlevi $Q_\pi(s,a) = E[R_t|s_t = s, a_t = a]$ durumlarda a eylemini seçme ve ardından bir politika izlemenin beklenen getirisidir π. Optimal bir eylem-değer işlevi $Q^*(s,a) = max_\pi Q_\pi(s,a)$ durum s ve eylem a için herhangi bir politika izlenerek elde edilebilecek maksimum eylem değeridir. Optimum eylem-değer işlevi Bellman denklemine ayrıştırılabilir:

$$Q^*(s,a) = E_{s'}[r + \gamma max Q^*(s',a)|s,a] \quad (1)$$

Derin Q - öğrenmede, optimal eylem-değer fonksiyonuna yaklaşmak için bir sinir ağı kullanılır, $Q(s,a;\theta) \approx Q^*(s,a)$. Burada $Q(s,a;\theta)$ is Q ağı olarak adlandırılan ve θ sinir ağının parametresidir. Yinelemeli güncelleme, Q ağını eğitmek ve böylece Bellman denkleminin ortalama kare hatasını azaltmak için kullanılır. Bunun için optimal hedef değerler $r + \gamma + max_{a'} Q^*(a', s')$ yaklaşık hedef

değerlerle değiştirilir $y = r + \gamma + max_{a'}Q^*(a', s'; \theta_i^-)$, nerede θ_i^- önceki bazı yinelemelerden Q ağının parametreleridir. kayıp fonksiyonu $L_i(\theta_i)$ her yinelemede

$$L_i(\theta_i) = E_{s,a,r}\left[\left(E_{s'}[y|s,a] - Q(s,a;\theta_i)\right)^2\right]$$
$$= E_{s,a,r,s'}\left[\left(y - Q(s,a;\theta_i)\right)^2\right] + E_{s,a,r}[V_{s'}[y]] \quad (2)$$

Burada, $V_{s'}[y]$, θ_i 'dan bağımsız olan hedeflerin varyansı and bu nedenle göz ardı edilebilir. Önceki yinelemedeki parametreler θ_i^- i-inci kayıp fonksiyonunu optimize ederken sabit tutulur $L_i(\theta_i)$. Kayıp fonksiyonunu optimize etmek için Gradient Descent algoritması kullanılır.

2.2.DQL Eğitim Prosedürü

Derin Q ağının eğitim prosedürü Algoritma 2'de gösterilmektedir (Şekil 2). Eylem değeri işlevi Q ve hedef eylem değeri işlevi için iki ayrı Q ağı kullanılır $\hat{Q}$. Hedef Q ağı $\hat{Q}$ eğitim sürecinde y_j hedeflerini oluşturmak için kullanılır. Ajan ya ε olasılığı ile rastgele bir eylem seçer ya da maksimum eylem değeri eylemini seçer. Bu yöntem "açgözlü politika" olarak bilinir. Başlangıçta, aracı yüksek bir değerle başlar. ε değer ve sonra yavaş yavaş deneyime bağlı olarak değeri azaltır.

$$\varepsilon = \varepsilon_{min} + (\varepsilon_{max} + \varepsilon_{min})e^{-\lambda\tau} \quad (3)$$

Algorithm 2 Deep Q-learning with experience replay

Initialize replay memory D to capacity N
Initialize action-value function Q with random weights θ
Initialize target action-value function $\hat{Q}$ with weights $\theta^- = \theta$
for episode $= 1, M$ **do**
  for $t = 1, \cdots, \infty$ **do**
    With probability ε select a random action a_t
    Otherwise select $a_t = \arg\max_a Q(s_t, a; \theta)$
    Execute action a_t and observe reward r_t and state s_{t+1}
    Store transition (s_t, a_t, r_t, s_{t+1}) in D
    Sample random minibatch of transitions (s_j, a_j, r_j, s_{j+1}) from D
    Set $y_j = r_j$ if if episode terminates at step $j + 1$
    Otherwise set $y_j = r_j + \gamma \max_{a'} \hat{Q}(s_{j+1}, a'; \theta^-)$
    Perform gradient descent step on $(y_j - Q(s_j, a_j; \theta))^2$ with respect to the network parameters θ
    Every B steps reset $\hat{Q} = Q$
  end for
end for

Şekil 2. Deneyim tekrarı ile Derin Q-Öğrenme

2.3.Sistem Modeli

K baz istasyonlarının bir aşağı bağlantı hücresel ağını düşünüyorum. Her baz istasyonu $k \in \{1, \ldots, K\}$ F frekans alt bantlarına sahiptir. Her alt bandın bant genişliği B MHz'dir. Hücre akraba frekansı alt bandı f tarafından tahsis edilen güç, $P_{k,f}$ hangi ayrık. Bir k hücresinin toplam gücü bir maksimum değerle sınırlıdır P_k^{max} öyle ki $\sum f \in FP_{k,f} \leq P_k^{max}, \forall k \in \{1, \ldots, k\}$. İzin vermek U_k k hücresiyle ilişkili kullanıcı kümesini belirtir ve U, ağdaki tüm kullanıcıların kümesidir. Vektör $A_{k,f}$ k hücresindeki alt bant tahsisini gösterir, burada her bir eleman $A_{k,f}$ k hücresinde f alt bandına atanan kullanıcıyı belirten bir tamsayıdır.

Karşılık gelen verim maksimizasyon problemi şu şekilde verilir:

$$max \sum_{k\in\{1,\dots,k\}} \sum_{u\in U_k} \sum_{f=1}^{F} \left[(A_{k,f} = u)B \log(1 + \alpha SINR_{u,k,f})\right] \quad (4)$$
$$s.t. \sum_{f\in F} P_{k,f} \leq P_k^{max}, \forall k \in \{1, \dots, K\} \quad (5)$$

Burada α şu şekilde tanımlanan belirli bir hedef Bit Hata Oranı için bir sabittir $\alpha = -1.5/\log(5BER)$. Bit Hata Oranı olduğunu varsayıyoruz 10^{-6}. Sinyal-parazit-artı-gürültü oranı (SINR) f frekans alt bandı üzerinden iletim yapan k hücresi tarafından hizmet verildiğinde u kullanıcısının değeri şu şekilde ifade edilir $SINR_{u,k,f} \frac{P_{k,f}G_{u,k,f}}{\eta_u \neq \sum_{I\neq k} P_{l,f}G_{u,k,f}}$ ⌘u alıcı gürültüsünü temsil eder ve $G_{u,k,f}$ şu şekilde tanımlanan f frekans alt bandı üzerinden k hücresinden kullanıcı u'ya bağlantı kazancını belirtir $G_{u,k,f} = 10^{-(PL_u + X_\alpha)/10}.\left|H_{u,k,f}\right|^2$,burada $H_{u,k,f}$ frekans alt bandı üzerinden k hücresinden u kullanıcısının Rayleighfading kazancıdır *f*, X_α log-normal gölgelemedir , ve PL_u kullanıcının yol kaybıdır u. Toplam ağ verimi olan ağın faydası şu şekilde tanımlanır:

$$U = \sum_{k\in\{1,\dots,k\}} \sum_{u\in U_k} \sum_{f=1}^{F} \left[(A_{k,f} = u)B \log(1 + \alpha SINR_{u,k,f})\right] \quad (6)$$

2.4.Çok Hücreli Ağlarda Güç Tahsisi: DRL Yaklaşımı

Aşağıda, güç tahsisi gerçekleştirerek toplam ağ verimini en üst düzeye çıkarmak için hücre başına birden çok kullanıcının aynı frekans alt bantlarını paylaştığı çok hücreli ağlar için Derin Güçlendirme Öğrenimi tabanlı bir kaynak tahsis modeli geliştiriyoruz.

2.4.1.DQL Yaklaşımı

Şimdi, çok hücreli ağlarda optimuma yakın güç tahsisi gerçekleştirebilen derin bir Q - öğrenme yaklaşımı sunuyoruz. Spesifik olarak, bu derin Q - öğrenme modeli şunları kullanır $C_{k,v}$ ile birlikte $V_{k,v}$ vektörü bir ağdaki tüm kullanıcıların durumu ve ardından harekete geçer. Burada, her eylem bir güç tahsisine karşılık gelir. Yani K hücreleri, U kullanıcıları ve F alt bantları için durum boyutu (K*U*(F+1)). Toplam eylem sayısı, kullandığımız güç seviyelerinin sayısına bağlıdır. n adet güç seviyesi ve F frekans alt bandı için, maksimuma sahip olabilirim n^F güç kombinasyonları. Bazı kombinasyonlar, maksimum güç kısıtlaması nedeniyle atılacaktır. Her kombinasyonun bir eyleme karşılık geldiği olası toplam kombinasyon sayısını m göstersin. Her hücre için m sayıda eylemimiz var. A_k k hücresi için eylem alanını göstersin ve $a_k \in A_k$ k hücresi için seçilen eylemdir. Bu nedenle, K hücre sayısı için Kx m sayıda eylemimiz var. Derin Q - ağları modeli, her hücre için m sayıda eylemden harekete geçmelidir. Bu nedenle, toplamda, derin Q - ağları modelinin K sayıda işlem yapması gerekir. t adımında, seçilen eylem $a_t = [a_1, a_2, \dots, a_k]$.

Yaklaşım aşağıdaki aşamalarda ilerler:

problem formülasyonu: Öncelikle derin Q - öğrenme yaklaşımını uygulamak için problemi formüle etmem gerekiyor. Aracının işi, toplam ağ verimini maksimize etmektir (Denklem (6)). Bölüm bir başlangıç durumundan başlar ve aktarım hızı arttığı sürece devam eder, yani Mevcut aktarım hızı > önceki aktarım hızı. Burada, mevcut aktarım hızı, son eylemlerin yürütülmesiyle elde edilen ağ aktarım hızı ve önceki aktarım hızı, önceki eylemlerden kaynaklanmaktadır. Bölüm, terminal durumuna ulaştığında sona erer, yani son eylemler nedeniyle verim düşer.

Eğitim Aşaması: Önerilen derin Q - öğrenme tabanlı güç tahsisinin eğitim süreci Algoritma 3'te gösterilmektedir (Şekil 3). önerilen modeli eğitmek için derin Q - deneyim tekrarıyla öğrenmeyi kullanıyoruz. Önerilen modelde, belirli adımlar aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Q-Network'ü, yani katman başına katman ve nöron sayısını ve aktivasyon fonksiyonlarını tanımlayın. Durum boyutuyla aynı girdi katmanı boyutunu ve toplam eylem sayısı olarak çıktı katmanı boyutunu kullanıyorum. Rastgele ağırlıklarla iki Q-ağını başlatıyoruz: biri eylem değeri işlevi Q ve diğeri hedef eylem değeri işlevi $\hat{Q}$ için. Ayrıca yeniden oynatma belleği D'yi bir miktar N kapasitesine başlatıyoruz.

Adım 2: Her hücre için rastgele bir güç vektörü tahsis edin. Bundan sonra ağdaki her kullanıcı için her alt bandın CQI değerini hesaplarım. Ayrıca Denklem'i kullanarak her kullanıcı için konum göstergesini tahmin ediyoruz. (5). Her kullanıcı için CQI değerlerinin ve konum göstergesinin başlangıç durumunu s_t temsil ettiğini unutmayın.

Adım 3: Her hücre için tüm alt bantlar için mümkün olan minimum güç değerinden oluşan eylemi seçin. Ardından, bu eylemleri gerçekleştiriyoruz ve Denklem'i kullanarak toplam ağ verimini hesaplıyoruz. (6). Bu aktarım hızını sonraki adım için önceki aktarım hızı olarak kullanın.

Adım 4: Eylemleri rastgele seçmek için "-açgözlü politikasını kullanın veya eylemleri seçmek için Q ağını kullanın. Her hücre için m sayıda eylemimiz olduğundan, her eylem için eylem değerini hesaplamak için s_t durumunu Q ağına girdi olarak kullanırız. Bu nedenle, ilk hücre için, ilk m eylemler arasından eylem-değeri maksimum olan eylemi seçin. Ardından, kalan hücreler için, sonraki m eylemlerden maksimum eylem-değeri ile eylemi art arda seçin vb.

Adım 5: Seçilen eylemleri gerçekleştirin, yani eylemleri karşılık gelen güç vektörleriyle eşleştirin ve Adım 2'de belirtilen şekilde yeni s_{t+1} durumunu hesaplayın. o ajan daha sonra r_{t+1} değerinde pozitif bir ödül alır. Ayrıca, Denklem'i kullanarak toplam ağ verimini hesaplıyoruz. (3.7) ve değeri mevcut çıktı olarak kaydedin. Ardından, aşağıdaki koşulu kullanarak yeni adımın bir terminal durumu olup olmadığını kontrol ederiz: mevcut çıktı > önceki çıktı. Son olarak, geçişleri(st,at,rt,st+1) tekrar hafıza D'de saklıyorum.

Adım 6: Q-ağında deneyim tekrarı gerçekleştirin. Deneyim tekrarı mekanizması aşağıdaki adımlara sahiptir.
Adım 6.1: Yeniden yürütme belleğinden rastgele M boyutundaki geçişlerin bir mini partisini örnekleyin.
Adım 6.2: Denklem'i kullanın. (4) o mini partinin hedeflerini y_j güncellemek için. Hedefleri oluşturmak için hedef eylem değeri $\hat{Q}$ ağını kullanıyorum.
Adım 6.3: Eylem değeri Q-ağ parametrelerini güncellemek için kayıp fonksiyonunda (Denklem (2)) bir gradyan iniş adımı gerçekleştirin.
Adım 6.4: Her B güncellemesinde hedef eylem değeri işlevini $\hat{Q}$ almak için eylem-değer işlevi Q parametrelerini klonlayın.

Adım 7: Aracı terminal durumuna ulaşana kadar Adım 5-6'yı tekrarlayın.

Adım 8: Q-ağını belirli bir süre eğitmek için Adım 2-7'yi tekrarlayın.
Test Aşaması: Modelimizi eğittikten sonra, toplam ağ verimi açısından modelin optimal olana ne kadar yakın tahmin edebileceğini test etmemiz gerekiyor. optimale yakın bir çözüm bulmak için genetik algoritma kullanıyoruz. Test için, eğitim adımlarına aşağıdaki adımlar eklenir:

Adım 9: Adım 2-7'yi tekrarlayın ve son ikinci eylemi ve bu eylem için ağ geçişini kaydedin. Bu nedenle, eğerst+1 uçbirim durumuysa ve at aracının uçbirim durumuna ulaştığı eylemse, o eylem için eylemi1ve ağ verimini kaydetmem gerekir. Burada actionat1 optimal eylem olarak kabul edilir.

Adım 10: Her baz istasyonunun toplam ağ faydasını maksimize eden güç vektörünü bulun (Denklem (6)). Bu sorunu çözmek için genetik algoritma kullanıyorum.

Adım 11: Optimum güç vektörü çözümünü Denklem'e uygulayın. (6) toplam ağ verimini hesaplamak için. ayrıca optimum çözümü ve ağ verimini de kaydediyoruz.

Adım 12: Belirli bir miktarda test verisine sahip olana kadar adımları tekrarlamaya devam edin. Tüm eğitim ve testler çevrimiçi olarak gerçekleştirilecektir. Pratik bir ortamda, ağdaki tüm kullanıcılar, Sürekli Kalite İyileştirme değerlerini periyodik olarak, her bir alt bandın Sürekli Kalite İyileştirme değerini çıkaran ve bir konum göstergesi, yani hücre merkezi kullanıcısı veya hücre kenarı ekleyen hizmet veren baz istasyonlarına gönderir. kullanıcı. Bu nedenle, her kullanıcı için bir Sürekli Kalite İyileştirme vektörü ve konum göstergesi olacaktır. Her baz istasyonu daha sonra tüm kullanıcıların

işlenmiş bilgilerini derin Q öğrenme modelini çalıştıran merkezi bir varlığa (örneğin yazılım tanımlı ağ denetleyicisi) gönderir. Derin Q öğrenme aracısı, eylem olarak tüm BS'ler için güç vektörünü seçer. Aracı eylemi seçtiğinde, kontrolör güç vektörlerini belirlenen baz istasyonlarına geri gönderir. BS'ler daha sonra gücü buna göre tahsis eder.

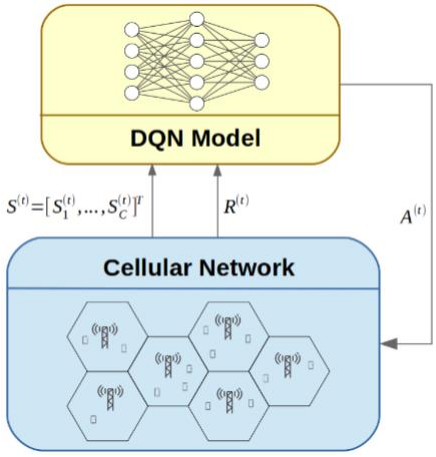
Algorithm 3 DQL with experience replay for power allocation

Initialize replay memory D to capacity N
Initialize action-value function Q with random weights θ
Initialize target action-value function $\hat{Q}$ with weights $\theta^{-} = \theta$
for episode $= 1, \cdots, M$ **do**
  Allocate a random power vector for each cell.
  for $t = 1, \cdots, \infty$ **do**
    Calculate the CQI vector as well as the location indicator for every user in the network.
    Use the CQI vector and the location indicator as state s_t.
    for k $= 1, \cdots, K$ **do**
      With probability ε select a random action $\mathfrak{a}_k$ for cell k
      Otherwise select $\mathfrak{a}_k = \arg\max_{a \in \mathbb{A}_k} Q(s_t, a; \theta)$
    end for
    Execute action $a_t = [\mathfrak{a}_1, \mathfrak{a}_2, \cdots, \mathfrak{a}_K]$ and observe reward r_t and state s_{t+1}
    Store transition (s_t, a_t, r_t, s_{t+1}) in D
    Sample random minibatch of transitions (s_j, a_j, r_j, s_{j+1}) from D
    Set $y_j = r_j$ if episode terminates at step $j + 1$
    Otherwise set $y_j = r_j + \gamma \max_{a'} \hat{Q}(s_{j+1}, a'; \theta^{-})$
    Perform gradient descent step on $(y_j - Q(s_j, a_j; \theta))^2$ with respect to the network parameters θ
    Every B steps reset $\hat{Q} = Q$
  end for
end for

Şekil 3: Güç tahsisi için deneyim tekrarı ile DQL

2.5.Deneysel Prosedür

Bu bölümde, eğitim ve model seçim prosedürlerine ek olarak simüle edilmiş radyo ağlarının ayrıntılarını tartışacağız. Deneylerimizde, çeşitli simülasyon senaryolarında rastgele politikalar izlenerek oluşturulan veriler kullanılarak farklı hiperparametrelere sahip birkaç aracı eğitilmiştir. Uygun derin Q - ağlarını ve Rainbow hiper parametrelerini seçmek için, eğitim setinde bulunmayan senaryolar üzerinde küçük testler yapılarak eğitilen modellerin performansı karşılaştırılır. Bu senaryolar, üstün performans gösteren hiperparametreleri belirlemek için birkaç deneyin yapıldığı denetimli öğrenmede ayarlanan doğrulama kavramına benzer olarak düşünülebilir. Uygun model seçildikten sonra, aracı tarafından daha önce görülmeyen senaryolar üzerinde bir dizi yeni test çalıştırırız. Modelin performansı, daha sonra, sabit bir güç tahsis şemasına göre kıyaslanır. Bu, ajanın performansının kesirli programlama veya ağırlıklı minimum ortalama kare hatası gibi yinelemeli bir algoritma ile karşılaştırıldığı bazı çalışmaların aksine. Ancak amacımız, derin pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinin pratik uygulaması hakkında fikir vermek olduğundan, yöntemimizi sabit güç tahsis şeması olan gerçek hayattaki statükoyla karşılaştıracağız. Her simülasyon sırasında, aşağı bağlantı verimi düzenli olarak ölçülür ve günlüğe kaydedilir. Her yaklaşımda aşağı bağlantı veriminin ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu çizmek için günlük verilerini kullanarak farklı yöntemleri değerlendirir ve karşılaştırırız. Ayrıca, güç tahsisi ve genel olarak parazit azaltma yöntemleri, yüksek parazitten mustarip hücre sınırındaki kullanıcılara fayda sağladığından, verimin 5. yüzdelik dilimi sıklıkla önemli bir performans ölçütü olarak hesaplanır (Şekil 4).

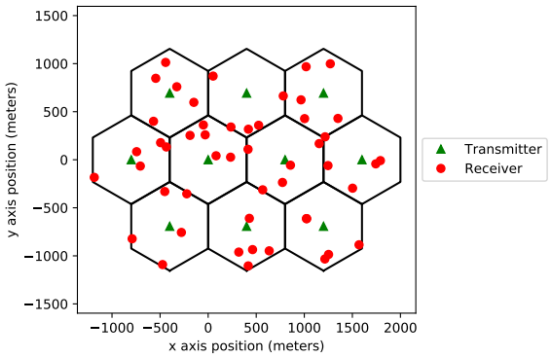


Şekil 4. Ağ hücrelerinin gücünü kontrol eden merkezi aracının gösterimi

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

3.1 Deneysel kurulum

Bu çalışmanın bulguları, bir önceki bölümde bahsedilen uygulamaya dayalı olarak bu bölümde sunulmakta, tartışılmakta ve değerlendirilmektedir. Derin Q öğrenmeye dayalı önerilen güç atama çerçevesinin simülasyon ayarları sunulmaktadır. Önerilen algoritmayı uygulamak için TensorFlow [52] kullanıyoruz. Senaryo 1'de K = 5 baz istasyonu, 2'si K = 10 baz istasyonu, 3'ü K = 15 baz istasyonu, hücresel örtülü telsiz R = 500m, hücre yönlü anten gücü = 400W, hücre sayısı = olmak üzere üç farklı simülasyon senaryosu kullanılmıştır. 5, alt bant genişliği B = 2,88MHz, güç yoğunluğu = 174dBm/Hz, güç = 5, güç seviyeleri = {6,4,7,12,8,19.2}W 3 ayrı simülasyon senaryosuna bakıyoruz:
Simülasyonlar boyunca, sırasıyla (K, N) = (5 hücre, 20 bağlantı) ve (10 hücre, 50 bağlantı) olmak üzere iki ağ boyutu seçiyoruz. Şekil 6'da açıklandığı gibi, her bir hücrenin eşit sayıda üniform olarak rastgele yerleştirilmiş alıcılara sahip olduğu 400 metre yarıçaplı homojen altıgen hücreleri ele alıyoruz.



Şekil 5. Bir ağ yapılandırma örneği

Eğitimi, her biri 5.000 zaman aralığı için çalışan dört bölüme ayıracağız. Her bölümün başında yeni bir dağıtımı rastgele örnekliyoruz ve keşif ve öğrenme oranı parametrelerini sıfırlıyoruz. Daha hızlı yakınsama için, belirleyici ilke çıktısına eklenen gürültü terimini Q-learning'in e-açgözlü algoritmasıyla değiştiriyoruz. Uygulama ve hiper parametreler kaynak koduna dahil edilmiştir. Daha iyi stabilite için, alt katmanın üst katmandan daha yüksek öğrenme oranına sahip olmasını ve ε'nin daha yüksek bir başlangıç değerini kullanmasını, ancak daha yüksek bir bozunma oranına sahip olmasını sağlıyoruz. Değerin ince ayarı, tüm ajanların Pmax veya sıfır güçle iletmek istediği istenmeyen durumlara yakınsamayı önlemek için önemlidir.

3.2 DQL Modelinin Eğitimi

Önce DQN'yi ayarlamalıyız. DQN'miz olarak, gizli katmanda derin bir sinir ağı kullanılır. Doğru doğrusal birim, gizli katman etkinleştirme işlevi (ReLU) olarak kullanılır. Q ağı için girdi katmanı boyutu, 3 farklı senaryo için 5 x 5 x = 100, 10 x 5 x (3 + 1) = 200, 15 x 5 x (3 + 1) = 300'dür. Beş güç

seviyesi için toplam olası güç kombinasyonu sayısı hücre başına 53=125'tir. Maksimum güç sınırlaması, bazı enerji kombinasyonlarını hariç tutar. Böylece, çıktı senaryosu için 5 x 72 = 360, 10 x 72 = 720 ve 15 x 72 = 1.080, yani çıktı ölçeği DQN olan toplam eylem sayısıdır. Tablo 2, DQN'nin eğitim parametrelerini gösterir.

Tablo 2: Eğitim parametreleri

Parameter	Value
Number of hidden layers	1
Layers	{ Input, Hidden Layer, Output }
No. of neurons per layer	Scenario 1 : {100, 720, 360} Scenario 2 : {200, 1440, 720} Scenario 3 : {300, 2160, 1080}
Replay memory size	80, 000
Batch size	64
Update target frequency, B	1000
Learning rate	0.00025
Loss function	MSE
Optimizer	RMSprop
Maximum value of ε, $\varepsilon_{\max}$	1
Minimum value of ε, $\varepsilon_{\min}$	0.01
Speed of decay, λ	0.001
No. of epochs per training	1

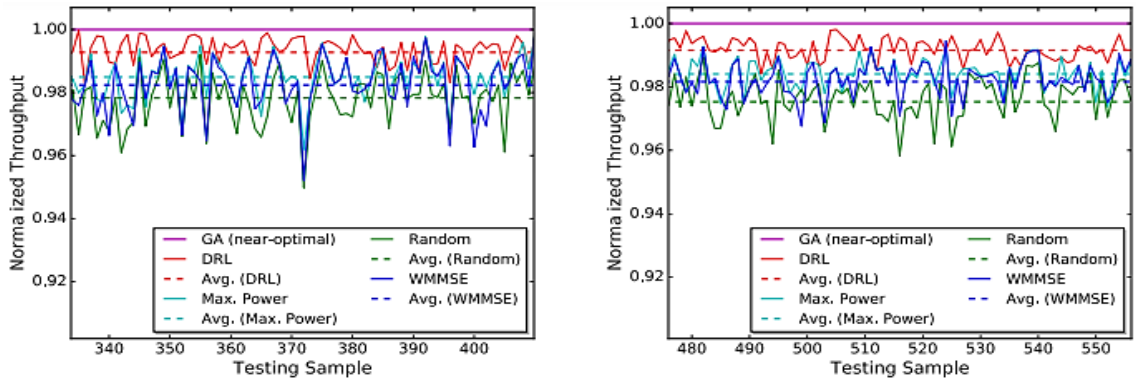
3.3 DQL Modelini Test Etme

DQL modeli için yaklaşık 80 saatlik eğitimden sonra modelimizi optimum güç tahsisine eşitliyoruz. En hızlı güç tahsisi GA tarafından kullanılır. Tekniğimiz, WMMSE [47], Maksimum güç ataması (MPA) ve rastgele güç ataması gibi mevcut güç atama modelleriyle karşılaştırılabilir şekilde çalışır. Her alt bant için 12,8 W güç kullanıyoruz.

3.4 Sonuçlar ve Tartışmalar

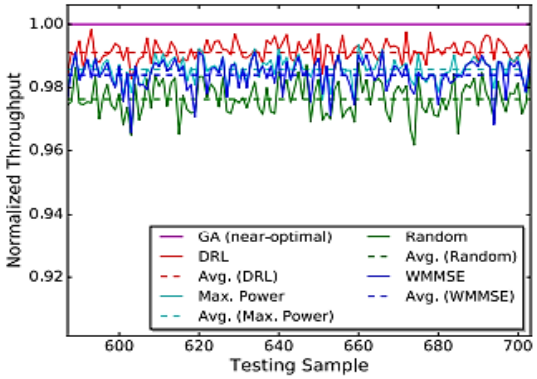
Toplam ağ çıktısının yanı sıra, birkaç PA modelinden üretilen bir güç dağıtım çözümü ve aynı zamanda neredeyse optimal bir GA'dan türetilen PA çözümü de belirlenir. Yakın tarihli bir araştırmaya göre, GA çözümünün toplam ağ verimliliğini bölmek, çeşitli PA modelleri için normalleştirilmiş ağ çıktısı verir. Şekil 7'de gösterildiği gibi, çeşitli ağ koşullarının test örneklerine kıyasla çeşitli PA modellerinin tek tip verimliliği bulunabilir. Şekil, önerilen DRL tabanlı PA modelinin, şekilde gösterildiği gibi alternatif PA modellerinden daha üstün olduğunu göstermektedir.

Kablosuz ağ boyutunun DRL performansı üzerindeki etkisi: Önerilen DRL tabanlı PA modelimiz, 0,99276 senaryosu olan bir ortalama normalleştirilmiş verime sahiptir, 2, 0,99157 ve 3, 0,99109'dur. Şekil 7, önerilen DRL tabanlı PA'nın verimliliğini göstermektedir. model, artan kablosuz ağ boyutuyla (yani hücre sayısı) istikrarlı bir şekilde azalmaktadır. Kablosuz ağ boyutundaki artışla birlikte ortalama normalleştirilmiş ağ verimi azalır. Bunun nedeni, kablosuz ağ boyutunun durum alanını ve eylem alanını da artırmasıdır. Bu nedenle DQN, eylem için en uygun stratejiyi oluşturmak için daha fazla eylem alanı keşfetmelidir. Bu nedenle, devlet operasyonunun geniş alanları için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, DRL model performansımız, kablosuz ağ boyutunun artmasıyla giderek daha da kötüleşiyor.



(a) Scenario 1: 5 cells

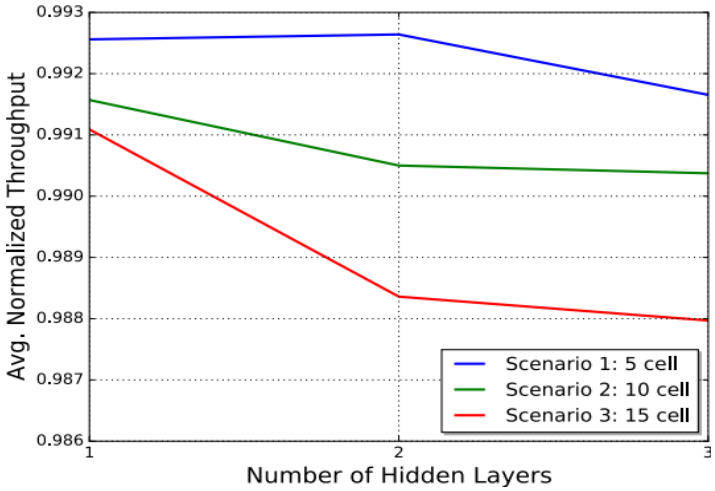
(b) Scenario 2: 10 cells



(c) Scenario 3: 15 cells

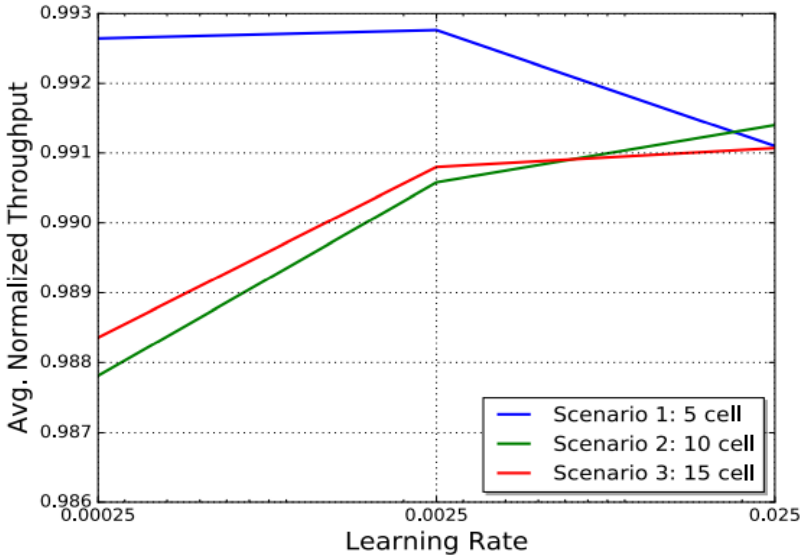
Şekil 7 : Normalleştirilmiş çıktı ile test örnekleri karşılaştırması

DQN'nin gizli katman boyutunun DRL performansı üzerindeki etkisi: DQN, DQN'deki (Q) yaklaşık olarak gizli katman sayısı olduğu için önemli bir parametre. DQN'den durum ve davranış arasındaki ilişki hakkında değerli bilgiler çıkararak. Daha gizli DQN katmanları, daha fazlasını öğrenmenize olanak tanır. Simülasyonları DQN'nin gizli katman boyutuna göre değiştirir ve tekrarlarız. Şekil 8, ağ senaryosu için gizli katman sayısına kıyasla ortalama standartlaştırılmış model çıktısını göstermektedir. Artan gizli DQN katman boyutu ile DRL modelinin verimliliğinin biraz düştüğü açıktır. DQN, daha fazla gizli katmanın büyümesiyle alakasız işlevleri (gürültü) öğrendiğinden, bu fazla uydurma kaçınılmaz olarak DQN'nin çıktısını düşürür.



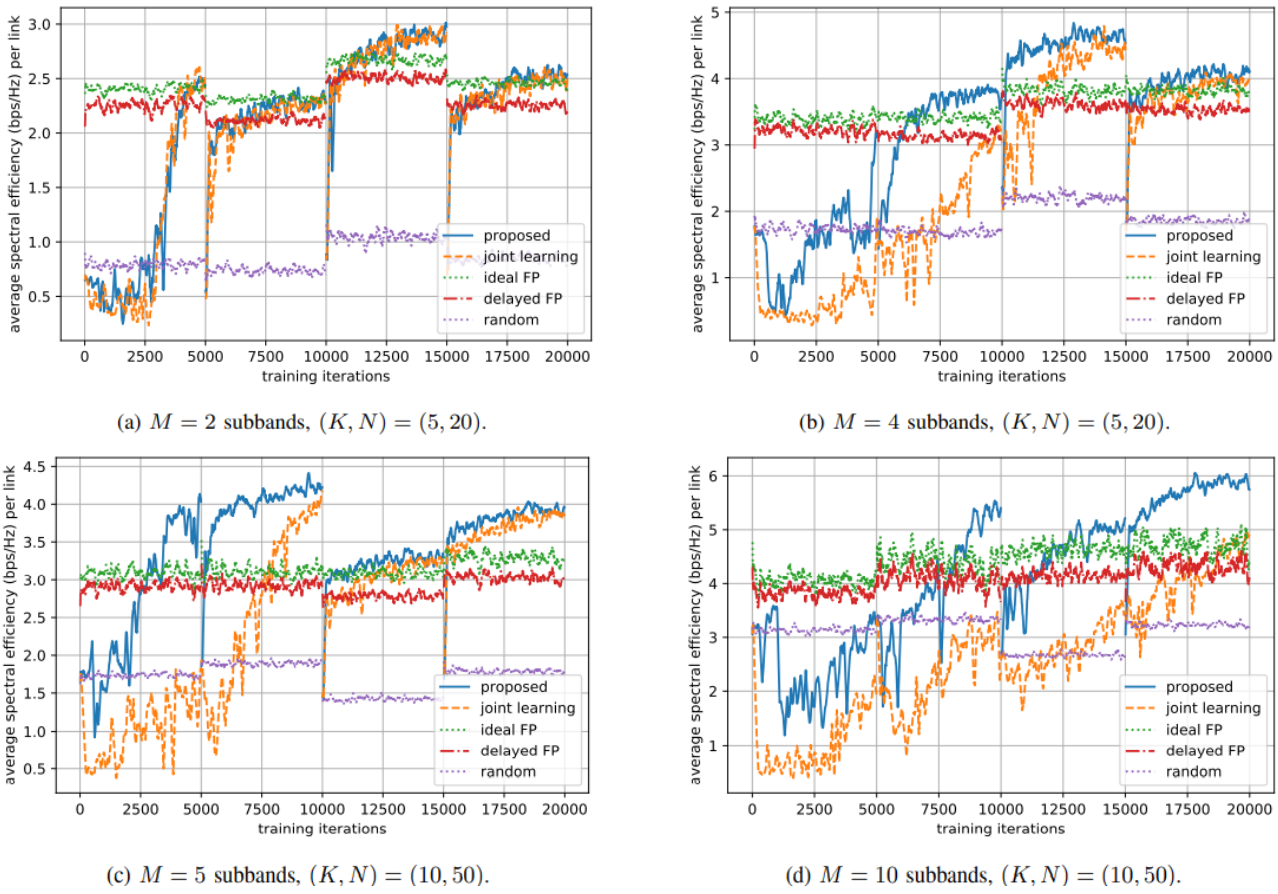
Şekil 8 : Gizli katman numarasına karşı ortalama yapılandırılmış çıktı.

Öğrenme hızının DRL performansı üzerindeki etkisi: Öğrenme hızı, eğitim sırasında DQN'deki ağırlık değişikliklerini düzenleyen temel bir hiperparametredir. Bir DQN'nin verilerden hızlı mı yoksa yavaş mı öğrenip öğrenemeyeceğini test eder. Optimum öğrenme hızının elde edilmesi zordur, çünkü küçük bir öğrenme oranı daha fazla eğitime yol açabilir ve yüksek bir öğrenme oranı eğitimde belirsizliğe yol açabilir. Ardından, diğer parametreleri korumak için DRL'nin eğitilme hızını ayarlıyoruz. Çeşitli ağ senaryoları için öğrenme oranına göre ortalama yapılandırılmış model Şekil 9'da gösterilmektedir. 0,0025'i tarayın ve senaryo 0,025 ile senaryo 2 ve senaryo 3, senaryo 1 için en uygun öğrenme oranlarıdır.



Şekil 9: Ortalama normalleştirilmiş çıktı ile öğrenme oranı karşılaştırması

Önerilen stratejiyi diğer dört seçeneğe karşı değerlendiriyoruz. [23,24]'e göre ilki işbirlikli öğrenme yöntemidir. İletim gücü on seviyeye ayrılmıştır. İkincisi ise "ideal FP" olarak bilinir. Kesirli programlama yapabilmek için tüm durum bilgilerinin her zaman mevcut olduğunu (CSI) varsaymak gerekir. İlk senaryo, merkezi optimizasyon yürütmesindeki veya optimizasyon bulgularının vericilere yayılmasındaki gecikmeleri gözden kaçırır. Başka bir kesirli programlama kıyaslaması, prosedürü çalıştırmak için tek bir zaman dilimi gecikmesini varsaydığından "gecikmeli FP" olarak adlandırılır. Son testte, her verici rastgele bir alt bant seçer ve her zaman çerçevesinin başlangıcında gücü yayınlar. Her eğitim bölümü 5.000 zaman aralığı sürer ve her bölüm daha küçük parçalara bölünür. Her bölümün başında rastgele yeni bir dağıtım seçiyoruz ve sonunda keşif ve öğrenme oranı parametrelerini sıfırlıyoruz. Belirleyici ilke çıktısına gürültü eklemek yerine, daha hızlı bir yakınsama sonucu elde etmek için Q-learning'in e-açgözlü tekniğini kullanıyoruz. Kaynak kodu hem uygulamayı hem de hiper parametreleri içerir. Önerilen ve birleşik pekiştirmeli öğrenme şemasının eğitim yakınsaması Şekil 10'da gösterilmektedir. Şekil 10a'ya göre, M = 2 alt bantlarının yakınsama oranları çok benzerdir. Bu prosedür, daha fazla alt bant eklendiğinden önerilen yöntem kadar iyi çalışmaz. Ortak öğrenme eylem uzayının artması ve derin Q-ağ çıktı katmanı karmaşıklığının artması bunun ana nedenleridir.



(a) $M = 2$ subbands, $(K, N) = (5, 20)$.

(b) $M = 4$ subbands, $(K, N) = (5, 20)$.

(c) $M = 5$ subbands, $(K, N) = (10, 50)$.

(d) $M = 10$ subbands, $(K, N) = (10, 50)$.

Şekil 10 : Eğitim yakınsaması

Tablo 3, öğretilen politikaların çok sayıda rastgele durumda uygulanmasının sonuçlarını özetlemektedir. Test edilmemiş ilkelerin yeni dağıtımlarda faydalı olduğu gösterilmiştir ve önerilen yaklaşım, denenen önceki yöntemlerden daha ölçeklenebilirdir.

Tablo 3: Test sonuçları.

(K, N) (hücreler, bağlantılar)	M alt bantlar	average sum-rate performance in bps/Hz per link					çıktı katmanı boyutu takviye öğrenme önerilen ortak	ortalama yinelemeler FP
		güçlendirme önerilen	öğrenme eklem [58]	ideal FP	diğer şemalar gecikmiş FP	rastgele		
(5, 20)	1	1.51	1.50	1.58	1.46	0.41	1 + 1 10	70.30
	2	2.63	2.64	2.66	2.46	0.99	2 + 1 20	102.08
	4	4.57	4.38	3.81	3.57	2.12	4 + 1 40	122.15
(10, 50)	1	1.26	1.26	1.31	1.21	0.25	1 + 1 10	72.83
	2	2.08	2.10	2.08	1.92	0.59	2 + 1 20	96.32
	4	3.34	3.34	2.90	2.68	1.31	4 + 1 40	185.93
	5	3.79	3.76	3.18	2.94	1.64	5 + 1 50	206.38
	10	5.71	4.41	4.44	4.08	2.99	10 + 1 100	287.70

4. SONUÇ

Bu çalışmada DRL'ye dayalı yeni bir 5G güç tahsisi yaklaşımı geliştirdik. Önerilen strateji için DQL'yi deneyim tekrarı ile birlikte kullandığımızı belirtmek önemlidir. Bir gizli katmana sahip bir DQN kullanarak, simülasyon sonuçları, senaryomuzdaki eylem-değer fonksiyonuna yaklaşmanın yeterli olduğunu göstermektedir. DRL'de en kritik hiperparametre öğrenme oranıdır ve ideal öğrenme oranını

belirlemek zordur. Farklı ağ koşulları için en uygun öğrenme oranını keşfetmek için öğrenme oranını değiştirdik ve önerilen modelin performansını gözlemledik. Bu DRL tabanlı güç tahsisi yaklaşımı, çeşitli ağ koşullarında test edilmiş ve WMMSE, maksimum güç tahsisi ve rastgele güç tahsisi gibi diğer yöntemler kadar etkili olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, simülasyonlarda diğer PA modellerinden daha iyi performans gösterir ve büyük ölçekli senaryolara ölçeklenebilir olduğunu gösterir.

KAYNAKLAR

Li, R., Zhao, Z., Zhou, X., Ding, G., Chen, Y., Wang, Z., ve Zhang, H. (2017). Intelligent 5G: When cellular networks meet artificial intelligence. *IEEE Wireless communications*, *24*(5), 175-183.

Wang, M., Cui, Y., Wang, X., Xiao, S., ve Jiang, J. (2017). Machine learning for networking: Workflow, advances and opportunities. *Ieee Network*, *32*(2), 92-99.

Zhang, C., Patras, P., ve Haddadi, H. (2019). Deep learning in mobile and wireless networking: A survey. *IEEE Communications surveys & tutorials*, *21*(3), 2224-2287.

Luong, N. C., Hoang, D. T., Gong, S., Niyato, D., Wang, P., Liang, Y. C., ve Kim, D. I. (2019). Applications of deep reinforcement learning in communications and networking: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *21*(4), 3133-3174.

Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., ... ve Fallgren, M. (2014). Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project. *IEEE communications magazine*, *52*(5), 26-35.

Hossain, E., Rasti, M., Tabassum, H., ve Abdelnasser, A. (2014). Evolution toward 5G multi-tier cellular wireless networks: An interference management perspective. *IEEE Wireless communications*, *21*(3), 118-127.

Zander, J. (1992). Performance of optimum transmitter power control in cellular radio systems. *IEEE transactions on vehicular technology*, *41*(1), 57-62.

Foschini, G. J., ve Miljanic, Z. (1993). A simple distributed autonomous power control algorithm and its convergence. *IEEE transactions on vehicular Technology*, *42*(4), 641-646.

Yates, R. D. (1995). A framework for uplink power control in cellular radio systems. *IEEE Journal on selected areas in communications*, *13*(7), 1341-1347.

Sung, C. W., ve Leung, K. K. (2005). A generalized framework for distributed power control in wireless networks. *IEEE Transactions on Information Theory*, *51*(7), 2625-2635.

Boche, H., ve Schubert, M. (2010). A unifying approach to interference modeling for wireless networks. *IEEE Transactions on Signal Processing*, *58*(6), 3282-3297.

Shen, K., ve Yu, W. (2018). Fractional programming for communication systems—Part I: Power control and beamforming. *IEEE Transactions on Signal Processing*, *66*(10), 2616-2630.

Meng, F., Chen, P., Wu, L., ve Wang, X. (2018). Automatic modulation classification: A deep learning enabled approach. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *67*(11), 10760-10772.

Ye, H., Li, G. Y., ve Juang, B. H. (2017). Power of deep learning for channel estimation and signal detection in OFDM systems. *IEEE Wireless Communications Letters*, *7*(1), 114-117.

Meng, F., Chen, P., ve Wu, L. (2018). NN-based IDF demodulator in band-limited communication system. *IET Communications*, *12*(2), 198-204.

Sun, H., Chen, X., Shi, Q., Hong, M., Fu, X., ve Sidiropoulos, N. D. (2018). Learning to optimize: Training deep neural networks for interference management. *IEEE Transactions on Signal Processing*, *66*(20), 5438-5453.

Liang, F., Shen, C., Yu, W., ve Wu, F. (2019). Towards optimal power control via ensembling deep neural networks. *IEEE Transactions on Communications*, *68*(3), 1760-1776.

Luong, N. C., Hoang, D. T., Gong, S., Niyato, D., Wang, P., Liang, Y. C., ve Kim, D. I. (2019). Applications of deep reinforcement learning in communications and networking: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *21*(4), 3133-3174.

Lin, X., Li, J., Baldemair, R., Cheng, J. F. T., Parkvall, S., Larsson, D. C., ... ve Werner, K. (2019). 5G new radio: Unveiling the essentials of the next generation wireless access technology. *IEEE Communications Standards Magazine*, *3*(3), 30-37.

Z Koo, J., Mendiratta, V. B., Rahman, M. R., ve Walid, A. (2019, October). Deep reinforcement learning for network slicing with heterogeneous resource requirements and time varying traffic dynamics. In *2019 15th International Conference on Network and Service Management (CNSM)* (pp. 1-5). IEEE.

Galindo-Serrano, A., ve Giupponi, L. (2010). Distributed Q-learning for aggregated interference control in cognitive radio networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *59*(4), 1823-1834.

Simsek, M., Czylwik, A., Galindo-Serrano, A., ve Giupponi, L. (2011, June). Improved decentralized Q-learning algorithm for interference reduction in LTE-femtocells. In *2011 Wireless Advanced* (pp. 138-143). IEEE.

Simsek, M., Bennis, M., ve Güvenç, I. (2014). Learning based frequency-and time-domain inter-cell interference coordination in HetNets. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *64*(10), 4589-4602.

Riedmiller, M. (2005, October). Neural fitted Q iteration–first experiences with a data efficient neural reinforcement learning method. In *European conference on machine learning* (pp. 317-328). Springer, Berlin, Heidelberg.

Ghadimi, E., Calabrese, F. D., Peters, G., ve Soldati, P. (2017, May). A reinforcement learning approach to power control and rate adaptation in cellular networks. In *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-7). IEEE.

Nasir, Y. S., ve Guo, D. (2018). Deep reinforcement learning for distributed dynamic power allocation in wireless networks. *arXiv preprint arXiv:1808.00490*, *8*, 2018.

Meng, F., Chen, P., ve Wu, L. (2019, May). Power allocation in multi-user cellular networks with deep Q learning approach. In *ICC 2019-2019 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-6). IEEE.

Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Bellemare, M. G., ... ve Hassabis, D. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *nature*, *518*(7540), 529-533.

Williams, R. J. (1992). Simple statistical gradient-following algorithms for connectionist reinforcement learning. *Machine learning*, *8*(3), 229-256.

Lillicrap, T. P., Hunt, J. J., Pritzel, A., Heess, N., Erez, T., Tassa, Y., ... ve Wierstra, D. (2015). Continuous control with deep reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1509.02971*.

Meng, F., Chen, P., Wu, L., ve Cheng, J. (2020). Power allocation in multi-user cellular networks: Deep reinforcement learning approaches. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, *19*(10), 6255-6267.

MENTHA PİPERİTA ESANSİYEL YAĞININ *PSEUDOMONAS AERUGİNOSA SUŞUNA* KARŞI ANTİBAKTERİYEL VE ANTİBİYOFİLM ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehzat Altun
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü
mehzataltun@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7363-5056

Özet
Pseudomonas aeruginosa (*P.aeruginosa*), kistik fibrozis ile kanser, AIDS ve genetik bozukluklar gibi immün yetmezliği olan hastalarda morbidite ve mortaliteye neden olan fırsatçı bir patojendir. Antibiyotik direncinin artması nedeniyle yeni antibakteriyel ajanların geliştirilmesine acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Biyoaktif kimyasal bileşenler içeren Mentha türlerinden elde edilen esansiyel yağlar (EY'ler) antibakteriyel özellikler göstermektedir. Bu çalışmada *Mentha piperita* EY'sinin *P.aeruginosa* suşuna karşı antibakteriyel ve anti-biyofilm aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. *M.piperita* EY'sinin *P.aeruginosa* ATCC 10145 suşuna karşı antibakteriyel aktivitesi, Klinik ve Laboratuvar Standartları Enstitüsü'ne (CLSI) göre Kirby Bauer disk difüzyon ve mikrodilüsyon deneyleri kullanılarak araştırıldı. Antibiyofilm aktivitesi, 96 kuyucuklu plaklar kullanılarak kristal viyole deneyi ile belirlendi. *M.piperita* EY, *P.aeruginosa* suşuna karşı 46.00 mm'lik inhibisyon zon çapı (IZÇ) ile antibiyotiklere kıyasla daha güçlü antimikrobiyal aktivite sergiledi. EY'nin minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) değeri %0.125 (h/h) idi. Bakterinin 570 nm'de 0.705 optik dansite (OD) değeri ile biyofilm üreticisi olduğu bulundu ve düşük dereceli pozitif olarak kabul edildi. EY'nin suş üzerinde %68.23-%83.13 arası bir inhibisyon aralığı ile doza bağlı biyofilm inhibitör aktivitesi gözlendi. *M.piperita* EY, *P.aeruginosa* enfeksiyonlarının tedavisi için kullanılabilir, ancak klinik izolatlarla daha fazla *in vitro* araştırmalar ve *in vivo* sitotoksisite deneyleri gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Antibakteriyel aktivite, Antibiyofilm aktivite, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mentha piperita*

DETERMINATION OF ANTIBACTERIAL AND ANTIBIOFILM PROPERTIES OF *MENTHA PIPERITA* ESSENTIAL OIL AGAINST *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* STRAIN

Abstract
Pseudomonas aeruginosa (*P.aeruginosa*) is an opportunistic pathogen that causes morbidity and mortality in cystic fibrosis and immunodeficient patients like cancer, AIDS and genetic disorders. Development of novel antibacterial agents are urgently needed due to the rise of antibiotic resistance. Essential oils (EOs) derived from Mentha species containing bioactive chemical components display antibacterial properties. This study aimed to determine antibacterial and anti-biofilm activity of *Mentha piperita* EO against *P.aeruginosa* strain. Antibacterial activity of *M.piperita* EO was investigated against *P.aeruginosa* ATCC 10145 using Kirby Bauer disc diffusion and microdilution broth assay according to the Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI). Antibiofilm activity was determined by crystal violet assay using 96-well plates. The *M.piperita* EO exhibited stronger antimicrobial activity with inhibition zone diameter (IZD) of 46.00 mm against *P.aeruginosa* strain compared to antibiotics. The minimum inhibitory concentration (MIC) value of EO was 0.125 % (v/v). The bacteria was found to be biofilm producer with 0.705 optical density (OD) value at 570 nm and recognized as a low grade positive. Dose dependent biofilm inhibitory activity of EO with the inhibition range between 68.23%-83.13% on strain was observed. *M.piperita* EO may be used for the treatment of *P.aeruginosa* infections but further *in vitro* investigations with clinical isolates and *in vivo* cytotoxicity assays are required.

Keywords: Antibacterial activity, Antibiofilm activity, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mentha piperita*

Introduction
Pseudomonas aeruginosa (*P.aeruginosa*) is an opportunistic, Gram negative bacterium that causes nosocomial and hospital-acquired infections like pneumonia and sepsis. This pathogen is related to

morbidity and mortality and causes represent a serious health problems in patients with cystic fibrosis and immunodeficieny disorders (Sadikot et al., 2005; Barbier et al., 2013). A resilient *P.aeruginosa* biofilm matrix is mainly composed of polysaccharides, proteins, lipids and extracellular DNA and its composition depends on the age of biofilm and growth conditions such as temperature and nutrient (Pamp et al., 2007; Rollet et al., 2009). The matrix, which is responsible for bacterial adherence adhesion to biotic and abiotic surfaces, communication between cells and protection against antibiotics and host immune cells (Jackson et al., 2004; Ryder et al., 2007; Strempel et al., 2013). *P.aeruginosa* was listed as a priority dangerous pathogen by The World Health Organization (2017). Indiscriminate, excessive and long-term use of antibiotics during treatment lead to develop resistance to them (Hirsch and Tam, 2010). In recent years, essential oils (EOs) derived from Mentha species display antimicrobial properties due to the presence of active phytochemical components (Anwar et al., 2019). The current study aimed to determine antibacterial and anti-biofilm activity of *Mentha piperita* EO against *P.aeruginosa* strain.

Material and Method

Antibacterial activity of *M.piperita* EO was investigated against *P.aeruginosa* ATCC 10145 using Kirby Bauer disc diffusion and microdilution broth assay according to the Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI) (Wayne, 2012). Firstly, 100µl of bacterial suspension (equalized to 0.5 Mc Farland) was spread onto brain heart infusion agar (BHA) plate. Blank paper disc was impregnated with 20 µl of EO dissolved in 0.05% Tween 80 and incubated at 37°C for 24h. Then, diameters were measured. The various concentrations (64-0.0625%) of EO were prepared with BHI. After incubation at the same condition, 10 µl of iodonitrotetrazolium chloride (INT) solution was added to the wells to determine minimum inhibitory concentration (MIC). 10µl of the solution from negative wells was transferred on BHA to determine minimum bactericidal concentration (MBC). Antibiofilm activity was determined by crystal violet assay using 96 polystyrene plate. 20 µl of the different concentrations of EO (2MIC, MIC, MIC/2 and MIC/4) and 20 µl of inoculum were put into wells in aseptic conditions. Total volume of the each well was adjusted to 200µl with BHI. After incubation at 37°C for 24h, CV staining method was used to detect the biofilm biomass The percentage inhibition of bacterial biofilm was calculated by the following formula (Jadhav et al., 2013): % Inhibition= $100-(OD_{570\ EO}/OD_{570\ cont}\times 100)$

Results

Inhibition zone diameter (IZD) and MIC-MBC results of *M.piperita* EO against *P.aeruginosa* strain are shown in Table 1. The bacteria was found to be biofilm producer with OD_{570nm} of 0.705 and recognized as a low grade positive ($0.1\leq OD_{570}<1$). Dose dependent antibiofilm activities of EO with the inhibition range between 68.23-83.13% on strain was observed and presented in Table 2.

Table1. IZD, MIC and MBC values of *M.piperita* EO against *P.aeruginosa* strain

Strain	IZD (mm)					
	***M.piperita* EO**	**Gentamicin**	**Ampicillin**	**Vancomycin**	**MIC (% v/v)**	**MBC (% v/v)**
P.aeruginosa ATCC 10145	46.00±4.320	14.75±0.500	21.50±0.577	19.25±0.500	0.125	0.125

Mean±SD: Standard Deviation, p≤0.005

Table 2. Antibiofilm activity of *M.piperita* EO at different concentrations (% v/v) against strain

Strain	Optical Density (OD_{570nm})								
	2MIC	**Inhibition (%)**	**MIC**	**Inhibition (%)**	**0.5MIC**	**Inhibition (%)**	**0.25MIC**	**Inhibition (%)**	**Control**
P.aeruginosa ATCC 10145	0.119 ± 0.013	83.13%	0.137 ± 0.004	80.57%	0.163 ± 0.005	76.88%	0.224± 0.006	68.23%	0.705 ± 0.006

Discussion

Mentha species are commonly preferred in natural therapies due to their biological properties such as antibacterial and antibiofilm. The EO exhibited stronger antimicrobial activity with IZD value of 46.00 mm against bacteria compared to antibiotics and previous data. MIC-MBC value of EO was 0.125 % (v/v) against pathogen. Previous studies have reported that *M.piperita* EO showed antibacterial activity with IZD value of 20 mm and MIC values of 0.5% (Iseppi et al., 2020), 8.00% (Marwa et al., 2017) and 2.5 mg/ml (Iscan et al., 2002) against *P.aeruginosa*. Different inhibitory effects of EOs against biofilm of *Acinetobacter baumannii* (Kafa et al., 2021), *Escherichia coli* (Cáceres et al., 2020) and *Fusobacterium nucleatum* (Ben Lagha et al., 2020) were demonstrated by studies. The differences between them are attributed to the pytochemical composition of EO and complex structure of bacterial biofilm. These are affected by various factors such as climatic condition and nutrient avaibility (Marinho et al., 2013; Fernandes et al., 2015). *M.piperita* EO may be used for the treatment of *P.aeruginosa* infections but further *in vitro* investigations with clinical isolates and *in vivo* cytotoxicity assay are required.

References

Anwar, F., Abbas, A., Mehmood, T., Gilani, A. H. & Rehman N. (2019), Mentha a genus rich in vital nutrapharmaceuticals—A review, *Phytother Res,* 33, 2548–2570.

Barbier, F., Andremont, A., Wolff, M., Bouadma L. (2013), Hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia: recent advances in epidemiology and management, *Curr Opin Pulm Med*, 19, 216–228.

Ben Lagha, A., Vaillancourt, K., Maquera Huacho, P., Grenier, D. (2020), Effects of Labrador Tea, Peppermint, and Winter Savory Essential Oils on *Fusobacterium nucleatum*. *Antibiotics*, 10: 9(11), 794.

Cáceres, M., Hidalgo, W., Stashenko, E., Torres, R., Ortiz, C. (2020), Essential Oils of Aromatic Plants with Antibacterial, Anti-Biofilm and Anti-Quorum Sensing Activities against Pathogenic Bacteria, *Antibiotics,* 9 (4), 147.

Fernandes, M.S., Yorika, K.D. and Yoshiteru, K.A. (2015), Behavior of *Listeria monocytogenes* in a multi-species biofilm with *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* and control through sanitation procedures, *Int J Food Microbiol*, 200, 5-12.

Hirsch, E.B., Tam, V.H. (2010), Impact of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection on patient outcomes, *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*, 10, 441–451.

Iscan, G., Kirimer, N., Kurkcuoglu, M., et al. (2002), Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils, *J Agric Food Chem*, 50(14), 3943–3946.

Iseppi, R., Di Cerbo, A., Aloisi, P., Manelli, M., Pellesi, V., Provenzano, C., Camellini, S., Messi, P., Sabia, C. (2020), *In Vitro* Activity of Essential Oils Against Planktonic and Biofilm Cells of Extended-Spectrum β-Lactamase (ESBL)/Carbapenamase-Producing Gram-Negative Bacteria Involved in Human Nosocomial Infections, *Antibiotics*, 25, 9(5), 272.

Jackson, K.D., Starkey, M., Kremer, S., Parsek, M.R., Wozniak, D.J. (2004), Identification of psl, a locus encoding a potential exopolysaccharide that is essential for *Pseudomonas aeruginosa* PAO1 biofilm formation, *J Bacteriol*, 186, 4466–4475.

Jadhav, S., Shah, R., Bhave, M., Palombo, E.A. (2013), Inhibitory activity of yarrow essential oil on Listeria planktonic cells and biofilms, *J Food Control*, 29, 125–130.

Kafa, A.H.T., Aslan, R., Celik, C., Hasbek, M. (2021), Antimicrobial synergism and antibiofilm activities of *Pelargonium graveolens*, *Rosemary officinalis*, and *Mentha piperita* essential oils against extreme drug-resistant *Acinetobacter baumannii* clinical isolates. *Z Naturforsch C J Biosci*, 77(3-4): 95-104. doi: 10.1515/znc-2021-0079.

Marinho, A.R., Martins, P.D., Ditmer, E.M., D'azevedo, P.A., Frazzon, J., van der Sand, S.T. and Frazzon, A.P.G. (2013), Biofilm formation on polystyrene under different temperatures by antibiotic resistant *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* isolated from food, *Braz J Microbiol*, 44, 423-426.

Marwa, C., Fikri-Benbrahim, K., Ou-Yahia, D., Farah A. (2017), African peppermint (*Mentha piperita*) from Morocco: Chemical composition and antimicrobial properties of essential oil. *J Adv Pharm Technol Res*, 8(3), 86-90.

Pamp, S.J., Gjermansen, M. and Tolker-Nielsen T. (2007), "The biofilm matrix: a sticky framework" in *The biofilm mode of life: Mechanisms and adaptations.* eds. S. Kjelleberg and M. Givskov (Norfolk, UK: Horizon Bioscience), 37–69.

Rollet, C., Gal, L., Guzzo, J. (2009), Biofilm-detached cells, a transition from a sessile to a planktonic phenotype: A comparative study of adhesion and physiological characteristicsin *Pseudomonas aeruginosa*, *FEMS Microbiol. Lett*, 290, 135–142.

Ryder, C., Byrd, M., Wozniak, D.J. (2007), Role of polysaccharides in *Pseudomonas aeruginosa* biofilm development, *Curr Opin Microbiol*, 10, 644–648.

Sadikot, R.T., Blackwell, T.S., Christman J.W., Prince, A.S. (2005), Pathogen-host interactions in *Pseudomonas aeruginosa* pneumonia, *Am J Respir Crit Care Med*, 171, 1209–1223.

Strempel, N., Neidig, A., Nusser, M., Geffers, R., Vieillard, J., Lesouhaitier, O., Brenner-Weiss, G., Overhage, J. (2013), Human host defense peptide LL-37 stimulates virulence factor production and adaptive resistance in *Pseudomonas aeruginosa*, *PLoS ONE*, 8, e82240.

Wayne, P.A. (2012), Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), Approved Standard M07-A9, Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility, Tests for Bacteria that Grow Aerobically, 9th Edition, Clinical and Laboratory Standarts Institute.

World Health Organization. (2017), Prioritization of Pathogens to Guide Discovery, Research and Development of New Antibiotics for Drug-Resistant Bacterial Infections, Including Tuberculosis; World Health Organization: Geneva, Switzerland.

CLEANER PRODUCTION SOLUTIONS FOR ABRASIVE WATERJET CUTTING SYSTEM

Zeynep Cansu Ayturan
Konya Technical University, Engineering and Natural Science Faculty, Department of Environmental Engineering
zcayturan@ktun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9513-4949

Şükrü Dursun
Konya Technical University, Engineering and Natural Science Faculty, Department of Environmental Engineering
sdursun@ktun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9502-1178

Abstract
Waterjet technology is one of the fastest-growing machining processes used for cutting metal to depths over 100 mm. It is used in a wide range of industries from automotive and aerospace to medical and food industries. The impact of the water alone is enough to machine material, however, with the addition of abrasive, the material removal rate in the process is several orders of magnitude higher. Therefore abrasıve waterjet cuttıng system (AWJC) was developed for better performance. In the AWJC, an abrasive material is used in the cutting process to increase cutting efficiency for harder materials. The abrasive material is mixed with water. Mixing means gradual entrainment of abrasive particles within the water jet and finally, the abrasive water jet comes out of the focusing tube or the nozzle. During the mixing process, the abrasive particles are gradually accelerated due to the transfer of momentum from the water phase to the abrasive phase and when the jet finally leaves the focusing tube, both phases, water and abrasive, are assumed to be at the same velocity. Consumables in this process include water, abrasive, orifice, and mixing tubes. The cutting head is the main part of the machine where cutting occurs. In this study, a company using the AWJC system was visited and environmental problems with wastewater handling, abrasive material sludge, and waste cut materials were detected. To solve these problems, three applicable cleaner production solutions have been offered such as recycling of abrasive material, recycling of water, and good housekeeping applications.

Keywords: Cleaner production, abrasive waterjet cutting, waterjet technology, recycling

1. INTRODUCTION

The waterjet cutting technology erodes the material being cut, using a thin stream of water travelling at extremely fast speeds and under very high pressure. It follows the water erosion principle in nature, except that the process is accelerated and concentrated greatly. The water jet can cut soft materials such as corrugated cardboard, disposable diapers, tissue papers and automotive interiors. Also, the stream is thin as well as high pressure, 0.0404-0.010” of diameter. The material loss due to cutting is minimized and extremely detailed geometric cutting can be performed (Flow Shape Technologies Group, 2022).

Pure water jet cutting can cut thick, soft, light materials like fiberglass insulation up to 24” thick or thin, fragile materials. The cutting forces are very low and the fixturing is simple. Water jet erodes work at kerf line into small particles. The water inlet pressure is between 20k-60k psi and the water is forced through hole in jewel 0.007-0.020” diameter. Sapphires, Rubies with 50-100 hour of life can be used as the jewel. Also diamonds may be used with 800-2,000 hour life, but they are more expensive. The pure water jet cutting technology has been improved for different usages in various ways. The abrasive material usage allows the water jet cutting machine to cut much harder materials (Akkurt, 2013). The machine is then named as the Abrasive Water Jet Machine (AWJM). In the AWJM, an abrasive material is used in the cutting process to increase cutting efficiency for harder materials. In the facility Garnet is used as an abrasive material. Garnet is mixed with water for cutting just before the cutting device. Mixing means gradual entrainment of abrasive particles within the water jet and finally the abrasive water jet comes out of the focusing tube or the nozzle. During mixing process, the abrasive particles are gradually accelerated due to transfer of momentum from the water phase to abrasive phase and when the jet finally leaves the focusing tube, both phases, water and abrasive, are assumed to be at same

velocity. Abrasive material is mixed with water at the application point and the mixing is done at the mixing point to prevent harm to the equipment due to abrasive material usage. Garnet (sandpaper) with 50-120-mesh is used, but typically 80-mesh is used. Standoff distance between mixing tube and work part is typically 0.010-0.200. It is important to keep it at a minimum to keep a good surface finish. Consumables include water, abrasive, orifice and mixing tube. Cutting head is the main part of the machine where cutting occurs. It is an important part of the machine in this study, because the head could be modified for cleaner production purposes (Natarajan et al., 2020).

1.1.Waterjet Processes

The water jet is used for many purposes which are cutting, drilling, milling, surface preparation, cleaning, coating removal, peening, and forming. The chosen facility used water jet technology for cutting and drilling, so these topics are covered in detail in this study.

1.1.1. Cutting

By far the most common application of the abrasive waterjet is cutting. A whole range of materials and thicknesses can be cut with good cut quality and little taper. Cutting speeds typically well in excess of 2 mm/s (120 mm/min or 7.2 m/hr) are commonly used in industry, however, for thicker and harder material this will drop to 0.1 mm/s (6 mm/min or 0.36 m/hr) or less. The process at this speed has to be carefully assessed as to whether it is economically viable. The cutting speed also depends on the surface finish required (rough cut or good quality cut), the pump pressure and nozzle set up (size of nozzle and size of orifice used) as well as the abrasive flow rate. Other factors such as the angle of jet attack, the standoff distance between the material surface and the nozzle and the actual material properties will also influence the cut and cut quality achieved (Folkes, 2009).

There are optimum cutting speeds for each material. As a rough guide, glass cuts twice as fast as aluminum and titanium cuts at half the speed as it would take to cut aluminum. Nickel and stainless steel tend to cut a bit slower than titanium, about 60% slower than aluminum. For example, if the glass was cut at 2 mm/s, aluminum would be in the order of 1 mm/s, titanium 0.5 mm/s and nickel and stainless steel 0.4 mm/s (Henning and Westkamper, 2007).

The effect of thickness on cutting speed is that increasing the thickness decreases the cutting speed. This is not quite a linear decrease. A material with a thickness of 12.7 mm would cut at a cutting speed half that required to cut a thickness 6.35 mm (half the thickness). However, the cutting speed of a material with a thickness of approximately 25.4 mm would be expected to be cut at a speed of 1/5 of the cutting speed that would be required to cut it if the material has a thickness of 6.35 mm (1/4 of the thickness). When cutting thicker materials striations on the surface become particularly noticeable. The average roughness (Ra) of the areas without striations is around 3.2 µm which is typical for a high-quality metal surface cut using the waterjet. Significant research has been conducted into the exact mechanisms behind this and the process has been modelled and studied using high speed cameras to understand it more fully (Wang, 2003).

There is almost no material that cannot be cut using the waterjet, though care has to be taken with some materials to avoid shattering or delamination. Recently, the waterjet has found significant demand in the composite industry where it is used to cut components for the aircraft fuselage. In some cases, where the fuselage itself is made from composite material, the waterjet can be used to cut out the windows. Machines used for such an operation are commonly fitted with a drill which predrills a hole before cutting commences. This is to prevent the risk of any delamination when the cut is initiated when a piercing (rather than “run in”) operation is required. The waterjet will take the path of least resistance as it penetrates through a material when the cut is initiated. Any line of weakness along a fiber layer boundary can be exploited and the waterjet rather than continuing its path downwards can be deflected sideways. If the stream is coherent and powerful enough then the tendency for this to occur is decreased. However, due to the nature of composites and with possible minor flaws or imperfections between the layers the risk of delaminating the whole part is too high hence a hole is commonly predrilled with a drill rather than using a vacuum assist on the abrasive feed and careful selection of process parameters. Once a hole is initiated the waterjet cutting process has no problem since the angle of attack of the

incident jet is altered and the water has somewhere to go. The predrilled hole allows the water to exit immediately so a cutting, rather than a piercing process, then takes place. In glass cutting a similar problem arises and can also be optimized by care with initiating the abrasive feed and ramping up the pump pressure (Wang, 2003).

Another example of the use of waterjet technology is in the cutting of car carpets. Most of the carpets seen in modern day cars are waterjet cut. These systems have a vacuum which immediately sucks the water away directly after the cutting process, so the component stays dry with minimal water ingression. Water jets have also been used to cut tissues and fish so their versatility in modern day industry is expanding. Industry has found benefits from this technology to include increased productivity, faster cutting and high-quality parts, flexibility to adapt designs and material changes, minimal kerf, raw material savings and reduced scrap, low operating costs, minimal force on the component, no thermal damage, net or near-net cutting with little or no hand finishing, reduced tooling costs, lighter, flexible tooling (Orbanic and Junkar, 2008).

Comparisons of this technology with others such as Electro Discharge Machining (EDM) and Laser cutting have been made however, these technologies tend to be complimentary rather than competitive. When a thin section is needed to be cut at speed then laser cutting should be considered. If the material is thick section or requires no heat affected zone or is made from copper or a similar material that is highly reflective to some laser wavelengths, then waterjet cutting may be more suitable. EDM is suited to highly accurate machining where time is not as important as accuracy. Overall, in the cutting industry, waterjet and abrasive waterjet technology has found its niche and it is expanding rapidly into new applications especially into areas where materials are becoming harder to machine (Wang, 2003).

1.1.2. Drilling

The application of abrasive water jets in drilling is increasing and water jets are commonly used to drill a wide range of components with varying sizes of holes. Holes in difficult to machine materials such as ceramics and metal matrix composite materials are of particular interest since these are difficult to machine with other methods. The requirement is like cutting in that the initial piercing operation has to be done with care on some materials. Trepanning of holes is common, and the process is faster if the waterjet is moving rather than stationary when initiating the hole. As with waterjet and abrasive waterjet cutting the depth and quality of hole required depends on the application and is process dependent. Holes can be drilled through multi-layered or coated materials without any problems. The hole can be tapered or not as required as well as angled (Louis and Von Rad, 2000; Folkes, 2009).

The waterjet process can machine almost any material so material type is generally not an issue, though, as mentioned before with cutting, extra care may be needed when drilling brittle materials such as glass or layered materials with flaws such as composites. The nozzle size used in normal waterjet applications is typically 1 mm, so, hole sizes greater than this can be achieved without too much problem. Smaller hole sizes require a smaller nozzle diameter (and orifice). Nozzles of 0.5 mm diameter are commonly available but smaller than that they must be specially ordered. Also, finer abrasive sizes (120 mesh) are commonly used to avoid any blockage of the nozzle. The versatility of the waterjet in that it can machine most materials and the demand for ever decreasing size holes in today's shrinking world will lead to the development of high-pressure systems designed to machine micro size holes using waterjet (or abrasive waterjet) technology. Some systems are currently available, but they are still in their infancy, and this is an area of significant future development (Folkes, 2009).

Although water jet cutting is seen as an environmentally friendly technology, there are pollutants resulting from the process which should be carefully managed. Also, increasing efficiency results in lower energy consumption (Folkes, 2009). This study analyzes cleaner production methods for an abrasive water jet cutting machine. A typical flow diagram for AWJM is given in Figure 1.

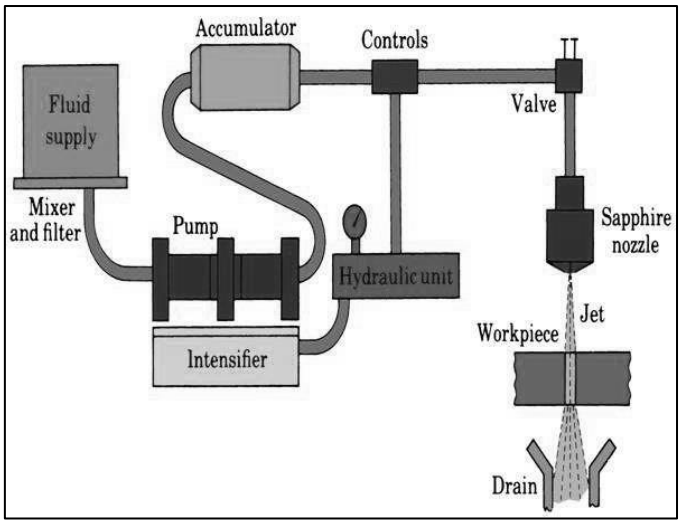


Figure 1. Typical AWJM flow diagram (Khan and Ali, 2011)

2. MATERIALS AND METHODS

Waste minimization audit is used for the cleaner production study. The steps followed and the information gathered is as presented below. Two field trips were conducted to the facility. There were some issues related with cleaner production where alternatives could be created. The problems determined can be stated as the following:

- The wastewater resulting from the cutting operation is given to the sewer without any treatment.
- The Garnet is not separated from the water used, so the contaminated sludge with the material dust in it is disposed of to the clear land.
- Recycling is not applied for water and Garnet.
- The waste material pieces resulting from the cutting of raw materials are not collected separately for recycling.
- The housekeeping is not applied sufficiently. The materials are not stored orderly or disposed of properly.

To solve these problems and increase the efficiency of the products cut in the facility by preserving natural resources, the following steps were followed to give cleaner production options.

2.1. Step 1: Pre-assessment

2.1.1. Prepare and organize audit team and resources

The audit team was constituted with the environmental engineers and consultants from academy.

2.1.2. Divide process into unit operations

The process is taken as one unit operation since it is one machine doing the work for all the facility.

2.1.3. Construct process flow diagrams linking unit operations

Constructed process flow diagram is given in Figure 2. The inputs of the system were determined as water garnet and raw material. The outputs of the system were determined as wastewater, waste material pieces, garnet sludge and cut product.

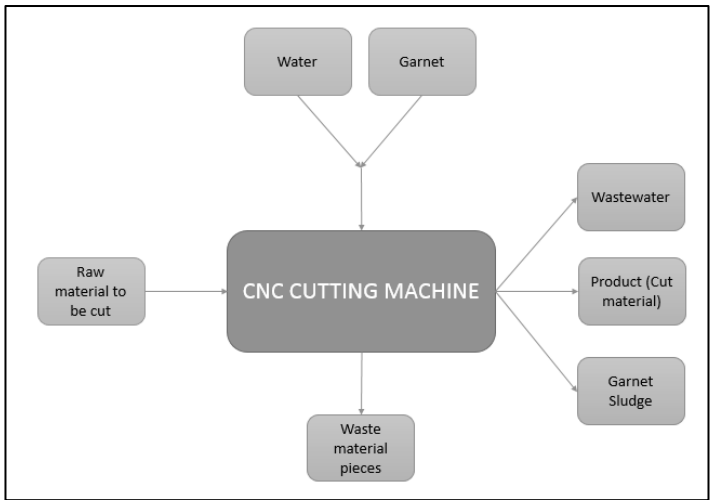


Figure 2. Flow diagram for the process

2.2. Step 2: Material Balance

2.2.1. Define process inputs and outputs and derive a material balance

The process inputs and outputs are defined and are summarized in Table 1. The derived material balance is as presented in Figure 3.

Table 1. Material Balance

Inputs	**Outputs**
Water (43200 L/month)	Wastewater (43200 L/month)
Garnet (2 ton/month)	Sludge (2 ton/month)
Electric ((200 tl/month) /(0.2392 tl/kW) = 836.12 kW/month)	Waste material pieces
Raw material to be cut/drilled	Cut/drilled material

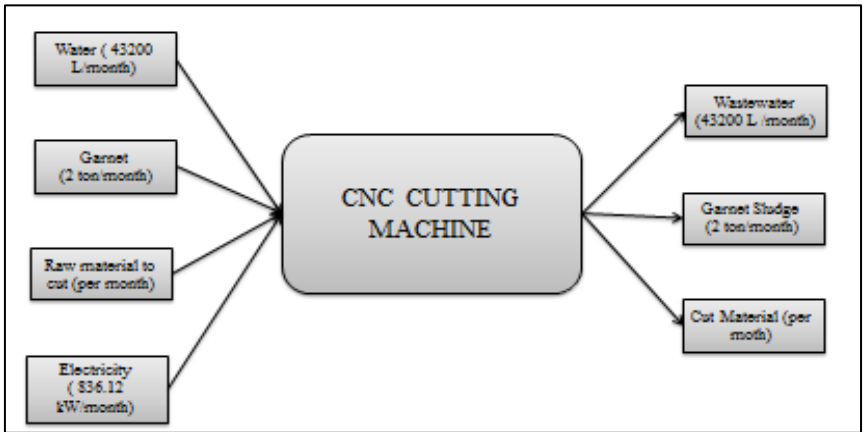


Figure 3. Material balance for the facility

2.3. Step 3: Synthesis

2.3.1. Identify waste reduction options

The identified waste reduction options are given in the below:

1. Recycling of Garnet

The goal of recycling is to clean the blasted abrasive so it can be used again productively. Ensuring that the recycled abrasive (known as the "working mix") is clean and contains abrasive particles with the appropriate size range involves two basic operations: the removal of oversized and undersized contaminants and the addition of virgin (make-up) abrasive. In order to accomplish this efficiently, both the blasted and virgin makeup garnet must be kept dry. Decontamination of the blasted (used) abrasive is accomplished by mechanical separation and air-wash separation. A rotary drum removes the large

contaminants such as large paint chips, rust, welding rods and cigarette butts. An air-wash separator unit, working in conjunction with a dust collector, removes unwanted fine abrasive particles ("fines"). The most critical element of the recycling process is the creation of an effective "working mix" which is comprised of a range of small, medium and large abrasive particles. Given that a portion of the garnet breaks down each time it is blasted, a productive working mix should be created by adding virgin abrasive to the cleaned abrasive at a rate equal to the rate of attrition (i.e. breakdown rate). These additions should be made at regular intervals and be based on the number of fines extracted by the separation unit, daily visual inspections of the recycled abrasive and periodic sieve analyses (MBA, 2017).

2. Recycling of Water

Closed Loop Filtration Systems are specifically designed for waterjet cutting or water jet cleaning systems overflow water to the drain. Dissolved solids are the metals that are dissolved in water from the water jet cutting process. Filtration of the tank overflow will remove some of the suspended solids and spent abrasive. However, these overflow to drain systems do not remove dissolved solids (Jet Edge, 2022).

3. Substituting the Abrasive Material

Environmental issues and concerns have led the researchers to use such mediums and abrasives that do not require disposal, recycling or lead to pollution. Work is going on in the area of high-pressure cryogenic jet machining where liquid nitrogen replaces the water phase and dry ice crystals (solid CO_2 crystals) replace the abrasive phase leading to no need of disposal or waste generation. The removed work material in the form of microchips can be collected much easily reducing the chances of environmental degradation (Jerman et al., 2018).

4. Garnet Extraction for Disposal

The extraction process includes the extraction of Garnet from the wastewater for its disposal. Garnet is separated by a device where dewatering of garnet sludge occurs as well. This sludge then can be disposed of easily.

5. Good Housekeeping Applications

Safe storage should be applied at the facility. The materials to be cut are set in front of the facility without any order or protection from outside conditions. They may be contaminated or deformed. Also, if the storage were to be made in an order, efficiency would increase in the facility.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Evaluate waste reduction options

Waste reduction options were all evaluated and discussed with the executive of company and three options were chosen, and the reasons are presented in below:

1. Recycling of Garnet

The management of sludge consists of garnet, dust of cutting materials and some portion of wastewater. This sludge is currently being disposed of to clear land. After evaluation of recycling garnet and substituting abrasive material, recycling garnet option is chosen due to feasibility studies. The price of liquid nitrogen is as high as 500-2000 dollars (LABRepCo, 2022). Also, some major modifications to the system are required to the water jet machine. Another option was Garnet extraction for disposal. Also, since recycling will be applied there will be no need for this process which includes purchasing of high-priced machinery. Some mini garnet recycling machines are available for installation in the facility which are about 20.000-25.000 dollars. If the price is to be too high for the company, the device may be bought together with other similar firms which are neighboring the facility.

The garnet may be disposed of properly to İzmit Waste and Waste Treatment, Incineration and Evaluation Inc. (IZAYDAŞ) since it is a hazardous sludge. The disposal prices are very high when the transportation and incineration prices are considered. Therefore, it can be stated that the machinery

purchasing is a better option for long term, than paying fees to the government or applying proper disposal.

2. Recycling of Water

Water is another issue which is not disposed of properly. The wastewater resulting from the operation contains hazardous substances. Thus, it is a better option to recycle it then to treat it since the treatment systems are more expensive. A closed loop system is sold for 14.500 dollars which is again a price which can be paid once, instead of paying fees. It also, decreases water consumption and the purchasing price can be regained in a short time due to getting rid of high prices for water supply.

3. Good Housekeeping Applications

This option is the last option left to be applied in the facility without any payment. It just requires the training of the employees. The site can be planned so that materials, manpower, electricity, water etc. do not go to waste. Also, this topic covers the management of the CNC water jet cutting device. Although many parameters cannot be altered in the device, the pressure applied can be changed according to the material to be cut. The employees said that they are unaware of this fact, and they use the same pressure for every material. Altering the pressure will make the process more efficient, decreasing water and electricity consumption. Also, the safe and categorized storage of materials are required. The waste materials can be given to recycling facilities in the Organized Industrial Area in which the AWJ Facility is located as well.

4. CONCLUSION

The cleaner production study for the abrasive CNC water jet cutting is conducted using the waste minimization method. The study is important in terms of eliminating hazardous materials discharged into nature without treatment and coming up with solutions that are applicable. The chosen cleaner production alternatives are determined as recycling of garnet, recycling of water, and good housekeeping applications. Through these cleaner production measures, more environmental-friendly and sustainable production is possible. The determined waste reduction options were discussed with the company and they agreed to work on a waste reduction action plan.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was conducted by the help of an AWJ facility. We would like to thank to Begüm Yaşarkurt, Iulian Ronin and Uğur Avdan for their support on this study.

REFERENCES

Akkurt, A. 2013. The Cutting Front Side Geometry in The Applications of D3 Cold Work Tool Steel Material Via Abrasive Water, Gazi University Journal of Science 26(2), 225-239.

Flow Shape Technologies Group, 2022. How Waterjets Work. Available at: http://www.flowwaterjet.com/en/waterjet-technology/how-waterjets-work.aspx [Access Date: 04.05.22]

Folkes, J. 2009. Waterjet—An innovative tool for manufacturing, Journal of Materials Processing Technology, 209 (20), 6181-6189.

Henning, A., Westkamper, E., 2007. Dynamic analysis of the spatial-temporal behaviour of the cutting front in abrasive waterjet cutting. American WJTA Conference and Expo., Houston, Texas, Paper 5-B.

Jerman, M., Lebar, A., Sabotin, I., Dresar, P., Valentincic, J. 2018. Ice Jet Technology, MM Science Journal, 2379-2384.

Jet Edge, 2022. Closed Loop Filtration System the Resourceful Economizer. Available at: https://jetedgewaterjets.com/products/water-jet-accessories/closed-loop-filtration-system/#:~:text=Jet%20Edge's%20eco%2Dfriendly%20Closed,before%20entering%20the%20filtration%20system. [Access Date: 05.05.22]

Khan, A.A., Ali, M.Y. 2011. Application of Silicon Carbide in Abrasive Water Jet Machining, Silicon Carbide – Materials, Processing and Applications in Electronic Devices, Edited by Moumita Mukherjee, 431-452.

LABRepCo, 2022. Liquid Nitrogen Dewars. Available at: https://www.labrepco.com/product-category/cold-storage-products/ln2-cryogenic-storage/ln2-dewars-liquid-storage/#:~:text=Liquid%20Nitrogen%20DewarsCryogenic%20Dewars,times%20even%20under%20rugged%20conditions. [Access Date: 05.05.22]

Louis, H., Von Rad, C.H. 2000. Cutting of hollow structures with abrasive water suspension jets, Proc. 15th International Conference on Jetting Technology, Ronneby, Sweden, 59-67.

MBA, 2017. 8 Rules for Recycling Abrasive Media in Blast Cabinets. Available at: https://www.mediablast.com/blog/2017/07/06/8-rules-for-recycling-abrasive-in-blast-cabinets/ [Access Date: 04.05.22]

Natarajan, Y., Murugesan, P.K., Mohan, Khan, M.S.A.L.A. 2020. Abrasive Water Jet Machining process: A state of art of review, Journal of Manufacturing Processes 49, 271-322.

Orbanic, H., Junkar, M. 2008, Analysis of striation formation mechanism in abrasive waterjet cutting, Wear, 265, 821-830.

Wang, J. 2003. Abrasive Waterjet Machining of Engineering Materials, Trans Tech Publications Ltd. Switzerland.

YÜK TAKİP SİSTEMİ

Sarp ERTÜRK
kocaeli üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
sertur@kocaeli.edu.tr

E.Basel ZIDAN
kocaeli üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
baselzeden1995@hotmail.com

Özet
Son zamanlarda imalat endüstrisinin hızlı büyümesi ile malzeme taşıyan araçlar (Kamyon, çekici, yükleyici, vb.) için hızlı gelişme ve ilerlemeler sağlamaktadır. Örneğin kereste, atık, madencilik ve inşaat gibi farklı sanayi sektörleri için taşımacılık yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sektörler malzeme taşıma ekipmanlarını ve makinelerini kullandığında karşılaşılan yaygın sorunlar kapasitenin altında yükleme, aşırı yükleme, yüklemenin zaman kaybı yaratması, yasal limitler üzerinde yükleme nedeniyle karşılaşılan trafik cezaları gibi durumlar oluşmaktadır. Bu sorunları çözebilmek için bu çalışma kapsamında gerçek-zamanlı bir yük takip sistemi tasarlanmaktadır. Bu sistem kereste, atık, genel kamyon taşımacılığı ve madencilik gibi çoğu endüstri sektörüne taşımacılık alanında fayda sağlayacak bir sistemdir. Yük takip sisteminin bazı temel özellikleri düşük işletme maliyeti, yükleme süresini azaltılması, yasal sınırlar içinde maksimum taşıma kapasitesinin sağlanması, aşırı yüklemenin ve trafik cezalarının ortadan kaldırılmasıdır. Aynı zamanda dengesiz yükleme nedeniyle araçların devrilme tehlikesi önlenmektedir. Çalışma kapsamında her türlü kamyonlara veya araclara uyarlanabilir bir sistem hedeflenmektedir. Bu sistem yüklemeyi en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olurken maliyetleri düşürecek ve bu sayede kazanç sağlayarak aynı zamanda aşırı yükleme cezalarından kaçınma sağlamaktadır. Araçlar aşırı yük taşıdığında bu sistem olmadan tehlikeli bir durum söz konusu olduğundan aynı zamanda şoförler stres yaşamaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilecek sistem sayesinde gerçek-zamanlı yük takibi sağlanarak araçlar yükünün anlık ve sürekli görüntülenmesi sağlanmaktadır. Sistem, araçlar platformunun altına monte edilen sensörler tarafından gerçekleştirilmekte olup, sensörlerden alınan verilerin işlenmesiyle gerçek ağırlık ekranda gösterilmektedir. Ölçüm sisteminin doğruluğunu belirlemek için kontrollü koşullar altında doğrulama çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca, kuvvetli rüzgar gibi çevre şartları ve yol koşulları gibi araçları etkileyecek/sallayacak şekilde oluşan gürültü/ titreme gibi etkenler de dikkate alınmaktadır.Bu çalışmada elde edilen sonuçlar diğer literatürdeki çalışmalara göre iyi bir performans göstermektedir.

Anahtar Kelimeleri: Aşırı Yükleme , Sensörler , Takip Sistemi , Araçlar , Veriler , Yük

LOAD TRACKING SYSTEMS

Abstract
Recently with the rapid growth of the manufacturing industry, it provides rapid development and progress for material carrying vehicles (Truck, tractor, loader, etc.). Transport is widely used for different industrial sectors, for example timber, waste, mining and construction. Common problems encountered when these sectors use material handling equipment and machinery include under-capacity loading, overloading, time-consuming loading, traffic fines due to loading above legal limits. In order to solve these problems, a real-time load tracking system is designed within the scope of this study. This system is a system that will benefit most industry sectors in transportation, such as timber, waste, general trucking and mining. Some of the main features of the load tracking system are low operating cost, reduction of loading time, maximum carrying capacity within legal limits, and elimination of overloading and traffic fines. At the same time, the danger of tipping over of vehicles due to unbalanced loading is prevented. Within the scope of the study, a system that can be adapted to all kinds of trucks or vehicles is targeted. This system will help to maximize loading while reducing costs, thus providing profit and avoidance of overloading penalties at the same time. When the vehicles carry an overload, there is a dangerous situation without this system, and at the same time, the drivers experience stress. Thanks to the system to be developed within the scope of the study, real-time load tracking is provided

and instant and continuous monitoring of the vehicle load is ensured. The system is carried out by sensors mounted under the vehicles platform, and the actual weight is displayed on the screen by processing the data received from the sensors. Verification studies are carried out under controlled conditions to determine the accuracy of the measurement system. In addition, factors such as environmental conditions such as strong winds and road conditions such as noise / vibration that will affect / shake the vehicles are also taken into account. The results obtained in this study show a good performance compared to the studies in the other literature.

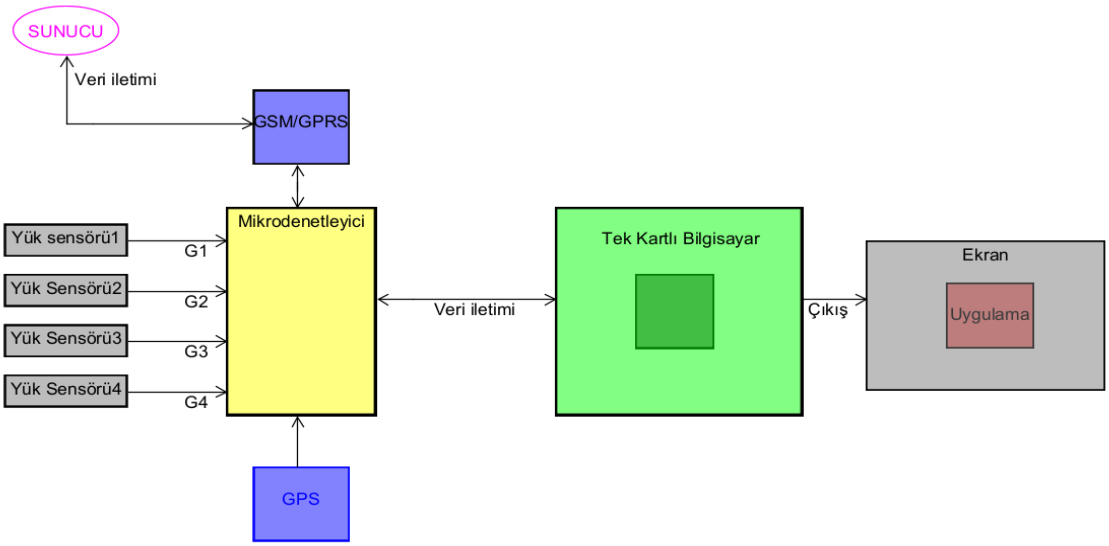
Keywords: Overload , Sensors , Tracking System , Vehicles , Data , Load

1. GİRİŞ

Spesifik izleme uygulamalarının çözümlerine yönelik sürekli artan talebe yanıt olarak algılama teknolojilerinde yeni gelişmeler ortaya çıkmıştır. Daha hızlı ve daha yüksek hassasiyetli Ölçüm sistemleri üretilmiştir. Konvansiyonel tasarımlardaki problemler yeni ve heyecan verici yeniliklere yol açmıştır.Bu sistemlerden tartım sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu sistemler yük taşıma yönteminde bir devrim yaratmıştır. Tartım sistemleri kamyon gibi Madencilik, inşaat ve diğer ağır kullanıma yönelik özel araçlar için tasarlanmıştır.Bu araçların yüksek yükler altında çalıştığı için sürekli bir kaza riski taşır, dinamik dengesini tehlikeye atar ve şoförleri stres durumuna düşürebilir.Bu sorunların çözümünü icat edebilmek için otomatik ve sürekli yük takip sistemi yapılmaktadır. Yükleri takip edebilmek için yük takip sisteminin konusu ile ilgili literatürde farklı farklı yöntemleri vardır. Sensör olarak literatürdeki bulunan çalışmaların çoğu gerinim ölçer ve yük hücresi sensörlerini kullanmıştır. Bu sensörlerden elde edilen sonuçlar iyi performansa sahip olduğunu bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan sensörler diğer çalışmalara göre farklı sensörler kullanılmaktadır. Bu sensörlerden araç üzerinde 4 adet takıldığı için yüksek performanslı sonuçları elde etmeye çalışmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma kapsamında yapılan yük takip sistemi ile ilgili ilk önce işlemci geliştirme kartı hakkında detaylı bir şekilde araştırılıp bir kart seçilmektedir. Android işletim sistemi işlemci geliştirme kartına yüklenebilmesi için bir arayüz kullanılmaktadır. İşlemci geliştirme kartını çalıştırıldıktan sonra kartın ekranı istediğimiz çözünürlük ile ayarlanmaktadır. Android işletim sisteminin hakkında araştırılıp android işletim sisteminin üzerinde uygulamaları geliştirbilmemiz için gerekli tümleşik geliştirme ortamı(IDE) kullanılmaktadır. Android üzerinde uygulamalar geliştirilmektedir. Sistemde kullandığımız sensörlerin ve GPS'in verilerini alabilmemiz için bir mikrodenetleyici kullanılmaktadır. Sensörlerin verilerini uygulamaya gösterebilmemiz için wifi üzerinde gönderilmektedir. Sensörlerin ve GPS'in verileri GSM/GPRS modülü üzerinde sunucuya da aktarılmaktadır.Sonuç olarak sensörlerden aldığımız veriler sürekli ekrana gösterilmektedir.



Şekil 1. Tasarladığımız Yük Takip Sistemi

Bu çalışmada yapılan yük takip sisteminin kullanıldığı malzemeler aşağıdaki gibi gösterilmektedir.
Işlemci Geliştirme Kartı: işlemci geliştirme kartı üzerinde çalışan uygulamalar için kod geliştirilmesini sağlamaktadır. Çalışma kapsamında açık kaynaklı, açık donanım bir sistem kullanılmaktadır. Bu kartların kurulumu kolaydır ve güçlüdür. Gömülü programlama olarak Android desteğini almaktadır. Düşük maliyeti ve gömülü sistemler için çok iyi bir çözüm hedeflenmektedir.

Kablosuz Haberleşme Desteği(Wifi): aygıtların yerel alan ağları ve internet erişimi için yaygın olarak kullanılan ve yakındaki dijital aygıtların radyo dalgalarıyla veri alışverişi yapmasına izin veren IEEE 802.11 standartları ailesine dayanan bir kablosuz ağ protokolleri ailesidir. Masaüstü ve dizüstü bilgisayarları, tablet bilgisayarları, akıllı telefonları, akıllı TV'leri, yazıcıları ve akıllı hoparlörleri birbirine bağlamak için kullanır. Bu çalışma sürecinde sensörler için Wi-Fi bağlantısına sahip kablosuz bir haberleşme sistemi kullanılmaktadır.

GSM: avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) tarafından cep telefonları ve tabletler gibi mobil cihazlardaki kullanılan ikinci nesil (2G) dijital hücresel ağları için protokollerin tanımlamasına geliştirilmiş bir standarttır.

GPS : Amerika Birleşik Devletleri hükümetine ait olan ve Birleşik Devletler Uzay Kuvvetleri tarafından işletilen uydu tabanlı bir radyo navigasyon sistemidir.Dört veya daha fazla GPS uydusuna engelsiz bir görüş hattının olduğu Dünya üzerinde veya yakınında herhangi bir yerde bulunan bir GPS alıcısına konum ve zaman bilgisi sağlayan küresel navigasyon uydu sistemlerinden (GNSS) biridir.

Yer değiştirme Sensörü: Bu sensör yaylı süspansiyona sahip araçlar için, araçların yüklenmesi ve boşaltılmasının yeri hakkında veri alınması sağlamaktadır.

Ekran: ince film transistörlü sıvı kristal ekran , adreslenebilirlik ve kontrast gibi görüntü kalitelerini iyileştirmek için ince film transistör teknolojisini kullanan sıvı kristal ekranın bir çeşididir. Ekranlar, televizyon setleri, bilgisayar monitörleri, cep telefonları, el cihazları, video oyun sistemleri, kişisel dijital asistanları, navigasyon sistemleri, projektörler ve otomobillerdeki gösterge panoları gibi cihazlarda kullanılmaktadır.

Mikrodenetleyici(MCU): tek bir metal oksit yarıiletken (MOS) tümleşik devre (IC) yongası üzerindeki küçük bir bilgisayardır. Bir mikrodenetleyici, bellek ve programlanabilir giriş/çıkış çevre birimleri ile birlikte bir veya daha fazla CPU (işlemci çekirdeği) içerir. Mikrodenetleyiciler, kişisel bilgisayarlarda veya çeşitli ayrık yongalardan oluşan diğer genel amaçlı uygulamalarda kullanılan mikroişlemcilerin aksine gömülü uygulamalar için tasarlanmaktadır.

Bu çalışmada tasarlanan yük takip sistemi avantajları ve amaçları aşağıdaki gibi gösterilmektedir.
1- Sürücü doğru yük ve dolum oranlarını kontrol ettiği için insan gücünden ve zamandan tasarruf sağlar.
2- kamyonun aşırı yüklenmesini önler.
3- Aşırı yüklemeyi ve trafik cezalarını ortadan kaldırır.
4- Yükleme süresini azaltır.

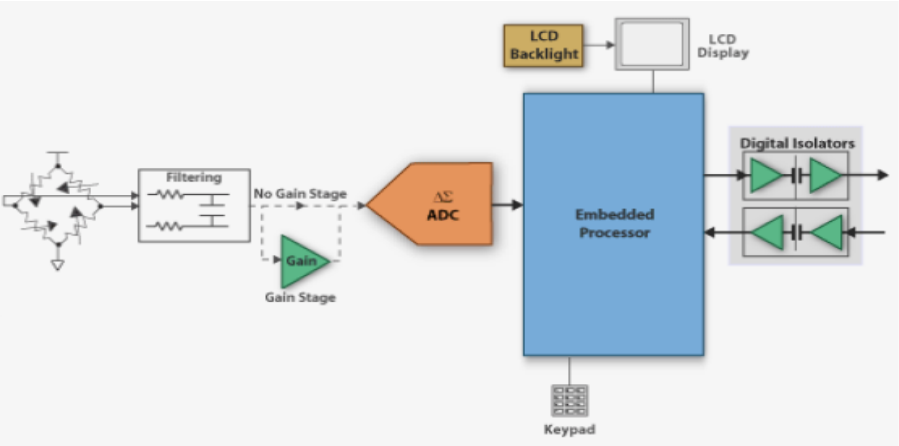
3. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında yük takip sistemi tasarlanmaktadır. Ilk önce yer değiştirme sensörlerin verileri alınıp wifi modülün üzerinde test amaçlı olarak wifi seri terminal programına gönderilmektedir. Aracın konumunu öğrenmek için GPS modülü kullanılmaktadır. Sensörlerden ve GPS modülünden aldığımız veriler hem ekrana hem de servere gösterilmektedir. Bu çalışmada şimdiye kadar gelebildiğimiz nokta sensörlerin montajıdır. Bu çalışmada dikkat edilecek noktalar vardır. En önemli püf noktaları aşağıda gibi gösterilmektedir.
1- Beklenen yük miktarı
2- Araç tipi
3- Araç ağırlığı

Bu çalışmada Geliştirdiğimiz yöntemin diğer literatürdeki çalışmalara göre iyi performanslı ve daha kapsamlı olduğunu gösterilmektedir.

4. TARTIŞMA

Literatürdeki çalışmaların çoğu PIC mikrodenetleyicisi yardımı ile yük hücresi veya gerinim ölçer sensörlerin verilerini alıp ekrana gösterilmektedir. Bu çalışmalar sadece sensörler ile ilgili odaklanmaktadır. Yük takip sistemin elekteroniği ile ilgili değmemektedir. Aşağıda görüldüğü gibi literatürdeki bulunan çalışma sistemi gösterilmektedir.



Şekil 2. Literatürdeki Bulunan Yük Takip Sistemi

Bu çalışma kapsamında yük takip sistemin elektroniği ile ilgili iyi geliştirme kazanmaktadır. Kullandığımız yöntem hem sensör çalışma prensibi hem de elektronik sistemi ile ilgili çalışma altına alınmaktadır. Bu sistem üzerinde istediğimiz uygulama geliştirilmektedir. Bu çalışmanın zorlanan yerleri ağır araçlarda sensörlerin montajı yapılmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında yaptığım araştırmalarda değerli bilgisi ve yönlendirmesiyle bana hepyardımcı olan danışman hocam Prof.Dr. Sarp Ertürk'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bana her daima ve her koşulda destek olan aileme ve nişanıma minnet duygularımı beyan ederim.

KAYNAKLAR

(Marko Hrovat ve ark., 2003) Thick-film resistors on various substrates as sensing elements for Strain-gauge applications. a Jožef Stefan Institute,39, SI-1000 Ljubljana, Slovenia. b HIPOT-R&D, d.o.o.,7, SI-8310 Sentjernej, Slovenia. c Vienna University of Technology,27-27, 1040 Vienna, Austria. d Wroclaw University of Technology, 27, 50-370 Wroclaw, Poland. Sensors and Actuators A 107 261–272 .

(S.K.Yang ve ark. 2008), Automatic measurement of payload for heavy vehicles using strain gauges. Department of Automation Engineering, National Chin Yi University of Technology, Taichung 411, Taiwan, ROC. Department of Mechanical Engineering, National Chiao Tung University, Hsinchu 300, Taiwan, ROC. Measurement 41 491–502.

Technoton , L. (2021), AXLE LOAD SENSORS:OPERATION MANUAL, 20 mayıs 2021 tarihinde : https://www.sensors.nl/wpcontent/uploads/2021/12/GNOM_Operation_manual_v_4.0.pdf adresinden alındı.

URL-1: https://embeddedartistry.com/fieldmanual-terms/microcontroller-unit/, (10 Şubat 2021).

URL-2: https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/microcontroller, (18 Şubat 2021).

URL-3: https://maker.robotistan.com/mikrodenetleyici-mikroislemci/, (28 Şubat 2021).

URL-4: https://community.nxp.com/t5/University-Programs-Knowledge/MCU-101-Pulse-Width-Modulation/ta-p/1114629, (8 Mart 2021).

URL-5:https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_timer_counter.htm,(19 Haziran 2021).

URL-6: https://www.lifewire.com/what-is-google-android-1616887, (9 Ekim 2021).

URL-7: https://www.tutorialspoint.com/android/android_overview.htm, (1 Şubat 2022).

URL-8: https://www.tutorialspoint.com/android/android_environment_setup.htm,(9 Nisan 2022).

PTFE KOMPOZİYONLARININ ELASTİKİYET VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

HAZAL ENGİN KILIÇARSLAN
Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat/Kimya, MALZEME AR-GE
hazal.kilicarslan@suptex.com, ORCID ID: 0000-0002-0057-5416

BÜŞRA AKTAŞ
Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat/Fizik, Mekanik AR-GE
busra.aktas@suptex.com, ORCID ID: 0000-0001-6905-5542

ONUR ER
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik/Makina Mühenedisliği, MALZEME AR-GE
onur.er@suptex.com, ORCID ID: 0000-0003-3349-6340

Özet
Polimerler, son 25-30 yıl içerisinde önemli gelişmeler göstererek günlük hayatımızda ve endüstrinin hemen hemen her dalında kullanılan malzemeler haline gelmişlerdir. Polimerler, yapıları gereği diğer malzemelerden farklıdırlar ve kullanım alanları giderek genişlemektedir. Birçok üstün özelliğinin yanı sıra mekanik özellikler açısından değerlendirildiğinde kullanım alanına göre sertlik, dayanıklılık gibi özelliklerinin düşük olması plastik malzemelerin güçlendirilmesi ve geliştirilmesi için çeşitli iyileştirmeler yapılmasına neden olmuştur. Polimerlerin istenen özelliklere sahip olması için farklı güçlendirici katkılar ile kopolimerizasyon gerçekleşir. Kopolimerizasyon sonucunda fiziksel ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş kompozit malzemeler elde edilmektedir. Özellikle, polimer kompozitler yüksek mukavemet, termal kararlılık, sertlik ve aşınma direnci gibi özellikleri ile kullanım alanlarına göre avantaj sunarlar. Teflon adı verilen ve günümüzde de daha çok bu ad ile bilinen politetrafloroetilen (PTFE), flor atomları ile doymuş uzun lineer karbon zincirinden oluşur. Çalışmamızda ~500 µm boyutlarında saf toz PTFE ve ~750 µm boyutlarında %80 saf + %15 cam elyaf + %5 grafit katkılı toz PTFE kullanılmıştır. PTFE tozları sabit 40 bar – 5dk bekleyerek preslenmiş ve preform yapılar hazırlanmıştır. Tüm preform yapılar belirlenen sinterleme programında sinterlenerek yaşlandırma yapılmıştır. Firma bünyesinde PTFE dudaklı keçelerin çalışma ortamında temas halinde bulunduğu yağ/gres göz önünde bulundurularak preform yapıların yaşlandırma koşulları belirlenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek adına her iki malzemeden hazırlanan numunelere oda sıcaklığında; motor (5W-30) yağında ve aeroshell (turbine oil 555) yağında 100C^{o} 72h yaşlandırılmıştır. Yaşlandırma sonrası hazırlanan numunelere çekme ve üç nokta eğme testleri yapılmıştır. Kopma uzaması test sonuçlarında saf PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin oda sıcaklığında ve aeroshell (turbine oil 555) yağında yaşlandırma sonrası test sonuçları %80 saf +%15 cam elyaf +%5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin test sonuçlarından daha iyi bulunmuştur. Eğme mukavemeti test sonuçlarıda benzer eğilim göstermekte ve saf PTFE malzemeye ait numunelerin test sonuçları 3 farklı ortamda da %80 saf +%15 cam elyaf + %5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: PTFE, çekme testi, üç nokta eğme testi, cam elyaf, grafit

INVESTIGATION OF ELASTICITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF PTFE COMPOSITIONS

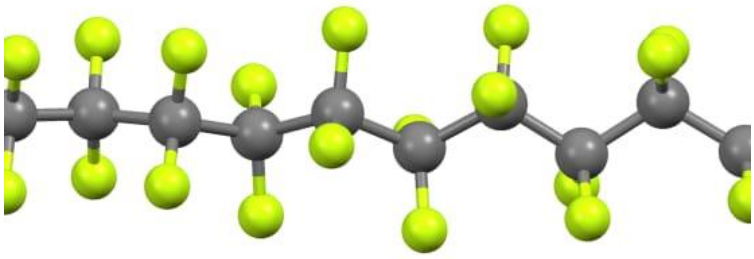
Abstract
Polymers have become the materials used in our daily life and in almost every branch of industry by showing significant developments in the last 25-30 years. As a result of copolymerization, composite materials with improved physical and mechanical properties are obtained. In particular, polymer composites offer advantages with respect to their usage areas with their features such as high strength, thermal stability, hardness and wear resistance. Polytetrafluoroethylene (PTFE), called Teflon and still more commonly known by this name, consists of a long linear carbon chain saturated with fluorine atoms. In our study, pure powder PTFE with dimensions of~500 µm and powder PTFE with dimensions of~750 µm, 80% pure + 15% glass fiber + 5% graphite were used. PTFE powders were pressed by

waiting 40 bar – 5 minutes and preform structures were prepared. All preform structures were sintered and aged in the determined sintering program. The aging conditions of the preform structures were determined by considering the oil/grease that PTFE lip seals are in contact with in the working environment. In order to be able to compare, samples prepared from both materials at room temperature; aged at 100Cº 72h in engine (5W-30) oil and aeroshell (turbine oil 555) oil. Tensile and 3point bending tests were performed on the samples prepared after aging. In the elongation test results, the test results of the samples prepared with pure PTFE material after aging at room temperature and in aeroshell (turbine oil 555) oil were found to be better than the test results of the samples prepared with 80% pure +15% glass fiber + 5% graphite added PTFE material. The flexural strength test results show a similar trend and the test results of the samples of pure PTFE material were found to be higher than the values of the samples prepared with 80% pure +15% glass fiber + 5% graphite added PTFE material in 3 different environments.

Keywords: PTFE, tensile test, three-point bending test, glass fiber, graphite

1. GİRİŞ

Politetrafloroetilen (PTFE), Teflon (Dupont tescilli markası), Fluon (ICI tescilli markası), Hostaflon ticari isimleri ile tanınan bir floropolimerdir. DUPONT laboratuarlarında ki bulunuşunun ardından Teflon adı verilen ve günümüzde de daha çok bu adla tanınan PTFE, flor atomları ile doymuş uzun bir lineer karbon zincirinden oluşur. Genel formülü $(C_2F_4)_n$' dir. Molekül yapısı ve flor atomlarının karbon atomları ile çok kuvvetli bağlar oluşturması sebebi ile diğer plastiklerde bulunmayan özelliklere sahiptir. (Luo W., Liu Q., Li Y., Zhou S. Zou, H. ve Liang, . 2016)



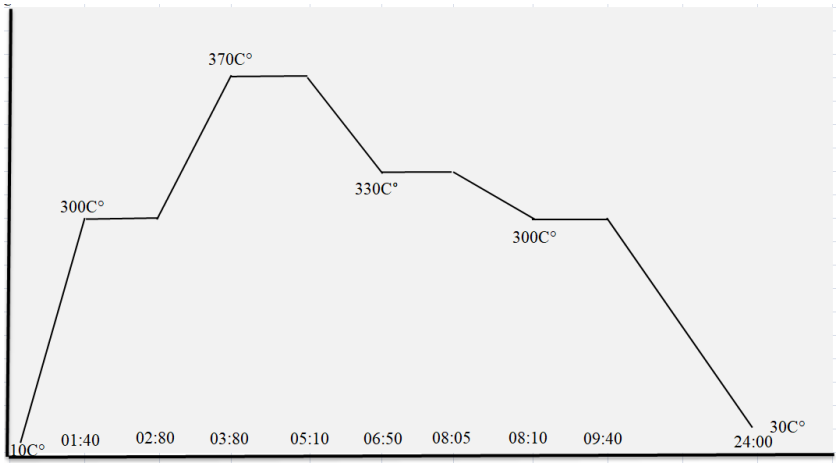
Şekil 1. PTFE yapısında C ve F atomlarının dizilişi.

PTFE, sadece karbon ve flor atomları içeren, moleküler ağırlığı yüksek bir malzemedir. Bu malzeme, oda sıcaklığında katı halde bulunur. PTFE hidrofobik olduğundan su yüzeyini ıslatamaz. Ayrıca, yapışmaz kaplamada aktif olmayan ve kullanışlı bir malzeme olarak kabul edilir. Bu aktif olmayan yapı, CF bağının gücünden kaynaklanmaktadır. Bu özelliğinden dolayı PTFE, kap ve boru imalatında kullanışlıdır. Ayrıca bu malzemeyi kayganlaştırıcı olarak da kullanabiliriz. Bir yağlayıcı olarak sürtünmeyi ve makinelerin enerji tüketimini azaltabilir. (Kumar, R. Malaval, B. Antonov, M. Zhao, G. 2020) Ayrıca, bu malzeme hemen hemen tüm çözücülerde az çözünür. PTFE oda sıcaklığında beyaz, kristal yapıda ve sünektir. Erime sıcaklığı 327Cº ve 340Cº sıcaklığın üzerine ısıtıldığında, saydam ve amorf yapıya ulaşır, ancak soğutulduğunda tekrar normal halini alır. Çok düşük sıcaklıklarda Teflon, kendinden yağlama özelliği ile çok yüksek mukavemet ve tokluk gösterir. Yüksek sıcaklıklarda da iyi bir esnekliğe sahiptir.Yüksek ısı kararlılığı, düşük sürtünme katsayısı ve yapışmazdık özellikleri ile ön plana çıkan bir termoplastik malzemedir. Düzgün, sağlam ve kararlı moleküler yapısı PTFE'nin sürtünme katsayısının oldukça düşük seviyelerde olmasının sebeplerindendir. Kimyasal dayanımı yüksek olup, bunun sonucunda kimya ve gıda sanayisinden uzay sanayisine kadar oldukça geniş kullanım alanları vardır. Sıcaklığa dayanımları oldukça iyi olduğundan -200°C'den +260°C'ye kadar olan sıcaklık bandında güvenli bir şekilde kullanılabilirler. PTFE'nin sanayide sızdırmazlık contası başta olmak üzere, muhtelif makina parçası ve piston segmanı gibi geniş kullanım alanları da mevcuttur. (Arıcasoy, O. 2006) (A., 2007) PTFE'nin yarı mamül olarak üretimi piyasada bilinen termoplastik üretiminden farklılık göstermektedir. PTFE tozları çok çeşitli üretim teknikleri kullanılarak yarı mamul haline getirilir. En çok bilinen ve tercih edilen üretim yöntemi kalıplama yöntemi ile üretimdir. Bu yöntem PTFE tozunun uygun kalıpta şekillendirildikten sonra oluşan mamulün kalıptan çıkarılması ve kalıptan çıkan bu ürünün sinterleme fırınlarında kristallenme noktasının üzerindeki bir sıcaklığa maruz

bırakılarak PTFE parçacıklarının birleşmesinden oluşur. (Özsoy, N. 2015) (Kedkar, J. ve Negulescu, I. 2002) (Wiley, J. Inc, S. 2002) PTFE'yi kalıpta sıkıştırma yani preformlama PTFE toz tanecikleri içerisindeki boşluğa ve bundan dolayı yoğunluğa etki etmekte, sinterleme ise molekül ağırlığını kontrol etmekte ve soğutma oranı ise kristallenmeyi belirlemektedir. Preformlama sırasındaki PTFE parçacıklarının yetersiz birleşmesi üretilmiş olan yarı mamulde PTFE'nin gözenekli olarak çıkması ile belli olur. Sinterleme sıcaklığının çok yüksek veya çok düsük olması preform yapıdaki boşluk içeriğini artırır. Aynı zamanda aşırı derecede yüksek sinterleme sıcaklığı molekül ağırlığını düşürür. Kristallenme, polimerin molekül ağırlığına ve soğutma hızına bağlıdır. PTFE'de kristallenme derecesi soğutma şartlarından etkilenir. Kristallenme hızlı soğutma ile düşerken, soğutmanın yavaş olması ile birlikte artmaktadır. Sıcaklık etkisi ile birleşmesinden sonra sinterlenmiş PTFE ürünü kontrollü olarak soğutulur.Sinterleme işlemi üç aşamalıdır. Bunlardan birincisi ısı artışı evresi, ikincisi sinterleme sıcaklığında (en yüksek sıcaklıkta) bekleme evresi ve sonuncusu ise soğutma evresidir. (Samyn, P. De Baets, P. ve Schoukens, G. 2009) PTFE'nin homojenliğini artırmak için preform numune 360-380°C aralığında ısıtılır. Sinterleme sıcaklığı PTFE preformunun kesit kalınlığı ile ilgilidir. Soğutma evresi, kristal yapısını ve diğer malzeme özelliklerini etkilediğinden dolayı soğutma hızı iyi kontrol edilmelidir. Sinterleme süresince PTFE yapısında bazı değişimler olur. Bu yüzden dolayı, sinterleme işlemindeki sıcaklık değişimleri üç bölgeye ayrılabilir. (Ezdesir, A. Erbay, E. Taskıran,Yagcı M, A. Cöbek, M. Bilgiç, T. 1999) (X, Chen. S, Hui. 2008) Bu üç bölge ısı artısı bölgesi, en yüksek sıcaklıkta bekleme bölgesi ve soğutma bölgesinden oluşmaktadır. Polimerlerin çekme ve kopma dayanımları genelde metallerinkinden daha düşük değerlerdedir. Aşınma dayanımı ve sürtünme katsayısı plastikler için önemli bir özelliktir. Polimerlerin katı, yumuşak veya elastik olmalarını nitelendiren önemli bir kavram "Kohezyon enerjisi yoğunluğudur". Moleküllerin çekim enerjilerinin yüksek veya düşük olduğu oranlarda plastikler katı veya yumuşak olabilmektedir. Plastiklere uygulanan çekme davranışı PTFE için de geçerlidir. PTFE'nin preformlama koşulları yarı-mamul PTFE'nin mekanik özellikleri üzerinde etkilidir. Genel olarak düşük preform basınç koşullarında üretilen PTFE yarı mamuller ile daha yüksek basınçta üretilen PTFE'nin özellikleri birbirinden farklılık gösterir. (Yasar, H. 1992) (Pıhtılı, H. ve Tosun, N. 2022) (Sujuan, Y. Xingrong, Z. 2014)

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan saf PTFE malzeme Chemours Teflon 807NX ve tanecik boyutu ≈ 500um dir. Saf PTFE malzemeye grafit ve cam elyaf katkılarının fiziko-mekaniksel özelliklere etkisini incelemek amacı ile %15 cam elyaf + %5 grafit katkılı toz PTFE tedarik edilmiştir.



Şekil 2. Preform yapılara ait sinterleme programı

Saf PTFE malzeme ile karşılaştırmak üzere çalışmamızda ≈ 750 um tanecik boyutuna sahip %15 cam elyaf + %5 grafit katkılı toz PTFE malzeme kullanılmıştır. Toz formundaki malzemeler firma bünyesinde hazırlanan hem çekme-kopma testi hem de 3-nokta eğme testi kalıpları ile preslenmiştir. Toz formundaki her iki malzemede 40bar basınç ve 5dk beklenerek preslenmiş ve preform yapılar hazırlanmıştır. Numunelerde gaz çıkışının tamamlanması için hazırlanan peform yapılar 1gün bekletildikten sonra sinterleme fırınlarına alınarak belirlenen uygun sinterleme programı (Tablo 1.) ile

sinterlenmiştir. Sinterleme sonrasında numuneler yaşlandırmaya alınmıştır. Yaşlandırma sonrasında teste gönderilmiştir. Çalışmamızın bundan sonraki projelere veri sağlayabilmesi ve ürün yelpazesi çeşitliliğine yararlı olabilmesi için motor yağı 5w-30 ve aeroshell (turbine oil 555) yağları seçilmiştir. Her iki yağda ester bazlı sentetik yağdır. Çalışmamızda numuneleri yaşlandırmak amacı ile kullandığımız bu iki yağı seçerken firma bünyesinde PTFE dudaklı ürünlerin çalışma ortamlarında temas halinde bulunduğu/bulunacağı yağ türleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Test sonuçlarını karşılaştırabilmek için her iki malzemeden eşit sayıda numuneler hazırlanmıştır. Numuneler Tablo 2. de belirtildiği gibi 0 dan başlayarak 11'e kadar numaralandırılmıştır. Toz formundaki iki farklı malzemeden hazırlanan çekme-kopma ve 3 nokta eğme numuneleri motor yağında (5w-30) ve aeroshell (turbine oil 555) yağında $100C^0$ lik etüvlerde 72h yaşlandırmaya tabi tutulmuştur. Şahit numune olarak her iki toz formundaki malzemeden hazırlanan numuneler laboratuvar ortamında şartlandırılmıştır.

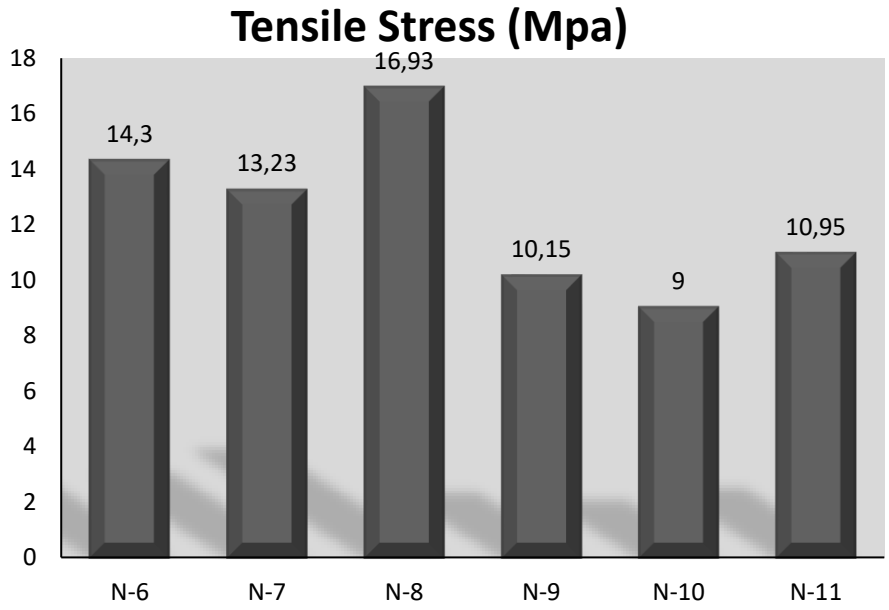
Tablo 1. Hazırlanan numunelerin kodları ve hazırlama bilgileri

Üç Nokta Eğme Numuneleri				
Numune No:	**Yaşlandırma Test Şartları (100C°72h)**	**Malzeme**		**Preform Yapı Şartları**
		Saf PTFE	**Katkılı PTFE**	**Basınç (Bar) / Bekleme (Dk)**
N-0	Lab.Ortm.Şart.	x	N/A	40/5
N-1	Motor Yağı (5W-30)	x	N/A	40/5
N-2	Aeroshell (turbine oil 555) Yağı	x	N/A	40/5
N-3	Lab.Ortm.Şart.	N/A	x	40/5
N-4	Motor Yağı (5W-30)	N/A	x	40/5
N-5	Aeroshell (turbine oil 555) Yağı	N/A	x	40/5
Çekme-Kopma Numuneleri				
Numune No:	**Yaşlandırma Test Şartları (100C°72h)**	**Malzeme**		**Preform Yapı Şartları**
		Saf PTFE	**Katkılı PTFE**	**Basınç (Bar) / Bekleme (Dk)**
N-6	Lab.Ortm.Şart.	x	N/A	40/5
N-7	Motor Yağı (5W-30)	x	N/A	40/5
N-8	Aeroshell (turbine oil 555) Yağı	x	N/A	40/5
N-9	Lab.Ortm.Şart.	N/A	x	40/5
N-10	Motor Yağı (5W-30)	N/A	x	40/5
N-11	Aeroshell (turbine oil 555) Yağı	N/A	x	40/5

PTFE malzeme ile hazırlanan numunelere ait testler firma bünyesinde yapılamadığı için her iki testte Gebze Teknik Üniversitesi malzeme laboratuarın da yaptırılmıştır. Çekme deneyleri Astm D4894-19 ve Astm D3294-15 metotlarına uygun olarak yapılmıştır. Üç nokta eğme testi ise ASTM D695 standardına uygun olarak yapılmıştır. Her iki test içinde çift tekrar çalışılacak şekilde numune hazırlanmış ve testler yapılmıştır. Sonuçların ortalaması alınarak test sonucu olarak değerlendirilmiştir. Eğme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılır. Eğme deneyi testi için TSE' nin TS 205 tanımlarına bakacak olursak, iki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının yön değiştirmeksizin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan biçim değiştirmesi olarak tanımlanır. Deney sonucunda çekme mukavemeti, kopma uzama değeri, akma değeri, elastik modülü, kopma büzülmesi ve tokluk gibi değerler vermektedir. Çalışmada değerlendirmeye alacağımız çekme mukavemeti malzemenin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabildiği en yüksek çekme gerilmesi en yüksek kuvvet ile bulunur ve çekme mukavemeti olarak adlandırılır. Çekme deneyi malzemenin mekaniksel özelliklerini ortaya çıkarmak için kullanılan en yaygın testlerdendir. Bu testten elde edilen veriler mühendislik hesaplarında (modelleme) da kullanılmaktadır. Firma bünyesinde modellenecek teflon dudaklı keçeler için her iki malzemeye ait testler sonraki çalışmalarda kullanılacaktır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

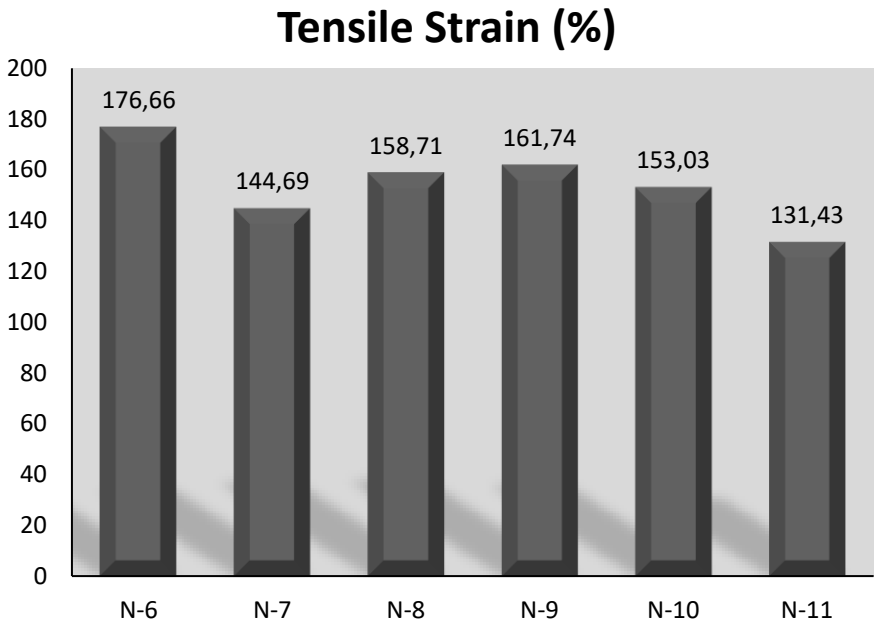
Çalışmada hazırlanan 6 farklı numuneye ait çekme-kopma testi sonuçları incelendiğinde ilk 3 sütun saf PTFE malzemeye ait sonuçları (N-6, N-7, N-8) gösterirken son 3 sütun (N-9, N-10, N-11) %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeye ait sonuçları göstermektedir. N-6 ve N-9 oda sıcaklığında, N-7 ve N-10 motor yağında (5w-30) , N-8 ile N-11 ise aeroshell (turbine oil 555) yağında 100C° 72h yaşlandırma uygulanan ve daha sonra çekme-kopma testi yapılan numunelere ait sonuçlardır. Her iki malzemede de aeroshell (turbine oil 555) yağına maruz kalan N-8 ve N-11 numunelerinin çekme mukavemeti malzeme bazlı yüksek değere sahiptir. Aeroshell (turbine oil 555) yaşlandırma sonucunda her iki malzeme türündede çekme mukavemeti yüksek çıkmıştır. Aeroshell (turbine oil 555) yağının yumuşatıcı etkisi ile sertlik düşmüş ve çekme mukavemetinde artış gözlenmiştir. Malzeme karşılaştırılması yapmamız gerektiğinde saf PTFE ait çekme-mukavemeti değerleri %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzeme ait çekme-mukavemeti değerlerinden yüksek bulunmuştur.



Şekil 3. Saf PTFE ve %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeye ait çekme mukavemeti değerleri

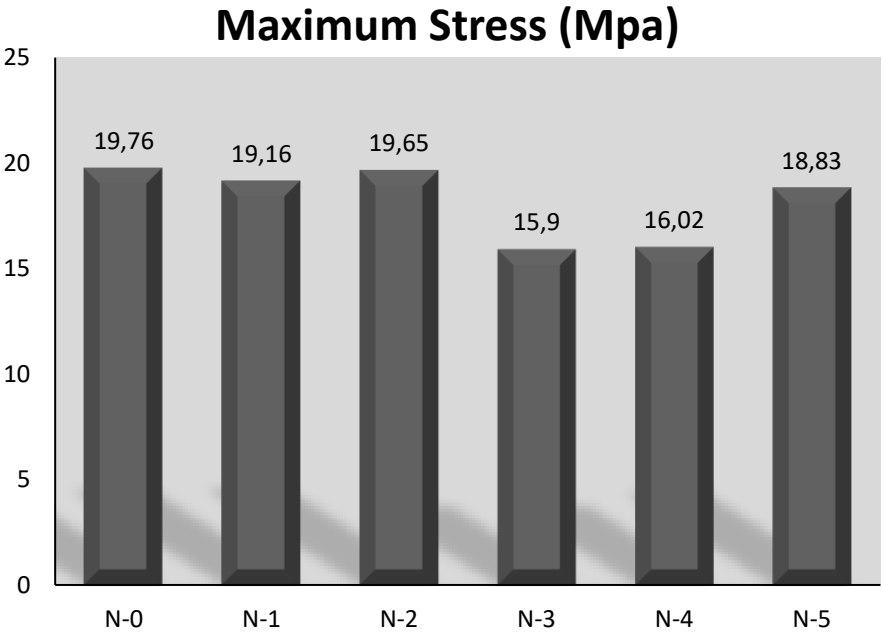
%15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeye ait sonuçların birbirine yakınlığı cam elyaf ve grafit katkılarının yapıları itibariyle farklı yaşlandırma ortamları olsa bile rijitlik sağladığı ve çekme mukavemetini etkilemediği görülmektedir. Yine malzeme bazlı değerlendirme yaptığımızda N-7 ve N-10 numunelerinin çekme mukavemeti değeri en düşük bulunmuştur. Motor yağının (5w-30) PTFE malzemeyi olumsuz etkilediği test sonuçları ile desteklenmektedir. Kopma uzama test sonuçları incelendiğinde ise saf PTFE malzemede en iyi kopma uzama değeri N-6 ile oda sıcaklığındaki numune daha sonra N-8 ile aeroshell (turbine oil 555) yağında yaşlandırma yapılmış numune ve en son N-7 ile motor yağında (5w-30) yaşlandırılmış numunededir. Her iki yaşlandırma ortamının saf PTFE malzemeyi olumsuz etkilediği test sonuçlarından görülmektedir. %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeye ait sonuçlar incelendiğinde en iyi sonuçlar N-9 ile oda sıcaklığındaki numune daha sonra N-10 ile motor yağında (5w-30) yaşlandırma yapılmış numune ve en son N-11 ile aerolshell yağında yaşlandırılmış numunededir. Cam elyaf ve grafit katkısının etkisi ile numuneler motor yağından (5w-30) olumsuz etkilenmemiştir. Malzeme bazlı kopma uzama sonuçları değerlendirildiğinde saf PTFE malzemede motor yağının (5w-30), %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemede ise aeroshell (turbine oil 555) yağının olumsuz etkisi görülmektedir. Her iki malzeme kendi içerisinde değerlendirildiğinde en iyi kopma uzama değerinin oda sıcaklığı şartlarındaki numunelere ait olduğu görülmektedir. Her iki malzemeye ait test sonuçları incelendiğinde test sonuçlarının biribirlerine yakın değerlerde çıktığı dikkat çekmektedir. Her iki malzemeye ait grafiklerde plastik deformasyon bölgesi benzerlik göstermektedir. Şekil 5. de saf PTFE ve %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeler

ile hazırlanan numunelere ait eğme deneyi sonucunda elde edilen eğme mukavemeti sonuçları verilmiştir.



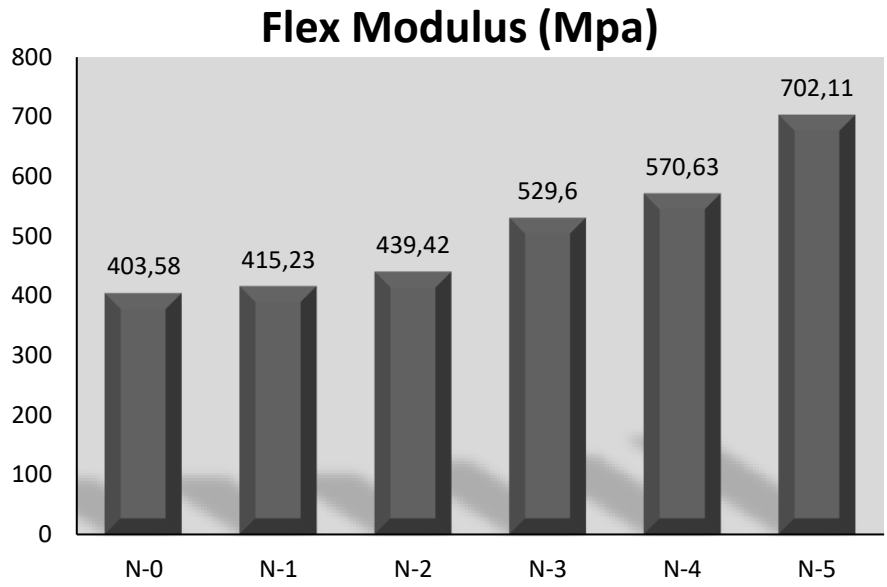
Şekil 4. Saf PTFE ve %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeye ait kopma uzama değerleri.

Saf PTFE malzeme ait test sonuçları incelendiğinde ortam şartlarından etkilenmediği görülmektedir. %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelere ait sonuçlar incelendiğinde aeroshell (turbine oil 555) yağında yaşlandırma yapılmış numuneye ait eğme mukavemeti diğer oda sıcaklığı ve motor yağında yaşlandırma yapılan numunelerden yüksek değerde görülmüştür. Aeroshell (turbine oil5 555) yağının PTFE'nin sertliği düşürücü etkisi ile dayanıklılığın arttığı gözlenmiştir. Malzemeler arası karşılaştırma yapıldığında saf PTFE malzeme ile hazırlanan numunelere ait sonuçlar %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin sonuçlarından yüksek bulunmuştur.



Şekil 5. Saf PTFE ve %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeye ait maksimum stress (Mpa) değerleri.

Şekil 6. da saf PTFE ve %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeler ile hazırlanan numunelere ait eğme deneyi sonucunda elde edilen eğme modülü sonuçları verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeler ile hazırlanan numunelere ait test sonuçları saf PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin sonuçlarından yüksek bulunmuştur. %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemeler arasında ise aeroshell (turbine oil 555) ile yaşlandırma yapılan numunenin test sonucu diğer katkılı numuneler arasında %40 yüksek değere sahiptir.



Şekil 6. N-0, N-1, N-2, N-3, N-4 ve N-5 numaralı numunelere ait eğme elastik modülü değerleri.

3. SONUÇ

Çalışmamızın sonucunda saf PTFE ve %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzemelerinin çekme mukavemeti test sonuçlarını derlediğimizde saf PTFE malzemenin oda sıcaklığı ve her iki yağ ile yaşlandırma şartlarında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Kopma uzama test sonuçlarında ise saf PTFE malzemenin oda sıcaklığında ve aeroshell (turbine oil 555) yağında yaşlandırma sonrası test sonuçları %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin test sonuçlarından daha iyi bulunmuştur. Eğme mukavemeti test sonuçlarıda benzer eğilim göstermekte ve saf PTFE malzemeye ait numunelerin değerleri 3 farklı ortamda da %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin değerlerinden yüksek bulunmuştur. Eğme elastik modülü değerleri ise diğer test sonuçlarından farklı olarak %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılı PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin değerleri saf PTFE malzeme ile hazırlanan numunelerin değerlerinden yüksek çıkmıştır. Bu durum %15 cam elyaf ve %5 grafit katkılarının PTFE malzemeye elastikiyet kazandırdığını göstermektedir. Çekme-kopma testinin sonucunda da görüldüğü gibi aeroshell (turbine oil 555) yağının yumuşatıcı etkisi de hem kopma uzama değerine hem de eğme elastik modülü değerine yansımıştır.

KAYNAKLAR

A., 2007. Karbon elyaf takviyeli epoksi kompozit malzemelerin karakterizasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Ezdesir, A., Erbay E., Taskıran _., Yagcı M. A., Cöbek M., Bilgiç T.1999. Polimerler I, Pagev Yayınları.

X, Chen, S. Hui, 2005. Ratcheting behaviour of PTFE under cyclic compression, Polymer Testing, Elsevier Science, Vol.24 pp. 829-833.

Yasar, H. 1992. Plastikler Dünyası, Tmmob Makina Mühendisleri Odası, No:142.

Pıhtılı, H. ve Tosun N, 2002. Investigation of the wear behaviour of a glass-fibre-reinforced composite and plain polyester resin. Composites Science and Technology, 62: 367-370.

Kedkar, J. ve Negulescu I., 2002. Sliding wear behavior of PTFE composites, Wear, 252 S. 361-369.

Wiley, J ve Inc, S. 2002. Perfluorinated polymers: Polytetrafluoroethylene, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol.3, pp. 378-402.

Arıcasoy, O. Aralık 2006. Kompozit Sektör Raporu, İstanbul Ticaret Odası.

Samyn, P. De Baets, P. ve Schoukens, G. 2009. Influence of internal lubricants (PTFE and silicon oil) in short carbon fibre-reinforced polyimide composites on performance properties", Tribol. Letter, Cilt 36, 2, pp. 135-146.

Kumar, R. Malaval, B. Antonov, M. Zhao, G. 2020. Performance of Polyimide and PTFE Based Composites Under Sliding, Erosive and High Stress Abrasive Conditions, Tribology International,

Luo, W. Liu, Q. Li, Y. Zhou, S. Zou, H. ve Liang, M. 2016. Enhanced mechanical and tribological properties in polyphenylene sulfide/polytetrafluoroethylene composites reinforced by short carbon fiber, Composites Part B: Engineering, Vol. 91, pp. 579-588.

Wikipedia, (2022), Teflon, 27.04.2022 tarihinde : https://tr.wikipedia.org/wiki/Teflon adresinden alındı.

Özsoy, N. 2015. Polimer Esaslı Fiber Takviyeli Kompozit Malzemelerin Tribolojik ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Sujuan, Y. Xingrong, Z. 2014. Tribological Properties of PTFE and PTFE Composites at Different Temperatures, *Tribology Transactions*, 57 (3), 382-386.

FARKLI ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR İÇİN SU BAZLI YAPIŞTIRICILARIN GELİŞTİRİLMESİ- KAUÇUK METAL BAĞLAYICI AJANLAR

Serap EKEN GÜNEŞ
Angst Pfister Gelişmiş Teknik Çözümler A.Ş., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü Bursa Uludağ Üniversitesi Bursa, Türkiye
501909006@ogr.uludag.edu.tr

Asım OLGUN
Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü Bursa Uludağ Üniversitesi Bursa, Türkiye
asimolgun@uludag.edu.tr

Mesut Görür
Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü Bursa Uludağ Üniversitesi Bursa, Türkiye
mesutgorur@uludag.edu.tr

Özet
Günümüz dünyasında karbon ayak izini azaltmak için her geçen gün yeni düzenlemeler ortaya çıkıyor. Bu düzenlemeler, farklı endüstriyel uygulamaları doğrudan etkilemekte ve yeni çözümler bulmaya zemin hazırlamaktadır. Çözücü bazlı yapıştırıcılar, uçucu organik bileşikleri yüksek miktarda barındırdığı için etkilenen uygulamalardan biridir. Uçucu organik bileşikler (VOC), oda sıcaklığında buharlaşan ve yer seviyesindeki hava kirliliğinin ana nedeni olan kimyasallardır. Yeterli miktarda çözücüler vücutta çeşitli tahrişlere neden olabileceği gibi aşırı maruziyet durumunda kansere de neden olabilir. Çevresel etkiyi iyileştirmek için su bazlı yapıştırıcı formülleri geliştirilmektedir. Bu formüller daha çevrecidir, karbon ayak izini düşürür ve kullanıcı güvenliğini de artırır. Öte yandan, su bazlı yapıştırıcılar çeşitli zorlu uygulamalar için çok yönlü çözüm de sağlayabilir. Günümüzde gelişmiş yapıştırma performansına sahip, uygun maliyetli ve çevre dostu su bazlı yapıştırıcılar üretmek hala oldukça zorlu kabul edilmektedir. Su bazlı polimer kaplamalar, çözücü bazlı uygulamalara kıyasla zayıf yapışma performansı gösterdiğinden, arayüz yapıları arasındaki farkı anlamak gerekir. Kauçuk-metal yapıştırma uygulama alanı, detayların araştırılması gereken pratik alanlardan biridir. Kauçuktan metale yapıştırma amaçlı su bazlı yapıştırıcılar 1990'lardan beri mevcuttur. Ancak ticari kısıtlamalar nedeniyle formül ve içerikleriyle ilgili yayınlanan bilgiler maalesef sınırlıdır. Su bazlı yapıştırıcıların kauçuk-metal yüzeyler üzerindeki performansını araştırmak amacıyla çeşitli metodolojiler göz önünde bulundurulmalıdır. Biz bu çalışmamızda PEG metil eter metakrilat ve glisidil metakrilattan oluşan bir polimer hazırlamayı amaçladık. Amacımız suda çözünür polimer üretmek ve bir çeşit çelik yüzeye uygulayarak mukavemetini kontrol etmektir. Tüm bu çalışmalar ASTM D429 Kauçuk Test Standardı dikkate alınarak takip edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Su bazlı yapıştırıcılar, çözücü bazlı yapıştırıcılar, kauçuk metal bağlayıcı ajanlar, uçucu organik bileşikler

DEVELOPMENT OF WATER BASED ADHESIVES FOR DIFFERERENT INDUSTRIALS APPLICATIONS-RUBBER TO METAL BONDING AGENTS

Abstract
In today’s world every passing day new regulation was born to reduce carbon footprint. These regulations directly affect different industrial applications. Solvent-borne adhesives are one of them due to their high content of volatile organic compounds. Volatile organic compounds (VOC) are chemicals that evaporate at room temperature, and are the main cause of ground-level air pollution. In sufficient quantities, solvents can cause various irritations in the body and also it may cause cancer under extreme exposure. In order to improve environmental impact water-based adhesive formulations are being developed. They decrease carbon footprint and improve user safety. On the other hand water-borne adhesives are versatile for various demanding applications. Producing advanced, cost- eficient, and green water-based adhesives with enhanced bonding performance still remains quite challenging. Since water based polymer coatings show poor adhesion performance in comparion to solvent-based

applications it is needed to understand the difference between interface structures. Rubber to metal bonding application area is one of the practical areas to investigate details. Water based adhesives for rubber to metal bonding purposes have been available since 1990s. However due to the commercial restrictions there are limited information published regarding to formulations. To investigate performance of water borne adhesives on rubber to metal substrates improved methodologies should be considered. In our study we aimed to prepare a polymer composed of PEG methyl ether methacrylate and glycidyl methacrylate. Our aim is to produce water soluble polymer and to check its durability by implementing on a type of steel surface. All these studies are followed by considering ASTM D429 Standart Test Methods for Rubber Property-Adhesion To Rigid Substrates.

Keywords: Water-based adhesives, solvent based adhesive, rubber to metal bonding agents, volatile organic compounds

1. GİRİŞ

Belirli monomerlerin çapraz bağlanma reaksiyonu (vulkanizasyon) ile polimerleşmesi sonucu oluşan elastomer yapılara kauçuk denir. İlk başlarda bitkilerde elde edilen bir öz iken zaman içerisinde endüstriyelleşerek kimyasal formülleri gelişmiştir (Erkek,2007). Örneğin fonksiyonel kauçuk malzemelerin içerisinde dolgu malzemeleri, plastikleştiriciler, vulkanizasyon ajanları gibi ilave kimyasallar bulunmaktadır.

Kauçuk malzemeler viskoelastik davranışları sayesinde mühendislik malzemeleri arasında yaygın kullanıma sahiptir. En yaygın olarak kullanıldıkları bileşenler ise titreşim sönümleme elemanlarıdır. Titreşim sönümleme elemanları sesi engeller ve çalışma anında oluşan titreşimi makine, motor ya da araçtan izole eder. Bir makine, motor veya araç üzerinde kullanılan titreşim sönümleyici (antivibrasyon) elemanlara makine ayakları, burçlar ve takozlar gibi bileşenler örnek gösterilebilir. Bu parçalar özellikle otomotiv, demiryolu ve endüstriyel alanlarda tercih edilmektedir. Bir otomobil üzerinde çok sayıda (50 adet) kullanılan burçlar süspansiyon sisteminin temel parçalarındandır. Yoldan, motordan ya da sürüş şeklinden kaynaklanan titreşim, darbe ya da şok gibi etkileri sönümleyerek otomobilin gövdesinde hissedilmesini engelleyen ve sürücünün konforunu sağlayan önemli bileşenlerdendir (Öncü ve Dova, 2018).

Titreşim sönümleyici elemanların kullanımı sırasında vulkanizasyon aşamasında kauçuk metale yapıştırılır. Bu yapışma prosesi için metal yüzeyine hem metal hem de kauçuk ile etkileşime girebilecek kimyasal özelliğe sahip bir yapıştırıcı uygulanır. Uygulama tek ya da çift bileşenli olabilir. Tek bileşenli sistemlerde yapıştırıcı hem astar hem de yapıştırıcı görevi görürken, iki bileşenli sistemlerde astar ve yapıştırıcı olmak üzere iki katman vardır. Her bir katmanın kendisinin altında ve üstünde bulunan yüzeyler ile farklı tepkimeleri oluşur. Endüstriyel uygulamalarda ve literatürde sıklıkla epoksi reçineler, poliüretan yapıştırıcılar ve metakrilat bazlı yapıştırıcılar üzerinde yoğunlaşılmıştır.

Henneman ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları metal üzerine uygulanan epoksi reçine bazlı polimer yapıştırıcıların yapışma özelliğinin iyi olmasına rağmen yavaş kürlenmesi ve kırılgan yapısı sebebiyle olumsuz yönlerinden de bahsedilmiştir. Aynı çalışma metakrilat bazlı monomerlerin ana malzeme olarak kullanılması halinde çözünürlüğü ve yapışma mukavemeti yüksek polimerler elde edildiğini vurgulamıştır.Ayrıca poliüretanların da olumlu ve olumsuz yanlarından bahseden çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar poliüretanın izosiyanat yapıları sayesinde yapışma özelliğinin iyi olduğunu ancak insan sağlığına ve çevreye zararlı olduğunu dile getirmiştir. Ancak aynı çalışmalar su bazlı poliüretan malzemelerin gelişime açık olduğundan da bahsetmiştir (Wang v.d., 2021).

Kauçuk ve metal bileşenlerin fonksiyonellik açısında beklentiyi karşılaması için birbirine iyi tutunması gerekmektedir. Bu bileşenlerin yapışma mukavemetini etkileyen belirli faktörler vardır. Bu faktörler;

- Kauçuğun türü
- Kauçuğun pişirici sistemi
- Metal yüzey işlem prosesi
- Doğru yapıştırıcının seçilmesi ve doğru bir şekilde uygulanması

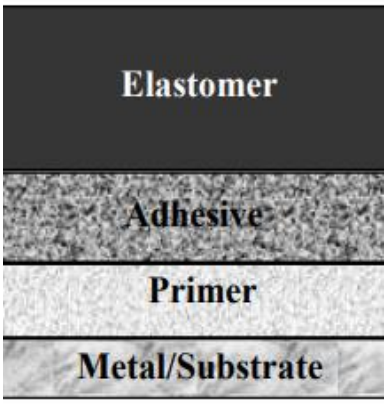
Kauçuğun türü: Titreşim sönümleyici elemandan beklenen özelliklere göre tabii kauçuk, bütadienli kauçuk, floro elastomer kauçuk ya da nitril kauçuk gibi malzemeler tercih edilebilir. Burada önemli olan kauçuk türüne göre vulkanize edilecek yapıştırıcının da uyarlanmasıdır. En yaygın olarak kullanılan kauçuk gösterdiği yüksek yapışma özelliği sebebiyle tabii kauçuktur. Fakat yağa karşı bir dayanım beklentisi varsa nitril bütadien kauçuk ön plana çıkar.

Kauçuğun pişirici sistemi: Kauçuk malzemelerin içerisindeki kükürt miktarına göre üç farklı pişirici sistemi vardır. Bunlar; yüksek kükürt yoğunluğu olan konvensiyonel sistem, daha az kükürt yoğunluğu olan yarı efektif vulkanizasyon sistem ve en az kükürt miktarına sahip efektif vulkanizasyon sistemidir. Kükürt kauçuğun çapraz bağlanmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu sebeple konvensiyonel sistemlerin yapışma dayanımı daha iyidir.

Metal yüzey işlem: Yapıştırıcı uygulanacak metal malzeme yüzeyinin yağdan, kirden ve herhangi bir korozyon görüntüsünden arındırılmış olması gerekir. Bu sebeple malzemeye yağ alma, kumlama ve kaplama gibi işlemler uygulanabilir. Yağ alma ile yüzeydeki yağ ve kir uzaklaşır, yüzey gerilimi düşer ve böylelikle yapıştırıcı malzeme yüzeyi kolaylıkla ıslatabilir. Kumlama prosesi ise yine yağ ve kirliliği uzaklaştırabilir. İlave olarak yüzeyde açtığı mikro boşluklar ile yapıştırıcının uygulanacağı yüzey alanını arttırır. Daha fazla yapıştırıcı yüksek yapışma mukavemetine zemin hazırlar. Bu iki işlemden sonra parçanın yüzeyinde oluşan ya da oluşacak olan korozyon efektinin ortadan kaldırılması amacıyla bir elektro kimyasal yöntem ile bir kaplama uygulanır. Bu kaplama türü fosfatlama ya da kromatlama olarak uygulanır ve yüzey pasivize edilir.

Yapıştırıcı ve uygulanmasının seçimi: Daha önce de bahsedildiği gibi kauçuk malzemenin türüne göre uygun reaktif yapıştırıcının seçilmesi oldukça önemlidir. Metal malzemenin türü de yapıştırıcı seçimini etkileyebilmektedir. Yapıştırıcının doğru seçilmesi tek başına yeterli değildir, aynı zamanda uygulanma biçiminin de doğru belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin yapıştırıcı uygulanacak malzemenin geometrisine, yüzey alanına ve veya adedine göre farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler; fırça, tambur, sprey, daldırma gibi işlemler olabilir. Bir metal yüzeyine sprey yardımı ile hızlıca yapıştırıcı uygulanabilir; fakat eğer geometrisi girintili ise fırça ile spreyin erişemediği bölgelere rötuş yapma gerekliliği doğacaktır.

Bu dört maddenin yanı sıra uygulanan yapıştırıcının film kalınlığı, kürlenme süresi ve depolama şartları da beklenen mukavemetin sağlanması adına dikkate alınması gereken noktalardır.



Şekil 1. İki bileşenli kauçuk-metal yapışma katmanları

2. MATERYAL VE METOD

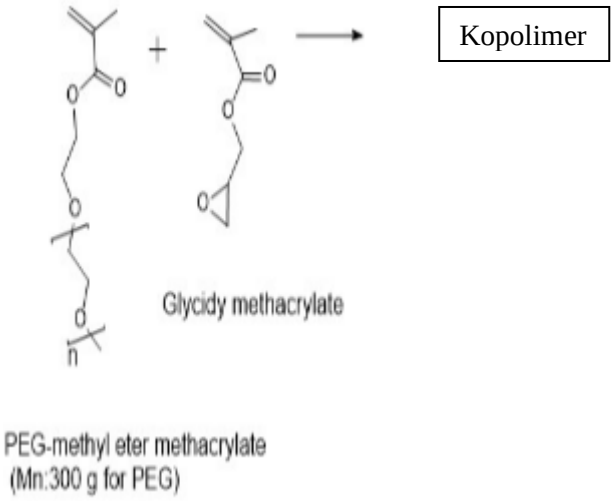
2.1.Materyal

Bu çalışmada literatürdeki bilgiler de göz önünde bulundurularak yapıştırıcı olarak metakrilat bazlı bir kopolimer sentezlenmesi hedeflenmiştir. Sentezlenen yapıştırıcının çelik malzeme yüzeyine uygulanması ve tabii kauçuk ile birbirine yapıştırılması planlanmıştır. Çalışmalarda kullanılacak kauçuk 55-60 Shore sertliğinde olacaktır ve pişirici sistemi yarı efektif sistem dediğimiz semi EV sistemden oluşacaktır. Kauçuk reçetesi oluşturulurken aşağıdaki gibi bir formülasyon dikkate alınacaktır. Elde

edilen yapıştırıcının mukavemeti ticari formüllerin mukavemeti ile kıyaslanacaktır. Ticari yapıştırıcı olarak da LORD'un ürünü olan Chemosil 211 ve Chemosil 411 NL kullanılmıştır.

Reçete	**Miktar (phr)**
Kauçuk:	100
Dolgu maddeleri:	50
Yumuşatıcılar:	10
Proses kolaylaştırıcılar:	1-5
Yaşlanmayı önleyiciler- Aktivatörler:	5
Hızlandırıcılar:	0.5-5.0
Pişiriciler:	1-10
Geciktiriciler:	0.5

Yapıştırıcı kopolimerizasyonu için kullanılacak malzemeler ise aşağıdaki gibi olacaktır;

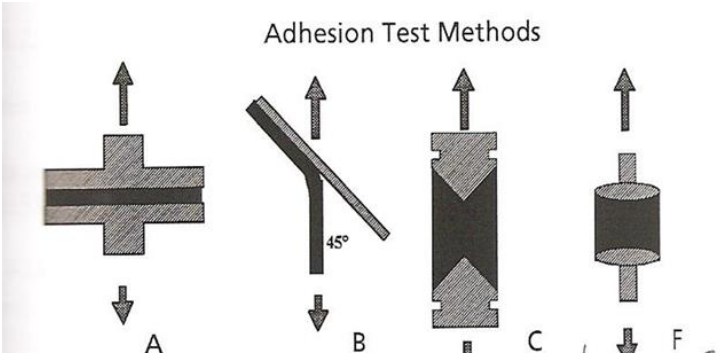


Şekil 2. Kopolimer molekülünün alt bileşenleri

Elde edilen yapıştırıcı özelliğe sahip kopolimerin suda çözünür olması hedeflenmektedir.

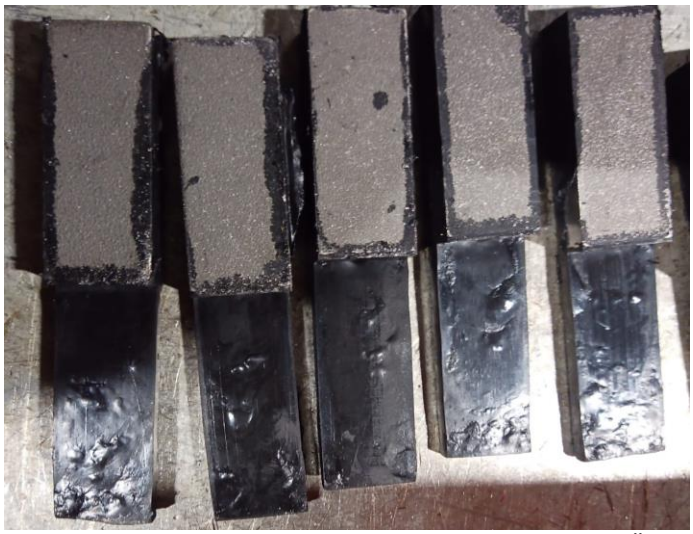
2.1.Metot

Kopolimerizasyon için serbest radikal polimerleşmesi tercih edilerek, bu tepkimeye uygun başlatıcılar (initiator) seçilmiştir. Yapıştırıcı sentezinden sonra elde edilen kauçuk-metal bileşenler ASTM D429 Standard Test Methods for Rubber Property—Adhesion to Rigid Substrates şartnamesi ile test edilecektir. Bu bileşenler için ASTM D429 B metodunu seçilerek, malzemeler ve test ekipmanları buna göre belirlenmiştir.



Şekil 3. ASTM D429 Test Metotları

Şekilde de görüldüğü gibi Metot B için metal malzemenin bir yüzeyi belirli bir ölçüde kauçuk ile birbirine tutunmaktadır. ASTM D429 yapıştırıcı uygulanacak yüzeyi 25 mm x 25 mm olarak vermiş ve çalışmada bu ölçüye sadık kalınmıştır.



Şekil 4. Hazırlanan ASTM D429 Metot B Numune Örnekleri

Şekil 4'te görülen numuneler LORD Chemosil 211 ve Chemosil 412 NL uygulanarak yapıştırılmıştır. Aşağıda yapıştırıcının kalınlıkları görünmektedir.
Astar (Primer) olarak: Chemosil 211 8-10 µm
Sekonder olarak: Chemosil NL 15-20 µm

Numuneler metal ile kauçuğun enjeksiyon kalıplama yöntemi ile vulkanizasyonu sonrası teste hazır hale gelmiştir. Test için ASTM D429 Standardı'na uygun bir aparat tasarlanarak kopma testi yapılmıştır.

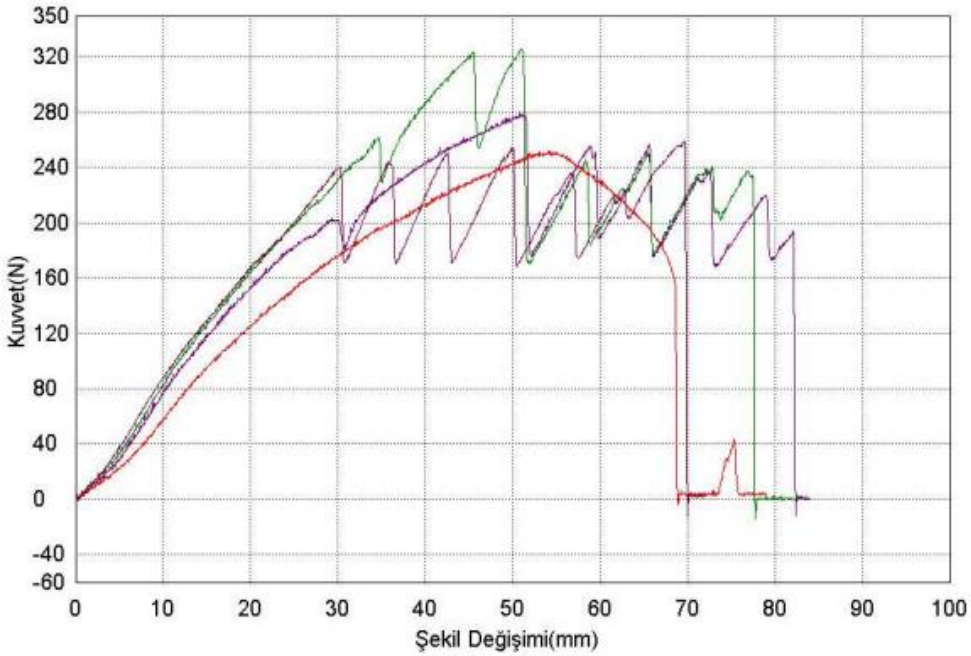


Şekil 5. ASTM D429 Metot B Test Dizaynı

3. SONUÇ

Aynı yapıştırıcı kalınlığında, aynı kauçuk hamur ile vulkanize edilen 4 adet ticari yapıştırıcı uygulanmış parçanın test sonuçları aşağıda verilmiştir.

İsim Parametreler	Max_Kuvvet Tüm Alan Hesaplaması	Max_Uzama Tüm Alan Hesaplaması
Birim	N	mm
1-4	252.188	54.2310
1-1	281.563	51.4280
1-2	325.625	50.9490
1-3	259.375	69.6030



Şekil 6. Chemosil 211 & 411 NL Uygulanmış Bileşenlerin Test Sonuçları

Sonuçlara bakıldığında kuvvet anlamında 1-1,1-3 ve 1-4'ün birbirine yakın 1-2'nin sonucunun farklı olduğu görülmektedir. Burada yapılması gereken birim yüzeye düşen kuvveti hesaplamaktır. Bunun için de 625 mm^2 hesaba katılmalıdır. Bu şekilde hesaplandığında 1-1, 1-3 ve 1-4'ün birim yüzeyine düşen kuvvet 0,40-0,45 N/ mm^2 'dir. Aynı yöntem ile 1-2 referans numaralı numunenin birim yüzeyindeki kuvvet 0,52 N/ mm^2 'dir.

4. TARTIŞMA

Her ne kadar aynı şartlar altında hazırlanan numunelerin sonuçları birbirine yakın gibi görünse de

- 1-1 nolu numunenin birim yüzeyine etkiyen kuvvet 0,45 N/ mm^2 olarak ölçülmüştür
- 1-2 nolu numunenin birim yüzeyine etkiyen kuvvet 0,52 N/ mm^2 olarak ölçülmüştür
- 1-3 nolu numunenin birim yüzeyine etkiyen kuvvet 0,42 N/ mm^2 olarak ölçülmüştür
- 1-4 nolu numunenin birim yüzeyine etkiyen kuvvet 0,40 N/ mm^2 olarak ölçülmüştür

Her ne kadar numuneler arası kuvvet farklılıkları büyük değilmiş gibi görünse de %15'lik bir rakamsal farklılık gözlemlenmiştir. Bu farklılığın nereden kaynaklandığını bulup kök nedeni tespit etmek için tüm süreçler gözden geçirilmiştir. Süreçte polimerik yapıştırıcının kalıplama öncesi 90 C'lik fırında aktive edilmek adına ısıtıldığı ortaya çıkmıştır. Ancak ön ısıtma süreci sonrası parça yüzeyinde sıcaklık kontrolü yapılmamış ve direk kalıba yerleştirilmiştir. Bu öngörüden yola çıkarak gelecekte hazırlanacak tüm ASTM D429 numuneleri için farklı sıcaklıklar belirlenerek ön ısıtma yapılacak ve kalıplama öncesi metal yüzeyindeki sıcaklık kayıt altına alınacaktır.

TEŞEKKÜR

Tüm bu çalışmalar sırasında akademik bilgi ve birikimini esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. Mesut Görür ve Prof. Dr. Asım Olgun'a teşekkürlerimi iletiyorum. Ayrıca her konuda destek olan bağlı bulunduğum

şirketim Angst Pfister Gelişmiş Teknik Çözümler A.Ş. Mühendislik ekibine ve sektör tecrübesi ile bana katkı sağlayan Sıdıka Kavuş'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

1. Abdullah, R. H., & Essa, A. F. (2021). Measuring the peeling strength between polymers (low density polyethylene, ethylene propylene diene monomer (EPDM) rubber) and brass and evaluating the effect of thermal and chemical oxidation on the metal. *Materials Today: Proceedings*, *47*, 5992–5998. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.547
2. Aliakbari, M., Jazani, O. M., & Sohrabian, M. (2019). Epoxy adhesives toughened with waste tire powder, nanoclay, and phenolic resin for metal-polymer lap-joint applications. *Progress in Organic Coatings*, *136*, 105291. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105291
3. Erkek, S. (2007). *Karbon Siyahı/ Yağ ve Karbon Siyahı / Dolgu Maddesi Oranının Farklı Vulkanizasyon Sistemlerinde EPDM, NBR ve SBR Elastomerlerinin Fiziko-Mekaniksel Özellikleri Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
4. Heide-Jørgensen, S., Møller, R. K., Buhl, K. B., Pedersen, S. U., Daasbjerg, K., Hinge, M., & Budzik, M. K. (2018). Efficient bonding of ethylene-propylene-diene M-class rubber to stainless steel using polymer brushes as a nanoscale adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, *87*, 31–41. https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2018.09.006
5. Ji, C., Sun, S., Li, Q., Ren, Z., & Yang, G. (2020). Realistic fatigue damage assessment of a high-speed train bogie frame by damage consistency load spectra based on measured field load. *Measurement*, *166*, 108164. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108164
6. Öncü, İ.C., & DOVA, A. (2018). Bir Tren Süspansiyon sistemi Titreşim Sönümleme Elemanı Olan Kauçuk Burçta çaplama işleminin ömüre Etkisinin incelenmesi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*. https://doi.org/10.21541/apjes.364545
7. Wang, D., Li, J., Wang, Y., Olalekan Omoniyi, A., Fu, Z., Zhang, J., & Su, Z. (2022). Water-based polyurethane adhesive films with enhanced bonding strength capable of in situ and high-efficient deposition on metal surface. *Chemical Engineering Journal*, *431*, 134055. https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.134055

ENJEKSİYON KALIPLAMADA FARKLI MALZEME KULANIMININ PARÇA KALİTESİNE ETKİSİ

Elif TÜREDİ
Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İmalat Mühendisliği
elifturedi94@gmail.com, ORCID:0000-0003-0736-2699

Murat ÖZSOY
Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği
ozsoy@sakarya.edu.tr,ORCİD:0000-0003-2400-5212

Özet
Akışkan taşıma sektöründe çelik borularla birlikte plastik borularda kullanılmaktadır. Özellikle çelikten plastiğe geçiş bağlantılarında, bağlantı elemanlarının tasarım ve yapıları büyük öneme sahiptir. Bu tür bağlantılarda bağlantı elemanı tasarımlarında sızdırmazlık olmaması en temel özelliklerden biridir. Bu çalışmada çelik borularda sızdırmazlık amaçlı kullanılan plastik yüzüğün plastik enjeksiyon kalıplama tekniği ile YYPE (Yüksek yoğunluklu Polietilen) ve PPGF30 (%30 Cam Elyaf Katkılı Polipropilen) hammadde ile üretiminde parça üzerindeki çarpılmaları, % kalıp çekmesi ve çökme gibi kalite özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enjeksiyon kalıplama, Çekme ve Çarpılma, Moldex3D analiz programı

THE EFFECT OF THE USE OF DIFFERENT MATERIAL ON PARTS QUALITY IN INJECTION MOLDING

Abstract
It is used in plastic pipes together with steel pipes in the fluid transport sector. Especially in the transition connections from steel to plastic, the design and structure of the fasteners are of great importance. One of the most basic features is that there is no tightness in fastener designs in such connections. In this study, the quality properties of the plastic ring used for sealing in steel pipes, such as warpage on the part, % shrinkage and collapse, were investigated in the production of plastic rings with plastic injection molding technique and HDPE (High-density Polyethylene) and PPGF (30% Glass Fiber Reinforced Polypropylene) raw materials.

Keywords: Injection molding, Tensile and Distortion, Moldex3D analysis program

1.GİRİŞ

Plastik kalıplama teknolojisi, dünyada hızlı bir şekilde gelişmektedir. Plastiklerin seri üretime uygun olmaları, amacına uygun şekilde optimizasyonlarının sağlanması her geçen süreçte daha fazla önemlerini arttırmaktadır. Plastik parçaların yaklaşık %33' ünün enjeksiyonla kalıplama tekniği ile üretildiği tespit edilmiştir [1-2]. Bu kadar geniş üretim kapasitesine sahip olan enjeksiyonla kalıplama üretimi konusunda birçok araştırma yapıla gelmiştir. Enjeksiyonla kalıplama tekniğinde üretilen parçanın kalitesi, geometrik yapısı ve boyut toleransları, yüzey kalitesi ve dayanıma etki eden faktörler birçok araştırmaya konu olmuştur. [1-3, 4-5].

Bu teknikle üretilen parçaların kalitesine; proses şartları, kalıp tasarımı ve polimer malzemelerin özellikleri etki etmektedir. Enjeksiyon işlemi sonrasında gerek kalıptan hemen çıktıktan sonra gerekse ortam sıcaklığına düşürüldükten sonra üretilen parçalarda toleransları aşan çekme ve çarpılma problemleri meydana gelmektedir. Uygun bir hammadde seçimi çekme, çarpılma ve çökme gibi ürünün kalitesine yönelik özellikleri olumlu yönde etkilemektedir. Yapılan deneysel çalışmada, YYPE (Yüksek yoğunluklu polietilen) ve PPGF30 (%30 Cam Elyaf Katkılı Polipropilen) malzemeden boru bağlantı hatlarında kullanılan sızdırmazlık elemanı parçası ele alınmıştır. Aynı kalıp ve aynı proses ile iki farklı hammadde karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Proses parametrelerinin belirlenmesinde "Moldex3D''akış analiz programından yararlanılarak, hammadde giriş konumu ve olası çekme ve çarpılmalar belirlenmiştir. Enjeksiyon sonrasındaki ölçüsel kontroller neticesinde numunelerdeki çekme

ve çarpılma değerleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, metal boru ile plastik parça arasında sıfır sızdırmazlık sağlayabilecek parça tasarımı için uygun malzemenin seçilmesidir.

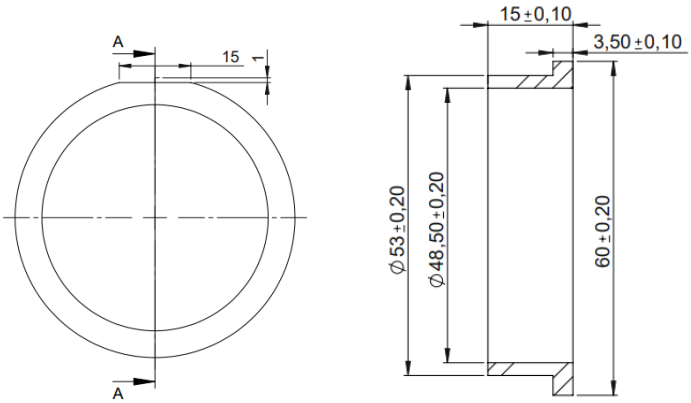
2. MATERYAL VE METOD

2.1.Malzeme

Deneysel çalışma kapsamında plastik iki farklı polimer malzeme YYPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) ve PPGF30 (%30 Cam Elyaf Katkılı Polipropilen) malzeme kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Deney numunesi olarak boru bağlantı hatlarında kullanılan sızdırmazlık elemanı belirlenmiştir (Şekil 1).

Tablo 1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Plastik Malzemenin Teknik Özellikleri [6]

Malzeme Adı	Yoğunluğu (gr/cm3)	Çekme Dayanımı/Elastiklik Modülü (Mpa)	İşleme Sıcaklığı(°C)	Kalıpta Çekme Oranı (%)	Sertlik (Shore D)
YYPE (HDPE)	0,9-0,94	35/1250	190-240	2,0-4,0	60
PP % 30 Cam Elyaf Katkılı	1,09-1,13	55-65/4000-5000	200-240	<0,2	70



Şekil 1. Deney numunesinin teknik ölçüleri

2.2.Yöntem

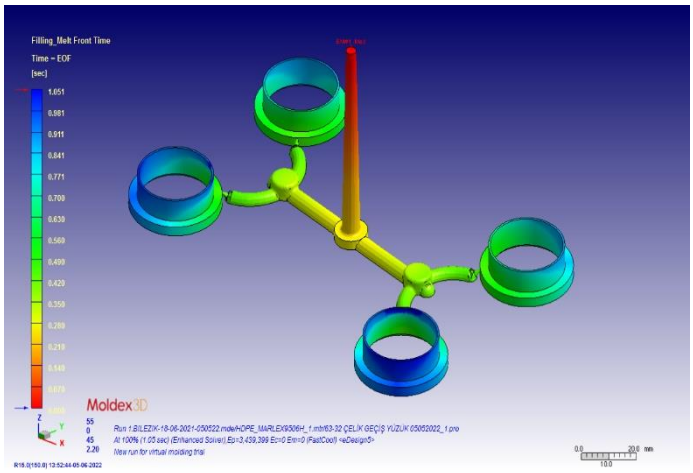
Yapılan deneysel çalışmada iki farklı hammadde ile üretilerek elde edilen numunelerin, hammaddenin parça kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışma yöntemi sırasıyla dört adımdan oluşmaktadır. İlk olarak parça analizi ve kalıp tasarımı, enjeksiyon kalıplama işlemi, çekme miktarının belirlenmesi ve sertlik değerlerinin sonuçları ele alınmıştır. Tablo 2'de makine-teçhizat, donanım, yazılımların teknik özellikleri verilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında Moldex3D akış analiz programından yararlanılarak numunenin yolluk giriş bölgesi tayini ve kalıp tasarımı yapılmış daha sonra enjeksiyon yöntemi ile deneme numuneleri basılmıştır. Moldex 3d akış analizi programı ve 3 boyutlu lazer tarama cihazı kullanılarak, parçanın cad datası üzerinden çekme miktarları ölçülmüştür.

Tablo 2. Deneysel çalışmada kullanılan donanımların teknik özellikleri

Kullanılan Makine-Teçhizat, Donanım ve Yazılımlar	**Teknik Özellikleri**
Enjeksiyon Makinesi	ENGEL- Basma Kapasitesi: 60 g Kapama Kuvveti: 60 ton
Enjeksiyon Kalıbı	4 gözlü, Su soğutmalı, İki plakalı, Normal yolluklu kalıp sistemi
Akış Analiz Programı	Moldex3D®
3 Boyutlu Lazer Tarama Cihazı	HEXAGON ABSOLUTE ARM,RS7 Lazer Tarayıcı,7 Eksen, 0,001 mm hassasiyet

2.2.1. Parça Enjeksiyon Giriş Noktası Analizi ve Kalıp Tasarımı

Deneysel çalışma için dört gözlü bir kalıp düşünülmüştür. Parçanın geometrik yapısına ve seçilen malzemeye göre dengeli bir akış sağlanması amacıyla, parçanın Cad datası üzerinden, Moldex 3d akış analizi programı ile giriş bölgesi tayini yapılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre kalıp tasarımı yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Yolluk giriş bölgesi analiz



Şekil 4. Enjeksiyon kalıbı tasarımı

Parçalar için 4 gözlü bir kalıp tasarlanmıştır.

2.2.3. Enjeksiyon Kalıplama

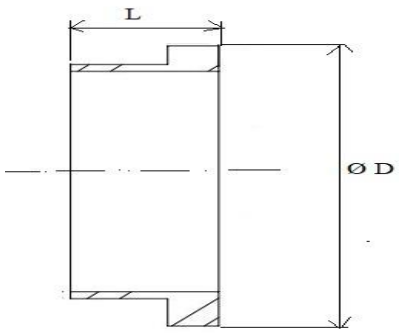
Deneysel çalışma iki farklı malzeme için aynı proses koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda numunelerin çekme ve çarpılma değerleri incelenmiştir. Deneyde her malzeme için enjeksiyon sıcaklığı, enjeksiyon basıncı, ütüleme basıncı sabit tutulmaya çalışılmıştır. Deneyler Tablo 3'de verilen şartlarda gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Elde edilen numunelerin proses şartları

Plastik Malzeme	Kalıp Sıcaklığı (±2°C)	Çevrim Süresi (s)	Soğuma Süresi (s)	Enjeksiyon Basıncı (bar)	Ütüleme Basıncı (bar)	Ütüleme Süresi (s)	Enj. Sıcaklığı (°C)	Enj. Kovan Sıcaklıkları (°C)
PP %30 Cam Elyaf Takviyeli	40	25	12	60	50	8	220	220-215-210-200
YYPE	40	25	12	60	50	8	200	205-200-195-190

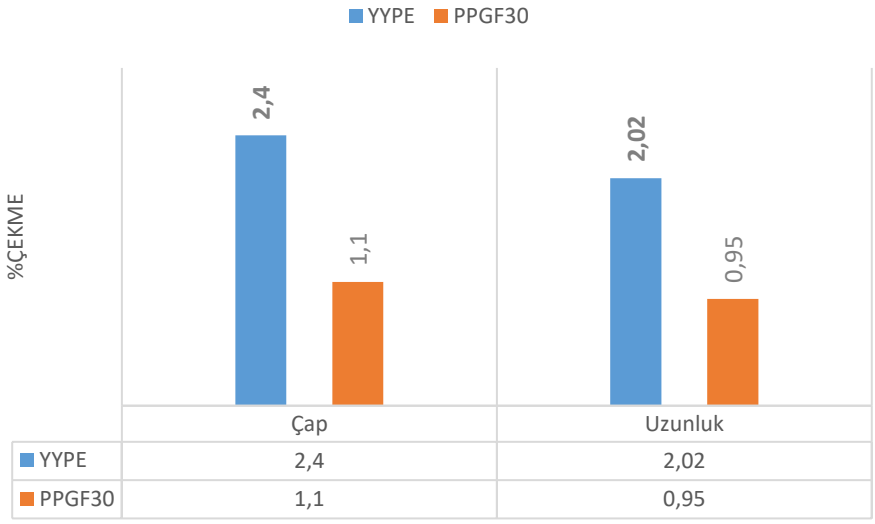
2.2.3. Çekme Miktarının Belirlenmesi

Deneysel çalışma kapsamında numuneler oda sıcaklığında çekme miktarları 0,01 mm hassasiyetinde dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ölçümlerde yirmi dört saat sonra yapılan ölçü kontrollerindeki değerler dikkate alınmıştır. Ölçüm iki noktadan yapılarak, L ve çap D ölçüsünde % çekme değerleri incelenmiştir.



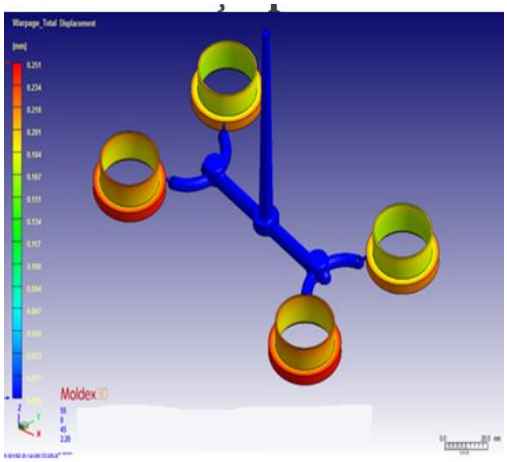
Şekil 2. % Çekme değerleri ölçüm noktaları

Numunelerin %çekme oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Düzlemsel yüzey için;
L_K: 15 mm (Kalıp gözü düzlem uzunluğu)
L: Numunenin düzlem uzunluğu (mm)
% Çekme Oranı = (L_K- L).100 /
[7]

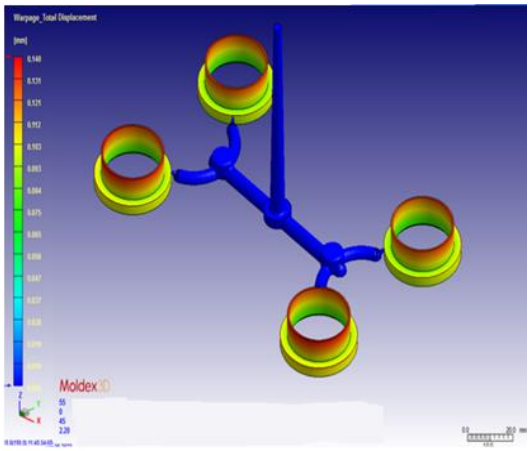


Şekil 5. Farklı malzeme kullanımında % çekme değerleri

YYPE ve PPGF30 hammaddeleri arasındaki çekme değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 6 ve 7'de ise Moldex 3d akış analizi programı kullanılarak çarpılma noktaları ve % çarpılma oranları gösterilmiştir. Şekilde YYPE malzemesinin analizinde çarpılma oranı %2,5 civarında, PPGF30 malzemesinde ise %1,5 oranındadır. Şekilde kırmızı renk, çarpılma miktarının yoğun olduğu bölgeleri ifade etmektedir.

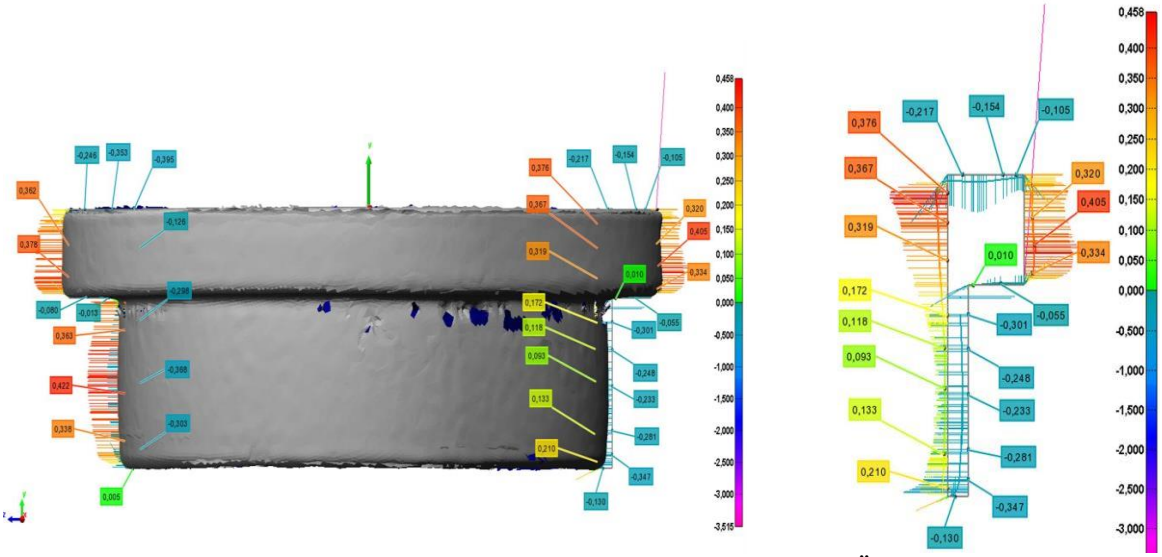


Şekil 6. YYPE malzemeye göre çarpılma grafiği



Şekil 7. PPGF30 malzemeye göre çarpılma grafiği

Şekil 8'de YYPE malzeme ile elde edilen numune lazer ölçüm cihazı ile taranmış ve Cad data ile karşılaştırma yapılarak çekme bölgeleri ve miktarları belirlenmiştir.



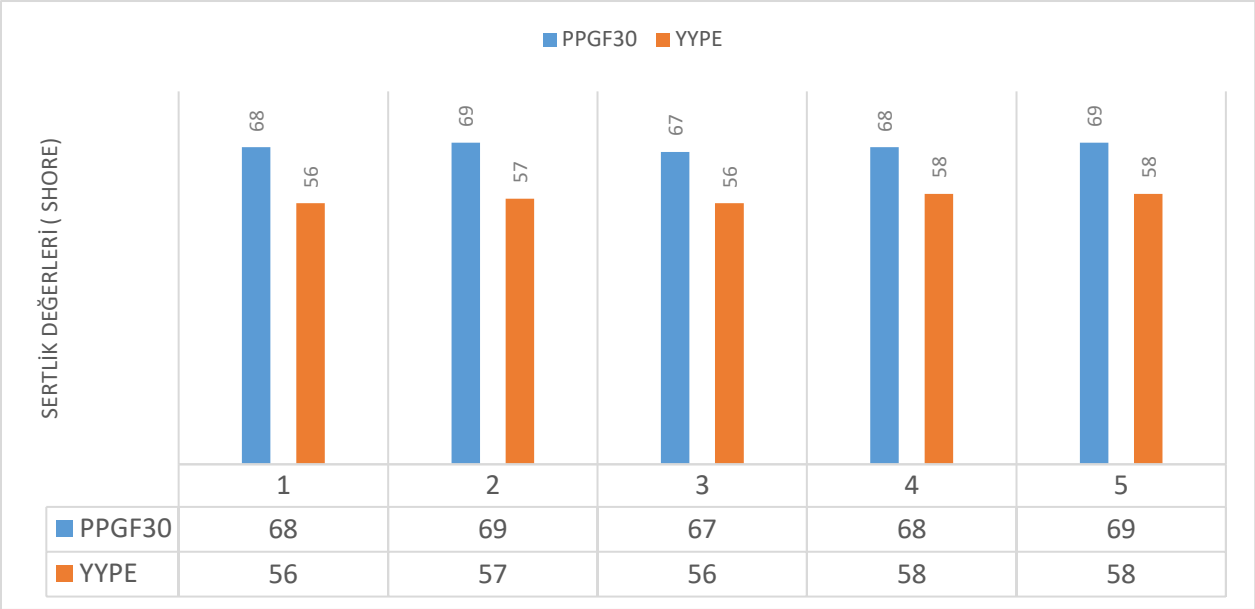
Şekil 8. YYPE malzeme-Çarpılma Miktarı Lazer Ölçümü

2.2.4. Sertlik değerlerinin Belirlenmesi

Deneysel çalışma kapsamında YYPE ve PPGF30 hammaddelerinden elde edilen parçaların 5 farklı bölgesinden sertlik ölçümü yapılmıştır ve değerleri incelenmiştir



Şekil 9. Shoore D Sertlik ölçüm cihazı ve numune görseli



Şekil 10. YYPE malzeme ve PPGF30 malzeme sertlik değerleri

Farklı hammaddeler ile aynı proses şartlarında basılmış malzemelerin sertlik değerleri karşılaştırıldığında PPGF30 hammaddesi ile basılan numunenin YYPE malzemeye göre %19 oranında daha sert olduğu görülmektedir.

3. SONUÇ

Yapılan deney sonuçlarına göre çarpılma değerleri, çekme değerleri sonuçları ile paralellik göstermektedir. Yani çekmenin artması ile çarpılma miktarı da artmaktadır. Deneylerde; PPGF30 ve YYPE malzemelerle yapılan çalışmalarda, PPGF30 malzemeden basılan numunelerin çarpılma oranlarının YYPE malzemeye oranla %79 oranında düşük olduğu tespit edilmiştir.

Sertlik değerlerinde PPGF30 malzemeden basılan numunelerin YYPE malzeme numunelerine oranla %19,2 daha sert olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu sertlik değerlerinin katalog değerlerine yakın olduğu da görülmüştür. Bu kapsamda deneysel çalışma sonuçlarında da görüldüğü gibi parça için fonksiyonel olan çap ve uzunluk ölçülerinde homojen çekme davranışı PPGF30 malzeme ile basılan numunelerde ortaya çıkmıştır.

4. TARTIŞMA

Yapılan çalışma süresince, aynı enjeksiyon kalıbı içerisine plastik enjeksiyon makinesinde farklı hammaddeler basılarak nihai ürünler elde edilmiştir. Elde edilen numuneler çekme ve sertlik sonuçlarına göre birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki ürünlerin analiz programı ile numunedeki çekme oranları belirlenmiş olup ve ölçüsel olarak karşılaştırılmıştır. Özellikle D ve L ölçülerinde oluşan çekme ve çarpılma ciddi şekil ve ölçüsel hatalara yol açmaktadır. Çarpılma, dengesiz çekmenin bir sonucu olduğundan çekmeyi etkileyen faktörler çarpılmayı da doğrudan etkilemektedir. [9] YYPE ve PPGF30 hammaddesi ile yapılan karşılaştırmalarda, sızdırmazlık elemanı özelliklerini D ve L ölçülerinde daha az çekme oranı olan PPGF30 hammaddesi karşılamaktadır. Bu çalışma ile ilgili olarak ileride yapılabilecek muhtemel çalışmalar; farklı malzemelerin kalıp içerisine enjekte edilmesi, elyaf takviyeli polipropilen enjeksiyonu sonrasında elde edilen ürün özellikleri şeklinde özetlenebilir.

KAYNAKLAR

[1] Rosat, O., Donald, U., 1999, Injection Molding Handbook, Second Edition, Kluwer Academic Publishers, Boston/London
[2] Turaçlı, H., 2000, Enjeksiyon Kalıp İmalatı, PAGEV Yayınları, İstanbul
[3] Menges, G., Mohren, P., 1983, How To Make Injection Molding, Hanser Publisher, New York.
[4] Çakır, Yavuz, 2000, I 20-3Polietilen Üretilen Parçada Çekme Miktarına Etki Eden Enjeksiyon Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[5] Osswald, A. T., 1998, Polymer Processing Fundamentals, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.
[6] Agru America-http://agruamerica.com/wp-content/uploads/2014/01/Technical-Data-Sheet-PE-100-Pipes-USA.pdf
[7] Sina Ebnesajjad, in Fluoroplastics (Second Edition), Volume 2: Melt Processible Fluoropolymers - the Definitive User's Guide and Data Book,2015, Pages 236-281
[8] Kohan, I. M., 1995, Naylon Plastics Handbook, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.
[9] Demirer A.,Çakırgil E.,Çoban A.,Durat M. 2009, PP ve YYPE Malzemelerin Enjeksiyon Kalıplarında Üretilmesinde Soğutma Sisteminin Parça Kalitesine Etkisi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük

A REVIEW ON NEAR-FIELD AND FAR-FIELD WIRELESS POWER TRANSFER TECHNOLOGIES

Mehmet Zahid EREL
Ankara Yildirim Beyazit University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering
mzerel@ybu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1663-8394

Abstract
Wireless power transfer (WPT) technology has been a topic of interest in the last years. It offers many advantages over applications without having to use wires, such as flexibility, safe operation, low cost, more reliable and efficient energy transfer. The main objective of the paper is to examine the near-field and far-field wireless charging technologies and exhibit the state-of-the-art recent progress in these technologies. The paper includes the basic principles of a WPT system. The near-field and far-field wireless charging technologies are comprehensively examined in terms of their differences, challenges and limitations. The possible future applications of WPT technologies are mentioned in detail. This paper is also expected to shed light on researchers who interested in WPT technology.

Keywords: Wireless power transfer, near-field, far-field.

1. INTRODUCTION

The electricity transfer has widely been through conventional wired systems until quite recently. This conventional wired system causes many problems, such as aging, wear, and safety issues. It is also hard enough to utilize wired energy transfer technology for inconvenient and rigors of the terrains, such as high mountains and sea beds (Abou et al., 2018). Wireless power transfer is a technology that provides energy transfer from one point to another through a medium like air without using any wire. Wireless charging technology has many advantages compared to wired technology, such as increased charging opportunity, safety energy transfer due to its galvanic isolation, reduced battery size thanks to the opportunity to recharge more, and not more affected in harsh climate via its electromagnetic link (Sikdar and Princiotta, 2021).

Nikola Tesla was the first to use electromagnetic waves for wireless power transfer concept in the 20th century (Tesla, 1914). He would later lead the development of WPT technology and provide envision new ideas, such as radiative and non-radiative energy transfer concepts.
While the radiative concept is related to far-field WPT applications, the non-radiative concept is related to near-field WPT applications. The near-field and far-field WPT technologies are entitled according to transfer distance. While far-field technology utilizes radiative energy, near-field technology uses non-radiative energy. Far-field WPT is typically preferred in optical power transfer and microwave power transfer applications. Near-field WPT is generally used in inductive power transfer (IPT) and capacitive power transfer (CPT) applications. Recently, IPT and CPT applications have more preferred compared to far-field WPT applications.

In a nutshell, the investigation has been conducted for the near-field and far-field WPT concepts. Following the introductory section, the paper is organized as follows. Section 2 presents the basic principles of WPT technology. Section 3 describes the near-field and far-field WPT technologies. Section 4 evaluates the differences, challenges, and limitations of these technologies. Finally, a conclusion and discussion are drawn in Section 5.

2. BASIC PRINCIPLE OF WPT TECHNOLOGY

A typical scheme of a WPT system is demonstrated in Figure 1. It includes primary and secondary sides. The primary side comprises high frequency inverter and compensation network. The secondary side involves the compensation network, rectifier, and load. The power transfer is provided by air or vacuum. For underwater wireless charging applications, power transfer is enabled via seawater.

Among the power amplifier topologies, the class E structure is more preferred in inverter topologies for IPT and CPT applications. It provides many advantages, such as a simplified structure, includes a single switching component, and has a higher power transfer capability (Aldhaher et al., 2014). It is typically used for low power WPT applications. The half-bridge and full-bridge inverter topologies are generally preferred in medium power and high power WPT applications.

Compensation topologies are typically built with inductor and capacitor components. While the compensation topologies are used to provide higher voltage and lower current for the primary side, they are also utilized to enable lower voltage and higher current for the secondary side. The conventional compensation topologies are LC, LCL, LCLC and CLLC for CPT applications. The series-series, series-parallel, parallel-series, and parallel-parallel networks consist of compensation topologies for IPT technology.

The power transmission is provided by antennas for far-field WPT applications using microwave and laser technologies. On the other hand, the alternating magnetic field is used to provide power transfer using coils for IPT technology. Besides, the alternating electric field is utilized to provide power transfer using metal plates for CPT technology.

The transmitter and receiver devices are built so that they can transfer power in an efficient manner. Considering the design of coil and metal plates, the mutual coupling term should be maximized for given dimensions. Among the coil structures, the rectangular and circular-shaped coils are the most prominent in IPT applications. The aluminum metal plate is typically used for CPT applications compared to the copper plate due to its lower cost. The coils and metal plates play a key role in wireless power transfer mechanism and hence different designs are put forward to provide higher efficiency, lower electric field emission, higher power transfer capability and etc. The ferrites are required for IPT systems to provide shielding and thus increasing system cost, and needed to operate at relatively low frequency to restrict ferrite core losses, augmenting size. Conversely, the CPT systems do not require ferrites, which enable them to switch at high frequencies and hence providing decreased cost and reduced size (Regensburger and Afridi, 2020).

Rectifier topologies are used to provide regulated DC voltage for the load. The battery and resistive load types are utilized in load concept for WPT applications. Compared to load types, the resistive load is more preferred in WPT applications due to its provide simplified modelling. Among the rectifier topologies, the class E rectifier is typically used for low power WPT applications. Moreover, the half-bridge and full-bridge rectifier topologies are also preferred in WPT applications.

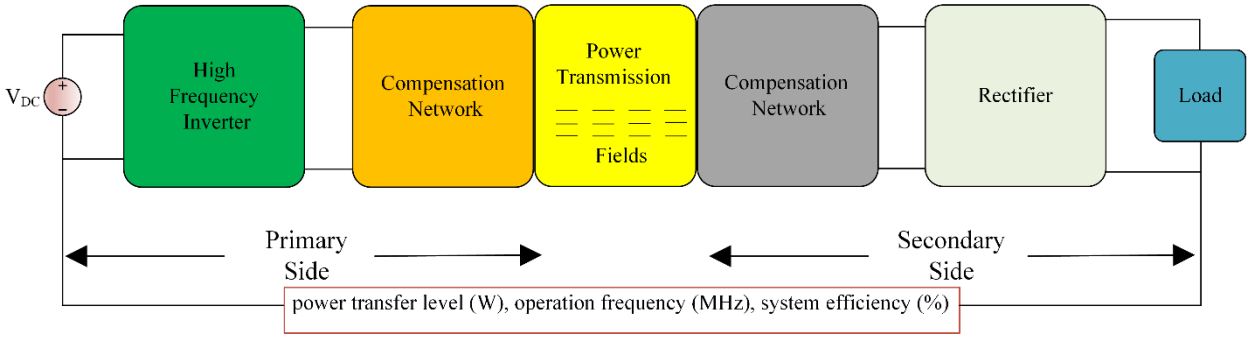


Figure 1. The typical scheme of a WPT system

3. NEAR-FIELD AND FAR-FIELD WPT TECHNOLOGIES

Wireless power transfer categorizes into two types far-field and near-field technologies. Far-field WPT technologies are microwave (RF) power transfer and optical (laser) power transfer (Rim and Mi, 2017). Near-field WPT technologies are inductive and capacitive power transfer.

3.1 Far-field WPT Technology

The basic scheme of microwave (RF) power transfer technology is shown in Figure 2. Microwave power transfer depends on electromagnetic radiation and the transfer of power in space (Helgesen and Haddara, 2018). The basic working principle of this technology can be expressed as DC or AC is first converted to RF power. The transmitter antenna is used to convey the RF power to the receiver antenna. Afterward, the RF power is converted to DC or AC power. Microwave power transfer based on a solar state power station (SSPS) is typically used in the far-field WPT concept. In this concept, sunlight energy is converted into beamed microwave energy and transmitted from space to Earth. Then, it is converted to DC electricity for the consumers (Fuse et al., 2011).

The term Laser means light amplification by the stimulated emission of radiation. An optical (laser) power transfer system is operated under visible or near-infrared frequency over long distances. The receiver of the system utilizes PV cells to convert the laser light into electricity (Zeng et. al., 2017).

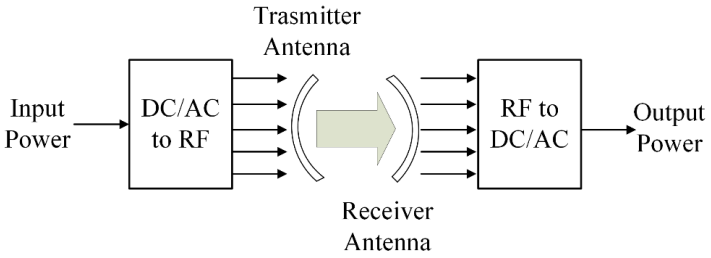


Figure 2. The basic scheme of a microwave (RF) power transfer technology

3.2 Near-field WPT Technology

Near-field WPT is typically known as inductive and capacitive power transfer technologies. While IPT uses an alternating magnetic field, CPT utilizes an alternating electric field to transfer power. The CPT system generally uses a four-plate power transfer as shown in Figure 3. Herein, the four coupler structure occurs in the power transfer mechanism. The basic scheme of an IPT system is also depicted in Figure 4.

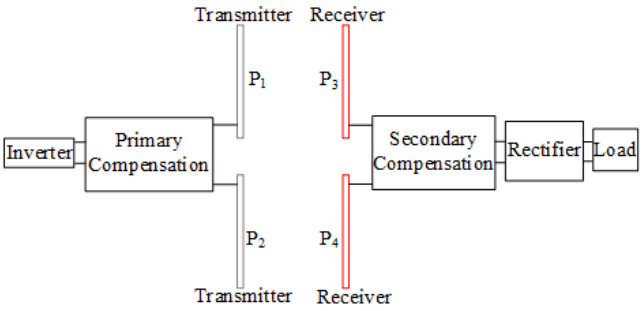


Figure 3. The basic scheme of CPT system

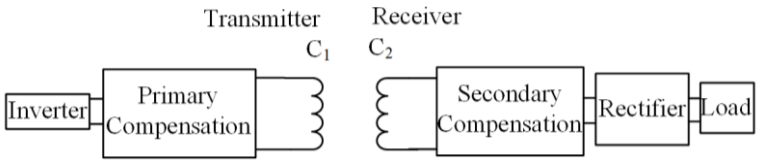


Figure 4. The basic scheme of IPT system

The inductive coils compose the power transfer mechanism. For both wireless charging systems, compensation networks provide resonance conditions along with a coupler structure. Besides, the power electronic converters play an important role to obtain high efficiency and high power transfer.

4. DIFFERENCES, CHALLENGES AND LIMITATIONS OF WPT TECHNOLOGIES

The differences, challenges, and limitations of near-field and far-field WPT technologies are presented in this section.

4.1 Differences

- The main difference is the transfer distance between the far-field and near-field WPT technologies.
- High power antennas are used to transmit power and the radiation is typically in the RF or microwave range for far-field WPT applications. On the contrary, the magnetic or electric coupling is used to transmit power for near-field WPT applications (Versloot et al., 2014).
- Near-field WPT technologies have higher efficiency and higher safety solutions compared to far-field WPT technologies.
- Near-field WPT technologies have a myriad of application areas compared to far-field WPT technology.

4.2 Challenges

- Biological problems can come about due to microwave power transfer.
- Optical (laser) power transfer could be dangerous for human safety due to its laser radiation.
- The wireless communication system could be impressed by the interference of microwaves.
- The microwave power transfer concept has a high capital cost and high antenna size.
- Being close to metallic materials leads to temperature increases and hence circuitry damage for IPT applications (Jawad et al., 2017).
- High power transfer is a challenge for CPT applications due to its small coupling capacitances.
- It is difficult to be able to transfer power equally for multiple wireless charging applications.

4.3 Limitations

- Far-field WPT applications have low efficiency and low safety operation.
- Low coupling capacitances of the CPT technology.
- Unmanned aerial vehicles (UAV) limit the flight range because of their restricted battery capacity (Jawad et al., 2017).
- Misalignment condition limits and affects the near-field WPT applications, especially IPT.

5. CONCLUSION AND DISCUSSION

Wireless power transfer (WPT) technology has drawn attention in a wide range of application areas lately. In this study, the basic working principles of WPT technology are presented in detail. The near-field and far-field WPT technologies are highlighted by giving prominent applications. Besides, the differences, challenges, and limitations of near-field and far-field WPT applications are investigated in the study. According to the results, microwave power transfer technology stands out among the far-field WPT applications. Whilst IPT technology is mostly utilized in high power and high efficiency applications, CPT technology is mainly used in low power applications. Compared to far-field WPT applications, near-field WPT applications are more available in the literature. As a suggestion, the CPT technology shines out among the WPT technologies and should see the importance it deserves soon.

REFERENCES

Aldhaher, S., Luk, P. C. K., Bati, A., & Whidborne, J. F. (2014). Wireless power transfer using Class E inverter with saturable DC-feed inductor. *IEEE Transactions on Industry Applications*, *50*(4), 2710-2718.

Fuse, Y., Saito, T., Mihara, S., Ijichi, K., Namura, K., Honma, Y., ... & Fujiwara, T. (2011, August). Microwave energy transmission program for SSPS. In *2011 XXXth URSI General Assembly and Scientific Symposium* (pp. 1-4). IEEE.

Helgesen, T., & Haddara, M. (2018, November). Wireless power transfer solutions for 'things' in the internet of things. In *Proceedings of the Future Technologies Conference* (pp. 92-103). Springer, Cham.

Jawad, A. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Jawad, H. M., & Ismail, M. (2017). Opportunities and challenges for near-field wireless power transfer: A review. *Energies*, *10*(7), 1022.

Regensburger, B., & Afridi, K. K. (2020, October). Challenges and solutions to passive rectification in multi-MHz frequency capacitive wireless power transfer systems for electric vehicle charging. In *2020 IEEE energy conversion congress and exposition (ECCE)* (pp. 5482-5486). IEEE.

Rim, C. T., & Mi, C. (2017). *Wireless power transfer for electric vehicles and mobile devices*. John Wiley & Sons.

Sikdar, S. K., & Princiotta, F. (Eds.). (2021). *Advances in Carbon Management Technologies: Biomass Utilization, Manufacturing, and Electricity Management, Volume 2*. CRC Press.

Tesla, N. (1914). *U.S. Patent No. 1,119,732*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Abou Houran, M., Yang, X., & Chen, W. (2018). Magnetically coupled resonance WPT: Review of compensation topologies, resonator structures with misalignment, and EMI diagnostics. *Electronics*, *7*(11), 296.

Versloot, T. W., Barker, D. J., & One, X. O. (2014). Optimization of near-field wireless power transfer using evolutionary strategies. In *The 8th European Conference on Antennas and Propagation, Netherlands*.

Zeng, Y., Clerckx, B., & Zhang, R. (2017). Communications and signals design for wireless power transmission. *IEEE Transactions on Communications*, *65*(5), 2264-2290.

VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMLERİYLE MÜŞTERİ KAYIP ANALİZİ: YAZILIM SEKTÖRÜ İÇİN ÖNCELİKLİ ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ

Sena KASIM[1]
Sakarya Üniversitesi/ Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi/ Bilişim Sistemleri Mühendisliği
senakasim@gmail.com ORCID: 0000-0002-7986-4164

Levent ÇALLI
Sakarya Üniversitesi/ Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi / Bilişim Sistemleri Mühendisliği
lcalli@sakarya.edu.tr ORCID: 0000-0003-2221-1469

Özet
Rekabet gücünün arttığı ve hızlı büyüyen sektörlerde devamlılığın sağlanması için sadık müşterilerin artırılması önemli bir konudur. Yeni müşteri kazanmak için harcanan maliyet mevcut müşteriyi elde tutmak için harcanan maliyetten çok daha yüksektir ve bu açıdan mevcut müşterilerin davranışları incelenerek, firmayı bırakma ihtimali olan müşteriler belirlenip memnuniyet artırmaya yönelik çalışmaların yapılması gereklidir. Literatürde, müşteri işletmeyi terk etmeden önce bunu fark edebilecek önleyici yaklaşımlar önerilmektedir. Churn (kayıp) analizi yöntemi de bu yaklaşımlardan biridir. Bu bağlamda, çalışmada özel bir yazılım şirketi verileri kullanılarak müşteri kayıp analizinde kullanılacak olan özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Araştırma bulguları neticesinde ilgili sektörde kayıp analizinde kullanılabilecek öncelikli özellikler tespit edilecektir. Sonuçların hem literatür hem de pratik alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Müşteri, Müşteri Kayıp Analizi, SaaS, Yazılım, Yazılım Hizmeti, Veri Madenciliği

Abstract
Increasing the number of loyal customers is essential to ensure continuity in sectors where competition is increasing and rapidly growing. The cost of acquiring new customers is much higher than retaining the existing customer. In this respect, it is necessary to examine the behavior of existing customers, identify customers who are likely to leave the company, and carry out studies to increase satisfaction. In the literature, preventive approaches are suggested to realize this situation before the customer leaves the company. The churn analysis method is one of these approaches. In this context, it is aimed to determine the features to be used in customer churn analysis by considering the data of a private software company in this study. As a result of the research findings, priority features used in churn analysis in the relevant sector will be determined. It is thought that the results will contribute to both the literature and the practical field.

Keywords: Customer, Churn analysis, SaaS, Software, Software Service, Data Mining

1. GİRİŞ

Bir müşterinin satın aldığı hizmet veya ürünü kullanmayı bırakması üzerine yürütülen durum analizleri müşteri kayıp analizi (churn) olarak tanımlanmaktadır (Çelik 2018). Genellikle çok kullanıcılı sistemler için yapılan bu çalışmalar sektörel olarak bankacılık, telekom veya sigortacılık sektörlerinde daha fazla tercih edilmektedir. Yapılan analizler ve tahminlerle müşteri kaybının önüne geçilmesi ve müşteri ilişkileri yönetiminde çözümler üretilebilir (Seker 2016). Yazılım sektörü bilgi çağında en popüler iş modellerinden biridir (Sukow & Grant 2013). Müşterilerin varlığı bu sektör içinde önemli hale gelmiştir. İnternetin yoğun kullanıldığı ve abonelik sisteminin uygulandığı yazılım hizmetleri de müşterileri elde tutmak için gerekli analizleri yaparak, gelecek için stratejiler oluşturmalıdır. Büyük veri içerisinde gereksiz değişkenlerin veri kümesinden çıkartılması işlemi olarak ifade edebileceğimiz özellik seçimi, veri madenciliği çalışmalarının önemli aşamalarından biridir. Bağımlı değişkenimiz ile diğer

[1] *Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Levent ÇALLI danışmanlığında Sena KASIM tarafından yürütülen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.*

değişkenler arasında ki ilişkiler incelenerek, gereksiz olan değişkenler özellik seçimi yöntemleri ile belirlenebilmekte ve veri boyutunun azaltılması işlem ile analiz gücünde etkili olmaktadır. Budak (2018) özellik seçimi avantajlarını şu şekilde ifade etmektedir;

- Veri kümesinin boyutunu düşürür, çalışma hızını arttırır,
- Gereksiz veriyi çıkartır,
- Veriyi anlaşılır ve basit hale getirir,
- Depolama için gerekli olan alan azalır

Özellik seçiminde filtreleme (filter), sarmal (wrapper) ve gömülü (embedded) olmak üzere üç tür yöntem bulunmaktadır (Şener 2020). Filtreleme yöntemi; kullanılan en eski özellik seçimi yöntemlerindendir. Sarmalayıcı yöntemlere göre daha az maliyetli ve daha hızlıdır. Kullanımı basit olduğundan yüksek boyutlu verilerin analizinde tercih edilir. Sarmal yöntem; veri setinde farklı alt kümeler oluşturularak model oluşturulur. En iyi sonucu veren özellikleri seçilir. Her değişken için model çalıştırıldığından zaman ve maliyet açısından avantajlı değildir. Gömülü Yöntem ise veri seti içindeki alt kümelerde daha iyi performans gösteren kombinasyonu bulmak için tarama yaparak ilerler. Tüm kombinasyonlar deneneceği için maliyet ve zaman açısından avantajlı değildir (Şener 2020).

Çalışmada özel bir yazılım şirketi verileri kullanılarak müşteri kayıp analizinde kullanılacak olan özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Özellik seçimi yöntemlerinden filtreleme yöntemi; ki-kare analizi ile özellik seçimi yapılacaktır. Araştırma bulguları neticesinde ilgili sektörde kayıp analizinde kullanılabilecek öncelikli özellikler tespit edilecektir.

1.1 Literatür Taraması

Yüksek boyutlu verilerin analizi araştırmacılar ve mühendisler için zorlu bir çalışma gerektirir. Özellik seçimi yöntemi ise, hesaplama süresini kısaltır, öğrenme doğruluğunu arttırabilir ve verilerin daha kolay anlaşılır olmasını sağlamaktadır. Literatürde özellik seçimi ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Cai et al. (2018), özellik seçimi için sıklıkla kullanılan değerlendirme ölçütlerini tartışarak sınıflandırma ve kümeleme gibi makine öğrenmesi problemlerinde yaygın olarak kullanılan denetimli, denetimsiz ve yarı denetimli öznitelik seçim yöntemlerini incelemişlerdir. Dash & Liu (1997), özellik seçimi yönteminin dört adımını tanımlamakta ve mevcut yöntemleri değerlendirerek bir sınıflandırma önermektedir. Çalışmada, örnek yoluyla ayrıntılı açıklama ve tartışma için her kategoriden temsili yöntemler seçilmiş ve karşılaştırmalı çalışma yürütülmüştür. Farklı yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri açıklanmıştır.

Yazıcı et al.(2020), Özellik seçim tekniklerinin bankacılık verisine uygulanması üzerine araştırma yaparak karşılaştırmalı uygulama yapmıştır. Öngörüsel analiz yaklaşımının kullanıldığı ve tahmin gücü yüksek olan özelliklerin belirlendiği bir yazılım geliştirmişlerdir. Çalışmada sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Suner & Demirarslan, (2021), Sağlık veri setlerinde yapılan özellik seçiminin sınıflandırma performansına etkisini inceleyen bir çalışma yapmıştır. Öznitelik seçimi yöntemleri kullanılarak gereksiz değişkenler çıkarılmış ve sonrasında algoritmaların sınıflandırma performansları ve çalışma süreleri hesaplanmıştır.

Kumar & Chakravarty, (2015), özellik seçimi, literatür incelemesi çalışması yapmışlardır. Çalışmada öznitelik uygunluğu, genel prosedürler, değerlendirme kriterleri ve öznitelik özelliklerini tanıtmışlardır. Budak, (2018), yaptığı çalışmada özellik seçimi için kullanılan yöntemleri inceleyerek alternatif bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem Fisher Skor yöntemine alternatif olarak gösterilebileceği tespit edilmiştir. Güngör, Mehmet Bulut, (2008), ki-kare testinin teorik yapısını ve uygulamalarını ayrıntılı olarak inceleyerek bir çalışma yapmışlardır. Kubat & Ayaşlıgil, (2002), SPSS programı kullanarak, doğa bilimlerinde Ki-kare bağımsızlık testi ve tek yönlü varyans analizi çalışması yapmışlardır. Bitki türlerinin yetişme ortamı koşullarından yükseklik ve ıslaklık faktörüne bağlı olarak yayılışlarına ait veriler kullanılarak analiz yapmışlardır. Özellik seçimi için yapılan literatürdeki çalışmalar incelendiğinde Ki-kare yöntemi, fazla ön koşulu bulunmadığı için tercih edilmektedir (Suner & Demirarslan, 2021). Kategorik verilerek kullanılarak yapılan ki- kare analizi, çalışmada kullanılan veri setiyle uyumlu olduğu için ki-kare yöntemi ile çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METHOD

Bu çalışmada, özel bir yazılım şirketine ait veriler kategorik hale getirilmiş ve her özellik kendi içinde farklı kategorilere ayrılmıştır. Kategorik hale getirilen verilere Ki-kare analizi uygulanmıştır.

2.1 Ki-Kare Testi

Ki-kare testi, iki veya daha fazla özelliğin birbirinden bağımsız olup olmadığını araştırmak için kullanılır. Ki-kare testi fazla ön koşulu bulunmadığından dolayı kolay uygulanmakta ve çalışmalarda tercih edilmektedir (Suner & Demirarslan, 2021). En önemli koşul verilerin kategorik olması ve gruplar birbirinden bağımsız olmasıdır.

Ki-kare testinde:
(H_0) Sıfır Hipotezi: İki kriterin bağımsız olduğunu
(H_A)Araştırma Hipotezi: İki kriterin bağımlı olduğunu ifade eder.

Örneğin; insanların medeni durumu ile araba sahibi olup olmamaları arasında bağlantı var mıdır? Ki-kare testi uygulayacağımız bir senaryodur.

Ki-Kare testi gözlenen frekans değeri ile beklenen frekans değerlerinin karşılaştırılmasına dayanır. Formülü denklem 1 de gösterilmektedir.

$$X^2 = \sum \frac{(G-B)^2}{B} \quad (1)$$

G= Gözlenen değer
B= Beklenen değer

$$\text{Beklenen} = \frac{\text{Satır Top.X Sütun Top.}}{\text{Genel Top.}} \quad (2)$$

Ki-kare değerinin anlamlı bir fark olup olmadığını anlamak için serbestlik değerine ihtiyaç duyulur. Serbestlik değeri kategorik değişkenlerin kategori sayılarından 1 çıkartılarak bu sayıların birbiri ile çarpımından bulunur.

$$d = (Satır\ Sayısı - 1)x\ (Sütun\ Sayısı - 1) \quad (3)$$

2.2 Veri Analizi Programı: SPSS

SPSS bir yazılım platformudur (*IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.*, 2012). Verilerin hazırlanması ve yönetiminden analiz ve raporlamaya kadar tüm süreçler SPSS ile gerçekleştirilebilmektedir (Kubat & Ayaşlıgil 2002). Bu araştırmada uygulama SPSS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.3 Uygulama

Çalışmada özel bir yazılım firmasına ait veriler kullanılarak analiz yapılmıştır. SPSS programı kullanılarak Ki-kare testi ile churn özelliği ve farklı 17 özeliğin ilişkisi incelenmiştir. Veri seti toplamda 1951 kayıttan oluşmaktadır. Veri setinde bulunan özellikler ve açıklamaları Tablo 1 ‘ de gösterilmiştir.

Tablo 1 - Özellikler ve Açıklamaları

Özellikler	Açıklama
Ürün Sayısı	Müşterinin programda ki ürün sayısı
Müşteri Sayısı	Müşterinin programdaki cari sayısı
Teklif Sayısı	Müşterinin programdaki teklif sayısı
Sipariş Sayısı	Müşterinin programdaki sipariş sayısı
Fatura Sayısı	Müşterinin programdaki fatura sayısı
Pazaryeri sayısı	Müşterinin programdaki aktif pazaryeri bağlantı sayısı
Ödeme Belgesi Sayısı	Müşterinin programdaki ödeme belgesi sayısı
Kargo Kullanımı	Müşterinin programdaki kargo kullanımı
Kasa Bağlantı Sayısı	Müşterinin programdaki kasa bağlantı sayısı
Mail Bağlantısı	Müşterinin programdaki mail bağlantı durumu

Kasa Belge Sayısı	Müşterinin programdaki kasa fişi sayısı
Özel Rapor Kullanımı	Müşterinin programdaki özel rapor kullanım durumu
Üretim Siparişi Sayısı	Müşterinin programdaki üretim için oluşturduğu belge sayısı
Kullanıcı Sayısı	Müşterinin programdaki kullanıcı sayısı
Destek Sayısı	Müşterinin firmadan aldığı ettiği destek sayısı
Müşteri Grubu	Müşteri, hangi şubenin müşterisidir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada yazılım sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın Churn analizi için SPSS yazılımında ki-kare algoritması kullanılarak öncelikli özellikleri belirlenmiştir. Gerçek firma verileri incelenerek veriler ki-kare algoritması için kategorik hale getirilmiş ve her özellik kendi içinde farklı kategorilere ayrılmıştır. Churn özelliği ile karşılaştırılan 17 özellikten; ürün sayısı, cari sayısı, sipariş sayısı, teklif sayısı, fatura sayısı, kasa kullanıcı sayısı, kargo kullanımı, mail kullanımı, özel rapor kullanımı ve kullanıcı sayısının anlamlı bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 2 - Ürün sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		**Kayıp**		**Total**	**χ 2**	**SD**	**p**
		Müşteri Değil	Müşteri				
Ürün	[0-10]	561	625	1186	29.32	5	.000
	[10-100]	168	270	438			
	[100-5000]	92	180	272			
	[5000-10000]	9	13	22			
	[10000-50000]	6	17	23			
	[50000-500000]	1	9	10			
Total		837	1114	1951			

Ürün sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 2' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (5)= 29.32 , p<.05

Tablo 3 - Müşteri sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		**Kayıp**		**Total**	**χ 2**	**SD**	**p**
		Müşteri Değil	Müşteri				
Müşteri Sayısı	[0-10]	642	789	1431	19.2	5	.002
	[10-100]	102	128	230			
	[100-1000]	48	81	129			
	[1000-10000]	27	70	97			
	[10000-100000]	17	41	58			
	[100000-200000]	1	5	6			
Total		837	1114	1951			

Müşteri sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 3' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (5)= 19.2 , p<.05

Tablo 4- Sipariş sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Sipariş Sayısı	[0-10]	759	1007	1766	22.31	5	.000
	[10-100]	39	20	59			
	[100-1000]	19	31	50			
	[1000-5000]	8	19	27			
	[5000-10000]	5	18	23			
	[10000-60000]	7	19	26			
Total		837	1114	1951			

Sipariş sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 4' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (5)= 22.31, p<.05

Tablo 5 - Teklif sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Teklif Sayısı	[0-10]	831	1076	1907	18.52	4	.001
	[10-100]	6	18	24			
	[100-500]	0	13	13			
	[500-1200]	0	5	5			
	[1200-11000]	0	2	2			
Total		837	1114	1951			

Teklif sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 5' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (4)= 18.52, p<.05

Tablo 6 - Fatura sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Fatura Sayısı	[0-10]	799	961	1760	50.21	6	.000
	[10-100]	16	40	56			
	[100-500]	4	26	30			
	[500-10000]	14	54	68			
	[10000-30000]	4	20	24			
	[30000-50000]	0	8	8			
	[50000-110000]	0	5	5			
Total		837	1114	1951			

Fatura sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 6' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (6)= 50.21, p<.05

Tablo 7 - Pazaryeri sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Pazaryeri Sayısı	[0-2]	705	936	1641	3.85	3	.278
	[2-5]	99	131	230			
	[5-10]	32	39	71			
	[10-30]	1	8	9			
Total		837	1114	1951			

Pazaryeri sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 7' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (3)= 3.85, p>.05

Tablo 8 - Özel yazılım bağlantı durumu-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Özel Yazılım Bağlantısı	Yok	835	1109	1944			
	Var	2	5	7	.589	1	.443
Total		837	1114	1951			

Özel yazılımlarla bağlantı durumu ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 8' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (1)= .58, p>.05

Tablo 9 - Kasa kullanıcı sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Kasa Bağlantı Sayısı	[0-1]	837	1087	1924			
	[1-2]	0	10	10			
	[2-5]	0	13	13	20.57	3	.000
	[5-12]	0	4	4			
Total		837	1114	1951			

Kasa Bağlantı Sayısı sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 9' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (3)= 20.57, p<.05

Tablo 10 - Mail bağlantı durumu-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Mail Bağlantı Durumları	Yok	835	1098	1933			
	Var	2	16	18			
Total		837	1114	1951	7.49	1	.006

Mail bağlantısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 10' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (1)= 27.49, p<.05

Tablo 11 - ER Fatura sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Ödeme Belgesi	[0-100]	832	1093	1925			
	[100-500]	4	7	11			
	[500-1000]	1	6	7	8.62	4	.071
	[1000-5000]	0	5	5			
	[5000-10000]	0	3	3			
Total		837	1114	1951			

Ödeme Belgesi sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 11' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (4)= 8.62, p>.05

Tablo 12 - Özel rapor kullanım durumu-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Özel Rapor Kullanımı	Yok	836	1091	1927			
	Var	1	23	24			
Total		837	1114	1951	14.88	1	.000

Bas23 özel rapor kullanım durumu ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 12' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (1)= 14.88, p<.05

Tablo 13 - Üretim sipariş sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Üretim Belgesi	[0-100]	837	1109	1946			
	[100-30000]	0	5	5	3.76	1	.052
Total		837	1114	1951			

Üretim siparişi sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 13' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (1)= 3.76, p>.05

Tablo 14 - Kargo sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Kargo Durumu	Yok	788	972	1760			
	Var	49	142	191	25.70	1	.000
Total		837	1114	1951			

Kargo sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 14' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (1)= 25.70, p<.05

Tablo 15 - Kasa Belge sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	χ 2	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Kasa Belge Sayısı	[0-10000]	836	1106	1942			
	[10000-20000]	0	4	4			
	[20000-30000]	0	2	2			
	[30000-40000]	0	1	1	5.31	4	.256
	[40000-50000]	1	1	2			
Total		837	1114	1951			

Kasa belgesi sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 15' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (4)= 5.31, p>.05

Tablo 16 - Kullanıcı sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Kullanıcı Sayısı	[0-2]	810	1001	1811	37.68	3	.000
	[2-5]	23	73	96			
	[5-10]	4	27	31			
	[10-20]	0	13	13			
Total		837	1114	1951			

Kullanıcı sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 16' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. χ 2 (3)= 37.68, p<.05

Tablo 17 - Destek sayısı-Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Destek Sayısı	[0-100]	830	1079	1909	14.409	8	.072
	[100-200]	4	15	19			
	[200-300]	3	7	10			
	[300-400]	0	1	1			
	[400-500]	0	4	4			
	[500-600]	0	3	3			
	[600-700]	0	3	3			
	[700-800]	0	1	1			
	[800-1500]	0	1	1			
Total		837	1114	1951			

Destek sayısı ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 17' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (8)=14.40, p>.05

Tablo 18 - Grup -Müşteri devam durumu ki-kare sonucu

Özellik		Kayıp		Total	$\chi 2$	SD	p
		Müşteri Değil	Müşteri				
Grup	Almanya	816	1096	1912	1.94	1	.163
	Türkiye	21	18	39			
Total		837	1114	1951			

Grup ve müşteri devam durumu arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını incelemek için ki-kare bağımsızlık testi yapılmıştır. Tablo 18' de görüldüğü üzere, test sonucunda değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. χ 2 (1)=1.94, p>.05

Tablo 19 - Analiz Sonuçları

Anlamlı İlişki Olan Özellikler	Anlamlı İlişki Olmayan Özellikler
Ürün Sayısı	Pazaryeri sayısı
Müşteri Sayısı	Ödeme Belgesi Sayısı
Teklif Sayısı	Destek Sayısı
Sipariş Sayısı	Müşteri Grubu
Fatura Sayısı	Üretim Siparişi Sayısı
Kargo Kullanımı	Kasa Bağlantı Sayısı
Kullanıcı Sayısı	
Özel Rapor Kullanımı	
Kasa Belge Sayısı	
Mail Bağlantısı	

Analiz sonuçları incelendiğinde, bir müşterinin temel iş süreçlerinde kullanmış olduğu belge sayısının anlamlı ilişkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kullanıcı sayısı, mail kullanımı ve özel raporların kullanım sıklığı ve sayıları da anlamlı ilişkidedir. Yani bir müşterinin iş akışında kullanmış olduğu belgelerin çokluğu ve programı kullanan kullanıcıların sayısının fazlalığı müşterinin kayıp veya devam durumuyla anlamlı ilişkide olduğunu göstermektedir. Anlamlı ilişki olmayan özellikler incelendiğinde, müşterinin aktif pazaryeri sayısı veya müşterinin grubunun kayıp veya devam durumuyla ilişkisi olmadığı görülmüştür. Özel yazılım hizmetini kullanan müşteri verileri incelendiğinde, ana ekranların ve bazı özel ekranların kullanım sayısının Müşterinin devam durumuyla anlamlı ilişkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

Araştırma Sınırları ve Gelecek Çalışmalara Öneriler

Özellik seçimi yöntemi ile ilgili yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, literatürde yazılım sektörünü temel alan yeterli sayıda çalışma olmadığı gözlemlenmiştir. Tsai et al. (2011) bulut bilişim ve hizmet olarak kullanılan yazılımların son zamanlarda ilgi gördüğünü ve terk etme uygulamalarının önemli olduğunu belirtmiş. Çalışmasında özellik seçiminin karmaşıklığı azalmasına değinmiştir. Bu çalışma yazılım sektöründe yapılacak olan diğer çalışmalara kolaylık sağlayacaktır. Çalışmada veriler kategorik hale getirilmiş ve bu kategoriler veri dağılımına göre rastgele oluşturulmuştur. Gelecek çalışmalarda, kategorik değişkenlerin farklı aralıklandırılması ve veri sayısının arttırılması önerilmektedir.

Teşekkürler

Çalışmada kullanmış olduğum verileri benimle paylaşan reybex Genel Müdürü Selçuk ACAR'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Kaynaklar

Budak, H. (2018). Özellik Seçim Yöntemleri ve Yeni Bir Yaklaşım. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *22*(Özel), 21. https://doi.org/10.19113/sdufbed.01653

Cai, J., Luo, J., Wang, S., & Yang, S. (2018). Feature selection in machine learning: A new perspective. *Neurocomputing*, *300*, 70–79. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.11.077

Çelik, U. (2018). VERİ MADENCİLİĞİ İLE MÜŞTERİ KAYBI ANALİZİ Dr. *International Conference on Applied Economics and Finance*, *1*(February), 185–204.

Dash, M., & Liu, H. (1997). Feature selection for classification. *Intelligent Data Analysis*, *1*(3), 131–156. https://doi.org/10.3233/IDA-1997-1302

Güngör, Mehmet Bulut, Y. (2008). kiKareÜzerine. *Doğu Anadolu Bölgeleri Araştırmaları*.

IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp. (2012).

Kubat, Ar., & Ayaşlıgil, T. (2002). Orman fakultesi. *İstanbul Üni Orman Fakültesi Dergisi*.

Kumar, S., & Chakravarty, A. (2015). ABC-VED analysis of expendable medical stores at a tertiary care hospital. *Medical Journal Armed Forces India*, *71*(1), 24–27. https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2014.07.002

Seker, S. E. (2016). Müşteri Kayıp Analizi (Customer Churn Analysis). *YBS Ansiklopedi*, 1–4.

Sukow, A. E. R., & Grant, R. (2013). Forecasting and the Role of Churn in Software-as-a-Service Business Models. *IBusiness*, *05*(01), 49–57. https://doi.org/10.4236/ib.2013.51a006

Suner, A., & Demirarslan, M. (2021). Sağlık Veri Setlerinde Öznitelik Seçiminin Sınıflandırma Performansına Etkisi. *Journal of Artificial Intelligence in Health Sciences*, *1*(1), 6–11. https://doi.org/10.52309/jai.2021.2

Tsai, W. T., Huang, Y., & Shao, Q. (2011). Testing the scalability of SaaS applications. *Proceedings - 2011 IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications, SOCA 2011*. https://doi.org/10.1109/SOCA.2011.6166245

Yazıcı, B., Yaslı, F., Gürleyik, H. Y., & Turgut, U. O. (n.d.). *Veri Madenciliğinde Özellik Seçim Tekniklerinin Bankacılık Verisine Uygulanması Üzerine Araştırma ve Karşılaştırmalı Uygulama*. 72–83.

MONTAJ HATTI DENGELEMEDE SEZGİSEL VE ANALİTİK ÇÖZÜM YÖNTEMİ UYGULAMASI

Burcu Özcan Türkkan
Kocaeli Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr, orcid.org/0000-0003-0820-4238

Gamze Şenol
Kocaeli Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği
195104026@kocaeli.edu.tr, orcid.org/0000-0002-3895-8068

Özet
Günümüzde uluslararası rekabet konusunda yaşanan değişimler doğrudan endüstriyel alanları etkilemiştir. Endüstriyel alanda başarılı olabilmek için ise imalat sistemlerinde değişiklikler ve yenileştirmeler yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Üretim maliyetlerini düşürebilmek için yüksek hacimde ve standart ürünler üretilmelidir. Bunu sağlayabilmek için montaj hatlarından yararlanılmaktadır. Üretim sistemlerinin verimliliğinin arttırılmasında montaj hatları önemli bir faktördür. Yapılan çalışmada ele alınan konu üretim hattındaki iş istasyonu sürelerinin veya atıl sürelerin dengesizliğidir. Buradaki amaç, işletmenin elinde bulundurduğu kaynaklarını hedeflenen sürede ve en düşük maliyet ile aynı zamanda arzulanan kalite ile birleştirilmesi yani bu parametrelerin en verimli şekilde kullanılmasıdır. Yapılan çalışmada montaj hattı dengelemede çeşitli yöntemlere başvurulmuştur. Uygulamada bilgisayar destekli analitik yöntem ve geleneksel olarak kullanılan sezgisel yöntem kullanılarak karmaşık yapılı problemin çözümü sağlanmıştır. Bu çalışma ile çözüm yöntemleri ayrıntılı incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. İşletmelerin montaj hattı tasarımı ve verimliliği hakkında bilgi edinmelerini ve hangi metodu tercih edecekleri konusunda fikir sahibi olmalarını sağlayacak bir çalışma olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Montaj Hattı, Hat Dengeleme, Sezgisel Yöntemler, Analitik Yöntemler

APPLICATION OF HEURISTIC AND ANALYTICAL SOLUTION METHOD IN ASSEMBLY LINE BALANCING

Abstract
Today's changes in international competition have directly affected industrial areas. In order to be successful in the industrial field, it was understood that changes and innovations in manufacturing systems must be made. In order to reduce production costs, high volumes and standard products must be produced. Assembly lines are used to achieve this. Assembly lines are an important factor in improving the efficiency of production systems. The subject discussed in the study is the imbalance of workstation times or idle times on the production line. The aim here is to combine the resources held by the business in the targeted time and with the lowest cost at the same time with the desired quality, that is, to use these parameters in the most efficient way. In the study, various methods of balancing the assembly line were applied. In practice, a solution to a complex structured problem is provided using a computer-aided analytical method and a traditionally used heuristic method. Solution methods were examined and compared in detail with this study. It has been a study that will allow businesses to learn about assembly line design and efficiency and have an idea of what method they will prefer.

Keywords: Assembly Line, Line Balancing, Heuristic Methods, Analytical Methods

1. GİRİŞ

Ürünler çoğunlukla birden fazla parçadan oluşur, aynı zamanda birden çok alt parçaya sahiptir. Tüm bu parçaların üretilebilmesi için ayrı ayrı istasyonlara ihtiyaç vardır. Her birinin üretim süresi ve işlem sıraları birbirinden farklıdır. İstasyon sayısının fazla olması maliyetlerde artışa sebep olmaktadır. Aynı zamanda da üretim süreleri önemli ölçüde büyümektedir. Bu yüzden de en küçüklenmek istenmektedir. Bunları düzene sokmak için hatlara gereksinim vardır ve bu hatların verimli bir üretim sistemi için dengelenmeye ihtiyacı vardır. Montaj hattı dengeleme ve hat tasarımı konusu günümüz endüstrisinde

büyük bir öneme sahiptir. İyi bir planlama ile bu sürecin yönetilmesi üretim artışına ve böylece ekonomik sorunların çözümüne imkân sağlar. Hatların tasarımı ve işletilmesi aşamalarında işletmeler çeşitli problemlerle karşılaşırlar. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için geliştirilen oldukça farklı çözüm metotları vardır. Bu metotların ne zaman hangi problem için kullanılacağı problemin yapısına göre farklılık göstermekle birlikte yöntemlerin bir arada kullanılması da işletmelere yarar sağladığından tercih edilmektedir. Problemin çözüm aşaması zaman ve iş gücü gerektirdiğinden probleme uygun tek bir yöntemin seçilerek uygulanması da işletmeler için ekonomik ve pratik olacaktır. Montaj hatları, art arda dizilmiş iş istasyonlarından oluşur. Hammadde ve yarı ürünler, hattın başlangıcından ya da ara istasyonlardan hatta dâhil olurlar. Giriş yapan parçalar, bir iş istasyonundan diğerine geçer ve son istasyondan hattı ürün olarak terk ederler(Çevikcan, 2006:21).Hat tasarımı yapılırken oluşan ana sorun, üretim hattında bulunan iş istasyonlarına yüklemenin dengeli bir şekilde yapılması gerekliliğidir. Dengeli yükleme yapılmadığında, kimi istasyonlar diğerlerinden daha fazla iş yüküne sahip olur ve bu durum çevrim süresinin istenenden daha yüksek olmasına neden olur. Bunun sonucu işletmelere hat verimliliği kaybı olarak yansır ve siparişlerin gecikmesi gibi istenmeyen durumlar oluşur.

2. MATERYAL VE METOD.

2.1. Montaj Hattı Dengeleme İçin Kullanılan Teknikler

Görevlerin istasyonlar arasında nasıl dağıtılacağı, görevler arasında bulunan öncelik ilişkisi kısıtlarının yanında görevlerin her birinin tamamlanma süresine de bağlıdır. Montaj hattına giren ürün her bir istasyonda en fazla çevrim süresi(C) kadar kalabilir. Geleneksel hat dengeleme probleminde modellenen üretim hattı “düz” olarak tasarlanmıştır. Öncelik diyagramındaki ilk görev(ler)den başlayarak ve diyagram boyunca görevleri istasyonlarda gruplayarak denge oluşturulmaktadır (Kalender vd., 2008:129).Montaj hattı dengeleme çalışması belirli kısıtlar altında en uygun çözümün bulunması çabasıdır. Gerçek işletme problemlerinde kısıt sayısı oldukça fazladır. Ve bu durumda çözüme ulaşabilmek için çeşitli metotlara gereksinim duyulur. Bu metotlar, sezgisel (bulgusal) yöntemler, analitik yöntemler ve simülasyon (benzetim) yöntemleri olmak üzere 3 başlık altında gruplandırılabilir. Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler; belirli bir yol izlenerek ve belirli varsayımlar altında, montaj hatlarının dengelenmesi problemlerine yaklaşık çözüm verirler. Bugüne kadar üzerinde çalışılan oldukça fazla sezgisel yöntem vardır. Bu yöntemlerin geneli, çevrim sürelerini sabit kabul edip istasyon sayısını ve denge kaybını en aza indirmeye çalışır. Bazıları ise istasyon sayısını sabit kabul ederek en uygun çevrim süresini bulmaya çalışır(Özkan, 2003:30).

Analitik Yöntemler; Optimizasyon Yöntemleri olarak kullanılırlar ve belirli kısıtlar altında en optimal sonucu verirler. Bowman tarafından geliştirilen doğrusal tam sayılı programlamayı, Talbot ve Patterson tarafından geliştirilen 0-1 tam sayılı programlamayı kullanan yöntemler örnek verilebilir. Analitik yöntemde belirli kısıtlar altında amaç fonksiyonu optimize edilmeye çalışılır. İşlem sayılarının arttığı durumlarda çözüm bulmak zorlaşmaktadır. Benzetim (Simülasyon) Teknikleri: Yöneticinin karar vermesini denemeler sayesinde kolaylaştırır. Bir sistemin nasıl işlediğini anlamak veya bu sistemin işleyişinde değişik stratejilerin denenmesini sağlamak için sistemin zaman içindeki çalışmasını taklit eden bir model kurulmasına benzetim denir(Özkan,2003:32).

2.2. Problemin Tanımı

Uygulama bisiklet üretilen bir firmanın montaj hattının tasarlanması üzerinedir. Düzenlenen bir vaka üzerinde analiz yapılmıştır. Hatta 08:30-16:30 ve 16:30-00:30 olmak üzere iki vardiya hâlinde çalışılmaktadır. Vardiyaların her birinde 1 adet 10 dakikalık çay molası, 1 adet 10 dakikalık simit molası ile 30 dakikalık yemek molası verilmektedir. Bu molalar çıkartıldığında hattın iki vardiyadaki net çalışma süresi günde 860 dakika olmaktadır. Geçmiş satış verileri incelendiğinde günlük üretilmesi gerekli bisiklet sayısı 430 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda çevrim süresi 120 saniye olarak belirlenmiştir. Bisiklet montaj hattı 23 iş öğesinden oluşmaktadır. İş öğeleri, öncül ve süreleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Bisiklet Montaj Hattı İş Öğeleri Öncül ve Süreleri

İŞ ÖĞESİ NO	İŞ ÖĞESİ	SÜRE(SN)	ÖNCÜL
1	Alüminyum profillerin jant çemberi haline getirilmesi	32	--
2	Büküm ve kesim işleminin yapılması	22	1
3	Kesilen jant çemberinin pim yardımıyla birleştirilmesi	20	2
4	Jant çemberine tel için pim yardımıyla delik delinmesi	25	3
5	Jantlara fren yüzeyi oluşturmak için tornalama yapılması	32	4
6	Jant tellerinin göbeğe örülmesi	28	--
7	Jant ile göbeğin birleştirilmesi	27	5,6
8	Rotor ve rublenin göbeğe takılması	38	7
9	Balance ayarının yapılması	15	8
10	Lastiğin janta bağlanması	42	9
11	Bisiklet şase parçalarının tasarım ölçüsüne göre kesilmesi	46	--
12	Kesilen parçaların büküm işlemlerinin yapılması	23	11
13	Ön teker bağlantı şasesinin puntolanması	25	12
14	Arka teker bağlantı şasesinin puntolanması	25	12
15	Orta şase bağlantı parçalarının puntolanması	18	12
16	Konsol parçalarının puntolanması	22	12
17	Ana kaynak ile ön orta ve arkanın birleştirilmesi	35	13,14,15,16
18	Kaynak sonrası tefsiye işlemlerinin yapılması	54	17
19	Şasenin boyanması	62	18
20	Ön ve arka lastiği şaseye birleştirilmesi	27	10,19
21	Şase ana göbek ve vites dişlisinin takılması	23	20
22	Pedalların takılması	16	21
23	Sele takılması	14	22

2.2.1. Montaj Hattına Ait Öncelik Matrisi ve Esneklik Oranı

Montaj hattına ait öncelik matrisi Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 1. Hatta Ait Öncelik Matrisi

Süre	32	22	20	25	32	28	27	38	15	42	46	23	25	25	18	22	35	54	62	27	23	16	14
İş öğesi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	-	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
2		-	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
3			-	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
4				-	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
5					-	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
6						-	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
7							-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
8								-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
9									-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
10										-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
11											-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12												-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13													-	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
14														-	0	0	1	1	1	1	1	1	1
15															-	0	1	1	1	1	1	1	1
16																-	1	1	1	1	1	1	1
17																	-	1	1	1	1	1	1
18																		-	1	1	1	1	1
19																			-	1	1	1	1
20																				-	1	1	1
21																					-	1	1
22																						-	1
23																							-

2.3. Yöntem

2.3.1. Problemin Sezgisel Çözüm Yöntemiyle Çözülmesi

Montaj Hattı dengelemede sıklıkla kullanılan sezgisel yöntemlerden biri olan konum ağırlığı dengeleme tekniği kullanıldı. Konum ağırlığı dengeleme yönteminde atamaların gerçekleştirilebilmesi için öncelikle konum ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Konum ağırlıkları Tablo 3'te görüldüğü gibi hesaplanıp sıralanmıştır.

Tablo 2. Konum Ağırlıklarının Hesaplanması

Süre	32	22	20	…	23	16	14	KONUM AĞIRLIĞI	SIRA
İş öğesi	1	2	3	…	21	22	23		
1	-	1	1		1	1	1	333	3
2		-	1		1	1	1	301	4
3			-		1	1	1	279	5
4					1	1	1	259	6
5					1	1	1	234	11
6					1	1	1	230	13
7					1	1	1	202	14
8					1	1	1	175	16
9					1	1	1	137	18
10					1	1	1	122	19
11					1	1	1	390	1
12				…	1	1	1	344	2
13					1	1	1	256	7
14					1	1	1	256	8
15					1	1	1	249	10
16					1	1	1	253	9
17					1	1	1	231	12
18					1	1	1	196	15
19					1	1	1	142	17
20					1	1	1	80	20
21					-	1	1	53	21
22						-	1	30	22
23							-	14	23

Öncelik matrisinde konum ağırlığı hesaplanmak istenen iş öğesinin süresi ve kendisinden sonra ilişkili olduğu iş öğelerinin süreleri toplanarak hesaplama yapılır. Konum ağırlığına göre büyükten küçüğe sıralama yapılarak sırayla istasyonlara çevrim süresini aşmayacak şekilde atamalar gerçekleştirilir. İstasyonlara konum ağırlığına göre atama yapılırken çevrim süresi aşılıyorsa öncelik ilişkisini ihmal etmeyecek şekilde atama sırasında değişiklik yapılabilir. Konum ağırlığı sırasına göre işler birer birer istasyonlara atanmaya başlanır. İstasyondaki iş öğelerinin süreleri, en fazla çevrim süresine kadar doldurulabilir. Çevrim süresi ile istasyonun toplam süresinin farkı alınarak atıl süre bulunur. İstasyonlar ve sahip oldukları iş öğeleri Tablo 4'teki gibi bulunmuştur.

Tablo 3. Konum Ağırlığı Dengeleme Metoduna Göre İstasyonlar

KONUM AĞIRLIĞI DENGELEME METODU			
İSTASYON	İŞ ÖĞESİ	TOPLAM SÜRE	ATIL SÜRE
1	11,12,1,15	119	1
2	2,3,4,13,14	117	3
3	16,5,17,6	117	3
4	7,18,8	119	1
5	19,9,10	119	1
6	20,21,22,23	80	40

Konum ağırlığı dengeleme metodu ile bu iş 6 istasyon ile dengelenebilmektedir. Denge kaybı formülünde elde edilen veriler yerine konulur. Ve denge kaybı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$D(\%) = \left[\frac{(C-C^*)}{C}\right] * 100 = \left[\frac{(n*C-\sum_{i=1}^{N} t_i)}{(n*C)}\right] * 100 \qquad (1)$$

$$D(\%) = \left[\frac{(6*120-671)}{(6*120)}\right] * 100$$

Denge kaybı yüzde 0,068 olarak hesaplanmıştır.

2.3.2. Problemin Matematiksel Model Yardımıyla Çözülmesi

Montaj hattının matematiksel model ile dengelenmesinde kullanılan notasyonlar ve formüller Tablo 5'te görüldüğü gibidir. Bu formüllerden yararlanılarak model için sırasıyla, amaç fonksiyonu, atama kısıtları, öncelik ilişkileri kısıtları, çevrim süresi kısıtları ve 0-1 tam sayı kısıtları tanımlanmıştır.

Tablo 4. Matematiksel Model Notasyon ve Formülleri

TEORİK	Amaç Fonksiyonu Minimize $\sum_{k=1}^{K_{max}} Z_k$	NOTASYONLAR
	Atama Kısıtı $\sum_{k=1}^{K_{max}} X_{ik} = 1$	i, r, s: Görev k: İstasyon C: Çevrim süresi K_{max}: Maksimum istasyon sayısı N: Toplam görev süresi t_i: i görevinin tamamlanma süresi S: Öncelik ilişkileri kümesi $(r, s) \in S$: Bir önceki ilişkisi; r görevi s görevinin komşu öncülüdür. X_{ik}: 1, i görevi k istasyonuna atanmış ise; 0, aksi halde Z_k: 1, k istasyonu açılmış ise; 0, aksi halde
	Çevrim Süresi Kısıtı $\sum_{i=1}^{N} t_i X_{ik} \leq CZ_k \quad \forall_k$	
	Öncelik İlişkisi Kısıtı $\sum_{k=1}^{K_{max}} k(X_{rk} - X_{sk}) \leq 0$ $\forall_{r,s} \in S$	
	Kısıtı $X_{ik}, Z_k \in \{0,1\}$ $\forall_i; \forall_k$	

Kısıtlar optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanılan GAMS programlama diline uygun hale getirilerek çözdürülmüştür. GAMS programında montaj hattı 117 iterasyon sonucunda 6 istasyonla dengelenmiştir. İş öğeleri matematiksel model ile Tablo 6'daki gibi istasyonlara atanmıştır.

Tablo 6. Matematiksel Modele Göre İstasyonlar

GAMS İLE MATEMATİKSEL MODEL			
İSTASYON	İŞ ÖĞESİ	TOPLAM SÜRE	ATIL SÜRE
1	1,2,3,11	120	0
2	4,12,13,14,16	120	0
3	5,6,15,17	113	7
4	7,8,18	119	1
5	9,10,19	119	1
6	20,21,22,23	80	40

3. SONUÇ

Montaj hattı dengeleme problemlerinin çözümünde kullanılan çeşitli metotlar vardır. Bunlar sezgisel yöntemler, analitik yöntemler ve benzetim yöntemleri olarak gruplandırılabilir. Bu makalede hattın dengelenmesi için ilk olarak sezgisel yöntemlerden biri olan konum ağırlığı dengeleme metodu kullanılmıştır. Bu metot ile hat, 6 istasyon ve 0,068 denge kaybı ile dengelenmiştir. Daha sonra analitik yöntemlerden biri olan matematiksel model yardımıyla hat dengelenmesi gerçekleştirilmiştir. Matematiksel model GAMS programı kullanılarak çözülmüştür ve yine 6 istasyon ile dengelendiği ve denge kaybının konum ağırlığı dengeleme metodu ile aynı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Her iki yöntemde istasyon sayısı aynı olmasına rağmen istasyonlara atanan iş öğelerinin yerleri farklıdır. Bu nedenle yöntemler birbirlerine alternatif olmaktadır. Diğer farklı kısıtlar ve ya engeller sebebiyle değerlendirilemeyen istasyon dizilimi yerine diğer metot ile çözülmüş dizilim kullanılabilir. Yöntemlerin uygulama aşamaları karşılaştırıldığında küçük problemlerin çözümü için sezgisel metot kullanımının daha pratik olduğu söylenebilir. Ancak sezgisel yöntemler optimal çözümü garanti etmez, optimal çözüme yakın sonuçlar verir. Bu nedenle çözümün analitik bir yöntemle desteklenmesi yararlı olacaktır. Analitik çözüm metodunda ise denklemlerin kurulum aşaması dikkat gerektirmektedir. Fakat çözümlere sonuç sayfasından kolaylıkla ulaşılabilmekte ve sonuçlarda hata olması durumda gözlenebilmektedir. Sezgisel yöntemde ise gözden kaçan bir hatanın bulunması büyük çapta ve karmaşık problemler için zor olmaktadır.

4. TARTIŞMA

İşletmede verimlilik artışını sağlayabilmek için kaynakların etkin şekilde kullanılması esastır. Kaynakların etkin şekilde kullanılmasını sağlamak için de üretimin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Montaj hattı dengeleme çalışması bu amaçta en etkili yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, bisiklet montaj hattı için dengeleme çalışması yaparak üretim maliyetlerinin düşürülmesi, çalışanların etkin bir şekilde üretime katkı sağlamaları, atıl sürelerin düşürülmesi ve makine kapasitelerinin etkin şekilde kullanılmasını sağlamak amaçlanmıştır. Dengeleme çalışması işletmede uygulamaya konulduktan sonra hedeflere ulaşılacağı beklenmekte ve talep artışı doğrultusunda dengeleme sonucu oluşan ek kapasite kullanımıyla üretimin arttırılması düşünülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda analitik yöntemler genellikle başka metotlarla da desteklenmiştir. Ve çoğunlukla metotlar birbirlerine alternatif çözümler oluşturmuştur. Göçer, 2018 yılında yaptığı çalışmada montaj hattı dengelemede matematiksel modelden yararlanırken, üretim düzgünleştirilmesinde önemli rol oynayan ara stok alanı ataması içinse sezgisel yaklaşımdan yararlanmıştır. Ayrıca hat dengeleme için de kullanılan simülasyon tekniği ile performans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada da hat dengeleme için her iki yöntem kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Dengeleme sonuçları hat performansı açısından aynı sonucu verse de iş öğeleri yerleşimleri farklılığı sebebiyle çözümler alternatif olarak kullanılabilir durumdadır. Tek çözüme bağlı kalmayarak çözümlerin desteklenmesi işletmeler tarafından iş gücü ve zaman kaybı gibi gözükse de sonuçlara avantaj olarak yansıyacaktır. Bu nedenle yapılacak olan çalışmalar da muhakkak çeşitli yöntemlerle çözüm sonuçları desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Ağpak, K. ve Gökçen, H. (2002). Basit U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Programlama Yaklaşımı. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(2), 29-40.

Akın, N. G. (2015). Kanepe Montaj Hattı Dengelenmesi ve Benzetim Yöntemleri ile Sınanması. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(1), 95-120.

Alağaç, H. M., Pınarbaşı, M., Yüzükırmızı, M. ve Toklu, B. (2016). Karma Modelli Tip-2 Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Bir Kısıt Programlama Modeli. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(4), 340-348.

Altunay, H., Özmutlu, H. C. Ve Özmutlu, S. (2017). Paralel Görev Atamalı Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Yeni Bir Matematiksel Model Önerisi. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 18(1), 15-33.

Bayraktaroğlu, A. E. (2007). Basit U Tipi Montaj Hattı Dengelemede Analitik Yöntemlerin Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Borba, L., Ritt, M., Miralles, C. (2018). Exact and Heuristic Methods for Solving the Robotic Assembly Line Balancing Problem. Europe Journal of Operational Research 270(2018) 146-156.

Delice, Y. (2019). Pozitif ve Negatif Bölgeleme Kısıtlı Çift-Taraflı U-Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 35(2), 32-44.

Demirbaş, Z. A. (2019). Üretim Hat Dengelemesinde Konfeksiyon Sektörüne Uygun Algoritmaların İncelenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Eryürük, S. H. (2005). Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Göçer, E. G. (2018). Çok Modelli Üretim Yapan Montaj Hatlarında Eş Zamanlı Montaj Hattı Dengeleme ve İstasyonlar Arası Ara Stok Alanı Atama Problemi İçin Bir Çözüm Yaklaşımı. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kahya E. Ve Şahin B. N. (2019). A New Model Proporsal For Ergonomic Assembly Line Balancing. Mühendislik Bilimleri ve Tasarımı Dergisi 7(4), 767-778.

Kalender F. Y., Yılmaz, M. M., ve Türkbey, O. (2008). Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Bir Yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol:23, no:1, 129-138.

Kim, Y.K., Song, W.S., Kim, J.H.(2007). A Mathematical Model and A Genetic Algorithm For Two-Sided Assembly Line Balancing. Computers&Research 36(2009) 853-865

Küçükkoç, İ.(2020). Montaj Hattı Tasarımı ve Analizi Ders Notları. Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü. Erişim Adresi:http://ikucukkoc.baun.edu.tr/lectures/EMM4208/EMM4208MontajHattiBirlesikNotlar.pdf

Oksuz, M.K., Buyukozkan, K.,Sataoglu, S.I.(2017). U-Shaped Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem: A Mathematical Model and Two Meta-Heuristics. Computer & Industrial Engineering 112(2017) 246-263.

Özgörmüş E. (2006) Ergonomik Koşullar Altında Montaj Hattı Dengeleme. Yüksek Lisans Tezi, , Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Özkıran, A., & Düşünür, H. (2011). Otomotiv Sektöründeki Bir İşletmede Montaj Hattının Analizi Ve Dengeleme Çalışması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.

Tanyaş, M. (2005). Üretim Planlama ve Kontrol (s.323-371)

Saçlı, C. (2010). Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Yeni Modeller ve Panel Mobilya Üreten İşletmelerde Uygulamalar. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.

HİZMET SEKTÖRÜNDE YALIN YÖNETİM YAKLAŞIMI VE BELEDİYEDE BİR UYGULAMA

Burcu Özcan Türkkan
Kocaeli Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği
burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr, orcid.org/0000-0003-0820-4238

Gamze Şenol
Kocaeli Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği
195104026@kocaeli.edu.tr, orcid.org/0000-0002-3895-8068

Özet
Yalın üretim uygulamaları literatürde üretim sektöründe sıklıkla karşımıza çıkmaktadır, fakat hizmet sektörü özelinde bu alanda yapılmış çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Literatürdeki bu boşluk dikkate alınarak Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Sosyal Hizmetler Şubesi'nde yalın belediyecilik üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yalın üretim ve yönetim felsefesinin hizmet sektöründe uygulanabilirliğinin ölçülmesi ve bu alanda ne derecede faydalı olabileceği konusu incelenmektedir. Çalışmanın amacının ve öneminin kavranması, uygulanabilirliliğinin sağlanması ve tüm çalışanlar tarafından benimsenerek süreklilik kazanması adına yalın belediyecilik adı altında eğitimler bu çalışma doğrultusunda planlanmıştır. Bu çalışma ile yalın bakış açısının sadece üretim sektöründe değil, hizmet sektöründe ve sosyal çalışma alanlarında nasıl faydalı olacağı araştırılmaktadır. Çalışma kapsamında sosyal hizmetler biriminin organizasyon şeması, çalışma koşulları, kullanılan yöntemler, kullanılan programları detaylı şekilde incelenmektedir. Değer akış haritalama yönteminden yararlanılarak mevcut durum ve gelecek durum değerlendirilmesi yapılmaktadır. Çalışma sosyal bir alt yapısı olan birim ile yapıldığından insan faktörü göz önünde bulundurulmaktadır. Yalın üretim tekniklerinden yararlanılırken bu konuya önemle dikkat edilmektedir. Çalışmada amaç yalın felsefenin kullanabilirliğinin genişletilmesi ve bir bakış açısı olarak uygulanabilirliğinin arttırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda üretim sektöründe kullanılan yöntemlerin hizmet sektöründe nasıl ve ne ölçüde kullanıldığı incelenecektir. Sonuç olarak bu çalışma Yalın felsefenin kullanım alanlarında genişleme sağlayarak literatürde bu alanda olan eksikliği gidermeye yöneliktir. Kocaeli Belediyesi'nde daha öncesinde yalın belediyecilik konusunda bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışma, öncü niteliğindedir ve daha sonrasında diğer birimlere de yaygınlaştırılması planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Yerel Yönetim, Yalın Belediyecilik, Değer Akış Haritalama

LEAN MANAGEMENT APPROACH IN THE SERVICE SECTOR AND AN APPLICATION IN THE MUNICIPALITY

Abstract
Lean manufacturing practices are often encountered in the production sector in the literature, but the number of studies conducted in this field, especially in the service sector, is quite limited. Considering this gap in the literature, a study on lean municipalism was carried out in the Social Services Branch of a Metropolitan Municipality. In this study, the issue of measuring the applicability of lean production and management philosophy in the service sector and the degree to which it can be useful in this field is examined. In order to understand the purpose and importance of the study, to ensure its applicability and to gain continuity by being adopted by all employees, trainings under the name of lean municipalism have been planned in accordance with this study. In this study, it is investigated how the lean perspective will be useful not only in the production sector, but also in the service sector and social work areas. Within the scope of the study, the organizational chart of the social services unit, working conditions, methods used, and programs used are examined in detail. Using the value stream mapping method, the current situation and the future situation are evaluated. Since the study is carried out with a unit that has a social infrastructure, the human factor is taken into account. This issue is paid special attention when using lean manufacturing techniques. The aim of the study is to expand the availability of lean philosophy and to increase its applicability as a point of view. For this purpose, it will be examined how and to what extent the methods used in the production sector are used in the service sector. As a result,

this study aims to eliminate the lack of this field in the literature by providing an expansion in the areas of use of lean philosophy. This work is a pioneer and is planned to be extended to other units later.

Keywords: Lean Manufacturing, Lean Management, Lean Municipalism, Value Stream Mapping

1. GİRİŞ

Küresel rekabet koşulları altında sürekli gelişen ve değişen insan ihtiyaçlarına doğru zamanda doğru yanıtın en hızlı şekilde verilmesi ve bu girişimin, talebi karşılayan firmaya maksimum kar getirisi sağlaması için sistematik şekilde verilerin sürekli olarak kayıt altına alınması, incelenmesi ve çıkarımlar yapılarak geliştirilmesi gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için günümüze kadar pek çok metot kullanılmıştır. Değişen koşullara uyum sağlamak adına da kullanılan metotlar sürekli olarak gelişmektedir. Yalın felsefesinin temelleri de ilk kez 1950'lerde Japonya'da atılmıştır. Batı ülkelerinde ise 1980'lerden sonra kullanılmaya başlanmıştır(Huseynzade,2020). Yalın felsefede amaç süreç içerisinde oluşabilecek tüm israfları ortadan kaldırılarak üretilmek istenilen hedefe en az maliyetle ve en mükemmel çıktıyla ulaşmaktır. Yalın üretim felsefesinin temelinde 7 büyük israf tanımlanmaktadır. Bunlar hatalı üretim, fazla üretim, fazla stok, beklemeler, gereksiz işler, gereksiz taşıma ve gereksiz hareketler olarak sıralanabilir. Yalın üretimin kendi içerisinde kullanılan araçları vardır ve işletmeler bu araçlardan birini ya da bir kaçını beraber uygulayarak hedeflerine ulaşırlar. Ayrıca yalın üretimin işletmelerde doğru şekilde uygulanabilmesi için çalışanların tümünün bu konuda eğitilmesi gerekmektedir. Üst yönetiminde çalışanları bu konuda desteklemesi şarttır(Huseynzade,2020). Yalın üretim, ilk olarak üretim sektöründe ortaya çıkmış olsa da günümüzde diğer sektörlerde de uygulama alanı bulmaktadır. Bugüne kadar üretim sektöründe yalın üretim alanında pek çok uygulama bulunması üretim yapan firmalarda yalın felsefenin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Hizmet sektöründe yalın felsefeyi uygulayabilmek için temel kurallardan yola çıkarak uyarlama yapmak gerekmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Yalın Üretim

Yalın üretim, sürece veya sürecin çıktısına katkı sağlamayan her türlü faaliyetin ortadan kaldırılmasıdır(Turan,2015). En az girdi ile en fazla çıktı hedeflenmektedir. Maliyetlerin düşürülmesi, stokların azaltılması, beklemelerin en küçüklenmesi, gereksiz faaliyetlerin tespiti ve ortadan kaldırılması yalın üretimin uğraş alanlarındandır. Bu hedefler doğrultusunda yalın üretim araçları geliştirilmiştir. Tam zamanında üretim, 5S, Kaizen, Poke Yoke ve Değer Akış Haritalama yalın üretim araçlarına örnek olarak verilebilir.

2.2. Değer Akış Haritalama

Değer akış haritası, Malzeme ve Bilgi Haritası adı ile 1980'lerde Toyota'da kullanılmış yapısal bir şemadır. Süreç haritalarına benzer şekilde sürecin adımlarını, gerçekleştirilen faaliyetleri açıklar niteliktedir. Bunlara ek olarak zaman unsurunu da içeren değer akış haritası daha ayrıntılı bir analize imkan tanır. Süreçte yer alan adımların süreleri ve varsa adımlar arasındaki bekleme sürelerini belirtir.(Çetin,2014)

3. UYGULAMA

Bu araştırmada Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Sosyal Hizmetler Şubesi'nde yalın belediyecilik üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Belediye hizmetlerinin çıktısı vatandaşların memnuniyetidir. Taleplerin en hızlı şekilde cevaplanması ile de memnuniyet seviyesi arttırılabilir. Bunun içinse süreçlerdeki israfların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Katkı değeri olan ve olmayan faaliyetlerin görünür kılınması için akış haritasının oluşturulması ve katkı değeri olmayan faaliyetlerin tamamen ortadan kaldırılması ya da sürelerinin kısaltılması gerekir.

3.1. Belediyede Standart İş Tanımlama

Standart iş, her bir işlem, aktivite veya süreçte her defasında aynı sonuca ulaşabilmek için tasarlanan iş talimatları olarak tanımlanmaktadır(Çetin,2014). İş verimlerinin değerlendirilmesi için belediyenin ilgili müdürlüklerinde çalışan personel ve süreç sahiplerinin görüşleri alınarak hazırlanabilir.

3.2. Belediyede Değer Akış Haritalama

Belediye hizmetlerinin vatandaşa sunulmasında değer ve israf olan faaliyetlerin tanımlanması, değer akışı haritalaması ile yapılmaktadır.

3.2.1. Mevcut Durum İncelemesi

Belediyelerin vatandaşa dönük yüzünden birisi Yardım işlemlerinin gerçekleştiği Sosyal Hizmetler Şube Müdürlüğü – Sosyal Yardımlar birimidir. Yardım almak için başvuran vatandaş belirlenmiş olan iş akışı gereğince hareket etmekte ve yardımın yerine getirilmesi için beklemektedir. Burada vatandaşın değer olarak tanımladığı olgu, "Yardımı en kısa sürede almasıdır". Yardım alma süreci için değer tanımlandıktan sonra mevcut durum değer haritası oluşturulmaktadır.

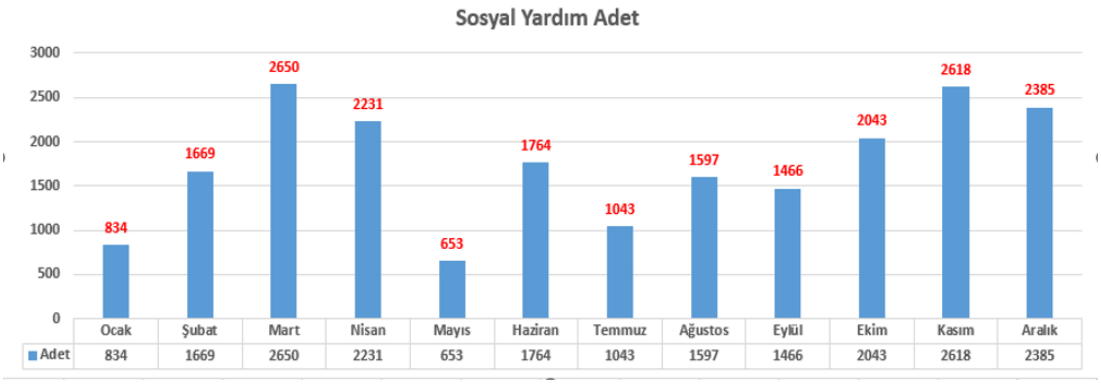
3.2.2. Sosyal Yardımlar Biriminde Sunulan Hizmetler

Tablo 1. Yardım Tipleri

NO	SOSYAL YARDIMLAR	FREKANS/YIL
1	Kart Gıda Tanımlı Nakit Yardımı	21643*12
2	Kart Giyim Tanımlı Nakit Yardımı	25143
3	Kart Ağır Engelli Nakit Yardımı	922*12
4	Nakit Yardımı	788
5	Ev Eşyası Yardımı	1750
6	Kırtasiye Yardımı	26101
7	Su Yardımı	28256
8	Yakacak Yardımı	21826
9	Sağlık Yardımı	80
10	Nakliye Yardımı	95
11	Mama ve Çocuk Bezi Yardımı	524
12	Prefabrik Yardımı	24

Sosyal hizmetler tarafından sunulan yardım tipleri Tablo 1'de görüldüğü gibidir. Bu yardımlar içinde en çok talep gören yardım tipi Kart Gıda Tanımlı Nakit Yardımı olduğundan bu yardım tipi iş adımlarını ve süreci inceleme kararı alındı.

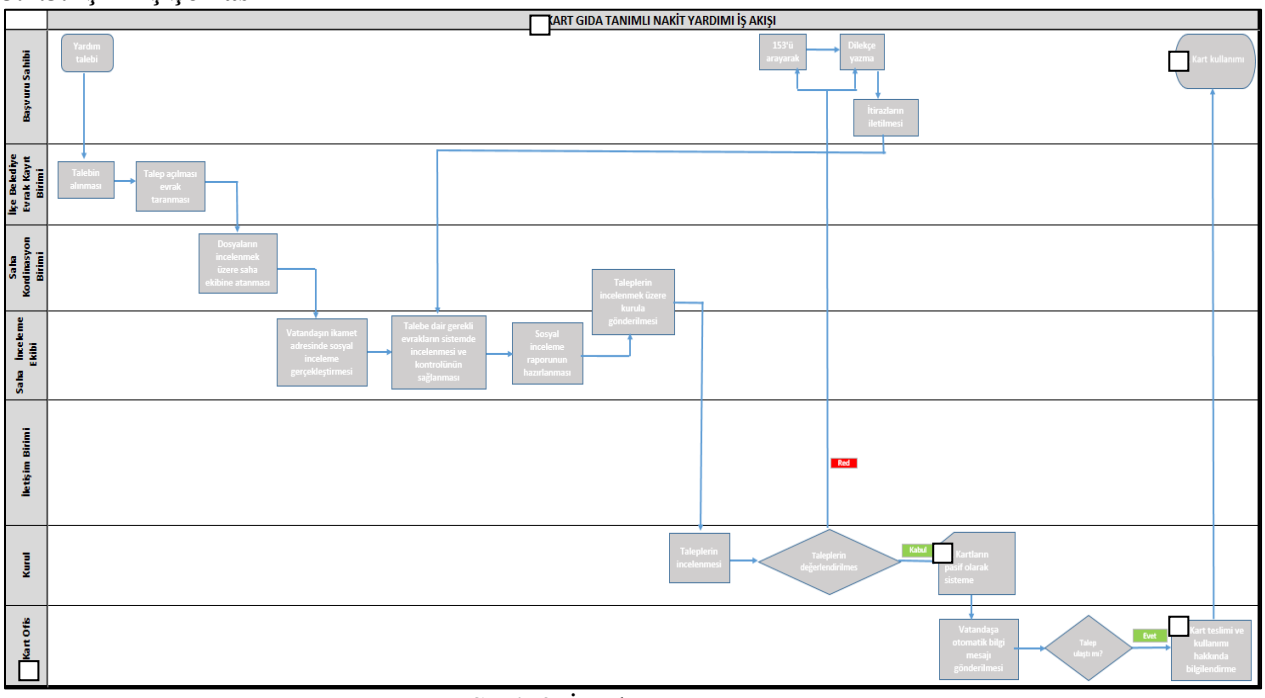
2021	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Adet	834	1669	2650	2231	653	1764	1043	1597	1466	2043	2618	2385	20953



Şekil 1. Kart Gıda Yardımı Ay Bazlı Frekanslar

2021 Yılı ay bazlı Kart Tanımlı Gıda Nakit Yardımı grafiği Şekil 1'de görüldüğü gibidir.

3.2.3. İş Akış Şeması

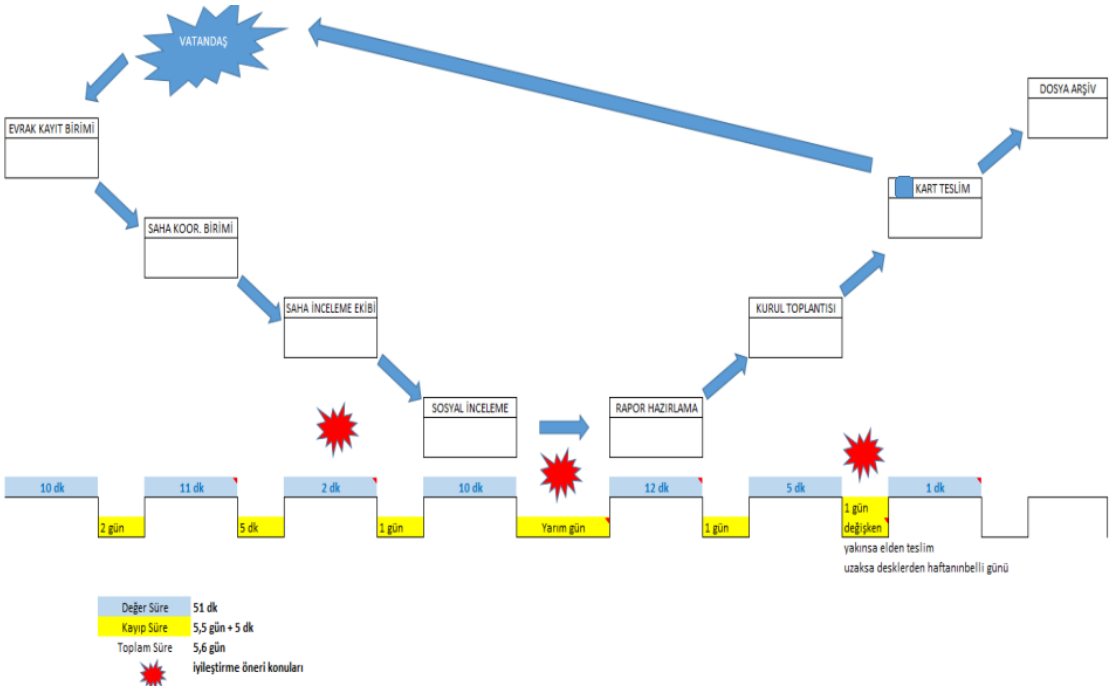


Şekil 2. İş Akış Şeması

Şekil 2 'deki iş akış şemasında izlenen iş adımları ve sorumlu birimleri belirtilmektedir. Büyükşehir Belediyesi'nde verilecek yardımlara ilişkin yapılan işlemler ve iş adımları belirlenerek iş akışı çizilmiştir. Başlangıç faaliyeti olan vatandaşın yardıma başvurması ile başlayan süreç yardımın ulaştırılması ve dosyanın arşive kaldırılması işlemiyle son bulmaktadır.

3.2.4. Mevcut Durum Değer Akış Haritası

İş akış şemasından yararlanılarak mevcut durum değer akış haritası çizilmiştir. İş adımlarının süreleri ve adımlar arasındaki bekleme süreleri tespit edilmiştir.



Şekil 3. Mevcut Durum Değer Akış Haritası

Sosyal Hizmetler Şube Müdürlüğü-Sosyal Yardımlar Birimi'nin bir işlemi olan Kart Gıda Tanımlı Nakit Yardımı işlemlerine ilişkin mevcut durum değer akış haritası Şekil 3'teki gibi oluşturulmuştur. Değer akış haritasında; işlemler, işlemlere ayrılan süreler, beklemeler gibi israf edilen süreler belirtilmektedir. Mevcut Durum değer akış haritası incelendiğinde;

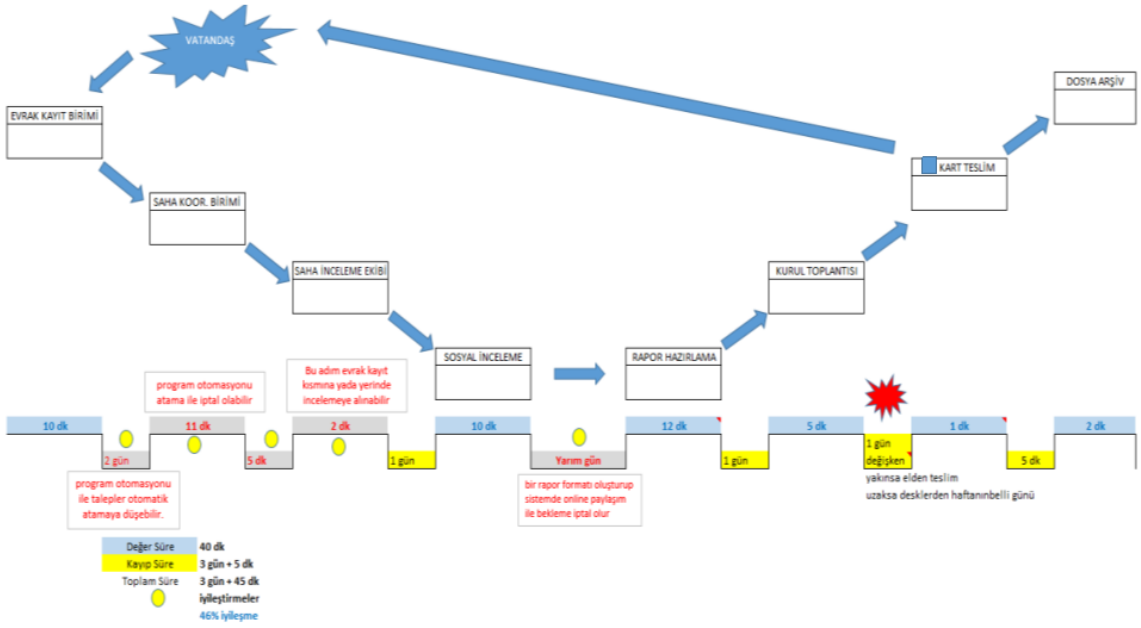
- Kayıp Süre: 5,5 gün + 5 dk.
- Değer Süre: 51 dk.
- Toplam süre: 5,6 gün olarak görülmektedir.

3.2.5. İsraf Kaynaklarının Analizi

Sosyal Yardım Birimi'nde yapılan 5 ziyaret ve gözlem sonucunda vatandaş başvurusu ile başlayan süreç incelendiğinde aşağıdaki konularda kayıpların yaşandığı gözlemlenmiştir;

- Dosya inceleme ve Kurul onayı için dosyanın bekletilmesi.
- Vatandaşın eksik evrak ya da yanlış beyanda bulunması nedeniyle kontrollerin yapılması ya da tamamlama için bekleme.
- Yerinde ziyaretlerde bekleme ya da başvuru sahibinin olmaması.

3.2.6. Gelecek Durum Haritası



Şekil 4. Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Gelecek Durum değer akış haritası incelendiğinde;

- Kayıp Süre: 3gün + 5 dk
- Değer Süre: 40 dk,
- Toplam süre: 3 gün + 45 dk olduğu görülmektedir.

Kart Gıda Tanımlı Nakit Yardımı iş akışında faaliyetlerin gerçekleştirilme süreleri incelenmiştir. Değer katmayan faaliyetlerin süreleri dikkate alınarak en fazla süren faaliyetlerin azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılmasına yönelik değerlendirme yapılmıştır.

4. SONUÇ

Mevcut durum ile gelecek durum değer akış haritaları kıyaslandığında önerilen iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilirse;

- Kayıp süre 46% oranında azalma göstermiştir.
- Vatandaşın yardım alma işleminin sonuçlanması 54% oranında hızlanmış olur.
- Daha hızlı işlem sonuçlanmasını değer olarak kabul eden vatandaşın memnuniyeti artacaktır.

5. TARTIŞMA

Bu araştırmada, yalın üretim uygulamalarının sadece üretim sektörüne özel olmadığı ve yerel yönetim sistemlerinde de uygulanabilir olduğu üzerine çalışılmıştır. Diğer sektörlerde de olduğu gibi kamu kurum ve kuruluşlarında da pek çok israf kaynağı bulunmaktadır. Bunların tespiti ve analizi için yalın felsefeden yararlanılabilir. Yalın üretim araçları kullanılarak yapılan iyileştirmelerin sonuçları sayısal olarak belirlenebilir. Böylece beşeri yapının hakim olduğu sektörlerde de standartlaştırma sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Hüseyinzade, Y. (2020). Hizmet sektöründe üretim: Bir restoran işletmesinde uygulaması (Yüksek Lisans, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Çetin, H. (2014). Yerel yönetimlerde yalın yaklaşım uygulamaları: Osmangazi Belediyesi örneği (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Turan, H., & Turan, G. (2015). Sağlık sisteminde yalın üretim uygulamaları. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 2(3), 127-132.

İÇME SUYU ŞEBEKE TEDARİKÇİLERİNİN ÜRETEN-TÜKETİCİ OLMALARI İÇİN YÖNTEM ÖNERMESİ VE ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ (EMS) TASARIM ÖNERİSİ

Abdullah Altay
TÜBİTAK MAM, Enerji Teknolojileri Başkan Yardımcılığı, Yenilenebilir Enerji Araştırma Grubu
abdullah.altay@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-5008-487X

Necmi Cemal Özdemir
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2914-3577

Doğan Gezer
TÜBİTAK MAM, Enerji Teknolojileri Başkan Yardımcılığı, Yenilenebilir Enerji Araştırma Grubu
dogan.gezer@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0002-3112-1572

Özet
Nüfusun ve ekonominin hızlı büyümesi nedeniyle elektrik enerjisi tüketimi sürekli artmaktadır. Artan enerji tüketimini dengede tutmak ve güç sistemlerini buna göre esnetmek için genellikle üretim tarafında teknolojiler geliştirilmiştir. Ancak son yıllarda tüketim tarafında, özellikle de üreten tüketiciler (elektrik üreten ve tüketen müşteriler) tarafında, güç sistemleri esnekliğine ilişkin araştırmalarda artış olmuştur. Enerji tüketimi artışına ek olarak artan enerji maliyetleri de tüketiciler için bu araştırmaları yapmalarına neden olmaktadır. Elektrik tüketicileri, yalnızca elektrik tüketmekle kalmayıp aynı zamanda elektrik üretip depolayabilen, ekonomik olarak motive olmuş "üreten tüketicilere" dönüşmektedir. Bu çalışmada özellikle elektrik enerjisini tüketen konumda olan içme suyu tedarikçilerinin üreten-tüketici pozisyonuna geçmeleri için bir yöntem önermesi yapılacaktır. Daha sonra ise bu aktörler için tüketim ve üretim dengesini sağlayacak, enerji tüketiminin azaltılması ve bakım maliyetlerini düşürmede yardımcı olacak bir enerji yönetim sistemi tasarımı ana hatları ile önerilecektir.

Anahtar Kelimeler: Üreten-tüketici, İçme suyu şebeke tedarikçileri, enerji yönetim sistemi

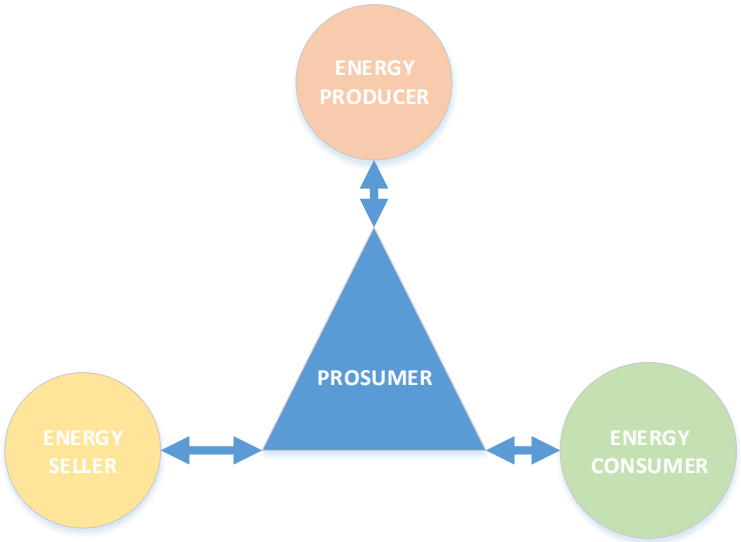
A METHOD RECOMMENDATION FOR DRINKING WATER NETWORK SUPPLIERS TO BE PROSUMER AND ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (EMS) DESIGN PROPOSAL

Abstract
Electricity consumption is constantly increasing due to the rapid growth of the population and economy. Technologies are generally developed on the generation side to balance increased energy consumption and flex power systems accordingly. However, in recent years, there has been an increase in research on power systems flexibility on the consumption side, especially by the prosumers (electricity generating and consuming customers). In addition to the increase in energy consumption, increasing energy costs cause consumers to do these researches. Electricity consumers are turning into economically motivated "prosumers" who can not only consume electricity but also generate and store electricity. In this study, a method proposal will be made for drinking water suppliers to switch to the producer-consumer position. This study proposes a method for drinking water suppliers, especially those that consume electrical energy to move into the prosumer position. Afterwards, an energy management system design that will manage the consumption and production balance for these actors, reduce energy consumption and reduce maintenance costs will be proposed with the main lines.

Keywords: Prosumer, drinking water network suppliers, energy management system

1. GİRİŞ
Üreten tüketici kavramı, kendi tüketimlerine giren mal ve hizmetlerin bir kısmını üreten kişiler olarak tanımlanmıştır [1,2]. Üreten-tüketici konsepti Şekil 1'de gösterilmiştir. Enerji kullanıcıları, güneş panelleri veya rüzgar türbinleri gibi lokal üretim kapasitelerini bireysel veya toplu olarak kendi kullanımları için veya şebeke üzerinden satış için enerji üretmek için kullandıklarında üreten tüketici

olurlar. Şebekeye miktardan bağımsız bir şekilde enerji üretimi sunan son kullanıcılar da üreten tüketiciler olarak kabul edilebilirler.



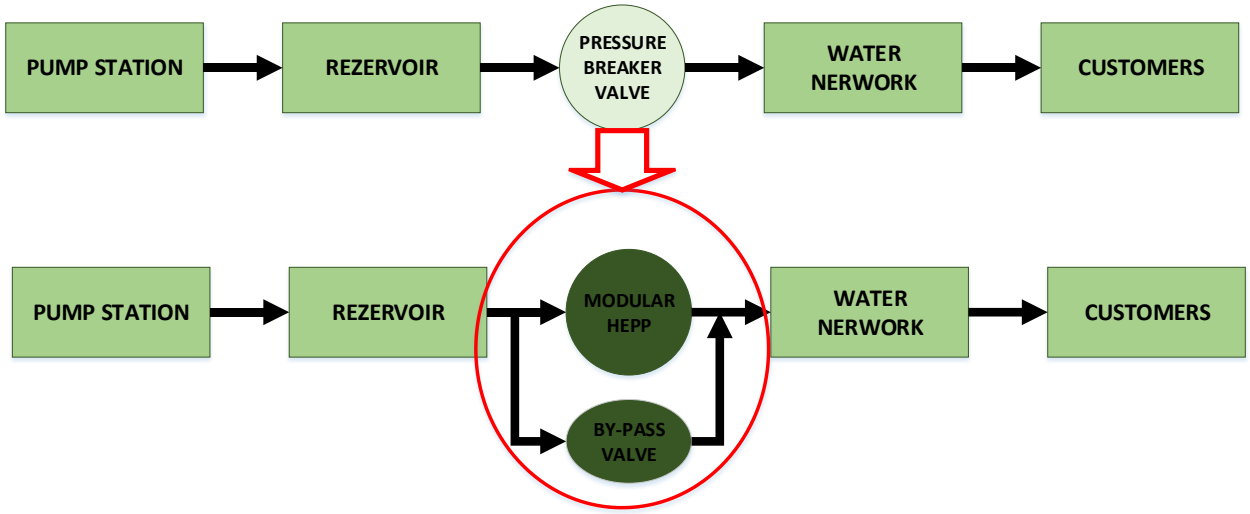
Şekil 1. Üreten-Tüketici Konsepti

Üreten tüketiciler, akıllı şebekelerin sadece önemli bir paydaşı değil, güç sistemi güvenilirliği tarafından baktığımızda ise talep yönetiminde de hayati bir rol oynamaktadırlar [1,2]. Ancak bu çalışmada, enerji üretim süresinin maksimize edilmesi, enerji tüketiminin azaltılması ve bakım maliyetlerinin düşürülmesi gibi tüketici odaklı konular araştırılacaktır. Üreten tüketiciler, kendi hedeflerine ulaşmalarını sağlayan teknoloji ile donatıldıkları takdirde akıllı enerji ekosistemleri haline gelebilirler [3]. Bu amaçla içme suyu şebekesi tedarikçileri, içme suyu şebekesindeki basınç kırıcı vanalarda sürtünme ile tüketilen hidrolik enerjiden elektrik enerjisi üreterek üretici tüketici konumuna geçebilirler. Ülkemizde içme suyu şebekesine sahip olan belediyeler ve tarımsal sulama kooperatifleri için içme suyu şebekesine modüler bir HES kurularak elektrik üretimine örnek oluşturulabilir. Böylece içme suyu şebekesine konteyner tipi modüler HES kurma fikri yaygınlaşırsa ülkemizde yeşil enerji geçişine katkı sağlanabilir.

Tüm bunların yanı sıra, içme suyu şebekelerinde basınçlı su şebekeleriyle ilişkili enerji tüketiminin, küresel enerji tüketiminin %2-3'ünü temsil ettiği tahmin edilmektedir [4]. Bunun önemli bir kısmı, suyun boru şebekelerinde pompalama yoluyla taşınması veya dağıtılması ile ilişkilidir. Bu nedenle pompa gruplarının enerji verimliliği optimizasyonu da önemli bir konu olarak karşımızda durmaktadır. Konteyner tipi modüler HES kullanan boru hattı şebekelerinde enerjinin geri kazanılması da bu enerji tüketimini ve su sektöründeki CO_2 emisyonlarını azaltacaktır. Aynı zamanda bu pompa gruplarının yapay zeka teknikleri ile optimize edilerek çalıştırılması enerji verimliliğini daha arttıracaktır.

2. KONTEYNER TİPİ MODÜLER HES UYGULAMA ÖNERİSİ

İçme suyu tedarikçileri de içme suyu şebekesindeki basınç kırıcı valflerde sürtünme ile tüketilen hidrolik enerjiden elektrik enerjisi üreterek hem iç tüketimlerine katkı sağlayabilir hem de üreten-tüketici konumuna geçebilirler. Konteyner tipi modüler HES ile basınçlı su şebekelerinde enerjinin geri kazanılması sonucu belediyeler enerji tüketimlerini azaltabilmektedirler. Ayrıca fazla elektriği enerjisi piyasasına satarak kar da elde edebilirler.



Şekil 2. Modüler HES Uygulama Konsepti

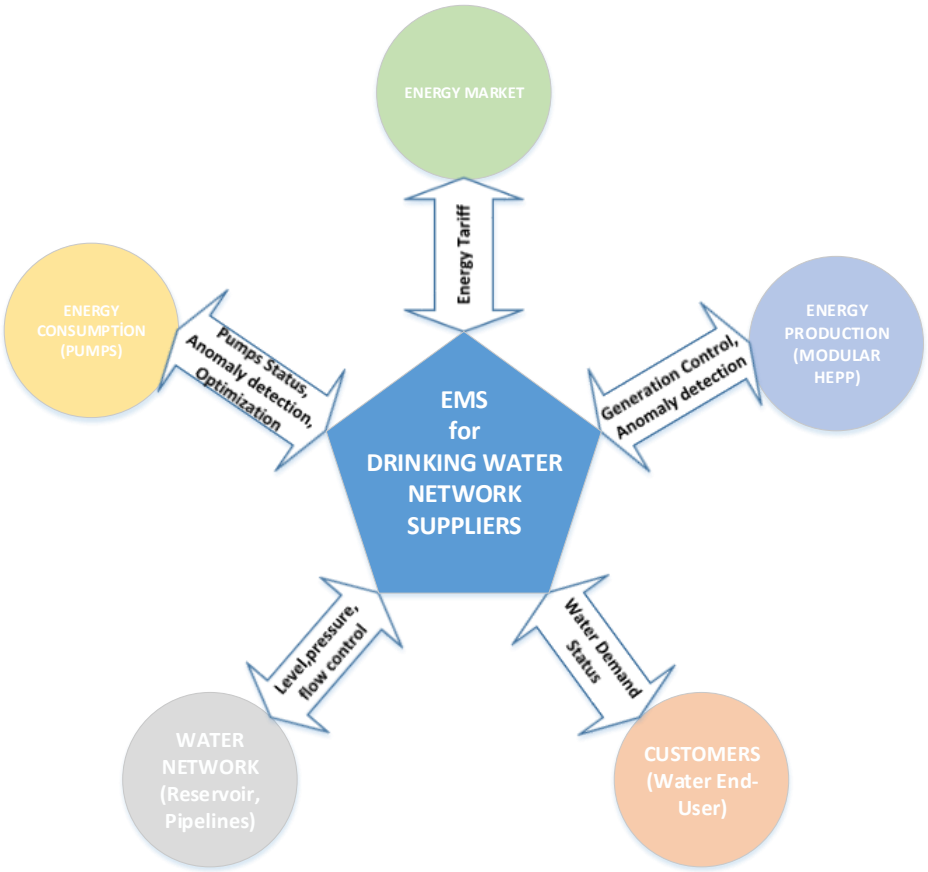
Modüler HES'in basınçlı su şebekesine eklenmesi durumu Şekil 2'te gösterilmektedir. Modüler HES, basınç kesici vana yerine kurulmaktadır. Modüler HES herhangi bir arıza nedeniyle durdurulduğunda su akışının devam etmesi için by-pass vanası ile birlikte kullanılmaktadır.

2. ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ (EMS) ÖNERİSİ

Su şebekesi tedarikçilerinin tüketicileri için üretilen ve tüketilen gücün verimliliğini, güvenilirliğini ve maliyeti optimize etmek için uygun bir kontrol yaklaşımı kritik olmaktadır. Su şebekeleri için enerji yönetim sistemi (EMS), dağıtılmış enerji kaynaklarını kontrol edilebilir, yük tüketimlerini, su şebekesinin durumunu ve müşterileri gerçek zamanlı olarak izleyebilmektedir. Su şebekesi enerji yönetim sistemi (EMS) için Şekil 3'de gösterilen mimari önerilmektedir.

Bir EMS, modüler HES'te üretilen gücü, cihazların durumunu, tahmini yükü, elektrik fiyatlarını ve ihtiyaca dayalı olarak enerji tüketim gereksinimlerini kontrol eder. Sonuç olarak, EMS, günlük işletme ve bakım maliyetlerini en aza indirmek, anlık üretim-tüketim dengesini kontrol etmek, kayıpları azaltmak ve enerji tüketimini optimize etmek gibi tekli veya çoklu görevler için kullanılabilir. Önerilen EMS'in amaçları aşağıda listelenmiştir:

- İçme suyu şebekesini (pompalar, boru hattı) ve konteyner tipi modüler HES'i işletmek ve kontrol etmek
- Son kullanıcıların su ihtiyaçlarını etkilemeden konteyner tipi modüler HES'in amortisman süresini ve enerji tüketim maliyetini en aza indirmek.
- Dijitalleşme konseptine uygun yüksek çözünürlüklü bilgi sağlamak ve içme suyu şebekesinin artan dijitalleşmesini sağlamak
- Makine öğrenimi tabanlı anormallik algılama uygulamaları ile konteyner tipi modüler HES'in insansız çalıştırılması ve böylece bakım ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi
- Makine öğrenimi tabanlı anormallik algılama uygulamaları ile özellikle pompa grupları ve boru hatları için içme suyu şebekesinin bakım maliyetlerinin azaltılması



Şekil 3. Üreten-Tüketiciler için EMS Konsepti

İçme suyu tedarikçisi için önerilen EMS, pompa ve HES yönetimi gibi iki önemli modüle sahiptir.

2.1. Pompa Yönetim Modülü

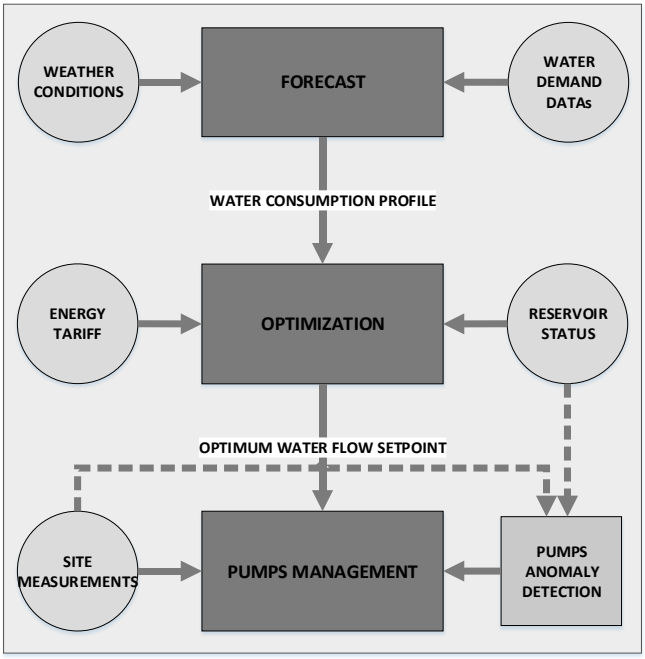
EMS'nin çözmesi gereken en önemli konu, pompa istasyonlarında enerji yönetimi ve enerji denetimleri ile enerji tüketimini azaltmaktır. İstasyon tarafından kullanılan güç tüketiminin büyük bir kısmını pompa grupları oluşturmaktadır. Pompa yönetim modülü, son kullanıcıların su talebine bağlı olarak bir pompayı çalıştırarak veya durdurarak yapılmalıdır. Pompa yönetim modülünün ana işlevleri aşağıdaki gibi verilebilir.

- Son kullanıcıların su tüketim profili, geçmiş su tüketimi verileri, hava durumu tahminleri vb. kullanılarak yapay zeka algoritmaları ile tahmin edilecektir.
- Tahmini su tüketim profiline göre, enerji tüketimi maliyetini azaltmak için su rezervuar durumu ve enerji tarifesi dikkate alınarak anlık optimum su debisi belirlenecektir.
- Pompa grupları, belirlenen optimum akışı sağlayacak şekilde çalıştırılacaktır.
    - Pompa grupları nominal debilerine göre sınıflandırılabilir veya hesaplanan optimum debiyi sağlamak için frekans konvertörü ile çalıştırılabilir.
- Pompaların verimliliği sürekli izlenecektir.

Ayrıca istasyonlarda aşağıdaki gibi arızalar çok sık meydana gelmektedir.

- Pompa gruplarının gereksiz durumlarda başlatılması ve durdurulması; kritik ekipmanın ömrünü kısaltmaktadır, enerji kullanımını verimsizleştirmektedir.
- Pompalanan su bazı durumlarda müşteri tarafından talep edilen sudan daha fazladır ve bu da rezervuarda taşmaya neden olur.

EMS'in pompa yönetim modülü, makine öğrenmesi tabanlı anormallik algılama uygulamaları sayesinde bu tür arızaları tespit edecektir. EMS'nin pompa yönetim modülü Şekil 4'te gösterilmektedir.



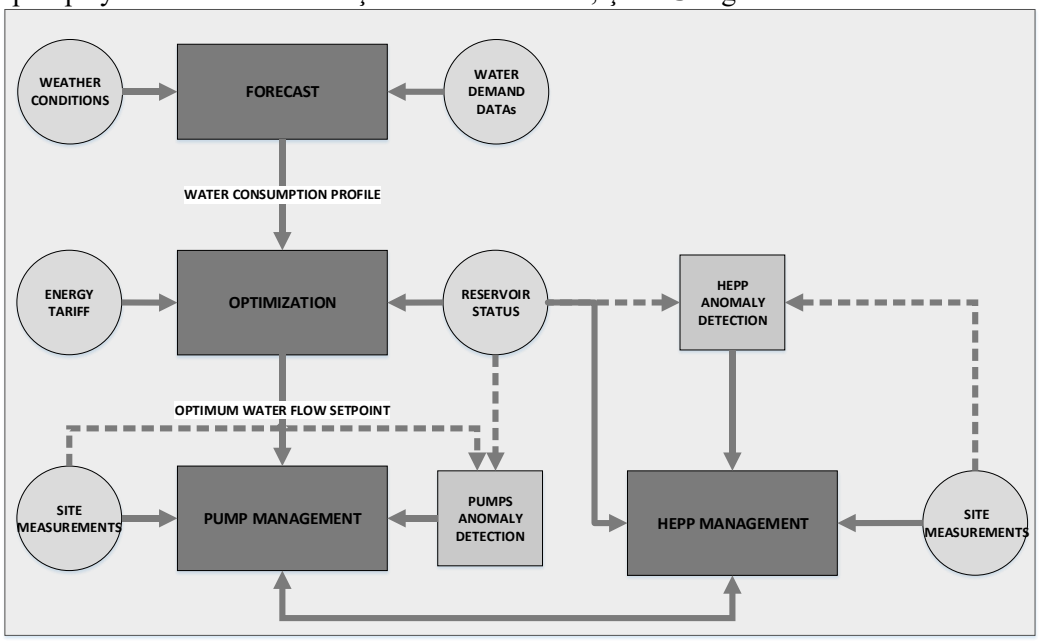
Şekil 4. Pompa Yönetim Konsepti Konsepti

2.1. Modüler HES Yönetim Modülü

EMS'in bir diğer önemli özelliği de modüler HES'in yönetimidir. Modüler HES EMS tarafından aşağıdaki gibi çalıştırılacaktır.

- HES, pompa grupları ile koordineli çalışacaktır.
- Müşterilerin su kullanımına paralel olarak HES'in işletilmesi sağlanacaktır.
- Konteyner tipi modüler HES'in makine öğrenimi tabanlı anormallik algılama uygulamalarıyla insansız çalıştırılmasıyla bakım ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmaktadır.
- Modüler HES, su şebekesinde talep edilen basıncına göre işletilebilecektir.

HES ve pompa yönetim modüllerini içeren önerilen EMS, Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Modüler HES Yönetim Konsepti

4. SONUÇ

Bu çalışma ile özellikle elektrik enerjisini tüketen konumda olan içme suyu tedarikçilerinin üreten-tüketici pozisyonuna geçmeleri için bir yöntem önermesi yapılmıştır. Daha sonra ise bu aktörler için tüketim ve üretim dengesini sağlayacak, enerji tüketimlerini azaltacak ve bakım maliyetlerini düşürmede yardımcı olacak bir enerji yönetim sistemi önerisi verilmiştir. Böylelikle, son kullanıcıların su taleplerini değiştirmeden, yatırım maliyetinin amortisman süresi kısalabilir, içme suyu şebekesinde dijitalleşmeye katkı sağlanabilir, enerji tüketim ve bakım maliyetleri azaltılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Rehman Zafar, Anzar Mahmood, Sohail Razzaq, Wamiq Ali, Usman Naeem, Khurram Shehzad, Prosumer based energy management and sharing in smart grid, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 1, 2018,

[2] Gough, M.; F. Santos, S.; Javadi, M.; Castro, R.; P. S. Catalão, J. Prosumer Flexibility: A Comprehensive State-of-the-Art Review and Scientometric Analysis. Energies 2020

[3] S. Grijalva and M. U. Tariq, "Prosumer-based smart grid architecture enables a flat, sustainable electricity industry," ISGT 2011, 2011

[4] Mitrovic, D.; Chacón, M.C.; García, A.M.; Morillo, J.G.; Diaz, J.A.R.; Ramos, H.M.; Adeyeye, K.; Carravetta, A.; McNabola, A. Multi-Country Scale Assessment of Available Energy Recovery Potential Using Micro-Hydropower in Drinking, Pressurised Irrigation and Wastewater Networks, Covering Part of the EU. Water 2021

BAZI DİPİROMETEN LİGANT VE BORDİFLORÜR KOMPLEKSLERİNİN FOTOFİZİKSEL VE TERMOGRAVİMETRİK ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL VE TEORİK İNCELENMESİ

Gökhan SEVİNÇ
Bilecik Şeyh Edebali University, Science and Literature Faculty, Chemistry Department
Gokhan.sevinc@bilecik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7008-1067

Özet
Bodipy bileşiklerinin fotofiziksel özelliklerinin belirlenmesi bu sınıf bileşiklerin enerji transfer kasetleri, boya duyarlı güneş pilleri (DSSC), lazer boyalar, asit-baz ve anyon/katyon sensörleri ve hücre görüntüleme sistemlerinde kullanılmasını sağlamaktadır. Bodipy boyaları üzerine yapılan bilimsel çalışmaların artışı, bu bileşiklerin çeşitli uygulama alanlarında kısıtlayıcı yönlerinin bulunması ile ilişkilendirilmektedir. Bu açıdan yeni bileşiklerin sentezi ve fotofiziksel özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, iki dipirin (dipirometen) ligandı ve bunların BF_2 komplekslerinin teorik ve deneysel olarak fotofiziksel özellikleri irdelenmiştir. Bileşiklerin absorpsiyon, floresans, termogravimetrik özellikleri UV, florimetri ve TG analizleri ile incelenmiştir. Ligant ve komplekslere ait fotofiziksel parametreler (absorbsiyon ve floresans dalga boyları, molar absorbsiyon katsayısı, stokes kayması, floresans kuantum verimi ve yarı yükseklikteki tam genişlik) UV ve floresans spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın devamında bileşiklerin spektroskopik özellikleri teorik olarak DFT yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yararlanılarak ligandların ve komplekslerin fotofiziksel ve termogravimetrik özellikleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Teorik hesaplamalar deneysel verileri doğrular niteliktedir.

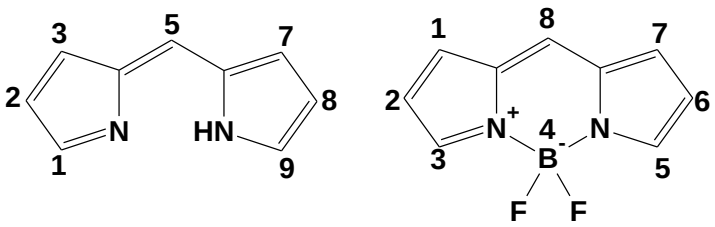
Anahtar Kelimeler: Dipirometen, Bodipy, Termogravimetri, DFT, Absorpsiyon

Abstract
Heterocyclic compounds known as dipyrromethenes or dipyrrins are bidentate ligands in which two pyrrole rings are linked by a methylene bridge. Bordifluoride complexes of these, called 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indacene (Bodipy), are dyestuffs with absorption and emission properties in the visible region.The increase in scientific studies on Bodipy dyes is associated with the presence of the restrictive aspects of these compounds in various fields of application. Therefore, the synthesis of new compounds and the determination of their photophysical properties are important. In this study, the photophysical properties of two dipyrine (dipyrromethene) ligands and their BF2 complexes were investigated theoretically and experimentally. The absorption, fluorescence, thermogravimetric features of the synthesized compounds were investigated by means of UV, fluorimetri and TGA analysis. In the continuation of the study, the spectroscopic properties of the compounds were determined theorically by DFT method. From this point of view, the photophysical and thermogravimetric properties of ligands and boron complexes were analyzed comparatively. Theoretical calculations confirm the experimental data. Theoretical calculations confirm the experimental data.

Keywords: Dipyrromethene, Bodipy, Thermogravimetry, DFT, Lineer absorption.

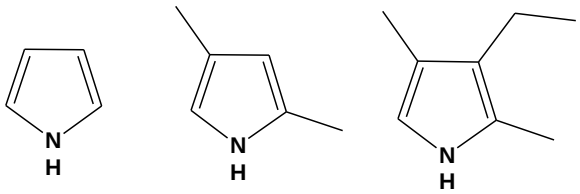
1. GİRİŞ

Dipirometenler veya dipirinler olarak adlandırılan heterosiklik bileşikler, iki pirol halkasının bir metilen köprüsü ile bağlandığı iki dişli ligandlardır [1]. Dipirometen bileşikleri porfirinlerin ve diğer tetrapirol türevlerinin sentezinde ara ürünler veya çıkış bileşikleri olarak bilinmektedirler [2-4]. Ancak son yıllarda bordiflorür kompleksleriyle tanınır hale gelmişlerdir (Şekil 1 a ve b) [5-9]. Dipirometenlerin 4,4-difloro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indasen (Bodipy) olarak adlandırılan bordiflorür kompleksleri, görünür bölgede soğurma ve emisyon özellikleri olan boyar maddelerdir. Bodipy bileşikleri ışık toplama sistemleri, enerji transfer kasetleri, boya ile duyarlaştırılmış güneş pilleri (DSSC), lazer boyaları, asit-baz ve anyon/katyon sensörleri, hücre görüntüleme sistemleri gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadırlar [10-16].



Şekil 1. a) Dipirometen **b)** Dipirometen-BF_2 kompleks (Bodipy) yapıları ve numaralandırılmaları

BODIPY komplekslerinin fotofiziksel özellikleri sübtitüentlerin indüktif ve mezomerik etkisi başta olmak üzere, çözücü, pH, analit gibi değişkenlere bağlı olarak önemli oranda farklılaşabilmektedir. Amaca yönelik sentez dizaynları birçok farklı uygulama alanında denenmelerini sağlamaktadır. Bodipy'ler üç aşamalı bir yöntemle sentezlenebilirler. İlk aşama aromatik bir aldehit pirol türevinin asit katalizli kondenzansyon tepkimesidir. Ürünler dipirometanlardır ve düşük kararlılıkları nediyle çoğunlukla saflaştırılmalarına gerek duyulmaksızın reaksiyon ortamında yükseltgenerek dipirometenleri oluştururlar. Son aşamada asidik pirol protonu trietilamin gibi zayıf bir organik baz yardımıyla koparılarak kompleksleşme aşamasına geçilmektedir. Dipirometenlerin bor diflorür kompleksleri yanında demir (II), demir (III), nikel (II), bakır (II) ve çinko (II) gibi birçok metal iyonuyla tetrahedral kompleksler yaptığı bilinmektedir. Kararlılığının nispeten daha yüksek olması nedeniyle 5 konumunda fenil gibi aromatik gruplar bulunduran dipirinlerle ilgili literatürde daha çok çalışma mevcuttur. Literatürde bodipy bileşikleriyle ilgili yapılan birçok çalışmada çıkış bileşiği olarak yapıları şekil 2a'da verilen ticari pirol türevleri kullanılmaktadır.



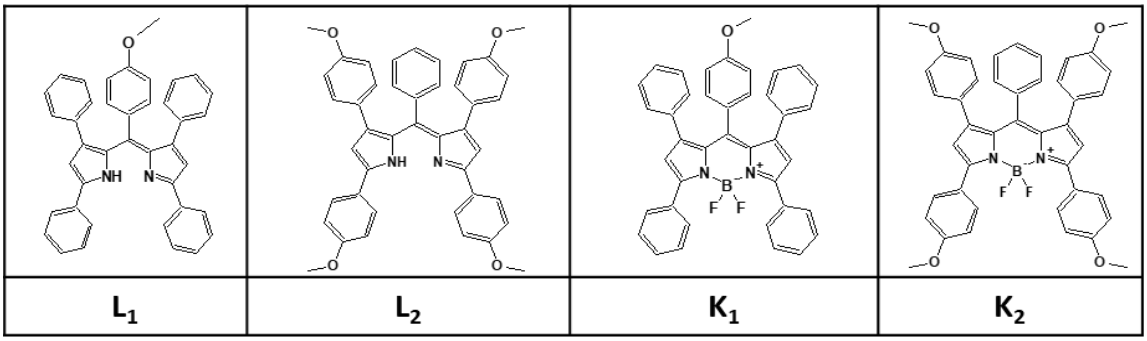
Şekil 2. Bodipy sentezinde kullanılan ticari pirol türevleri: soldan sağa sırayla pirol, 2,4-dimetil-pirol ve 2,4-dimetil-3-etil pirol (Kriptopirol)

Sübstitüentsiz pirol halkasındaki 2- konumlarının (-α karbon atomları) elektrofilik ve nükleofilik atağa duyarlılığı hem pirollerin hem de dipirometan ve dipirometenlerin kimyasal kararlılıklarının düşük olmasıyla sonuçlanmaktadır [16, 17]. Polimerik yan ürünlerden dipirometenleri saflaştırmak zordur. Genel olarak dipirometenlerin kromatografi ile saflaştırıları problem yaratmaktadır. Bu nedenle -2, -3 ve -4 konumlarında metil/etil gibi gruplar bulunduran pirol türevleri daha çok tercih edilmektedir [26-28]. Sentezlenen dipirometen bileşikleri önce hünig bazı veya trietilamin, devamında bortiflorür dietil eterat ile reaksiyona sokularak Bodipy'ler elde edilmektedir. Bu çalışmada sistematik şekilde -2, -4, ve -8 konumlarında fenil ve metoksi fenil grupları bulunduran dipirometen bileşikleri ve bunların BF_2 komplekslerinin fotofiziksel özellikleri, termogravimetrik özellikleri ve kararlılıkları deneysel ve teorik yönden incelenmiştir. Kompleksleşmeden önce ve sonra bileşiklerin soğurma ve emisyon özellikleri, ısıl kararlılıkları, çözücü ve ortam pH'ı gibi farklı şartların etkisi altındaki fotofiziksel nitelikleri deneysel ve teorik yöntemlerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Spektroskopik ölçümler için gerekli çözücüler Merck ve abcr firmalarından temin edilerek ilave saflaştırılma yapılmaksızın kullanılmıştır. Termogravimetrik analiz (TGA) çalışmaları EXSTAR SII TGA/DTA 7200 TG/DTG aparatı kullanılarak 10 °C/dk hızında azot akışı içerisinde ve 25-600 °C aralığında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ele alınan yapılar [18], Gauss-View 05 programı ile çizilmiş, geometrik optimizasyonlar, HOMO-LUMO enerji düzeyleri, kararlılık ve dipol moment hesaplamaları Gaussian 09 programı ile yapılmıştır. Tüm kuantum kimyasal hesaplamalar B3LYP fonksiyoneli/6-31G temel seti düzeyinde gerçekleştirilmiştir. TD-DFT hesaplamaları optimize geometri üzerine aynı temel setler kullanılarak hesaplanmıştır. Asetonitril içerisindeki tüm moleküllerin soğurma spektrumları için

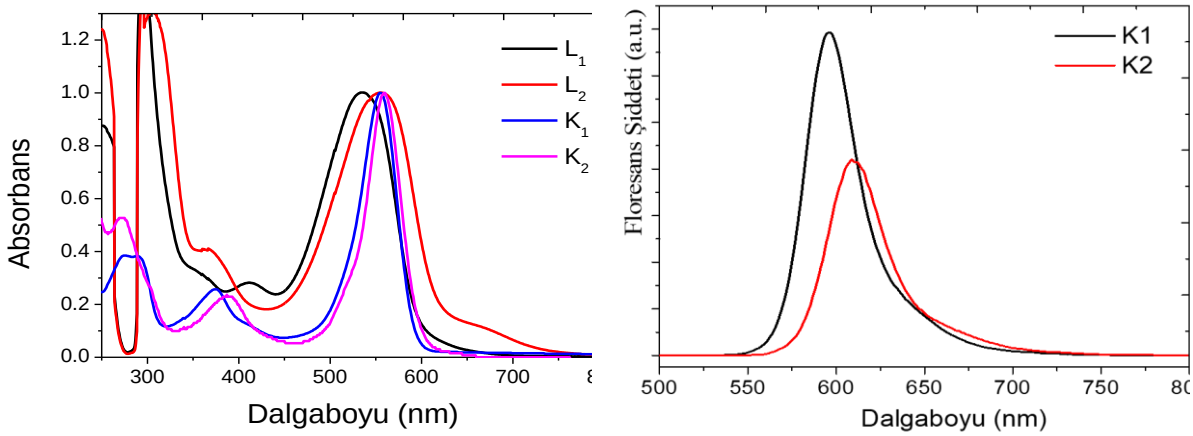
TDDFT-SCRF-CPCM modeli temel alınmıştır. Bileşiklerin UV-Vis spektrumları PG Instruments T-80 UV-Vis spektrofotometresi, floresanlar için Perkin Elmer LS55 spektroflorometre kullanılmıştır. 25 °C'de genel UV/floresans ölçümleri yapmak için 1 cm'lik kuvars hücreler kullanılmıştır. Çözeltilerin hazırlanmasında HPLC saflıkta organik çözücüler kullanılmıştır. Ligant bileşikler **M1**, **M2** ve bunların bordiflorür kompleksleri olan **M1-B** ve **M2-B** bileşiklerinin yapıları şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Dipirin ligant (L_1 ve L_2) ve BF_2 Kompleksleri (K_1 ve K_2)

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bileşiklere ait soğurma ve emisyon spektrumları şekil 4'de ve ilgili fotofiziksel parametreler tablo 1'de verilmiştir.



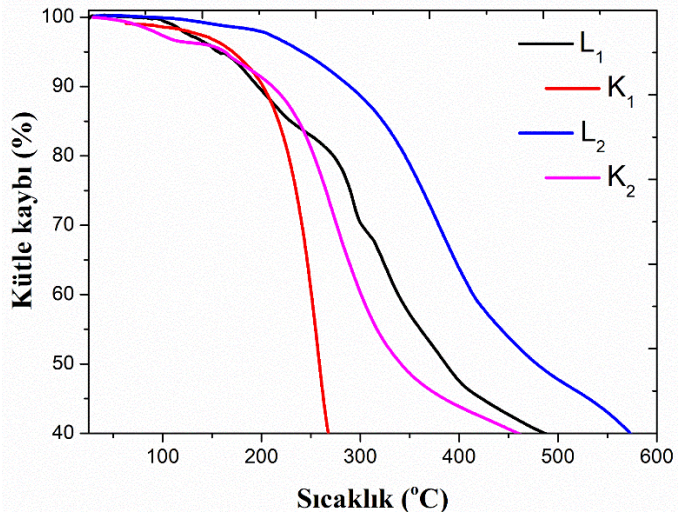
Şekil 4. a) Soğurma b. Emisyon spektrumları

Tablo 1. Bileşiklere ait fotofiziksel parametreler

Bileşik	$\lambda_{abs\ maks}$/nm	$\lambda_{ems\ maks}$/nm	ε/$M^{-1}cm^{-1}$	FWHM/nm	Stokes Kayması/nm	Φ_f (ref: Rodamin B)
L_1	535	-	23530	87	-	-
L_2	553	-	24940	100	-	-
K_1	555	596	59500	48	41	0.12
K_2	559	606	67300	45	47	0.22

Bileşiklerin soğurma spektrumlarına göre, metoksi fenil gruplarının iskelet yapının -1, -3, -5 ve -7 konumlarındaki varlığı maksimum soğurma dalga boylarında yaklaşık 20 nm lik kırmızıya kaymaya neden olmuştur. Donör gruplar benzer şekilde molar soğurganlıkları ve pik genişliklerini de artırmıştır. Ligant L1 kompleksleştirildiğinde 20 nm L2 kompleksinde ise 6 nm batokromik kayma mevcuttur. BF2 komplekleri her iki ligant için de kırmızıya kaymaya ve floresansa neden olmaktadır. Ligantların floresans özelliği yoktur. Kompleksleşmeye bağlı olarak soğurganlıkların 2-3 kat artışına karşı pik genişliklerinde yaklaşık 2 kat daralmalar gözlenmiştir. Floresans şiddetlerinin ve stokes kaymalarının metoksi gruplarının sayısı ve konumlarına bağlı olarak arttığı görülmüştür.

Ligant ve komplekslerin azot atmosferinde kaydedilmiş TGA verileri şekil 5'de ve tablo 2'de yer almaktadır.



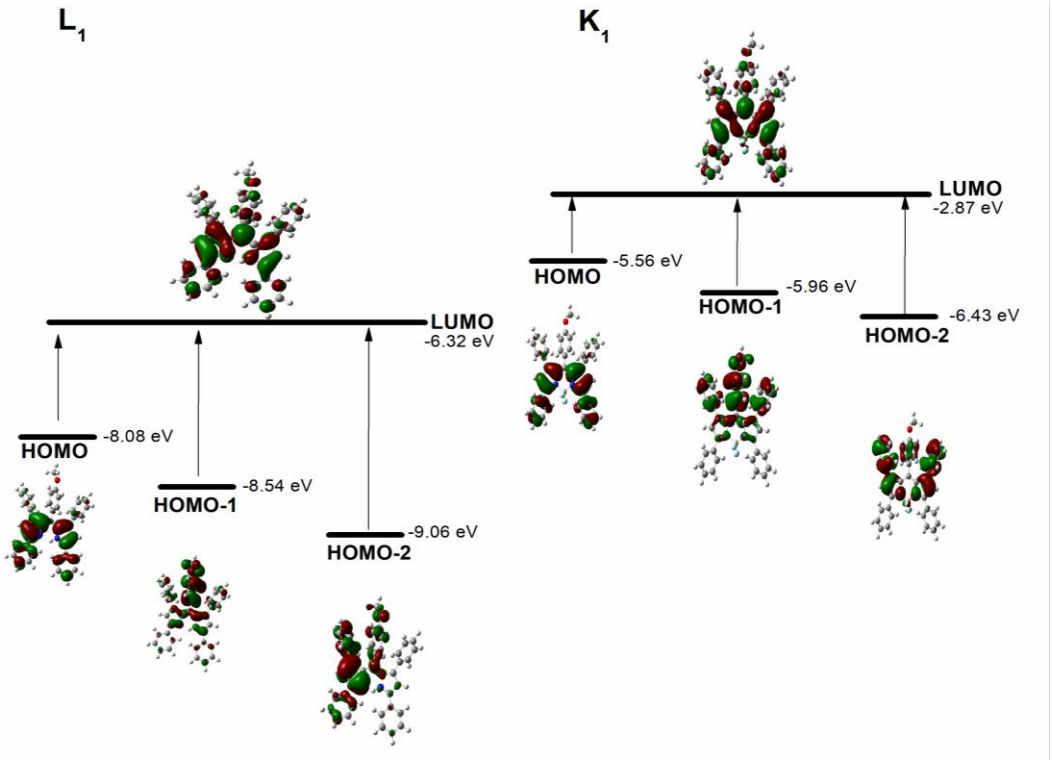
Şekil 5. Bileşiklerin N_2 atmosferinde kaydedilmiş TGA Eğrileri

Tablo 2. TGA/DTG verileri, bozunma Sıcaklıkları (T%X :ilk kütlenin %X'inin kaybolduğu sıcaklık, Tmax : termal bozunmanın maksimum hızda olduğu sıcaklık ve (dw / dt) maks. :Tmax'taki kütle kayıp hızı)

Bileşik	T_{maks} (°C)	Bozunma Hızı (%/dak)	T%10 (°C)	T%30 (°C)	T%50 (°C)
	201	1.78			
L_1	293	5.73	196	301	385
	322	3.59			
	257	13.7	202	241	258
K_1	379	1.85			
	554	2.00			
L_2	378	3.25	289	379	479
	613	1.70			
K_2	271	5.00	211	276	340
	629	1.70			

Ligantlar üç aşamalı kompleklerse iki aşamalı bozunma davranışı göstermektedir. Bozunmanın maksimum hızda gerçekleştiği sıcaklıklar esas alındığında metoksi gruplarının ligantların ısıl kararlılıklarını azalttığı (85 °C), buna karşı bozunma hızlarını azalttığı (%5,73→%3,25) görülmüştür. Metoksi gruplarının varlığında komplekslerin kararlılığı azalmakla birlikte bu azalma metoksi gruplarının sayısıyla doğru orantılıdır. Genel olarak ligantların BF_2 komplekslerinden daha kararlı oldukları ve tüm ligant ve komplekslerin kararlı oldukları (ısıl kararlılık >200°C) görülmüştür.

Bileşiklere ait B3LYP/6-31G metodu ile elde edilen dolu ve boş moleküler orbitalleri ve olası elektronik geçişleri şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

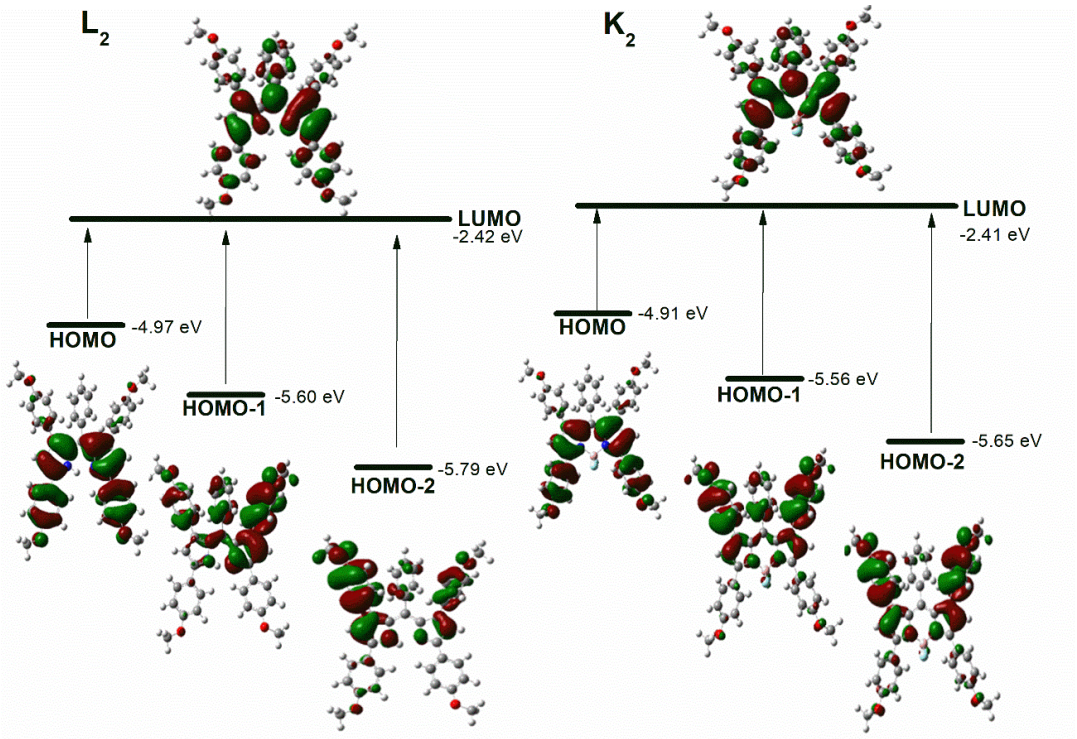


Şekil 6. L_1 ve K_1'ait ait B3LYP/6-31G metodu ile elde edilen sınır moleküler orbitalleri (FMO) ve olası elektronik geçişleri

Tablo 3 Bileşik **L_1** ve **K_1**, asetonitril içerisinde teorik soğurma aralıkları (eV), dipol momentleri, toplam enerjileri, osilatör şiddeti ve elektronik geçişleri

Bileşik	Dipol Moment (μ/Debye)	Toplam Enerji (a.u.)	Uyarılmış Haller	Optical gap[a] (eV)	*f*	Geçişler	Orbital katkıları (%)
L_1	2.66	-1726.627	$S_0 \rightarrow S_1$	2.57	0.761	H → L	97
			$S_0 \rightarrow S_2$	3.24	0.081	H-2 → L H-1 → L	8 86
			$S_0 \rightarrow S_3$	3.56	0.127	H-2 → L H-1 → L	79 9
K_1	4.99	-1951.173	$S_0 \rightarrow S_1$	2.44	0.760	H → L	99
			$S_0 \rightarrow S_2$	2.50	0.056	H-1 → L	98
			$S_0 \rightarrow S_3$	2.96	0.011	H-2 → L	99

Ligant molekülün HOMO elektronları bileşiğin -3, -5 ve indasen halkası etrafında yoğunlaşmaktadır. LUMO orbitalindeyse elektron popülasyonu kısmen mezo sübstitüente yayılmıştır. Ana soğurma H→L geçişine aittir. BF_2 kompleksinin (bileşik K_1) tüm enerji seviyelerinin daha az negatif değerlere kaydığı ve seviyelerin birbirlerine yaklaştıkları belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ana soğurma bandında geçiş enerjisi 2.57 eV'dan 2.44 eV'a düşmektedir. Bileşik L_1-K_1 deneysel UV spektrumunda gözlenen 535 nm-555 nm kırmızıya kayma bunu doğrulamaktadır.



Şekil 7. L_1 ve K_1' ait ait B3LYP/6-31G metodu ile elde edilen sınır moleküler orbitalleri (FMO) ve olası elektronik geçişleri

Tablo 3 Bileşiklerin asetonitril içerisinde teorik UV-Vis soğurma dalga boyları, taban ve uyarılmış, durumda elektrik dipol momentleri, toplam enerjileri, osilatör şiddeti ve elektronik geçişleri

Bileşik	Dipol Moment (μ/Debye)	Toplam Enerji (a.u.)	Uyarılmış Haller	Optical gap[a] (eV)	*f*	Geçişler	Orbital katkıları (%)
L_2	0.94	-2070.616	$S_0 \rightarrow S_1$	2.27	0.737	H → L	98
			$S_0 \rightarrow S_2$	2.60	0.025	H-1 → L	97
			$S_0 \rightarrow S_3$	2.84	0.020	H-2 → L	98
K_2	3.62	-2294.158	$S_0 \rightarrow S_1$	2.25	0.826	H → L	99
			$S_0 \rightarrow S_2$	2.46	0.071	H-1 → L	99
			$S_0 \rightarrow S_3$	2.59	0.006	H-2 → L	98

Ligant molekülün HOMO elektronları da bileşiğin -3, -5 ve indasen halkası etrafında yoğunlaşmaktadır. LUMO orbitalinde elektron popülasyonu kısmen mezo sübstitüente yayılmıştır. Ana soğurma H→L geçişine aittir. L_2 ligantının kompleksleşmesi sonucu bileşiğe ait HOMO-LUMO enerji seviyelerinde önemli değişiklikler olmadığı belirlenmiştir. K_2 kompleksinin deneysel UV-Vis spektrumunda 553 nm'den 559 nm'ye sadece 9 nm'lik bir batokromik kayma mevcuttur. DFT'de ana soğurmaya ait geçişin 2.27 ev'dan 2.25 eV'a azalması da bunu doğrular niteliktedir. Üst enerji seviylerine ait geçişlerin (sırasıyla $S_0 \rightarrow S_2$ ve $S_0 \rightarrow S_2$) tüm ligant ve kompleksler için H-1→L ve H-2→L geçişlerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu geçişler, bileşiklerin deneysel UV/Vis spektrumlarında gözlenen yüksek enerjili soğurma bantlarını göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Dipirinlerin komplekleşmesine bağlı olarak yaklaşık 20 nm kırmızıya kaymalar gözlenmiştir. Elektron verici sübstitüentler indasen yapının 1,3,5,7 konumlarında olduğunda batokromik kayma miktarı azalmıştır (20 nm-6 nm). Sadece BF_2 komplekleri floresans özelliktedir. Kompleksleşme sonrası; soğurma pikleri 2 kat keskinleşmiş, pik haline gelmiştir, soğurganlıklar 2- kat artmıştır. Metoksi grupları floresans kuantum verimini artmıştır. Metoksi grupları ligantların bozunma sıcaklılarını/kararlılıklarını 78 °C, komplekslerin 35 °C artırmıştır. Ligantların bozunma kararlılıkları BF_2 komplekslerine göre yaklaşık 80 °C daha yüksektir. Kompleksleşme yapıların polarlığını artırdığı ve yapıları düzlemsel hale

getirdiği görülmüştür. Dipirometen ligandlarının ve bunların BF_2 komplekslerinin elektronik ve geometrik özellikleri, kuantum kimyasal hesaplamalar ile incelenmiştir ve deneysel verilerle mukayase edilmiştir. Mukayese sonucunda teorik verilerle deneysel verilerin örtüştüğü görülmüştür.

Kaynaklar

[1] Singh, R. S., Paitandi, R. P., Gupta, R. K. and Pandey, D. S. Recent developments in metal dipyrrin complexes: Design, synthesis, and applications. Coordination Chemistry Reviews, 414, (2020) 213269. https://doi.org/10.1016/j.ccr.2020.213269
[2] Fischer, H. Synthese des Hämins. Naturwissenschaften. 1929. 17, 611–617. https://doi.org/10.1007/BF01506210
[3] Woodward, R. B. Angew. Chem. Total synthese des Chlorophylls. 1960. 72, 651-662. https://doi.org/10.1002/ange.19600721803
[4] Sitte, E. and Senge, M. O. The Red Color of Life Transformed – Synthetic Advances and Emerging Applications of Protoporphyrin IX in Chemical Biology. Eur. J. Org. Chem. 2020. 3171–3191. https://doi.org/10.1002/ejoc.202000074
[5] Loudet, A. and Burgess, K. BODIPY dyes and their derivatives: Syntheses and spectroscopic properties. Chem. Rev. 2007. 107(11):4891-4932. https://doi.org/10.1021/cr078381n
[6] Lu, H. and Shen, Z. Editorial: BODIPYs and Their Derivatives: The Past, Present and Future. 2020. Frontiers in chemistry. 8, 290. https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00290
[7] Kursunlu, A.N., Ozmen, M. & Güler, E. A Novel Fluorescent Chemosensor for cu (II) Ion: Click Synthesis of Dual-Bodipy Including the Triazole Groups and Bioimaging of Yeast Cells. J Fluoresc 29, 1321–1329 (2019). https://doi.org/10.1007/s10895-019-02456-3
[8] Ulrich, G., Ziessel, R., and Harriman, A. The chemistry of fluorescent bodipy dyes: versatility unsurpassed. Angew. Chem. Int. Ed. 2008. 47, 1184–1201. https://doi.org/10.1002/anie.200702070
[9] Turksoy, A., Yildiz, D., and Akkaya, E. U. Photosensitization and controlled photosensitization with BODIPY dyes. Coord. Chem. Rev. 2019. 379, 47–64. https://doi.org/10.1016/j.ccr.2017.09.029
[10] Boens, N.; Leen, V.; Dehaen, W. Fluorescent Indicators based on BODIPY. Chem. Soc. Rev. 2012, 41, 1130–1172. https://doi.org/10.1039/C1CS15132K
[11] Sevinc, G., Kucukoz, B., Yilmaz, H., Sirikci, G., Yaglioglu, H. G., Hayvali, M. and Elmali, A. Explanation of pH probe mechanism in borondipyrromethene-benzimidazole compound using ultrafast spectroscopy technique. Sensors and Actuators B-Chemical. 2014;193:737-44. https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.12.043
[12] Teknikel, E. and Unaleroglu, C. Colorimetric and fluorometric pH sensor based on bis(methoxycarbonyl)ethenyl functionalized BODIPY. Dyes and Pigments. 2015;120:239-44. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2015.04.021
[13] Yilmaz, H., Kucukoz, B., Sevinc, G., Tekin, S., Yaglioglu, H. G., Hayvali, M. and Elmali, A. The effect of charge transfer on the ultrafast and two-photon absorption properties of newly synthesized boron-dipyrromethene compounds. Dyes and Pigments. 2013;99(3):979-85. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2013.07.036
[14] Kucukoz, B., Sevinc, G., Yildiz, E., Karatay, A., Zhong, F., Yilmaz, H., Tuel, Y., Hayvalı, M., Zhao, J. and Yagliogli, H. G. Enhancement of two photon absorption properties and intersystem crossing by charge transfer in pentaaryl boron-dipyrromethene (BODIPY) derivatives. Phys Chem Chem Phys. 2016;18(19):13546-53. https://doi.org/10.1039/C6CP01266C
[15] Ulrich, G. and Ziessel, R. Convenient and efficient synthesis of functionalized oligopyridine ligands bearing accessory pyrromethene-BF_2 fluorophores. Journal of Organic Chemistry. 2004;69(6):2070-83. https://doi.org/10.1021/jo035825g
[16] Wood, T. E. and Thompson, A. Advances in the chemistry of dipyrrins and their complexes. Chem. Rev. 2007, 107, 5, 1831–1861. https://doi.org/10.1021/cr050052c
[17] Thompson, A. and Crawford, S. M. Conversion of 4,4-Difluoro-4-bora-3a, 4a-diaza-s-indacenes (F-BODIPYs) to Dipyrrins with a Microwave-Promoted Deprotection Strategy. Org. Lett. 2010, 12, 7, 1424–1427. https://doi.org/10.1021/ol902908j
[18] Taşkıran, Z. P. and Sevinç, G. Photophysical characterization of novel dipyrrine compounds based on pyrrolic hydrogen transfer. Journal of Molecular Structure 1260 (2022) 132794. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.132794

BATTERY SOLUTIONS USED IN AVIATION

Talha Zübeyir YÜCEL
Yıldırım Beyazıt University, Institute of Science, Defence Technologies
talhazubeyiryucel@gmail.com

Abstract
Batteries with many different chemical structures have been used in aircraft throughout the history of aviation. These battery chemistries can be classified as lead-acid, nickel-cadmium and lithium-ion. There are different safety measures, different advantages and disadvantages for each battery type. In this paper, first of all, the batteries that have been used in the aviation sector in the historical process and the characteristics of these batteries will be discussed. In this context, information will be given about lead-acid based batteries and nickel-cadmium batteries, which have been widely used in the sector from past to recent. In addition to these two types of batteries, information will also be given about lithium-based batteries, which are becoming more popular today and are being used more and more in aircraft, and the internal battery management and battery control systems that ensure the healthy operation of these batteries.

Keywords: aviation, aircraft, battery, sealed lead-acid, ni-cd, li-ion

1. INTRODUCTION

Battery technology is an indispensable technology that has taken its place in almost all sectors such as health, defense, communication, transportation and energy. One of these sectors is the aviation sector. Electricity was used to ignite the fuel mixture even in the engine of the Orville and Wilbur Wright brothers' plane, which is considered to be the first airplane for many people. Then, with the effect of technological progress, the number of equipment that needs electrical energy in aircraft has increased continuously. Today, batteries are used as an emergency power source in aviation during pre-flight checks before engine start-up, in starting the aircraft engine, and in failures that may occur in generators, alternators or AC/DC converters, which are the primary electrical power sources during flight. Considering from the perspective of the military aviation industry as well as the civil aviation industry, the protection measures taken on aircraft against the increasing threat and interference activities are increasing day by day. This shows that the number of equipment that needs electrical energy and the need for batteries during an emergency will increase. In addition, the issue of reducing carbon emissions, the importance of which is increasing day by day, has necessitated the use of electric motors instead of standard fuel engines in aviation and the use of higher capacity batteries on the aircraft to energize these engines. Considering all these reasons, the place and importance of batteries in aviation is increasing day by day.

2. HISTORY OF AVIATION BATTERIES

Lead-acid Batteries

Developed in 1859, this is the oldest secondary cell technology in aircraft use today. Despite advances in alternative technologies, lead-acid batteries have retained market share (particularly in general aviation) due to the relatively low cost and mature technology. This type of battery has widespread applications on general aviation fixed and rotary wing aircraft due to the high current available for engine start and relatively low manufacturing cost (compared with nickel cadmium batteries). There are two types of lead-acid battery used in aircraft: flooded (wet-cell) and sealed. The disadvantages of flooded batteries are that they require regular maintenance, they liberate gas during charging and the electrolyte can be spilt or leak. Spillage and/or leakage of the electrolyte require immediate clean-up to avoid corrosion. These problems are overcome with sealed lead acid batteries. Although lead-acid batteries remain popular with most aircraft, this battery technology will eventually be phased out due to environmental issues. Maintenance and servicing costs associated with flooded cells can be overcome with sealed lead-acid batteries. This technology was developed in the 1970s and has been in place since the 1980s and is known as valve-regulated lead-acid (VRLA); the sealed lead-acid (SLA) effectively provides maintenance free lead-acid batteries.

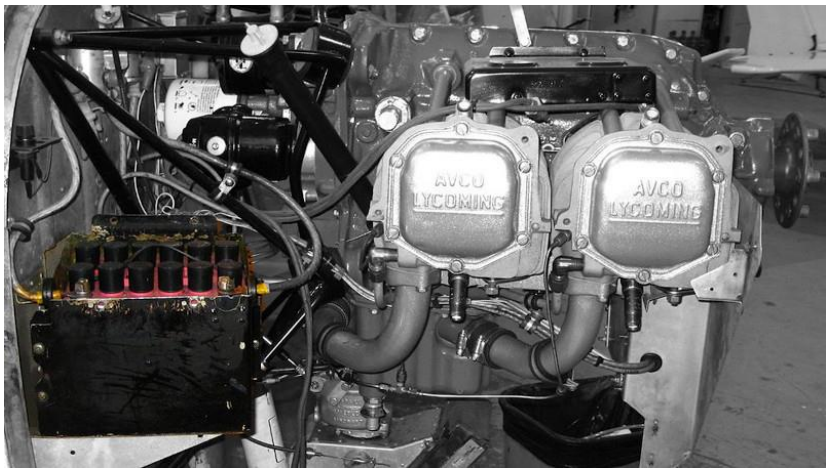


Figure 8. Lead-Acid Battery Installation on Aircraft

Nickel-cadmium Batteries

Nickel-cadmium battery technology became commercially available for aircraft applications in the 1950s. At that time the major sources of batteries for aircraft were either vented lead-acid or silver-zinc technology. The nickel-cadmium (Ni-Cd) battery (pronounced 'nye-cad') eventually became the preferred battery type for larger aircraft since it can withstand higher charge/discharge rates and has a longer life. Ni-Cd cells are able to maintain a relatively steady voltage during high discharge conditions. The disadvantages of nickel-cadmium batteries are that they are more expensive (than lead-acid batteries) and have a lower voltage output per cell (hence their physical volume is larger than a lead-acid battery).



Figure 9. Nickel-Cadmium Battery Installation on Aircraft

Lithium-Ion Batteries

Lithium batteries include a family of over 20 different products with many types of anodes, cathodes and electrolytes. The type of materials selected depends on many factors, e.g. cost, capacity, temperature, life etc.; these are all driven by what the application requirements are. Lithium-ion is a fast-growing and promising battery technology. This type of battery is often found in consumer products (mobile phones and laptop computers). Applications on aircraft now include engine start and emergency back-up power, the first such application of the devices in the business aviation sector. In the longer term, they are being developed for main battery applications.



Figure 10. Lithium-Ion Battery Installation on Aircraft

3. BATTERY TYPES FOR AVIATION APPLICATIONS

Roles of batteries in aviation can be specified as given below.
These are;

- Emergency Electrical Power Source in case of All Generator Fail,
- Ground Power Supply in Absence of Ground Power Unit,
- Electrical Power Source for Engine Start Absence of Ground Power Unit,
- Improving DC Bus stability during electric al power transitions.

There are three main types of battery chemistries that are using widely for aircraft and rotorcrafts.
These are;

- Sealed Lead-Acid (SLA) batteries,
- Nickel-Cadmium (Ni-Cd) batteries,
- Lithium-Ion (Li-Ion) batteries.

3.1 SEALED LEAD-ACID (SLA) BATTERIES

- Sealed Lead-Acid (SLA) batteries are maintenance-free batteries.
- Low energy density compared to Ni-Cd and Li-Ion batteries.
- Ease of transportation. Non-hazardous and unrestricted when securely packed and protected against short circuit.
- No need for ventilation.
- No need for smart circuitry.



Figure 11. Sealed Lead-Acid Battery

3.2 NICKEL-CADMIUM (NI-CD) BATTERIES

▪ Nickel Cadmium (Ni-Cd) batteries needs scheduled maintenance actions.
▪ Ni-Cd batteries have higher energy density than SLA, but lower energy density than Li-Ion batteries.
▪ Ventilation is needed for the escape of the gases produced during an overcharge condition and provide cooling during normal operation.
▪ Widely used in aviation because of the long-time experience and a certain level of safety.
▪ No need for smart circuitry but a temperature sensor is needed.



Figure 12. Nickel-Cadmium Battery

3.3 LITHIUM-ION (LI-ION) BATTERIES

▪ Lower maintenance need than Ni-Cd batteries
▪ High energy density compared to Ni-Cd and SLA batteries.
▪ Must be transported by land or sea, air transportation is not allowed because of safety concerns.
▪ Ventilation is needed for the escape of the gases produced during an overcharge condition and provide cooling during normal operation.
▪ New technology for aviation, so Li-Ion battery is not widely used in aircrafts for now. But ongoing developments will let Li-Ion batteries used widely.
▪ Includes smart circuitry for battery protection and management.

Li-Ion battery that includes battery management system must conform some standards before using it on aircraft/rotorcraft. These standards are;

- MIL-STD-810 or DO-160 (Environmental Conditions)
- DO-254 (Hardware Certification) (if needed)
- DO-178 (Software Certification) (if needed)
- DO-311 (Min. Operational Performance Stds. for Lithium Batteries and Battery Systems)
- MIL-STD-461 (EMI/EMC Standard)



Figure 13. Lithium-Ion Battery

4. BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS

Li-Ion batteries need to have a smart circuitry for battery management system. We can define this smart circuitry as battery management system (BMS), which is an electronic system that manages a rechargeable battery (cell or battery pack), such as;

- Protecting the battery from operating outside of its safe operating area,

- Monitoring its state,
- Calculating secondary data, reporting that data.

Battery management system requirements differ according to battery chemistry. SLA and Ni-Cd batteries don't have such circuits. SLA and Ni-Cd batteries operate normally as long as they are compatible with the aircraft/rotorcraft electrical system. For Lithium-Ion (Li-Ion) batteries, you need to have a battery management system. Main operating principle of battery management system is to provide some protection features.
These are;

- Undervoltage Protection
- Overvoltage Protection
- Overcurrent Protection
- Short-circuit Protection
- Cell Balancing (Active or Passive).

4.1 UNDERVOLTAGE – OVERVOLTAGE PROTECTION
If an application is using a battery with lithium chemistry, the operating voltage typically ranges between 2.5V and 4.2V. The voltage range is chemistry dependent. Operating the battery outside its voltage range significantly reduces its lifetime.

4.2 OVERCURRENT PROTECTION - SHORT-CIRCUIT PROTECTION
The overcurrent/short-circuit detection feature detects abnormal currents via measuring the voltage across the sense resistor and is used to protect the pass FETs, cells, and any other inline components from abnormal current conditions.

4.3 CELL BALANCING
Cell balancing feature can be examined under two options as Passive and Active Cell Balance.

Passive Cell Balance
Passive balancing results in all battery cells having a similar SoC by simply dissipating excess charge in a bleed resistor.

Active Cell Balance
Active cell balancing is a more complex balancing technique that redistributes charge between battery cells during the charge and discharge cycles, decreasing charge time compared with passive balancing, and decreasing heat generated while balancing.

4.4 COMPONENTS OF BMS'S
Critical specifications of BMS are mentioned below.
1) Battery management IC should be compatible with the battery pack (number of series and parallel connected cells).
2) Every component (resistor, capacitor, diode etc.) using on BMS should provide minimum safety and environmental requirements needed for the product.
3) Sensor's fault rate should be considered according to the requirement of the product.
4) Maximum current rate should be defined to establish correct overcurrent or short-circuit protection. If this maximum current is out of the limit of switching component, BMS may be unable to protect the battery.

Battery Management Integrated Circuits (IC): Battery management IC is the fundamental component of BMS. It protects and monitors battery. Battery management IC can operate standalone or with a microprocessor depending on the operational needs.

Microprocessor: Microprocessors are needed for more complicated and user-defined battery management issues.

Sensors (Temperature, Current): Temperature sensors are widely used for applications that require high current charge or discharge operations in case of thermal runaway situation.
Sense resistor is used for current monitoring for relatively low current cases.
Hall Effect sensor is used for high current measurements.

Micro DC-DC Converters: Components used within battery management system may require different supply voltages than battery's actual voltage. Component level DC-DC converter is used to supply these voltages.

Switching Components: Different type of switching components used according to the voltage and current levels. FET's are using relatively low voltage-current applications.
Relays/contactors are needed for high voltage-current applications.

5. RESULTS

As can be seen from this article, battery technology has an ever-increasing share in aviation and the weight of lithium-ion based battery technologies in the market is increasing day by day.

6. DISCUSSION

This study has once again revealed how battery technologies will evolve the aviation industry and contribute to the process of creating a clean fuel alternative.

7. CONCLUSION

As a result, the aviation of our future will be the aviation of electric motors, not jet engines. Many venture companies around the world are concentrating on small-scale, electric-powered air taxis. These initiatives will reshape the urban transportation norms as well as the aviation of the future.

REFERENCES

Aeronautics Guide. (2017, June 1). *Aeronautics Guide*. Retrieved from Aeronautics Guide: https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/aircraft-batteries.html

Federal Aviation Administration. (1973, Feb 14). *AC 00-33A NICKEL-CADMIUM BATTERY OPERATIONAL, MAINTENANCE, AND.* Retrieved from FAA: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_00-33A.pdf

Federal Aviation Administration. (2015, Oct 15). *AC 20-184 Guidance on Testing and Installation of Rechargeable Lithium Battery and Battery Systems on Aircraft.* Retrieved from FAA: https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_20-184.pdf

Industrial Electronics. (2018, Jan 1). *Aircraft Electronics and Electrical Systems: Batteries*. Retrieved from Industrial Electronics: http://www.industrial-electronics.com/aircraft_5.html

REDÜKTÖR MİLİNE KAMA YUVASI AÇILMASI İŞLEMİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE TALAŞ KALDIRMA ANALİZİ

Yunus Zübeyir TURGUT
Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
yunus.turgut1@ogr.sakarya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1923-917X

Yusuf Kurtuluş FINDIKÇI
yusuf.findikci@ogr.sakarya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8978-8372

Neslihan ÖZSOY
Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi/ Makine Mühendisliği Bölümü
nerken@sakarya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1546-0205

Özet
Talaş kaldırma analizleri, üzerinde işleme yapılan parçalarda meydana gelebilecek gerilme ve deformasyonların önceden tahmin edilmesini sağlar. Bu çalışmada bir redüktör miline ait kama yuvasının açılması işlemi esnasında ortaya çıkabilecek gerilme ve deformasyonlar incelenmiştir. Yapılan analizler ile redüktör milinde ve kesici takımda oluşan toplam deformasyon ve Von Mises gerilmeleri üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Redüktör milinin işlem görmeyecek kısımlarından sabitlenmesinden dolayı parçada sıfıra yakın değerlerde toplam deformasyonun meydana geldiği tespit edilmiştir. Von Mises gerilmelerinin incelenmesi sonucunda ise redüktör milinin farklı noktalarında meydana gelen eşdeğer gerilmelerin, mil malzemesinin akma sınırı içerisinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Redüktör milinin geometrisinden dolayı bazı noktalardaki eşdeğer gerilmelerin ortalama değerlere göre daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir. Ortalama değerin üzerinde oluşabilecek bu gerilmeler göz önünde bulundurularak gerilmeleri azaltmaya yönelik bazı çözümler de ifade edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Talaş kaldırma analizi, redüktör mili, kama yuvası

CHIP REMOVAL ANALYSIS OF THE PROCESS OF OPENING THE KEYS TO THE REDUCER SHAFT WITH THE FINITE ELEMENTS METHOD

Abstract
Machining analyses provide to predict stress and deformations that may occur on the machined parts. In this study, the stress and deformations that may occur during opening the keyway of a gearbox shaft were investigated. The total deformation and Von Mises stress in the gearbox shaft and cutting tool were evaluated with the analyses made. It has been determined that due to the fixation of the gearbox shaft from the parts that will not be processed, the total deformation in part is close to zero. As a result of the investigation of Von Mises stresses, it has been observed that the equivalent stresses occurring at different points of the gearbox shaft are within the yield limit of the shaft material. It has also been determined that the equivalent stresses at some points are higher than the average values due to the geometry of the gearbox shaft. Considering these stresses that may occur above the average value, some solutions to reduce the stresses have also been tried to be expressed.

Keywords: Chip removal analysis, reducer shaft, keyway

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat, çeşitli kuvvetler etkisiyle iş parçasına istenen geometrinin kazandırılması için istenmeyen kısımların talaş şeklinde uzaklaştırılması işlemidir. Talaş kaldırılarak yapılan metal şekillendirme işlemleri, temel imalat yöntemlerindendir. Yüksek boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi sağladığı için genellikle üretimin son aşamalarında kullanılır. Talaşlı imalat; üretimin son aşamalarında kullanılmasının yanı sıra hiç şekil verilmemiş parçalara da uygulanabilen bir imalat yöntemidir (Gavas ve ark., 2015).

Talaşlı imalat, farklı amaçlar doğrultusunda kendi içinde farklı yöntemlere ayrılmaktadır. Tornalama, frezeleme ve delik delme en çok kullanılan talaşlı imalat yöntemleridir (Tönshoff ve ark., 1994). Frezeleme, ilerleme hareketi yapan bir parça üzerinden kendi ekseni etrafında dönen bir kesici takım ile talaş kaldırma işlemidir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, çeşitli iş parçaları ve çeşitli takımlar için birçok analiz yazılımından faydalanılarak sonlu elemanlar yöntemiyle çok sayıda talaş kaldırma analizi yapıldığı görülmektedir (Saffar ve Razfar, 2008; Vovk ve ark., 2020; Apaydın, 2009; Karaduman ve Bağcı, 2019; Yılmaz ve Oliaei, 2020).

R.J. Saffar ve diğerleri, AISI 1045 çeliğinin frezeleme ile işlenmesinde oluşan kuvvetleri hem sonlu elemanlar yöntemi ile hem de deneysel olarak incelemişlerdir. Ayrıca kesme kuvvetlerinin oluşumunu teorik olarak da ifade etmişlerdir. Sayısal çözümde malzeme davranışını tanımlamak için Johnson Cook malzeme modelini kullanmışlardır. Johnson Cook parametrelerine dayalı sonlu elemanlar yönteminin, kesme kuvvetlerini ve takım deformasyonunu tahmin etmede iyi bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Teorik ve sonlu elemanlar yöntemi sonuçlarının deney sonuçları ile karşılaştırılması neticesinde sonlu elemanlar yöntemi çözümünün deney sonuçlarına daha yakın olduğu tespit edilmiştir (Saffar ve ark, 2008). A. Vovk ve diğerleri, Johnson Cook malzeme modeli kullanarak AISI 4140 çeliğinin frezelenmesi işleminde oluşan kuvvetleri sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Sonlu elemanlar çıktılarını deneysel çıktılarla da karşılaştırmışlardır. İki yöntemle de elde edilen çıktıların birbirine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir (Vovk ve ark., 2020).

S. Karaduman ve Mehmet Bağcı, kesici takımların ömrüyle ilişkili olduğu bilinen kesici takım köşe yuvarlatma işleminin, iş parçası ve kesici takım üzerinde etkilerini Ansys yazılımının Explicit Dynamics modülünde sonlu elemanlar metoduyla araştırmışlardır. Takım uç radyüsü arttıkça gerilmelerin de arttığı tespit edilmiştir (Yılmaz ve Oliaei, 2020). Bu çalışmada, endüstriyel bir parça olan redüktör milinin işlenmesi sırasında iş parçasında ve kesici takımda meydana gelen deformasyonların ve gerilmelerin parça üzerinde dağılımını ve değerlerini sonlu elemanlar yöntemi ile tespit etmek amaçlanmıştır. Eğer talaş kaldırma işlemleri sırasında kuvvetler minimize edilmeye çalışılmazsa; kesici takımda aşınmaya, iş parçasında kötü yüzey kalitesine, işleme bölgesinde yüksek sıcaklıklara, yüksek enerji ve güç gereksinimlerine neden olunur (Yağmur ve ark., 2013; Gökçe ve ark, 2019; Zeqiri, 2018).

2. MATERYAL VE METOD

Talaşlı imalat pahalı bir imalat yöntemidir. Bu sebeple oluşacak sonuçların sonlu elemanlar yöntemiyle önceden tespit edilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Sonlu elemanlar yönteminde, sınır şartlarıyla oluşturulan problemin çözüleceği bölge basit ve birbirine bağlı küçük parçalara ayrılır. Böylece çözülmesi zor problemler basite indirgenerek çözüm sağlanır. Oluşturulan çözümler yaklaşık sonuç vermekle birlikte yüksek doğruluktadır (Hinton ve Owen, 1979).

Bu çalışmada sonlu elemanlar çözümü için Ansys yazılımın Explicit Dynamics modülü kullanılmıştır; çünkü bu modül yardımıyla yüksek plastik deformasyon içeren problemler çözülebilmektedir. Malzeme modeli olarak ise giriş kısmında öneminden bahsedilen Johnson Cook malzeme modeli kullanılmıştır. Bu malzeme modeli genellikle plastik deformasyon süreçlerinin dinamik analizlerinde kullanıldığı için talaş kaldırma işlemi için de oldukça uygundur (Korkmaz ve ark., 2019). Denklem 1'de Johnson Cook malzeme modeline ait denklem ifade edilmiştir (Yeğin, 2013).

$$\sigma = (A + B\varepsilon_p^n)(1 + Cln\left(\frac{\dot{\varepsilon_p}}{\dot{\varepsilon_0}}\right))(1 - \left(\frac{T_{inst}-T_r}{T_{melt}-T_r}\right)^m) \quad (1)$$

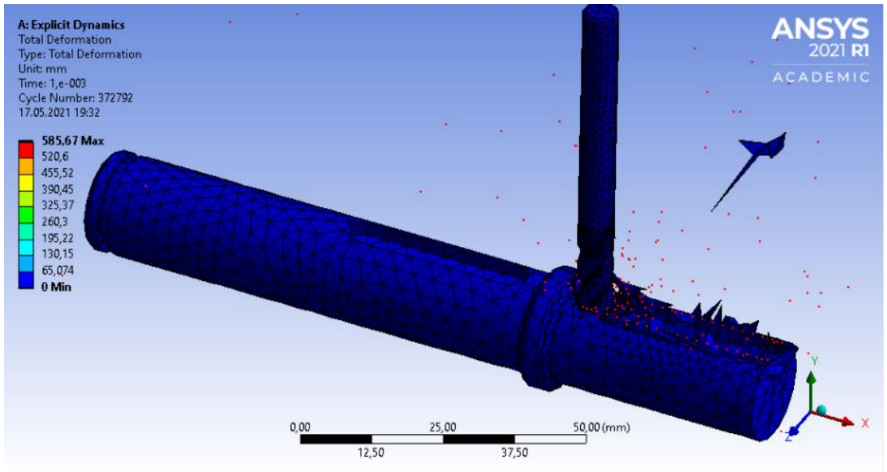
Denklem 1'de σ sembolü malzeme modeline göre hesaplanan gerilmeyi; çeşitli deneysel testlerden elde edilen A, B, C, n ve m değerleri ise sırasıyla oda sıcaklığında akma gerilmesi, gerinim sertleşmesi, gerinim hızı sabiti, deformasyon sertleşmesi üssü ve deformasyon hızı duyarlılık üssünü ifade etmektedir. Diğer ε_p, $\dot{\varepsilon_p}$, $\dot{\varepsilon_0}$, T_r, T_m ve T parametreleri de sırasıyla eşdeğer plastik gerinim, plastik gerinme oranı, referans gerinim oranı, oda sıcaklığı, erime sıcaklığı ve referans sıcaklığını ifade etmektedir (Korkmaz, 2019).

Redüktör mili malzemesi AISI 4340 olarak parmak freze malzemesi ise Tungsten olarak Ansys malzeme kütüphanesinin explicit material kısmından hazır olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan AISI 4340 çeliğine ait özelliklerin içinde Johnson Cook parametreleri yine yazılımda hazır olarak bulunmaktadır.

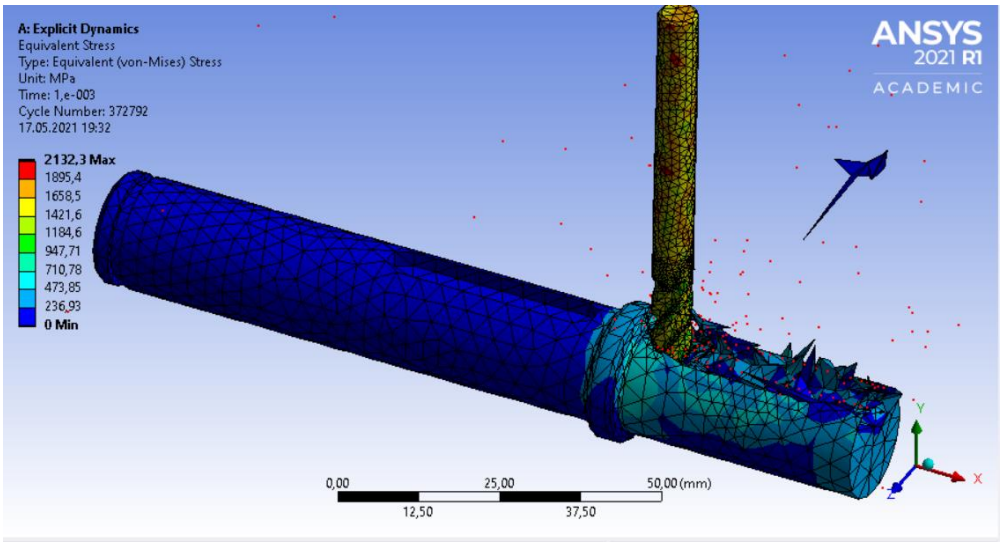
3. ANALİZ

Ansys yazılımının Explicit Dynamics modülünde simülasyonu oluşturmak için öncelikle redüktör mili ile parmak frezenin geometri ve malzemeleri atanmıştır. Talaş kaldırma sırasında iş parçası ve kesici takım arasında sürtünme kuvveti oluşacağından; parmak frezeye ve redüktör milinin işlenen yüzeylerine sürtünme ilişkisi verilmiştir. Statik sürtünme katsayısı 0,4 olarak, dinamik sürtünme katsayısı ise 0,2 olarak kabul edilmiştir.

Mesh yapısı işlenecek yüzeylerde daha sık olacak şekilde ayarlanmıştır. Sonlu elemanlar yöntem ile talaş kaldırma analizlerinde mesh yapısı çok önemli bir kriterdir. Eleman boyutlarının çok büyük olması başarılı bir talaş kaldırma işlemini engelleyeceği gibi aşırı küçük eleman boyutları da analiz süresini aşırı artırmaktadır. Redüktör miline ait kama yuvası toplam 38 mm uzunluğunda 6 mm genişliğindedir. Redüktör miline, kama yuvasının uzunluğu ve parmak frezeyle arasındaki mesafe hesaba katılarak x ekseninde 39,175 mm ilerleme deplasmanı verilmiştir. Çapı 6 mm olan parmak frezeye ise silindirik koordinat düzleminin y ekseninde dönme deplasmanı verilmiştir.Şekil 1'de redüktör mili ve parmak frezeye ait toplam deformasyon çıktıları, Şekil 2'de ise Von Mises eşdeğer gerilmeleri gösterilmiştir.



Şekil 6. Toplam deformasyon çözümü



Şekil 2. Von Mises eşdeğer gerilme çözümü

4. SONUÇLAR

Redüktör milinin işlenmeyen kısımlarında ve parmak frezede deformasyon görülmemiştir. Gerilme değerleri emniyetli bölgede olmakla birlikte milin kademeli bölgesinde gerilmelerin arttığı tespit edilmiştir. Kama yuvası boyunun kısaltılması veya mil boyunun uzatılması gibi çözümlerle, işleme bölgesi kademeli bölgeden uzaklaştırılarak artan bu gerilme değerleri daha düşük değerlere düşürülebilir.

5. TARTIŞMA

Yapılan çalışmayla birlikte iş parçasının frezeleme ile işlenmesi sırasında deformasyon ve gerilme çıktıları hem işlem sırasında hem de işlem bitiminde deneylere ihtiyaç duyulmadan elde edilebilmektedir. Ayrıca elde edilen sayısal çıktıların iş parçası üzerinde geometrik konumları da tespit edilebilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen talaşlı imalat analizi; deneysel talaşlı imalat kuvvet ölçümlerine göre gerilmelerin oluştuğu kritik kesitleri önceden bilmek, zaman kazanmak, maliyet düşürmek ve kontrol şartlarının sabit tutmak açısından daha avantajlıdır. Fakat her malzemenin Johnson Cook malzeme modeli parametreleri literatürde olmayabilir. Bu da bu yöntemle elde edilen talaşlı imalat analizlerinin kısıtlandığı bir durumdur.

KAYNAKÇA

APAYDIN, D. (2009), AISI 4340 Malzemenin Tornalanmasında Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi*.

GAVAS, M., Yaşar, M., AYDIN, M., ALTUNPAK, Y. (2015), *Üretim Yöntemleri ve İmalat Teknolojileri, Seçkin Yayınevi.*

GÖKÇE, H., ÇİFTÇİ, İ., GÖKÇE, H. (2019), Frezeleme Operasyonlarında Kesme Kuvvetlerinin Deneysel ve Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi: Saf Molibdenin İşlenmesi Üzerine Bir Çalışma, *Politeknik Dergisi*, 22(4), 947-954.

HINTON, E., OWEN, D., R., J. (1979), An Introduction to Finite Element Computations, *Pineridge Press Limited*, 15(8), 1281-1282.

KARADUMAN, S., BAĞCI, M. (2019), Farklı Köşe Yuvarlatma Geometrilerinin Freze Kesici Takımlarındaki Gerilmelere Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi, *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 3(1), 29-32.

KORKMAZ, M.E. (2019), Ferritik Paslanmaz Çeliğin Malzeme Yapısal Denklem Parametrelerinin Belirlenmesi ve Doğrulanması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 628-639.

KORKMAZ, M.E., ÇAKIROĞLU, R., YAŞAR, N., ÖZMEN, R., GÜNAY, M. (2019), Al2014 Alüminyum Alaşımının Delinmesinde İtme Kuvvetinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 193-199.

SAFFAR, R.J., RAZFAR, M.R., ZAREİ, O., GHASSEMİEH, E. (2008), Simulation Of Three-Dimension Cutting Force And Tool Deflection In The End Milling Operation Based On Finite Element Method, *Simulation Modelling Practice and Theory, 16(10), 1677-1688.*

TÖNSHOFF, H. L., SPİNTİG, W., KONİG, W., NEİSES, A. (1994), Machining of Holes Developments In Drilling Techonolgy. *Annals of the CIRP*, 43(2), 551-560.

VOVK, A., SÖLTER, J., KARPUCHEWSKİ, B. (2020), Finite Element Simulations Of The Material Loads And Residual Stresses In Milling Utilizing The CEL Method, *Procedia CIRP*, 87, 539–544.

YAĞMUR, S., ACIR, A., ŞEKER, U., GÜNAY, M. (2013), Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Kesme Bölgesindeki Sıcaklığa Etkisinin Deneysel İncelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 28(1), 1-6.*

YEĞİN, M.B. (2013), High Strain Rate Characterization of Engineering Materials, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.*

YILMAZ, O.D., OLIAEI, S.N.B. (2020), Kesici Takım Geometrisinin Ti-6Al-4V'nin İşlenmesi Sırasında Oluşan Tırtıklı Talaş Üzerindeki Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Araştırılması, *DÜMF Mühendislik Dergisi,* 11(3), 1131-1138.

ZEQIRI, F. (2018), Inconel 625 Tornalama İşleminde Kesme Kuvvetleri, Kesici Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkiyen Parametrelerin Deneysel Araştırılması ve Matematiksel Modellenmesi, *Doktora tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi.*

EXPERIMENTAL AND STATISTICAL INVESTIGATION OF 3D PRINTING PARAMETERS ON MECHANICAL PROPERTIES FOR PETG AND PETT FILAMENT MATERIALS

Ahmet İpekçi
Düzce University, Dr. Engin Pak Cumayeri Vocational High School, Machine and Metal Technologies Department
ahmetipekci@duzce.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9525-0536

Abstract
In the field of engineering, usage areas and properties of plastic materials vary widely. According to the need, plastics can be modified to serve all areas and their properties can be improved. Plastic raw materials used in 3D printing are still diversifying and developing. Although the most widely used 3D printing raw materials are Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) and Polylactic acid (PLA) materials, the properties required from 3D printing raw materials are increasing with the use of 3D printing in different fields today. For this reason, since Polyethylene terephthalate (PET) and its derivative materials are preferred for health reasons for food and similar sectors, PET derivative materials should be printed when producing products in this field with 3D printing method. For this reason, PET derivatives are preferred because PET raw material is unstable for 3D printing in its pure form. For this reason, a total of 18 different experimental setups were designed from two different materials, Polyethylene terephthalate glycol (PETG) and Polyethylene-co trimethylene terephthalate (PETT), with two, three and four perimeters and a layer thickness of 0.15, 0.20 and 0.25 mm. Tensile strength, percentage elongation and Shore A hardness measurements were carried out from the products obtained according to this experimental setup. Taguchi L_{18} optimization was performed on these data. As a result of the statistical and experimental studies, it was observed that the strength and percent elongation of PETT material compared to PETG material decreased by approximately 50%, thus a brittle structure was formed. On the other hand, it is observed that hardness values on PETT and PETG materials show similar properties.

Keywords: 3D printing, PETG, PETT, Mechanical properties, Optimization, Taguchi.

1. INTRODUCTION

Polyethylene terephthalate (PET) is widely used in the manufacture of bottles as packaging. It is a highly rigid material among plastic materials, whose transparency can change when heated and cooled during use in 3D printing method (Wojtyla et al., 2017). The widespread use of thermoplastic materials due to their recyclability makes it an attractive candidate as a 3D printer raw material. As it can be used transparently, it is not only visually appealing, but also ideal for seeing inside products and checking food. The thermal properties of PET and its derivatives make it an attractive printing filament, allowing printing temperatures around 230–260 °C with a glass transition temperature of 75 °C (Thrlikova et al., 2016).

PET material is preferred in many areas due to its physical and mechanical properties, mostly compared to other thermoplastics. However, it has poor colorability and static strength (El-Dessouky et al., 2008). Recently, PETT has been developed due to its superior properties such as good colorability, surface properties and high recovery rate (Chiu, 2007). Therefore, PETT is considered as the most promising candidate for PET development (El-Dessouky et al., 2008). Various properties of PETT material such as mechanical properties (Ramiro et al., 2002), elastic recovery (Chen and Tang, 2004), orientation and structural elements (Chuah, 2007) have been studied. As derivatives of PET material, copolymers of polyesters such as poly(butylene terephthalate) (PBT), PETT (Zou et al., 2008), poly(ethylene-co-butylene terephthalate) (Chou et al., 2001) and poly(trimethylene-co-butylene terephthalate) copolymers (Zou et al., 2006) have been studied in detail in the literature.

Polylactic acid (PLA) and acrylonitrile butadiene styrene (ABS) have been widely used materials in 3D printers, but recently, due to the use of 3D printing method by varying applications, a range of materials with different properties have emerged according to variable needs (Kam and İpekçi, 2021; Kam et al.,

2022). PETT is a suitable material type that has been accepted worldwide for use in medical and food applications, thanks to its adequate chemical resistance in acidic and alkaline environments (Coniglio et al., 2013). Using this filament material, household and garden items such as kitchen utensils or pipe fittings can be easily produced and used (Bail, 2018). The 3D printing parameters for PLA and ABS and their effects on material properties are well understood. However, there is a lack of literature on 3D printing parameters of PET copolyesters and their effects on material properties. The aim of this study is to investigate the effect of 3D printing parameters on mechanical properties for PET-derived PETT and PETG materials and to suggest suitable 3D printing parameters with this material. So, this study will contribute to the development of direct digital production for the need for 3D-printed PET-derived materials for medical and food applications.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, PET derivative PETG and PETT materials produced by 3D printing method are discussed. The reason for the selection of these materials is that they are preferred in food and many sectors. For this reason, the mechanical properties of these selected materials are given in Table 1.

Table 2. Properties of PETG and PETT filament materials.

	PETG	PETT
Tensile Strength (MPa)	50	35.1
Percentage elongation (%)	4	2
Elastic modulus (MPa)	978	1067
Flexural strenght (MPa)	93.4	104
Flexural Modulus (MPa)	2564	2857
Impact strenght (J/m)	75	67
Shore D (-)	85	88

Ender 3 max model 3D printer of commercial Creality company was used for 3D printing. In Figure 1 a), a picture is given during 3D printing. 3D printing parameters were determined with the help of Slic3r slicing program for the production of mechanical test specimens. For the 3D printing parameters, the filling rate was kept constant at 30% and the filling shape as rectilinear. The reason for this is that these values were obtained in previous studies in order to obtain optimum mechanical properties and production time for PET materials (Kam et al., 2017; İpekçi et al., 2018; Kam et al., 2019). Other parameters selected for the slicing process are given in Table 2.

Table 3. 3D printing process parameters.

Parameter	Value
Printing speed (mm/s)	50
Idle speed (mm/s)	60
Nozzle temperature (°C)	240
Table temperature (°C)	80
Nozzle diameter (mm)	0.4
Part cooling	Active
Filament diameter (mm)	1.75

Test samples were drawn in Solidworks program in 1 BA type dimensions according to ISO 527 - 2 tensile strength test standard for plastics. The drawn sample was converted into stl format and applied to the slicing process. The dimensions of the test sample are given in Figure 1 b).

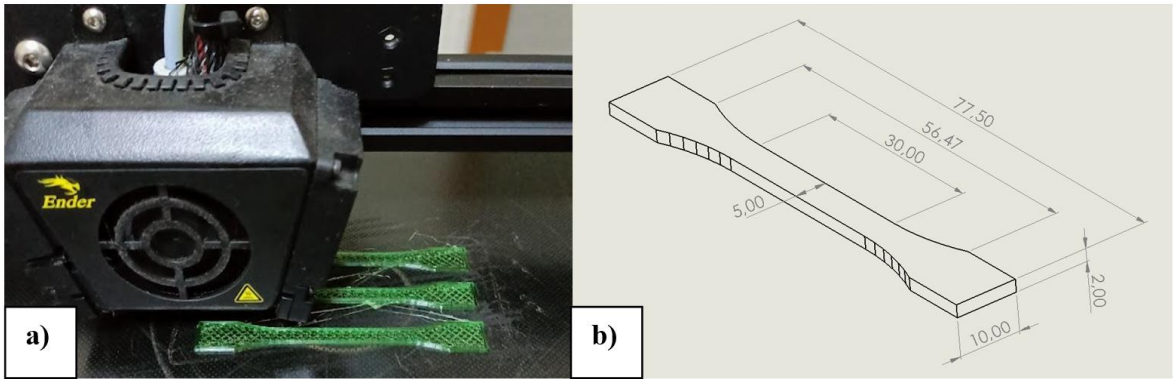


Figure 14. a)3D printing tensile test specimes. b) Dimensions of 1 BA type test specimen according to ISO 527 – 2. (mm)

In the study, three different variables were selected experimentally. The selected variable parameters were selected from the production parameters that have the most effect on the mechanical properties. The most effective parameters in 3D printing on mechanical properties can be expressed as filament material type, number of perimeters and layer thickness. After these parameters were determined as variables, a method was determined for the statistical study. The Taguchi method gives fast and reliable results for production and parameter optimizations. Taguchi L_{18} test setup is preferred. Experimental setup is given in Table 3.

Table 4. Taguchi L_{18} experimental setup.

Sample No	Material	Number of Perimeter	Layer Height (mm)
1	PETG	2	0.15
2	PETG	2	0.20
3	PETG	2	0.25
4	PETG	3	0.15
5	PETG	3	0.20
6	PETG	3	0.25
7	PETG	4	0.15
8	PETG	4	0.20
9	PETG	4	0.25
10	PETT	2	0.15
11	PETT	2	0.20
12	PETT	2	0.25
13	PETT	3	0.15
14	PETT	3	0.20
15	PETT	3	0.25
16	PETT	4	0.15
17	PETT	4	0.20
18	PETT	4	0.25

In order to determine the mechanical properties, the tensile strength test, which is used to determine the material properties in every sector, was applied. Here, test conditions were applied identically for all samples. The tensile test applied at normal room temperature was applied at a constant speed of 5 mm/s as specified in the ISO 527 test standard. The tests were carried out in the mechanical test laboratory of ANLAS tire company. Tensile tester is Ektron TS 2000 brand and model with 10 tons load capacity. Tensile strength and percentage elongation data from this test were obtained by repeating and averaging 3 times for each production parameter. Another important and distinctive test among the mechanical properties is the hardness test. Although the hardness value is associated with the strength for the material, it has a greater effect on toughness and wear resistance. For each produced sample, 3

measurements were taken and averaged in accordance with ISO 48 - 4 standard with a Gibitre Instruments Shore A manual digital hardness tester.

3. RESULTS

For mechanical properties, tensile strength and percentage elongation values were obtained after tensile test. Shore A hardness values of each production were obtained by hardness measurement. With these obtained data, Taguchi optimization was applied according to the experimental setup. As a result of this statistical calculation, signal to noise ratio was obtained. All obtained data are given in Table 4.

Table 5. Tensile strength, percentage elongation, shore A hardness and signal to noise ratio resulsts.

Sample No	Tensile strenght (MPa)	Percentage elongation (%)	Shore A hardness	Signal to noise ratio
1	45.766	8.961	95	33.211
2	47.006	6.472	96	33.443
3	39.513	6.970	93	31.935
4	47.778	8.463	95	33.585
5	45.032	6.472	93	33.070
6	51.990	4.980	96	34.318
7	50.058	8.463	96	33.990
8	57.216	12.943	95	35.150
9	48.120	6.971	95	33.647
10	24.489	2.987	93	27.779
11	32.633	4.480	84	30.273
12	22.322	1.495	92	26.978
13	35.464	3.983	92	30.996
14	26.289	2.987	99	28.396
15	22.853	2.491	93	27.179
16	31.781	7.468	95	30.043
17	37.211	4.480	86	31.413
18	45.916	4.481	99	33.239

In Figure 2, the main effect distribution according to the selected effective parameters for the signal to noise ratio is given. Thus, in order to maximize the mechanical properties, it is appropriate to choose PETG material with 4 perimeters and a layer thickness of 0.2 mm. In addition, there is a direct proportional relationship between the number of perimeters on the mechanical properties. The layer thickness parameter maximized its effect at 0.20 mm and decreased as it continued to increase. Since the hardness value is PET copolyester, PETG and PETT showed a similar effect for the material. Other production parameters did not affect much. No significant change was observed. It can be said that the parameter that affects the hardness the most is the type of material. Percentage elongation values show a decrease by about half in PETT material compared to PETG material. A similar situation was observed for tensile strength values.

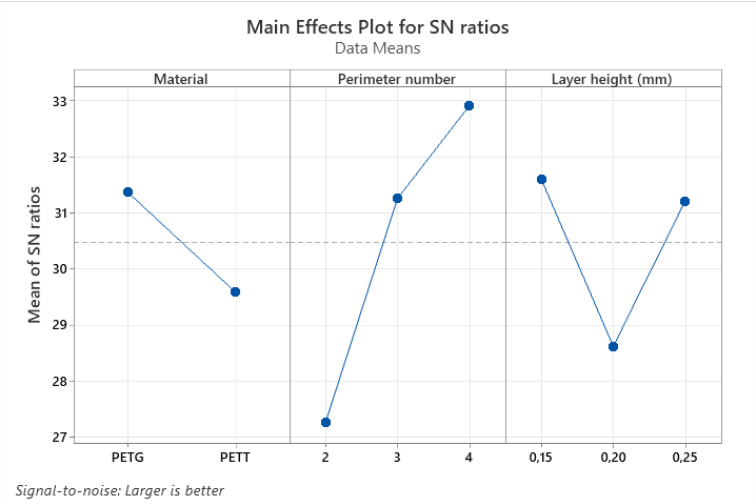


Figure 15. Main effect graph of signal to noise ratios.

From the regression analysis and analysis of variance calculations, the standard deviation value was calculated as 5.49883 and the R^2 safety value was calculated as 81.87%. Table 5 contains the result table for analysis of variance. In this table, it can be said that the results will be reliable since the P-value is below the 0.05 limit. In addition, as a result of the calculations, it can be said that the effect of the material on the mechanical properties is 65.74%, the number of perimeters is 15.11% and the layer thickness parameter is about 1%.

Table 6. Analysis of variance test resulsts.

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Material	1	1309.37	65.74%	1309.37	1309.37	43.30	0.00003
Perimeter number	2	300.88	15.11%	300.88	150.44	4.98	0.02669
Layer height (mm)	2	18.76	0.94%	18.76	9.38	0.31	0.73900
Error	12	362.85	18.22%	362.85	30.24		
Total	17	1991.85	100.00%				

After the regression analysis, equations are derived to calculate the tensile strength of 3D printed products with these materials at different levels of variable parameters. From Eq. (1), tensile strength calculation can be made for PETG material with variable parameters. Likewise, tensile strength can be calculated for variable values for PETT material from Eq. (2).

$$\text{Tensile strength for PETG (MPa)} = 19.7 + 8.41\,\text{Perimeter number} + 7.7\,\text{Layer height (mm)} \quad (1)$$

$$\text{Tensile strength for PETT (MPa)} = 7.3 + 8.41\,\text{Perimeter number} + 7.7\,\text{Layer height (mm)} \quad (2)$$

4. DISCUSSION

Mechanical properties for PETT copolymer filaments vary between pure PET and PETG filaments. Both percent elongation and tensile strength of PETT copolymer filament material are lower than PETG material, but superior to PET filament material. A decrease is observed in the elongation at break of PETT filaments compared to other PET materials. Increasing toughness may make PETT copolymer filaments preferable to PET material in terms of ease of production (Zou et al. 2010).

5. CONCLUSION

Experimental and statistical analysis was carried out in terms of tensile strength, percentage elongation and hardness values of 3D printed products with PETG and PETT material. Important findings are summarized;

- When PETT material is used instead of PETG material, tensile strength and percentage elongation values decrease by about half.
- The hardness and percentage elongation of 3D printed PET copolyester products are not significantly affected by other parameters except the material type.
- Material is the most important factor affecting mechanical properties in 3D printing.
- The layer thickness factor is the parameter that has the least effect on the mechanical properties in the study, after the number of perimeters.
- In this study, choosing PETG material, 4 perimeters and 0.20 mm layer thickness as the most effective parameters maximizes the mechanical properties.
- Designers, researchers or manufacturers who want to control the tensile strength of PETT and PETG materials to be produced by 3D printing can use the regression equations obtained as a result of the study.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank ANLAS tire company for providing support in mechanical tests.

REFERENCES

Bail, R., 2018. Effect of Tool Path Parameters on Part Porosity in Fused Filament Fabrication of Poly (Ethylene-co-Trimethylene Terephthalate). In *Defect and Diffusion Forum* (Vol. 382, pp. 99-103). Trans Tech Publications Ltd.

Chen, K. and Tang, X., 2004. Instantaneous elastic recovery of poly (trimethylene terephthalate) filament. *Journal of applied polymer science*, *91*(3), pp.1967-1975.

Chiu, H.J., 2007. Miscibility and crystallization kinetics of poly (trimethylene terephthalate)/amorphous poly (ethylene terephthalate) blends. *Polymer Engineering & Science*, *47*(12), pp.2005-2011.

Chou, R.M., Chang, C.C., Yu, T.L., Tseng, Y.H. and Wu, M.J., 2001. Crystallization kinetics of poly (1, 4-butylene-co-ethylene terephthalate). *Polymer international*, *50*(2), pp.213-221.

Chuah, H.H., 2001. Orientation and structure development in poly (trimethylene terephthalate) tensile drawing. *Macromolecules*, *34*(20), pp.6985-6993.

Coniglio, M.A., Fioriglio, C. and Laganà, P., 2020. Polyethylene terephthalate. In *Non-Intentionally Added Substances in PET-Bottled Mineral Water* (pp. 29-41). Springer, Cham.

El-Dessouky, H.M., Mahmoudi, M.R., Yassien, K.M. and Lawrence, C.A., 2008. An optical investigation of high-tenacity polyester (H-T PET) fibers annealed at different temperatures. *Polymer Engineering & Science*, *48*(12), pp.2329-2334.

İpekçi, 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), pp.1-8.

Kam, M., and Ipekci, A., 2021. Optimization of 3D Printing Process Parameters on Mechanical Behaviors and Printing Time of ABS, PLA, PET-G Products Using Taguchi Method. *中國機械工程學刊*, *42*(4), pp.393-401.

Kam, M., İpekçi, 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)), pp.114-121.

Kam, M., Ipekci, A. and Sengul, O., 2022. Taguchi optimization of fused deposition modeling process parameters on mechanical characteristics of PLA+ filament material. *Scientia Iranica*, *29*(1), pp.79-89.

Kam, M., Saruhan, H. and İpekçi, A., 2019. Farklı doldurma şekillerinin üç boyutlu yazıcılarda üretilen ürünlerin mukavemetine etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *7*(3), pp.951-960.

Ramiro, J., Eguiazabal, J.I. and Nazabal, J., 2002. Effects of reprocessing on the structure and mechanical properties of poly (trimethylene terephthalate). *Journal of applied polymer science*, *86*(11), pp.2775-2780.

Trhlíková, L., Zmeskal, O., Psencik, P. and Florian, P., 2016, July. Study of the thermal properties of filaments for 3D printing. In *AIP Conference proceedings* (Vol. 1752, No. 1, p. 040027). AIP Publishing LLC.

Wojtyła, S., Klama, P. and Baran, T., 2017. Is 3D printing safe? Analysis of the thermal treatment of thermoplastics: ABS, PLA, PET, and nylon. *Journal of occupational and environmental hygiene*, *14*(6), pp.D80-D85.

Zou, H., Jiang, J., Yang, S. and Li, G., 2006. The Composition, Sequence Analysis, and Crystallization Characterization of Poly (Trimethylene-co-Butylene Terephthalate) Copolymer. *Journal of Macromolecular Science, Part B*, *45*(4), pp.581-592.

Zou, H., Li, G., Jiang, J. and Yang, S., 2008. Characterization and crystallization behavior of poly (ethylene-co-trimethylene terephthalate) copolymers. *Polymer Engineering & Science*, *48*(3), pp.511-518.

Zou, H., Wang, L., Yi, C., Liu, H. and Xu, W., 2010. Thermal, rheological, mechanical, and dyeing property studies of poly (ethylene-co-trimethylene terephthalate) copolymer filaments. *Polymer Engineering & Science*, *50*(8), pp.1689-1695.

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜRETİMİNDE SON DURUM

Cabir KÜÇÜK
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
cabirkucuk61@gmail.com, ORCID: 206171004

Müfit YÜCE
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
mufityc@gmail.com

Fatma ÇANKA KILIÇ
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
fckilic@kocaeli.edu.tr

Özet
Dünyada, 2019 yılının sonlarında, ülkemizde ise 2020 yılının Mart ayında ilk görülmeye başlayan Covid-19 salgını artık etkisini azaltmaya başlamıştır. Bu ölümcül salgın hastalık, hayatımızda çok derin etkiler bırakmış ve birçok farklı alışkanlıkları da beraberinde getirmiştir. Bunlardan en önemli olanları, insan ilişkileri, yeni çalışma modelleri, yeni teknolojiler ve üretimin karşılamakta zorlandığı artan tüketim talepleridir. Tüketimde en fazla artış oranı enerjide olup, bu ihtiyacın karşılanması en acil konuların başında gelmektedir. Bu çalışmamızda, ülkemizdeki enerji tüketimine katkısı olan, yenilenebilir enerji üretimlerinden ağırlıklı olarak rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi ele alınacaktır. Artan nüfus ve beraberinde getirdiği teknolojik gelişmeler, enerji ihtiyacının son yıllarda çok daha fazla artmasına neden olmuştur. 2017 yılından itibaren TEİAŞ elektrik talebindeki artış oranını yıllık %3-4 olarak belirlemişti. Ancak son yıllarda yaşanan enerji talebinin çok artması ile bu oranın önümüzdeki yıllarda %5-6 arasında olması beklenmektedir. Ayrıca, dünyada yaşanan fiziki ve stratejik savaşların, ülkemizin ekonomisine, döviz kuruna ve enerji kaynak maliyetinde (doğalgaz ve petrol) ciddi artışlara neden olmaktadır. Bu artışlar, ülkemizdeki tüm tüketim alanlarında fiyat artışlarına neden olmuştur. Uygulanan bu fiyat artışları, beraberinde enerji bağımsızlığını ilan etmek veya mevcut kapasitesini arttırmak isteyen lisanslı ve lisanssız üreticilerin, yenilenebilir enerji alanında yatırımlara önem vermesini sağlamıştır. Fakat ülkemizin para politikası ve döviz kuru karşısında değer kaybetmesi, enerji satın alma fiyatlarında da etkisini göstermiştir. Bu alanda devlet, üretim yapan lisanslı üreticilerden elektriği döviz kuru USD doları (USD $) olarak almayı sürdürürken, lisansız üreticilerden Türk lirası (₺) olarak almaya başlamıştır. Son beş yılda yaşanan yenilenebilir enerji üretimleri alanındaki artış, ciddi oranda bir üretim gücü ortaya koymuştur. 2022 yılının ilk ayında alınan resmi verilere göre, elektrik üretiminin yaklaşık %11'i rüzgâr enerjisi ve %5'i güneş enerjisi ile sağlanmaktadır. Bu veriler, lisanslı ve lisanssız üreticileri toplamını kapsamaktadır. Sonuç olarak, günümüz Türkiye şartları göz önüne alınarak yatırımcıların karşılaşacağı avantaj ve dezavantajları gerçekçi değerler ile sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, doğalgaz, güneş enerjisi, hibrit, petrol, rüzgar enerjisi.

THE LATEST STATUS OF RENEWABLE ENERGY PRODUCTION IN TURKEY

Abstract
The Covid-19 epidemic, which started to be seen for the first time in the world at the end of 2019 and in our country in March 2020, has now started to reduce its effect. This deadly epidemic disease has left a deep impact on our lives and brought along many different habits. The most important ones are human relations, new working models, new technologies, and increasing consumer demands that production has difficulty meeting. The highest rate of increase in consumption is in energy, and meeting this need is one of the most urgent issues. In this study, mainly wind energy and solar energy, which are renewable energy productions that contribute to energy consumption in our country, will be discussed. The increasing population and the technological developments that it brings have caused the energy need to increase much more in recent years. Since 2017, TEİAŞ has determined the rate of increase in electricity demand as 3-4% per annum. However, with the increase in energy demand in recent years, this rate is expected to be between 5-6% in the coming years. In addition, physical and strategic wars in the world

cause serious increases in our country's economy, exchange rate, and energy resource costs (natural gas and oil). These increases caused price increases in all consumption areas in our country. These price increases have led licensed and unlicensed producers, who want to declare their energy independence or increase their existing capacity, to attach importance to investments in the field of renewable energy. However, the depreciation of our country's monetary policy and the exchange rate has also had an impact on energy purchase prices. In this area, the state continued to purchase electricity from licensed producers in USD dollars (USD) at the exchange rate, while it started to receive electricity from unlicensed producers in Turkish lira (₺). The increase in the field of renewable energy production in the last five years has revealed a significant production power. According to the official data received in the first month of 2022, approximately 11% of electricity production is provided by wind energy and 5% by solar energy. This data includes the total of licensed and unlicensed manufacturers. As a result, considering today's conditions in Turkey, the advantages and disadvantages that investors will encounter are presented with realistic values.

Author keywords: Covid-19, natural gas, solar energy, hybrid, oil, wind energy.

1. GİRİŞ

Bu çalışmamızda, yenilenebilir enerji çeşitlerinden olan rüzgar ve güneş enerjisi santrallerinin kurulumları için gerekli yatırım maliyetleri ve bu yatırıma sağlanan geri dönüşüm yani amortisman sürelerinin lisanslı ve lisansız elektrik üreticiler arasındaki farkı karşılaştırarak sunmaktır. Son yıllarda artan nüfus yoğunluğunun enerjiye olan talebin ne kadar karşılamasını ve yatırımların ne kadar bu talebi karşıladığına dikkat çekmektir. Çünkü, yenilenebilir enerji, ülkemiz için ekonomik önem taşıdığını özellikle vurgulamış olduğumuz bir çalışmadır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Doğal kaynaklardan elde edilen ve sürdürülebilirliği olan enerjiler olarak da tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerjiler; güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal, dalga enerjisi gibi doğada kendiliğinden var olan kaynaklardan elde edilmektedir. Bu çalışmamızda, rüzgar ve güneş enerjisi için tasarlanmış olan 2 adet santralin yatırım maliyeti, amortisman süresi ve üretici karşılaştırılması üzerine yapılmıştır.

3. DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE COVID-19

Dünyada, 2019 yılının sonlarında, ülkemizde ise 2020 yılının Mart ayında ilk görülmeye başlayan Covid-19 salgını artık etkisini azaltmaya başlamıştır. Bu ölümcül salgın hastalık, hayatımızda çok derin etkiler bırakmış ve birçok farklı alışkanlıkları da beraberinde getirmiştir. Bunlardan en önemli olanları, insan ilişkileri, yeni çalışma modelleri, yeni teknolojiler ve üretimin karşılamakta zorlandığı artan tüketim talepleridir. Tüketimde en fazla artış oranı enerjide olup, bu ihtiyacın karşılanması en acil konuların başında gelmektedir.

3.1. Nüfus Yoğunluğu

Türkiye'de, sadece 2020 yılında yeni doğmuş bebek sayısı ve göç sayısı 1 milyon 112 bin 859 olmuştur. Ülkemize resmi olarak iltica eden göçmen sayısı ise 677 bin 42 kişi, gayri resmi yollar ile bu sayının 1 milyon kişinin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, gerek ülke içindeki doğum oranlarındaki artış, gerekse göç ve ilticalar yoluyla nüfus yoğunluğundaki artış, enerjideki büyük ihtiyaç artışına (endüstriyel sahalardaki artışa ilaveten) ek yük getirmiştir.

4. ENERJİ EKONOMİSİ

Covid-19 salgının neden olduğu üretim faaliyetlerinin oldukça azalmasının beraberinde getirdiği ekonomik problemler; dünyada devam eden ve yeni ortaya çıkan stratejik, fiziki savaşlar ile bazı diğer sebepler dünya çapında petrol ve doğalgaz fiyatlarında artışa neden olmuştur. Buna dayalı olarak, tüm üretim sahalarında maliyetlerin artmasıyla ciddi oranda enflasyon sorunları ortaya çıkardı. Ayrıca, pandemi sonrası enerji ihtiyacının katlanarak artması, tüm bunlara çözüm olarak yenilenebilir enerjinin önemini ortaya çıkarmıştır.

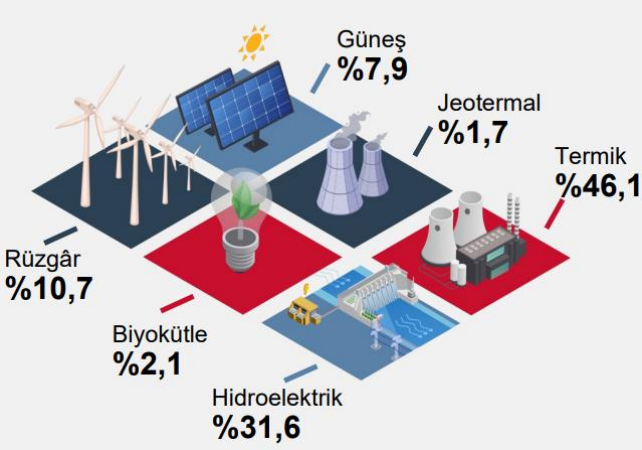
4.1. Enerji Kaynakları

Ülkemizde, yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji kaynakları aşağıdaki Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Enerji kaynak çeşitleri

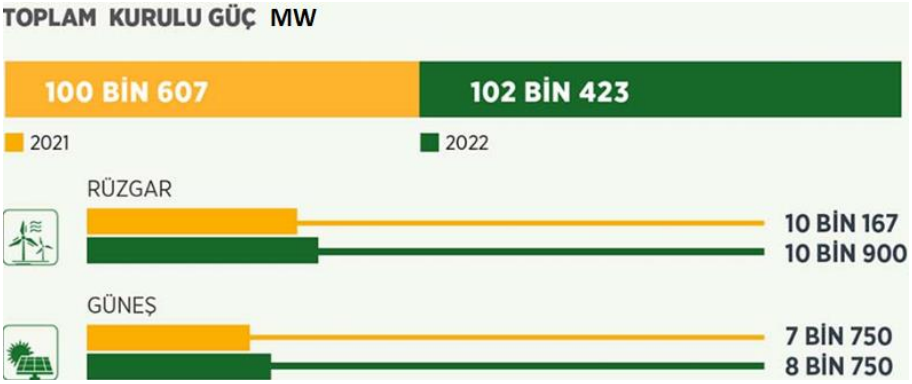
TEİAŞ'ın açıklamış olduğu resmi verilerine göre, 2022 yılının Ocak ayında, toplam elektriğin %46,1'i termik santrallerden karışlanırken, %53,9'u yenilebilir enerji tarafından karşılanmıştır. Aşağıda yer alan Şekil 2'de dağılım gösterilmektedir. Bu enerjinin %18,6'sı rüzgar ve güneş enerjisinden karşılanmıştır.



Şekil 2. 2022 Yılının ocak ayında üretilen toplam enerji üretim dağılımı

4.1. Rüzgâr ve Güneş Enerjisi

Türkiye'de elektrik üretiminde en büyük pay termik santrallere ait olsa da, yenilenebilir enerjilerden rüzgâr ve güneş enerjisi alanında yatırımlarda artmaya devam etmektedir. 2022 yılın sonunda, rüzgâr enerjisinde yaklaşık %7-8, güneş enerjisinde ise %11-12 arasında büyüme beklenmektedir. Bu beklenti Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2022 Yılı sonunda rüzgâr ve güneş enerjisi kaynaklarında beklene artış

4.2. Rüzgâr Enerjisi

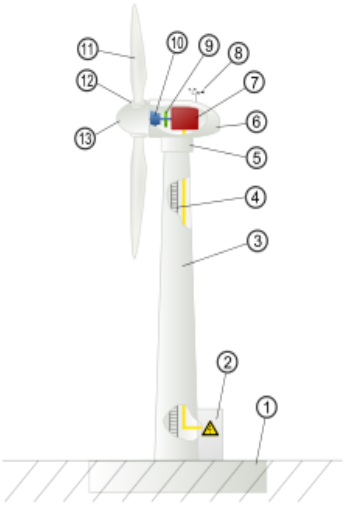
Ülkemizde, kayıtlı rüzgar enerjisi santrali 269 adettir ve bunların 252 adeti lisanslı üretici, 17 adeti ise lisanssız üreticiden oluşmaktadır. Bu enerji tesislerinin kurulumu, yurtdışı kaynaklı firmalar tarafından sağlanmıştır (özellikle kule ve kanat tasarımı, nacelle, jeneratör, vb.). Bu firmaların, yapmış oldukları türbin kurulum sayıları aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'de kurulu olan firmalara göre RES sayıları

S.	Türbin markası	Menşei	Türbin Sayısı	Kurulu Güç	Pay
1	Nordex	Almanya	859 türbin	2.465 MW	25,55%
2	Vestas	Danimarka	601 türbin	1.603 MW	16,62%
3	Enercon	Almanya	900 türbin	1.680 MW	17,42%
4	GE	ABD	517 türbin	1.335 MW	13,84%
5	Si. Ga.	Alm. İsp.	498 türbin	1.338 MW	13,87%
6	Sinovel	Çin	96 türbin	114 MW	1,18%
7	Suzlon	Hindistan	52 türbin	106 MW	1,10%
8	Acciona	İspanya	20 türbin	58 MW	0,60%
9	Alstom	Fransa	29 türbin	77 MW	0,80%
10	Senvion	Almanya	1 türbin	3,00 MW	0,03%
11	Unison	Güney Kore	2 türbin	1,25 MW	0,01%
12	Northel	Türkiye	7 türbin	0,82 MW	0,01%
13	Ayetek	Türkiye	1 türbin	0,50 MW	0,01%
14	Shriram	Hindistan	1 türbin	0,25 MW	0,00%
15	Milres	Türkiye	0 türbin	0 MW	0,00%
16	Leitwind	İtalya	türbin	0 MW	%

Rüzgâr türbini bileşenleri Şekil 4'de gösterilmiştir.

1. Temel,
2. Elektrik şebekesi bağlantısı,
3. Kule,
4. Merdiven,
5. Rüzgâra doğru yönlendirme kontrolü (Sapma kontrolü),
6. Makina yuvası (Nacelle),
7. Jeneratör,
8. Anemometre (rüzgar hızını ve doğrultusunu ölçen cihazdır),
9. Elektrikli veya Mekanik Fren,
10. Şanzıman,
11. Rotor kanadı,
12. Kanat hatve (kanat açı ayarı) kontrolü,
13. Rotorun göbeği.



Şekil 4. Rüzgâr türbini bileşenleri

Gerçek ölçüm sonuçlarına dayalı olarak, İzmir ilinin, Bergama ilçesinde 2,5 MW'lık Rüzgâr türbini kurulum detay maliyeti ve fizibilitesi hesaplanmıştır. Rüzgâr türbini maliyet ve fizibilite sonuçları Tablo 2'de verilmiştir;

Tablo 2. Rüzgâr türbini fizibilite sonuçları

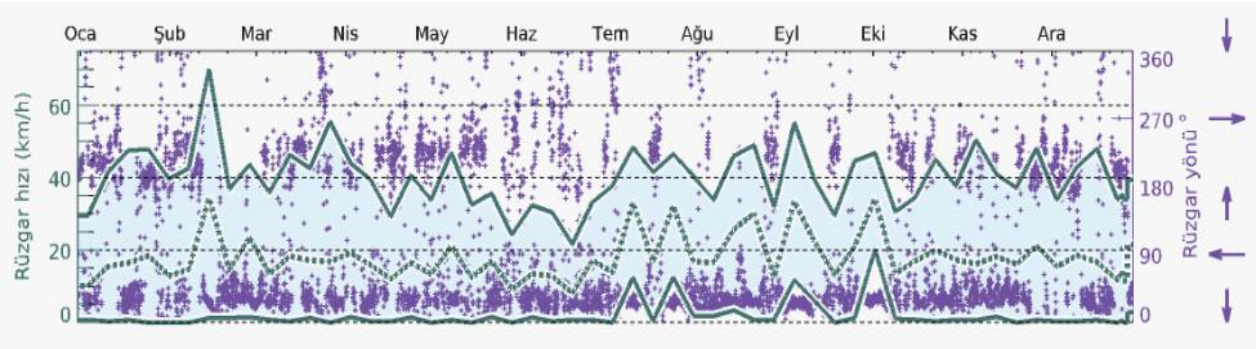
2,5 MW RÜZGAR TÜRBİN KURULUMU				
İşin Adı	**Malzeme**	**Miktarı/Birimi**	**Birim Fiyat**	**Toplam Maliyet**
Temel				
	Demir	102.000 Kg	15 TL/Kg	1.530.000,00 ₺
	Beton	1.000 m^3	1.200 TL/m^3	1.200.000,00 ₺
Elektrik Şebekesi				
	Kablo	4.000 metre	8 €	32.000,00 €
	Bağlantı Aparatları	10.000 Adet	3 €	30.000,00 €
Kule				
	Ana Gövde	1 Adet		
Merdiven				
	Ana Gövde İçi	1 Adet		
Rüzgâra doğru yönlendirme kontrolü				
	Rüzgar Yönü Arama Sistemi	1 Adet		
Makina yuvası (Nacelle)				
	Jeneratör Kafesi	1 Adet		
Jeneratör				
	Enerji motoru	1 Adet		
Anemometre				
	Rüzgar Ölçü Aleti	1 Adet	1.200.000 €	1.200.000 €
Elektrikli veya Mekanik Fren				
	3-25 m/sn Hızı Dışında Koruma Sistemi	1 Adet		
Şanzıman				
	Aktarıcı	1 Adet		
Rotor kanadı				
	Kanatlar	3 Adet		
Kanat hatve kontrolü				
	Kanat Kontrol Sistemi	1 Adet		
Rotorun göbeği				
	Kanat Merkez Göbeği	1 Adet		
Tranport				
	Ağır Nakliye	2 Gün	10.000 € / Gün	20.000 €
	Montaj	2 Gün	15.000 € / Gün	30.000 €
Arsa				
	Alan ve Çevre Düzenlemesi	1.000 m^2	200 TL / m^2	200.000,00 ₺
			Toplam (TL)	2.930.000,00 ₺
			Toplam (€)	1.312.000,00 €
			TOPLAM	**23.922.000,00 ₺**

Rüzgâr türbini fizibilitesi için lisanslı ve lisansız üretici karşılaştırılması aşağıdaki Tablo 3'de gösterilmiştir;

Tablo 3. Rüzgâr türbini enerji üretimi lisanslı ve lisansız üretici karşılaştırması

Fizibilite Tablosu		
	Lisanslı Üretici	**Lisansısz Üretici**
Yatırım Maliyeti	23.922.000,00 ₺	23.922.000,00 ₺
ÜretimKapasitesi	2,5 MW	2,5 MW
Yıllık Enerji Üretimi	9.000 MW	9.000 MW
Enerji Satış Fiyatı	7,3 Dolar Cent / kW	0,54 TL / kW
Proje Ömrü	20 Yıl	20 Yıl
Bakım Maliyeti	50.000 $ / Yıl	50.000 $ / Yıl
Toplam Bakım Maliyeti	14.650.000,00 ₺	14.650.000,00 ₺
Toplam Enerji	180.000 MW	180.000 MW
Toplam Kazanç	192.501.000,00 ₺	97.200.000,00 ₺
Amortisman	4 Yıl	7,93 Yıl

Bu çalışmada, rüzgâr gülünün üretim kapasitesi, kurulum yapılacağı alandaki bir yıllık rüzgâr hızı analizi sonucunda hesaplanmıştır. Rüzgar gülünün çalışma rüzgar hızı aralıkları, 3 m/sn ila 25 m/sn olarak belirtilmiştir. Bu aralık dışında kalan değerler olumsuz hava koşulu olarak belirtilmektedir. Aşağıdaki Şekil 5'de, rüzgâr hızı, saat üzerinden verilmiştir.

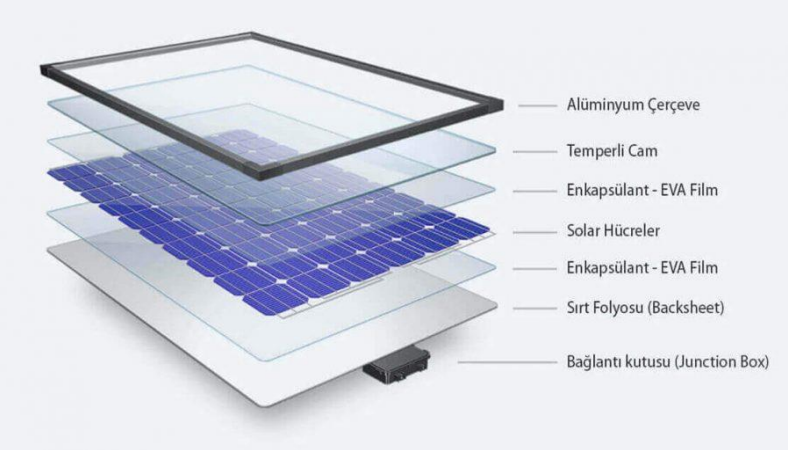


Şekil 5. Rüzgâr hızı analizi

Bu fizibilite çalışmasında, lisansız üreticiler için aynı geliri getirmediğini göstermektedir. Fakat, enerji bağımsızlığını ilan etmek isteyen lisansız üreticiler için çok büyük bir avantaj olduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisindeki yıllık büyümenin yaklaşık %3'ü lisansız üreticiler tarafından olması beklenmektedir.

4.3. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi paneli, yüzeylerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek yarayan sistemlere verilen isimdir. Bu piller, verimli bir şekilde güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirir.



Şekil 6. Güneş enerjisi panel bileşenleri

Güneş enerjisi paneline ait bileşenler Şekil 6'da gösterilmektedir. Bunlar;

1. Alüminyum çerçeve,
2. Temperli cam,
3. Enkapsülant – EVA film,
4. Solar hücreler,
5. Sırt folyosu,
6. Bağlantı kutusu (Junction Box),

Ülkemizde, kurulu olan güneş enerjisi gücü, 2021 yılı sonu itibarıyla 7 bin 750 MW'a ve ortalama üretim gücü 13 bin 211 GWh olarak hesaplanmıştır. 2022'nin sonunda ise 8 bin 750 MW'a ulaşması planlanmaktadır. Beklenen üretim gücü ise yaklaşık 15 bin GWh'tır. Bu enerji gücü, ülkemizde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin %11'ne tekabül etmektedir. Güneş enerjisinden üretim yapan lisanslı üretici sayısı yaklaşık 40, lisansız üretim yapan sayısı ise 650'dir ve her geçen gün bu sayı artmaya devam etmektedir. Aşağıdaki Tablo 4'de en yüksek üretim kapasitesine sahip kurulu güneş enerji santralinin listesi paylaşılmıştır.

Tablo 4. Türkiye'de güneş enerjisinden en yüksek enerji üretimine kapasitesine sahip kuruluşlar

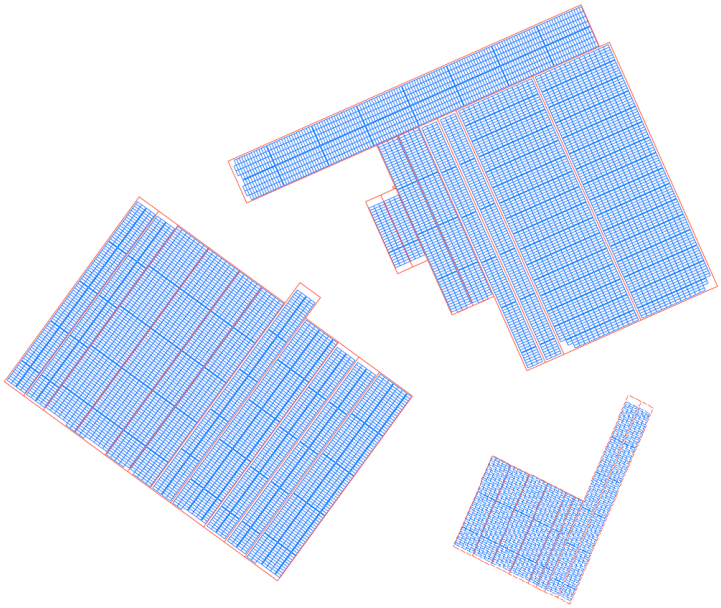
Sıra No	Santral Adı	İl	Kurulu Güç
1)	Karapınar YEKA-1 GES	Konya	285 MW
2)	Naturel & Esenboğa Enerji GES	Ankara	118 MW
3)	Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	50 MW
4)	Özkoyuncu Madencilik Balıkesir GES	Balıkesir	40 MW
5)	Teksin Enerji GES	Karaman	33 MW
6)	Kıvanç 2 GES	Mersin	31 MW
7)	Cıngıllı GES	Niğde	26 MW
8)	Van Arısu Güneş Enerjisi Santrali	Van	24 MW
9)	Fernas 4 GES	Burdur	20 MW
10)	Küçükköy GES	Antalya	19 MW

Ankara ilindeki, bir sanayi kuruluşunun lisansız üretici olarak kurmak istediği 5.307,12 kWp (kilowatt peak) güneş enerjisi santralinin kurulum için malzeme (* ya da muadili) listesi Tablo 5'de verilmiştir**;**

Tablo 5. Güneş enerji santrali malzemeleri

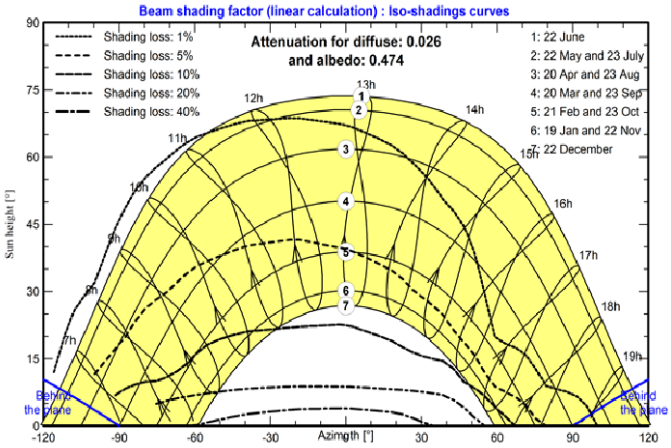
Sıra No	Bileşen Adı	Bileşen Tanımı
1	Modüller	Arçelik 455Wp Monokristal
2	Mekanik Konstrüksiyon	ISOTEC/SMI/PMS *
3	İnverterler	Huawei100
4	AC Toplama Panosu (GES ADP) ve Tesis Ana Dağıtım Panosu	UFOR, IP55
5	DC Solar Kablo	HIS/Nexans / Prysmian *
6	Konnektörler	Multi-Contact *
7	AC & AG Kablo	HES, HASÇELİK *
8	SC8 AG Şalt Malzemeler	ABB *

Aynı bölgedeki üç farklı lokasyona kurulacak olan güneş enerjisi panellerinin kurulumunun üstten görünüşe ait plan Şekil 6'da verilmektedir;



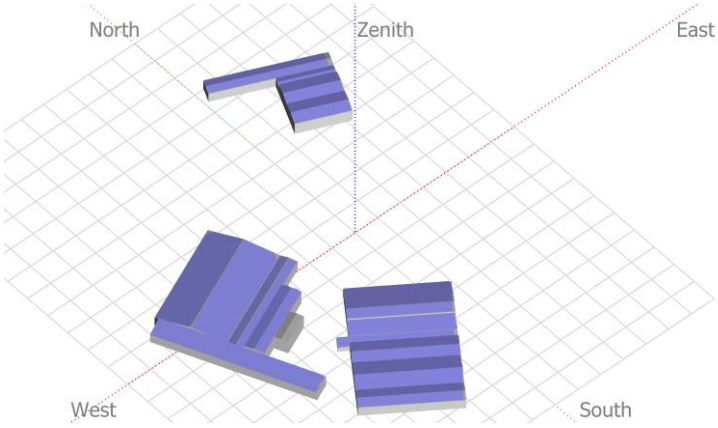
Şekil 6. Güneş enerjisi panellerinin kurulumunun üstten görünüş planı

Aşağıdaki Şekil 7'de Ankara iline ait olan bu çalışma bölgesi için yapılan güneş ışığı analizi çalışması gösterilmektedir;



Şekil 7. Güneş ışığı analizi

Güneş enerjisi panellerinin, bulundukları konuma göre yön durumunu aşağıdaki Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Güneş enerjisi panellerinin yön durumu

Bu bölgede, aylara göre tespit edilmiş güneş ışığı analiz değerleri aşağıdaki Tablo 6'da görüldüğü gibidir;

Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	41.1	25.69	-1.14	41.2	35.7	183	178	0.814
February	59.2	41.13	4.00	59.1	52.8	265	261	0.831
March	94.6	45.61	1.12	94.5	86.2	423	415	0.827
April	164.2	70.48	9.33	164.1	151.3	722	703	0.808
May	194.0	76.15	15.10	193.6	180.0	831	804	0.783
June	200.2	75.37	17.07	199.4	185.9	853	836	0.790
July	245.1	63.88	20.95	244.7	228.8	1024	1003	0.773
August	212.6	59.41	23.59	212.6	197.4	878	861	0.763
September	182.7	45.24	19.40	183.3	167.3	763	748	0.769
October	109.0	47.11	11.25	109.4	97.8	473	465	0.800
November	80.7	27.54	6.54	81.5	70.4	348	330	0.762
December	45.6	27.83	0.74	45.8	39.5	201	197	0.811
Year	1628.9	605.24	10.69	1629.1	1493.1	6965	6801	0.787

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Örnek olarak ele alınan firmanın, 1 yıllık güneş enerjisi santralinden beklediği üretim ve tüketim gücü karşılaştırması Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. 1 Yıllık güneş enerjisi santralinden beklediği üretim ve tüketim gücü karşılaştırması

Aylar	Üretim	Tüketim	Fark	Aylık Getiri
Ocak	178.000 kWh	600.000 kWh	-422000 kWh	217.160,00 ₺
Şubak	261.000 kWh	600.000 kWh	-339000 kWh	318.420,00 ₺
Mart	415.000 kWh	600.000 kWh	-185000 kWh	506.300,00 ₺
Nisan	703.000 kWh	600.000 kWh	103000 kWh	857.660,00 ₺
Mayıs	804.000 kWh	600.000 kWh	204000 kWh	980.880,00 ₺
Haziran	836.000 kWh	600.000 kWh	236000 kWh	1.019.920,00 ₺
Temmuz	1.003.000 kWh	600.000 kWh	403000 kWh	1.223.660,00 ₺
Ağustos	861.000 kWh	600.000 kWh	261000 kWh	1.050.420,00 ₺
Eylül	748.000 kWh	600.000 kWh	148000 kWh	912.560,00 ₺
Ekim	465.000 kWh	600.000 kWh	-135000 kWh	567.300,00 ₺
Kasım	330.000 kWh	600.000 kWh	-270000 kWh	402.600,00 ₺
Aralık	197.000 kWh	600.000 kWh	-403000 kWh	240.340,00 ₺
1 Yıllık Toplam	**6.801.000 kWh**	**7.200.000 kWh**	**-399000 kWh**	**8.297.220,00 ₺**

Örnek olarak ele alınan firmanın, lisanslı ve lisanssız üretici olması durumundaki yatırımın fizibilitesi aşağıda Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8. Lisanslı ve lisanssız üretici olması durumundaki yatırımın fizibilitesi

Fizibilite Tablosu		
	Lisanslı Üretici	**Lisansız Üretici**
Yatırım Maliyeti	47.038.331,34 ₺	47.038.331,34 ₺
Sistem Gücü	5.307.120 Wp	5.307.120 Wp
Yıllık Enerji Üretimi	6.801 MW	6.801 MW
Enerji Satış Fiyatı	13 Dolar Cent / kW	0,54 TL / kW
Proje Ömrü	25 Yıl	25 Yıl
Bakım Maliyeti	26.000 $ / Yıl	26.000 $ / Yıl
Toplam Bakım Maliyeti	380.900,00 ₺	380.900,00 ₺
Yıllık degredasyon	0,5%	0,5%
Toplam Enerji	160.204 MW	160.204 MW
Toplam Kazanç	305.108.518,00 ₺	86.510.160,00 ₺
Amortisman	3,9 Yıl	13,7 Yıl

Örnek olarak ele alınan bu firmanın, lisanssız üretici olması ve doğrudan üretmiş olduğu elektriğin tamamını tüketmesi durumunda, yatırımın amortisman süresinin daha kısa süre olduğu aşağıdaki Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Lisanssız üreticinin elektriği kendi tüketmesi durumu

Fizibilite Tablosu	
	Lisansısz Üretici
Yatırım Maliyeti	47.038.331,34 ₺
Sistem Gücü	5.307.120 Wp
Yıllık Enerji Üretimi	6.801 MW
Enerji Satış Fiyatı	1,22 TL / kW
Proje Ömrü	25 Yıl
Bakım Maliyeti	26.000 $ / Yıl
Dağıtım Bedeli	39.460 $
Toplam Bakım Maliyeti	380.900,00 ₺
Yıllık degredasyon	0,5%
Yıllık Kazanç	7.817.955,20 ₺
Toplam Enerji	160.204 MW
Toplam Kazanç	86.510.160,00 ₺
Amortisman	6,2 Yıl

5. SONUÇ

Ülkemizde, enerjide dışa bağımlılık oranı oldukça yüksektir. Buna karşılık, döviz kurundaki ciddi dalgalanmalar ve beraberinde getirdiği fiyat artışları, enerji maliyetlerini yükseltmiştir. Tüm bunlara

çözüm olarak, enerji ihtiyacının karşılanmasında, enerji üreticileri yenilenebilir enerjilere yönelmiştir ve bu kapsamda büyük yatırımlar söz konusudur. Bu yatırımcıların büyük bir bölümü lisanlı üreticileri kapsasa da, lisanssız üreticiler de mevcut konumlarını ve olanaklarını kullanarak yenilenebilir enerji üretimini artırmaktadırlar.

6. TARTIŞMA

Lisansız enerji üreticilerine uygulanan fiyat politikası, yatırımın geri dönüş süresinin çok uzun olması dezavantaj teşkil etmektedir. Bu durum, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığın elektrik satın alma politikasında, yenilenebilir enerji alanında ilgili yönetmeliklerin düzenlenmesi gerekliliğini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Karelsis Enerji San. ve Tic. A.Ş. ile Murat KARAVELİ ve Şerife Seda KÜÇÜK'e çalışmama sunmuş oldukları destekleri için çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

HAKYEMEZ, C. (2022), Rüzgâr Enerjisi Santral Yatirimlarinda Geri Ödeme Süresinin Monte Carlo Simülasyonu İle Belirlenmesi, *Aylık Enerji Bülteni Ocak 2022,* 44, 2-3.

YILDIRIM, H.H. (2017), Rüzgâr Enerjisi Santral Yatirimlarinda Geri Ödeme Süresinin Monte Carlo Simülasyonu İle Belirlenmesi, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi,* 82, 80-98.

YILMAZ, A. (2014), *Rüzgar Enerji Santralleri,* 04.05.2022 tarihinde www.enerjiatlasi.com sitesi: ruzgar adresinden alındı.

EL SIKMA KUVVETİ ÖLÇÜMÜ İÇİN GELİŞTİRİLEN SİSTEM VE ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ufuk KURU
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
ufuk.kuru@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0002-6990-3414

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Kuvvet ölçümleri, medikal alanında, uçak, inşaat, makina, gemi, otomotiv gibi birçok mühendislik dalında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Hassas ve doğru kuvvet ölçümü de her uygulama alanı için büyük önem taşır. Bu amaçla uygun tasarıma sahip cihazların kullanımı ve kalibrasyonu oldukça önemli bir parametredir. Bu çalışmada, el sıkma veya kavrama kuvveti ölçümü için geliştirilen cihazın detayları sunulmuştur. Sonuçların doğruluğu için sistemin kuvvet kalibrasyonu yapılmıştır. Farklı özelliklerdeki kişilerin el sıkma kuvvetleri ölçülmüştür. El sıkma kuvvetindeki değişimler verilmiştir. Sonuç olarak, kişilerin el sıkma kuvvetlerindeki değişimler ve belirsizlik değeri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: El sıkma kuvveti, kuvvet ölçümü, kuvvet sensörü

THE SYSTEM DEVELOPED FOR MEASUREMENT OF HAND GRIP FORCE AND EVALUATION OF MEASUREMENT RESULTS

Abstract
Force measurements are widely used in the medical field, in many engineering branches such as aircraft, construction, machinery, ships, and automotive. Precise and accurate force measurement is also of great importance for any application. For this purpose, the use and calibration of devices with a suitable design is a very important parameter. In this study, the details of the device developed for the measurement of hand grip or grip strength are presented. For the accuracy of the results, the force calibration of the system was performed. The hand grip strengths of people with different characteristics were measured. Variations in hand grip strength are given. As a result, the changes in the hand grip strength and the uncertainty value were evaluated.

Keywords: Hand grip force, force measurement, force sensor

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve endüstride yaşanan rekabet nedeniyle daha kaliteli ve güvenilir ürünleri tüketiciye sunmak ve böylece pazar payını artırmak isteyen üreticiler, malzeme ve ürünlerine çeşitli testler uygularlar. Malzeme testleri, endüstriyel ürünlerde kullanılan malzemelerin uygunluklarının belirlenmesini amaçlar. Böylece uygun olmayan malzeme kullanımından kaçınılmış olur. Malzeme testleriyle özellikleri belirlenen malzemeleri kullanmak, dizayn aşamasından ürün aşamasına kadar olan tüm proseste, ekonomik ve daha güvenilir ürünlerin geliştirilmesini ve imalatını sağlar. Bu testlerde kullanılan düzenekler ve makinalar, kuvvetin uygulanması ve ölçülmesi prensibiyle çalışırlar [1-2].

Kuvvet ölçümleri, kalite kontrol ölçümlerinde, uçak, inşaat, makine, gemi, otomotiv gibi birçok mühendislik dalında ve tıp, medikal alanında çok yaygın olarak kullanılmakta ve bu nedenle hassas ve doğru ölçülmesi büyük önem taşımaktadır. Kuvvet ölçümleri farklı prensipler ile çalışan kuvvetin oluşturduğu etkiyi farklı bir fiziksel büyüklüğe dönüştürebilen kuvvet dönüştürücü cihazlar ile gerçekleştirilir. Bu cihazların kontrolleri ise uluslararası tanımlanmış birim sistemine göre ülkelerdeki metroloji enstitülüleri tarafından gerçekleştirilir. Ülkemizde kuvvet dönüştürücü cihazların kalibrasyonunu gerçekleştirmek ve uluslararası sisteme entegrasyonunu sağlamakla görevli kuruluş TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)' dir. TÜBİTAK-UME bünyesinde, kuvvet ölçümleri konusunda en üst seviyede oluşturulan kuvvet standartlarıyla ölçümler gerçekleştirilmektedir. Bu

çalışmada el sıkma kuvvet ölçümü için geliştirilen sistemin bilgileri paylaşılmıştır. Ayrıca elde edilen ölçümler değerlendirilerek sonuçları yorumlanmıştır.

2. EL SIKMA KUVVETİ ÖLÇÜM CİHAZI

Kuvvet ölçümleri kuvvet ölçme cihazları kullanılarak gerçekleştirilir. Farklı prensip ile çalışan pek çok kuvvet ölçme cihazı tipi vardır. Bunlardan en yaygın kullanılanı dirençli uzama ölçerli (strain gage) tip kuvvet ölçme cihazlarıdır. El sıkma kuvveti ölçüm sistemi için piyasada bulunan dirençli uzama ölçerli tip bir kuvvet ölçme cihazı kullanıldı. Platform tipi basma kuvvetine uygun yapıdaki kuvvet ölçme cihazı tercih edildi. Kuvvet ölçme cihazına uygun bir gösterge cihazı ile kuvvet ölçerde oluşan kuvvet değişimleri okunması sağlandı. Gösterge sistemi ile haberleşebilen bir yazılım TÜBİTAK UME tarafından yapıldı. Bu yazılım ile ölçüm için gelen kişi ölçüme başlamadan önce ismini yazılıma girip başlat butonuna basması gerekmektedir. Daha sonra kuvvet ölçme cihazının iki kolunu sıkması ile yazılım kuvvet zaman grafiğini ekranda göstermektedir. İlave olarak en yüksek kuvvet değeri ekranın üst kısmında kullanıcıya gösterilmektedir. Bu sayede kullanıcı maksimum el sıkma kuvveti değerini ekranda görebilmektedir (Şekil 1). El sıkma kuvvet ölçüm sisteminin çalışma prensibini açıklamak amacıyla Şekil 2 de verilen poster oluşturulmuştur.



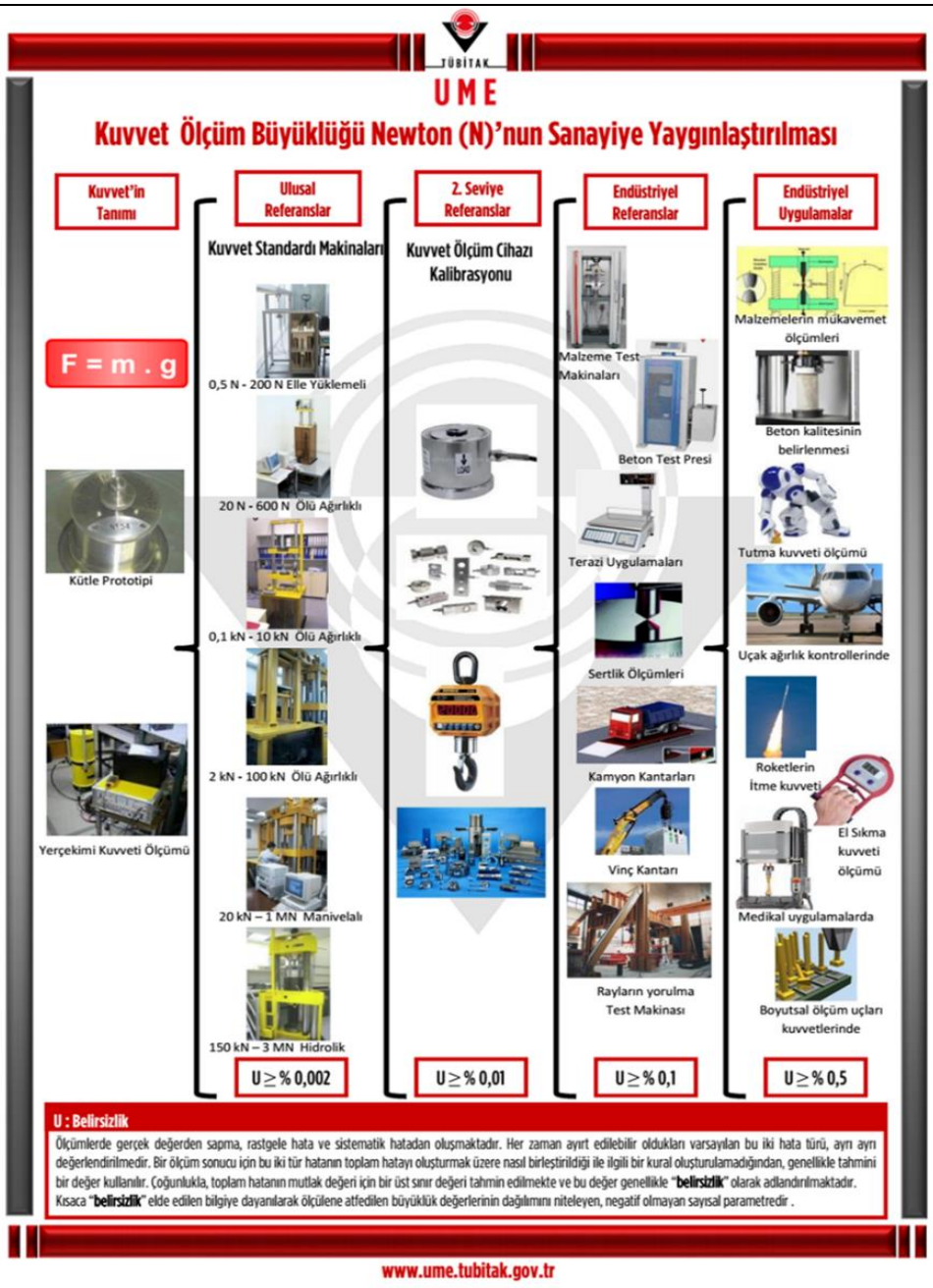
Şekil 1. El sıkma kuvveti ölçüm aleti



Şekil 2. El sıkma kuvveti ölçüm cihazının posteri

3. EL SIKMA KUVVETİ ÖLÇÜM CİHAZININ KALİBRASYONU

Her hangi bir cihazın doğru ölçtüğünü ispatlayabilmeniz için kalibrasyon yaptırmanız gerekldir. Kalibrasyon işleminde değeri bilinen bir referans cihaz ile kalibrasyon için getirilen cihazın kalibrasyonunu yaparsanız. Kalibrasyon sonucunda belirli bir standarda uygun olarak yapılan ölçümlerin sonuçları ve ölçüm belirsizlik değerini içeren bir kalibrasyon sertifikası düzenlenir. Kuvvet biriminin endüstriye aktarılması şekil 3 de görsel olarak verilmiştir[1-6].

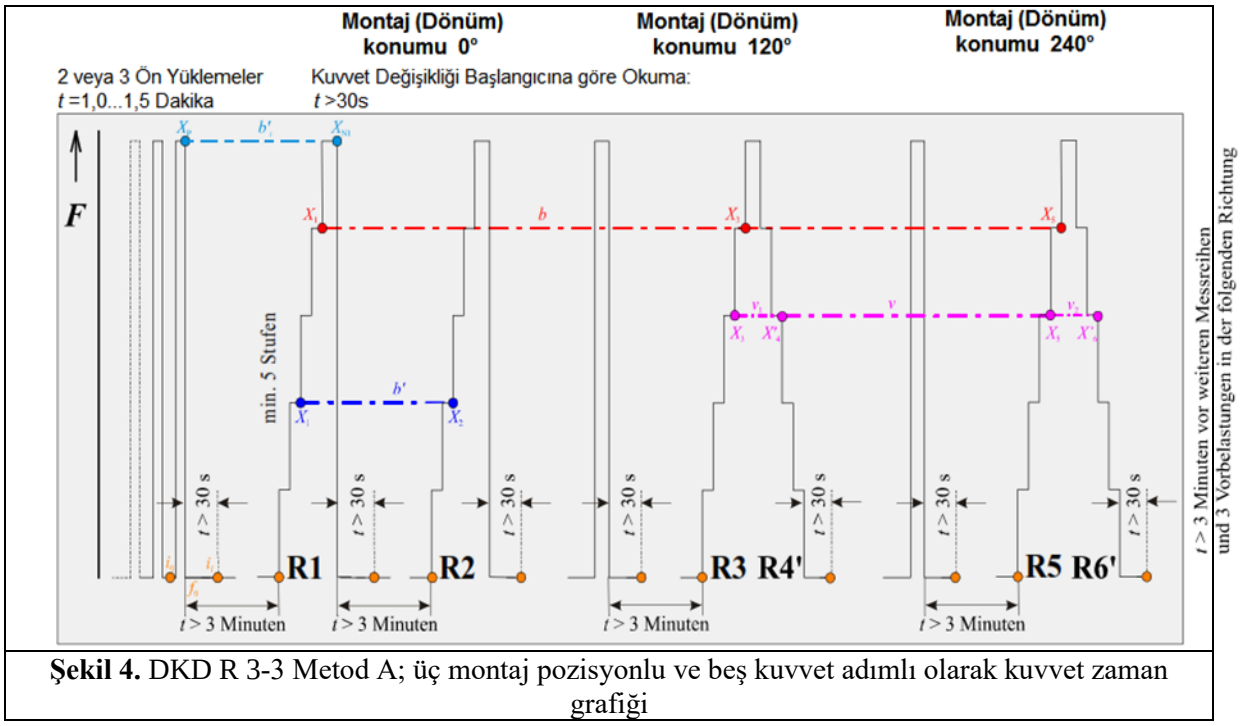


Şekil 3. Kuvvet ölçüm büyüklüğünün sanayiye yaygınlaştırılması posteri

El sıkma kuvvet ölçüm cihazının kalibrasyonu için DKD R 3-3(2018) dokümanı referans alınmıştır. Bu dokümanın metod A göre kalibrasyon işlemi aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir[3-4]. Metod A yönteminde kalibre edilecek cihaz kalibrasyon sistemine bağlandıktan sonra 0º montaj konumunda, 3 adet ön yükleme yapılır ve ön yükleme maksimum kuvvet noktasında en az 1 dakika beklenir. Her ön yüklemeden önce sistem yüksüz iken cihaz sıfır değeri kaydedilir ve ön yükleme yapıldıktan sonra en az 30 saniye beklenerek tekrar sıfır değeri kaydedilir. Yük boşaltıldıktan sonra çevrime başlamadan önce sistem yüksüz halde iken en az 3 dakika beklenir. Cihaz sıfırlandıktan sonra artan yönde sıfır hariç en az 5 kuvvet adımında ölçümler gerçekleştirilir.

Her bir kuvvet adımında istenilen kuvvet değerine ulaşıldıktan sonra en az 30 saniye beklenerek ya da ölçüm sistemi kararlı olduktan sonra gösterge değeri okunur ve maksimum kuvvet noktasındaki okuma işlemi tamamlanarak sistemdeki yük boşaltılır. En az 30 saniye beklenerek ölçüm sonu sıfır değeri kaydedilir. İkinci artan yönde seriye başlamadan önce en az 3 dakika beklenir ve ilk ölçüm serisindeki aynı işlemler gerçekleştirilir. Üçüncü seri ölçümlere başlamadan önce kalibre edilecek cihaz 120º

çevrilerek 1 kez maksimum kapasitede ön yükleme yapılır ve yük boşaltılır. En az 3 dakikalık bekleme süresinden sonra önceki serilerdeki kuvvet noktalarında artan yönlü yükleme işlemleri (3ncü seri) gerçekleştirilir. 3ncü serinin maksimum noktasında en az 30 saniye beklendikten sonra gösterge değeri kaydedilir ve aynı kuvvet noktalarında azalan yönde 4ncü serinin ölçümleri gerçekleştirilir. Çevrim sonunda yük boşaltılır ve en az 30 saniye sonra ölçüm sonu sıfır değeri kaydedilir. 5nci (artan yönde) ve 6ncı (azalan yönde) serilere başlamadan önce kalibre edilecek cihaz 240° konumuna getirilir. 1 kez ön yükleme yapıldıktan sonra en az 3 dakika beklenerek 3ncü ve 4ncü serilerdeki işlemler tekrarlanarak kalibrasyon tamamlanır.



Şekil 4. DKD R 3-3 Metod A; üç montaj pozisyonlu ve beş kuvvet adımlı olarak kuvvet zaman grafiği

Kuvvet ölçme cihazlarının DKD R 3-3 dokümanına göre kalibrasyonu kapsamındaki belirsizlik hesaplaması tanımlanmıştır. Belirsizlik model fonksiyonu ve tüm belirsizlik parametreleri tanımlanmıştır. Bu dokümanda tanımlanan birleşik belirsizlik formülü aşağıdaki şekildedir.

$$u(\Delta F) = \sqrt{u^2_{sind}(\Delta F) + u^2_{sind,0}(\Delta F) + u^2_{bmc}(\Delta F) + u^2_t(\Delta F) + u^2_{zer}(\Delta F) + u^2_{rep}(\Delta F) + u^2_{rot}(\Delta F) + u^2_{rev}(\Delta F)}$$

olarak bulunur. Genişletilmiş belirsizlik değeri ise:

$U(\Delta F) = k \cdot u(\Delta F)$

ile hesaplanır. Bu formüllerde kullanılan ifadeler ise aşağıdadır.

$u^2(F_{ind})$ $= u^2\left(F_{ind,0}\right)$: Çözünürlük bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

$u^2(F_{bmc})$: Referans kalibrasyon kuvvetinin bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

$u^2(\delta F_T)$: Enterpolasyon bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

$u^2(\delta F_{zer})$: Sıfır değeri kayma bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

$u^2\left(\delta F_{rep}\right)$: Tekrarlanabilirlik bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

$u^2(\delta F_{rot})$: Tekrar üretilebilirlik bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

$u^2(\delta F_{rev})$: Tersinebilirlik bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

k : Kapsam faktörü (k=2, % 95 güvenilirlik seviyesi için kapsam faktörü k=2,0 alınır)

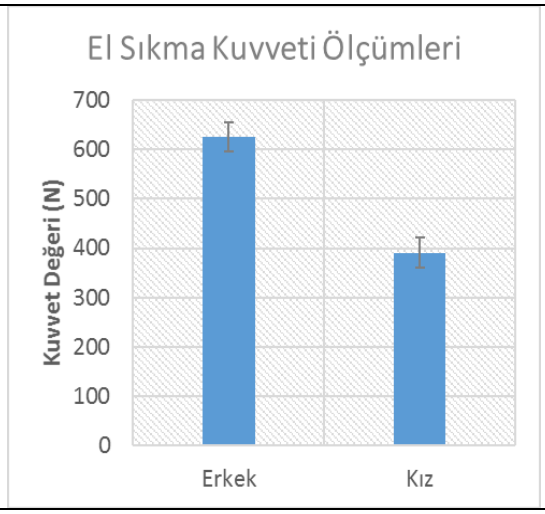
4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

El sıkma kuvveti ölçüm cihazı kullanıma alınmadan önce kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon sonucunda 50 N - 1000 N ölçüm aralığı için U = ± % 1,17 olarak el sıkma kuvveti ölçme cihazının ölçüm belirsizliği değeri bulunmuştur. Bu değerle el sıkma kuvveti ölçüm cihazında yapılacak ölçümlerde ölçüm kalitesinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Literatürde de verildiği gibi ölçüm

belirsizliği değeri ölçümlerin kalitesini gösteren bir parametredir. El sıkma kuvveti ölçüm sisteminin bulunduğu TÜBİTAK UME ölçüm parkında rastgele gelen kişilerde el sıkma kuvveti ölçümü yaptırılmıştır. Tablo 1 de ölçüm sonuçları ve standart sapma değerleri verilmiştir. Erkek ve kız ölçüm yapanların grafiksel gösterimleri de şekil 5 te gösterilmiştir.

Tablo 1. El sıkma kuvveti ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Kişi Sayısı	Minimum ölçüm değeri	Maksimum ölçüm değeri	Ortalama ölçüm değeri	Sonuçlardaki standart sapma
		N	N	N	N
Erkek	89	66,53	1103,07	624,95	226,2
Kız	58	110,06	732,09	390,83	143,6



Şekil 5. El sıkma ölçüm kuvveti değerlerinin kıyaslaması

Tablo 1'deki sonuçlar incelendiğinde erkek ölçüm yapanların kızlara göre ortalama ölçüm değerleri açısından % 59,9 daha fazla kuvvet uyguladıkları görülmüştür. Bu alanda yapılan farklı çalışmalar incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalarda da ölçüm yapan erkeklerin kızlara daha fazla kuvvet uyguladıkları görülmüştür[7-10]. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda sağ el ve sol el olarak gruplandırma yapıldığı görülmüştür. Gelecek çalışmalarda benzer gruplandırmanın yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

5. SONUÇLAR

Hassas bir şekilde ölçüm yapması büyük önem arz eden cihazların, doğru ölçüm yapıp yapmadıkları, verdikleri sonuçların büyük önem arz etmektedir. Özellikle medikal, tıp ve biyoloji alanındaki analizlerde elde edilen sonuçlarının hayati değere sahip sonuçlar vermesi, bu sistemlerin kalibrasyonuna olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Tıp alanında kuvvet ölçümü ve kontrolü yapan bu tip sistem ve sensörlerin yaptıkları ölçümlerin doğruluğu ve ölçüm belirsizliğinin hangi seviyede olduğunu belirleyen kalibrasyon sistemi ülkemizde bulunmaktadır. Bu çalışma ile el sıkma kuvvetinin tasarım bilgileri ve belirsizlik hesaplaması ifade edilmiştir. Bu sayede, yeni yapılacak plan ve projelerde kuvvet sistemlerinin ölçüm ve kalibrasyonlarının yapılması gerekliliği vurgulanmak istenmiştir. Bu çalışma ile yeni yapılacak ölçüm sistemleri için bir rehber olması amacıyla hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Aydemir B., 2021, Kuvvet Kalibrasyon Rehberi, TÜBİTAK UME, Eylül 2021
[2] Aydemir, B., Dizdar, H., Vatan,C., 2017, "Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı", TÜBİTAK UME Gebze-Kocaeli, Mayıs 2017
[3] DKD-R 3-3, 2018, Kalibrierung von Kraftmessgeräten, Dakks
[4] ISO 7500-1, 2018, Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

[5] Stefanescu, D. M. 2011, Handbook of Force Transducers, Berlin: Springer-Verlag.
[6] Stefanescu D. M., Anghel M. A., 2013, "Electrical methods for force measurement – A brief survey", Measurement 46, 949–959
[7] Nicola M Massy-Westropp, Tiffany K Gill, Anne W Taylor, Richard W Bohannon, Catherine L Hill, 2011, Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study, Massy-Westropp et al. BMC Research Notes 2011, 4:127
[8] Selnur Narin, ilkşan Demirbüken, Seher Özyürek, Umut Eraslan, 2009, Dominant El Kavrama Ve Parmak Kavrama Kuvvetinin Önkol Antropometrik Ölçümlerle ilişkisi, DEÜ Tıp fakültesi dergisi Cilt 23, Sayı 2, Mayıs 2009, S: 81 – 85
[9] Pınar Kılıç, Gülden Pekcan, 2012, Yetişkin Bireylerde El Kavrama Gücü Referans Değerleri, Beslenme ve Diyet Dergisi 2012;40(1):32-42
[10] Aydemir, B., Özgen, D., Durgut, Y., Küçük, O., Özal, A.S., Tosun, İ., (2016), "Dinamik Ölçümlerde Sensör Uygulamaları", IMSEC 2016, p. 1046-1054.

OTOMOBİLLERDEKİ ANDROID TEMELLİ MULTİMEDYA CİHAZLARININ GÜVENLİK ZAFİYETLERİ

Nasrullah KANCURA
Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği Anabilim Dalı, Siber Güvenlik Programı
nasrullah.kancura1@ogr.sakarya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4745-1357

Murat İSKEFİYELİ
Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
miskef@sakarya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8210-5070

Özet
Günümüz otomobillerinde araç içi multimedya sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Üreticiler araç içi multimedya sistemlerinde android işletim sistemini çokça tercih etmektedirler. Android işletim sisteminde bulunan zafiyetler güncellemeler ile azaltılsa da halen devam etmektedir. Bu sistemler bluetooth, wi-fi, 5G, usb gibi birçok kablolu ve kablosuz bağlantı seçeneği de sunmaktadır. Ancak sunulan bu bağlantı seçenekleri beraberinde birçok güvenlik zafiyeti getirmektedir. Bu zafiyetler android işletim sisteminin zafiyetleri ile birleştiğinde otomobil kullanıcılarını ciddi riskler beklemektedir. Bu çalışmada söz konusu android temelli araç içi multimedya sistemlerindeki güvenlik zafiyetlerinin tespiti amacıyla otomobil içerisindeki multimedya cihazı üzerinde sızma testleri yapılmıştır. Sızma testleri Linux çekirdeğine sahip Debian tabanlı Kali işletim sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sisteme kablosuz ağ üzerinden sızma işlemi gerçekleştirilerek zafiyetlerin nasıl tespit ve istismar edilebildiği somut bir araç üzerinde gerçeklenmiştir. Elde edilen sonuçlar detaylarıyla sunulmuştur. Ayrıca bu tür siber saldırılara karşı çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Android, otomobil, multimedya, sızma testi, Kali Linux, Metasploit

SECURITY VULNERABILITIES OF ANDROID-BASED MULTIMEDIA DEVICES IN CARS

Abstract
In-car multimedia systems have been widely used in today's cars. Manufacturers prefer the android operating system in in-car multimedia systems. Although the vulnerabilities in the Android operating system are reduced with updates, they continue. These systems also offer many wired and wireless connection options such as bluetooth, wi-fi, 5G, usb. However, these offered connection options bring many security vulnerabilities. When these vulnerabilities are combined with the vulnerabilities of the android operating system, serious risks await car users. In this study, penetration tests were carried out on the multimedia device in the car in order to detect the security vulnerabilities in the said android-based in-car multimedia systems. Penetration tests were carried out using the Debian-based Kali operating system with a Linux kernel. How vulnerabilities can be detected and exploited by infiltrating the system over the wireless network has been implemented on a reel car. Obtained results are presented in detail. In addition, solutions have been proposed against such cyber-attacks.

Keywords: Android, automobile, multimedia, penetration testing, Kali Linux, Metasploit

1. GİRİŞ

Otomobillerin siber güvenliği insanoğlunun şu ana kadar karşılaştığı en önemli güvenlik sorunlarından biridir. Günümüz otomobilleri taşıdıkları elektronik bileşenler ve yazılımlarla hareketli ve ağır birer bilgisayar gibi düşünülebilir. Ancak ne var ki bu hareketli bilgisayarlar insan canı taşıdığı için potansiyel güvenlik açıkları ciddi birer tehdittir. Modern otomobiller doğrudan ya da dolaylı olarak internet bağlantılı cihazlar içermektedirler. Bu cihazlardan birinin yetkilerinin ele geçirilmesi durumunda araç dışardan gelecek tehditlere karşı savunmasız kalmaktadır.[1] Bu modern otomobillerde dokunmatik ekranlı multimedya cihazları gitgide daha çok talep görmektedir. Bu cihazlar müzik çalma, telefon araması yapma, mesaj gönderme ve GPS navigasyonu gibi özelliklere sahip olması bu talebin en önemli nedenlerindendir. Bu cihazlarda kullanılan Anroid Auto platformu 3. parti uygulamaların bu cihazlarda

kullanılmasına imkân tanımıştır. Birçok otomobilde Android Auto dışında Apple CarPlay desteği de bulunmaktadır.[2]

Bu çalışmada Android temelli araç içi multimedya cihazlarındaki güvenlik zafiyetlerinin tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçla somut bir otomobildeki multimedya cihazı üzerinde sızma testleri yapılmıştır. Sızma testleri Linux çekirdeğine sahip Debian tabanlı Kali işletim sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [3].

2. MATERYAL VE METOD

Araç içerisindeki multimedya cihazlarının internete bağlanabilmesi için en çok tercih edilen yöntem akıllı telefonlar üzerinden bir hot spot ağı oluşturulmasıdır. Cihaza kablosuz ağ üzerinde sızabilmek için öncelikle bu ağın bir ikizi oluşturulmuştur. Bir ağın ikiz olabilmesi için aynı ESSID (Extended Service Set Identifier - Genişletilmiş Hizmet Takımı Tanımlayıcısı) yani erişim noktası adı ve BSSID (Basic Service Set Identifier - Temel Hizmet Takımı Tanımlayıcısı) yani erişim noktasının Mac adresi aynı olmalıdır[4].

Cihazın gerçek ağ ile bağlantısının kesilebilmesi için Deauthentication yani ağdan düşürme saldırıları düzenlenmiştir. Bu saldırı bir çeşit DOS (Denial of Service) olarak düşünülebilir. Bu saldırıda erişim noktasına (Acces Point) bağlı olan cihazlara Deauthentication Frame yani ağ bağlantısının sonlanmasını sağlayan paketler gönderilir. Normalde bu paketler sadece erişim noktası ya da istemci bağlantıyı sonlandırmak istediği zaman kullanılsa da bu paketler kopyalanarak ve tekrarlanarak bu tür saldırılarda kullanılmaktadır.[5]

Cihaz ağdan düştükten sonra aynı ESSID ve BSSID ye sahip ikiz ağa bağlanana kadar bu saldırı devam etmiştir. Cihaz ikiz ağa bağlandıktan sonra captive portal yani kısıtlama portalı ile daha önce hazırlanan sahte bir web sayfasına yönlendirilir. Captive portal cihaza internet çıkışı vermeden önce cihazı belirli bir web sayfasına girmeye mecbur bırakır. [6]. Kullanıcı bu özel web sayfasından istenen verileri girene kadar internete giremez [6].

Kullanıcı bu sahte web sayfasına girdiğinde kendisinden wi-fi şifresini talep eden bir sayfa ile karşılaşır. Kullanıcı bu şifreyi web sayfasına girene kadar internete giremediği için şifreyi girmek durumunda kalır. Kullanıcı şifreyi girdiğinde wifiphisher açık kaynak kodlu yazılımı ile şifre yakalanır. Deauthentication yani ağdan düşürme saldırıları, ikiz ağ ve captive portal oluşturulurken açık kaynak kodlu wifiphisher yazılımından faydalanılmıştır [7].

Wifiphisher, Man in the Middle (ortadaki adam) saldırılarında ve Evil Twin (Şeytani İkiz) saldırılarında kullanılan otomatikleştirilmiş bir sosyal mühendislik saldırı aracıdır. Bu saldırı aracı erişim noktasına bağlı cihazları ağdan düşürmek için deauthentication frameleri gönderir, erişim noktasının kopyasını çıkarır ve aynı zamanda bir NAT/DHCP sunucu kurarak hedef cihazın ikiz ağa bağlanmasını sağlar.[8] Kullanıcının wi-fi şifresini elde ettikten sonra multimedya cihazına gönderilecek zararlı yazılım oluşturulur. Bunun için Kali İşletim Sistemi üzerinde mevcut bulunan Metasploit platformu kullanılmıştır [9]. Metasploit, Ruby yazılım dili ile geliştirilmiş açık kaynak koldu bir sızma test aracıdır [10].

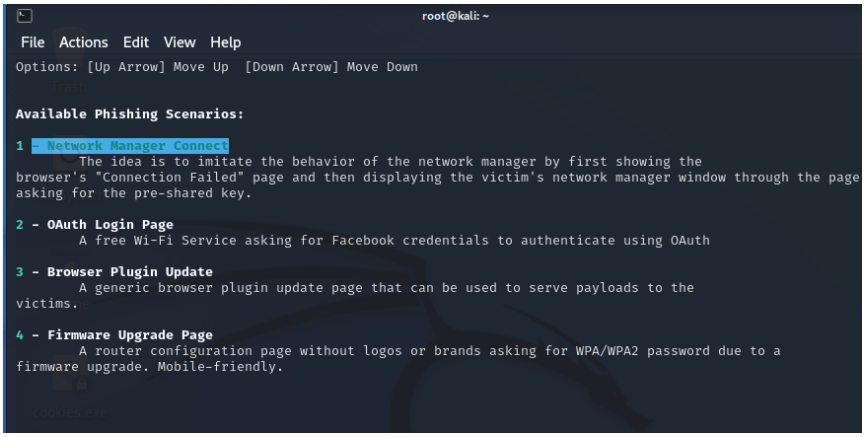
Metasploit Rapid7 LLC tarafından geliştirilmiş olup kullanıcının exploitleri çalıştırabileceği ve üzerinde birçok ağ tespit ve saldırı modülleri barındıran gelişmiş bir platformdur. Exploit hackerların hedef sisteme girmek ve buradaki zafiyetlerden istifade etmek için kullanılan programdır. Exploitler payloadların hedef sisteme iletilmesini sağlarlar.[10] Payload ise exploit çalıştırıldıktan sonra hedef sistemin belleğine yerleşerek sisteme sızmaya, geriye dönük bağlantının oluşturulması ve mikrofon açma, ekran görüntüsü alma gibi istenen işleri yapmayı sağlayan bileşenlerdir [10] [11][12].

Zararlı yazılım Metasploit üzerindeki Msfvenom modülü ile oluşturulmuştur [13]. Msfvenom Msfpayload ve Msfencode araçlarının yaptığı işleri tek başına ve daha hızlı yapabilen ve bu araçların birleştirilmiş halidir [14]. MSfvenom ile herhangi bir uygulama ya da zararlı yazılıma payload yüklenerek kullanıcıya gönderilir ve kullanıcın bunu çalıştırması beklenir [15]. Burada Msfvenom hedef

cihazdan reverse (geri) bağlantı alınmasını ve cihaza sızmayı sağlar [16]. Oluşturulan bu zararlı yazılım önemli bir güncelleme dosyası şeklinde Wifiphisher yazılımı ile captive portal aracılığıyla kullanıcıya iletilmiştir. Kullanıcı zararlı yazılımı kurup çalıştırdığında Metasploit platformundaki Multi-Handler modülü ile cihaza başarılı bir şekilde sızılmıştır. Multi-Handler, hedef cihazdan saldırıyı yapan cihaza gelen bağlantıları yakalamak için kullanılan istismar modülüdür [17].

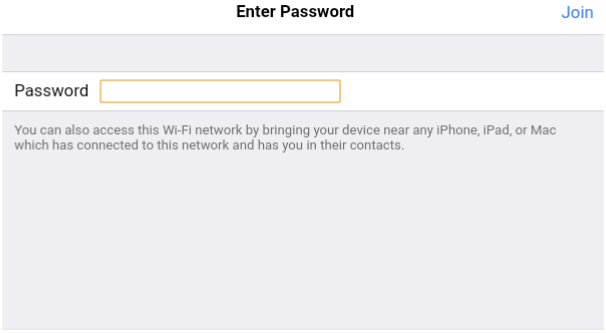
2.1. Kullanıcının Wi-Fi Şifresinin Elde Edilmesi

Açık kaynak kodlu Wifiphisher yazılımı kullanılarak kablosuz ağın ikizi oluşturulurken captive portal üzerinden yapılacak phishing (oltalama) saldırısı için senaryo Şekil 1'de gösterildiği gibi seçilmiştir.



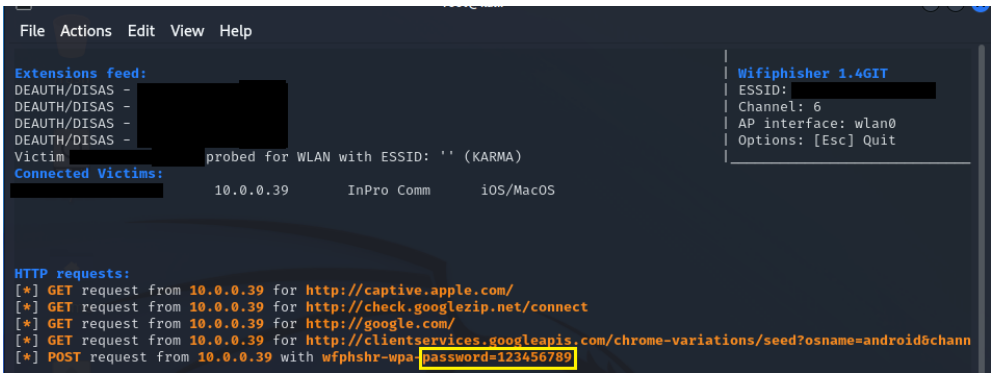
Şekil 1. Oltalama saldırısı senaryoları

Cihaz deauthentication saldırıları ile bağlı olduğu ağdan düşürülerek ikiz ağa bağlanması sağlanmıştır. Cihaz ikiz ağa bağlandığında seçilen bu senaryo ile Şekil 2'de gösterildiği gibi captive portal üzerinden sahte bir web sayfasına yönlendirilerek kullanıcının wi-fi şifresi girmesi beklenmiştir.



Şekil 2. Sahte web sayfası

Kullanıcı wi-fi şifresini sahte web sayfasına girdiğinde Şekil 3'te gösterildiği gibi şifre yakalanmaktadır.



Şekil 3. Yakalanan wi-fi şifresi

2.2. Zararlı Yazılımın Oluşturulması

Captive portal üzerinden sahte web sayfası ile gönderilecek zararlı yazılım Metasploit platformu üzerindeki Msfvenom modülü kullanılarak Şekil 4'te gösterildiği şekilde oluşturulmuştur. Zararlı yazılım kullanıcıya bir güncelleme dosyası gibi gönderileceğinden bu yazılım "update" adıyla oluşturulmuştur.



Şekil 4. Zararlı yazılımın oluşturulması

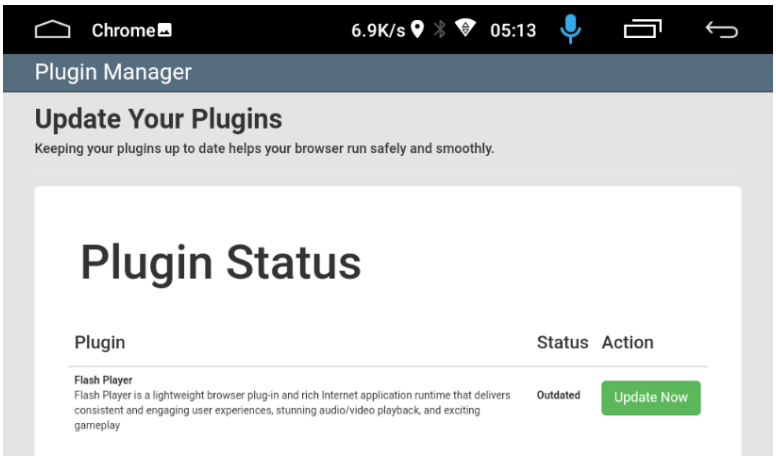
2.3. Zararlı Yazılımın Multimedya Cihazına Gönderilmesi

Cihaz deauthentication saldırıları ile bağlı olduğu ağdan düşürülerek ikiz ağa bağlanması sağlanmıştır. Cihaz ikiz ağa bağlandığında captive portal üzerinden Şekil 5'te gösterildiği gibi zararlı yazılım kullanıcıya gönderilmiştir.



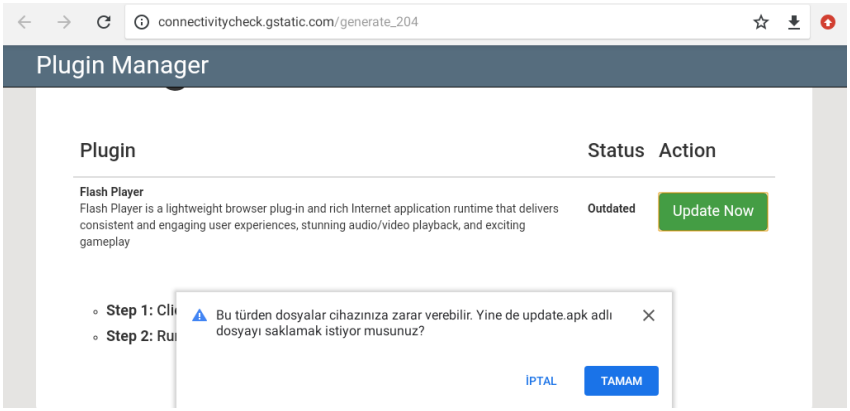
Şekil 5. Zararlı yazılımın gönderilmesi

Bu zararlı yazılım captive portal aracılığıyla Şekil 6'da görüleceği şekilde sahte bir güncelleme sayfası şeklinde kullanıcının indirmesi sağlanmaktadır.



Şekil 6. Sahte güncelleme sayfası

Kullanıcı güncelleme zannettiği zararlı yazılımı indirmeye çalıştığında Android işletim sistemi tarafından Şekil 7'de görüldüğü şekilde uyarılmıştır.



Şekil 7. Sistem uyarısı

2.4. Multimedya Cihazına Bağlanma

Kullanıcı güncelleme sandığı zararlı yazılımı kurduğunda Metasploit projesindeki multi-handler modülü ile multimedya cihazına Şekil 8'de gösterildiği şekilde bağlanılmıştır. Burada sysinfo komutu ile multimedya cihazında kurulu olan işletim sistemi versiyonu ve Linux çekirdek versiyonu tespit edilmiştir.

```
msf6 exploit(multi/handler) > run

[*] Started reverse TCP handler on 192.168.57.78:6996
[*] Sending stage (77780 bytes) to 192.168.57.117
[*] Meterpreter session 1 opened (192.168.57.78:6996 → 192.168.57.117:52427 ) at 2022-05-21 07:49:49 -0400

meterpreter > ls -la
Listing: /data/user/0/com.metasploit.stage/files
═══════════════════════════════════════════════

Mode              Size  Type  Last modified              Name
────              ────  ────  ─────────────              ────
040776/rwxrwxrw-  4096  dir   2022-05-21 07:49:46 -0400  oat

meterpreter > pwd
/data/user/0/com.metasploit.stage/files
meterpreter > sysinfo
Computer    : localhost
OS          : Android 8.1.0 - Linux 3.18.79+ (armv7l)
Meterpreter : dalvik/android
```

Şekil 8. Multimedya cihazına bağlanma

2.5. Kullanıcının Sesini Kaydetme

Araç içerisindeki multimedya cihazına bağlandıktan sonra araç içerisindeki tüm konuşma ve sesler Şekil 9'da gösterildiği şekilde bir süre kaydedilmiş ve daha sonra dinlenilmiştir.

```
meterpreter > record_mic -d 10 -p
[*] Starting...
[*] Stopped
Audio saved to: /home/kali/oLJKkmYF.wav
```

Şekil 9. Kullanıcının sesini kaydetme

2.6. Kullanıcıya Mesaj Gönderme

Araç içerindeki kullanıcıya mesaj gönderebilmek için öncelikle mesaj uygulaması aracın multimedya cihazına Şekil 10'da gösterildiği şekilde gönderilmiş ve kurulum işlemi Sekil 11'deki gibi başlatılmıştır. Bu Bu sayede multimedya cihazında paket yükleyici açılmıştır. Kullanıcı istenen izinlere onay verdikten ve yüklemeyi kabul ettikten sonra uygulama başarılı bir şekilde cihaza kurulmuştur.

```
meterpreter > upload /Messages.apk /sdcard/
[*] uploading  : /Messages.apk → /sdcard/
[*] uploaded   : /Messages.apk → /sdcard//Messages.apk
```

Şekil 10. Dosya gönderme

```
meterpreter > app_install /sdcard/ Messages.apk
[+] Request Done.
meterpreter >
```

Şekil 11. Uygulama yükleme

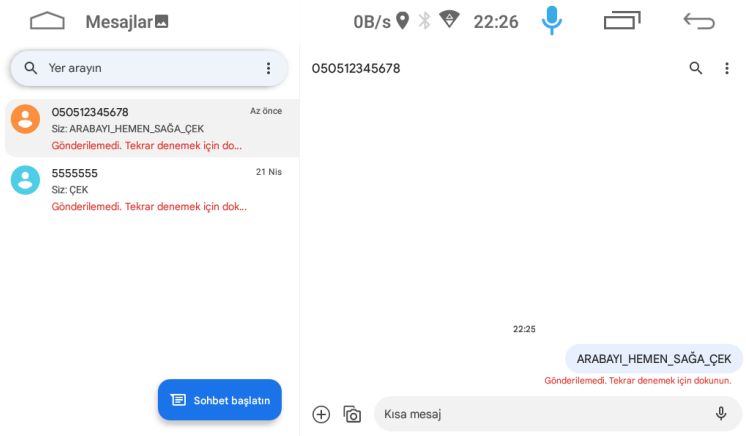
Mesaj uygulaması cihaza kurulduktan sonra Şekil 12'de gösterildiği şekilde çalıştırılmış ve araç kullanıcısına mesaj gönderilmiştir.

```
meterpreter > app_run com.google.android.apps.messaging
[+] Main Activty for 'com.google.android.apps.messaging' has started.

meterpreter > send_sms -d 050512345678 -t ARABAYI_HEMEN_SAĞA_ÇEK
[-] SMS send failed - No service
```

Şekil 12. Mesaj gönderme

Şekil 12'de bir hata mesajı görülmüş olsa da Şekil 13'de görüleceği üzere mesaj kullanıcıya başarılı bir şekilde iletilmiştir.



Şekil 13. Gelen mesajlar

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada otomobil içerisindeki multimedya cihazına başarılı bir şekilde sızılarak, kullanıcı verilerine ulaşılmış, kullanıcının haberi olmadan cihaza dosya gönderilmiş, araç içerisindeki sesler kaydedilmiş, daha da ileri gidilerek kullanıcı ile mesaj yoluyla iletişime geçilerek kullanıcı için ciddi bir tehdit oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanıcının standart bir kullanıcı olduğu ve internete bağlanabilmek için istenen tüm izinlere onay verdiği ve uygulamaları yüklediği kabul edilmiştir. Bu tür siber saldırılardan korunmak için işletim sistemi tarafından belirtilen uyarılar dikkate alınmalı ve sistemin tüm izinlerini isteyen şüpheli uygulamalar kurulmamalıdır. Özellikle otomobillerdeki multimedya cihazlarında web sayfası üzerinden şifre girmekten kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

1.Mazloom, S., Rezaeirad, M., Hunter, A., McCoy, D., A Security Analysis of an In Vehicle Infotainment and App Platform, 1
2.Palm, A., Gafvelin, B., (2021), Ethical Hacking of Android Auto in the Context of Road Safety, 1,3
3.https://www.kali.org/docs/introduction/download-official-kali-linux-images/ (Erişim:22.05.2022)
4. http://support.elmark.com.pl/rgd/drivery/s15s/wlan/intel/xp_vista/XP/Docs/TRK/wlanover.htm#manage (Erişim:22.05.2022)
5.https://anilcelik.medium.com/tr-wi-fi-deauthentication-attacks-prevention-f0d550feff16 (Erişim:22.05.2022)
6.https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/captive-portal-(k%C4%B1s%C4%B1tlama-portal%C4%B1) (Erişim:23.05.2022)
7. https://github.com/wifiphisher/wifiphisher (Erişim:22.05.2022)
8. https://www.trazer.org/2017/04/kali-linux-wifiphisher.html (Erişim:23.05.2022)
9. https://www.kali.org/tools/metasploit-framework/ (Erişim:22.05.2022)
10.https://www.beyaz.net/tr/guvenlik/makaleler/sizma_testlerinde_metasploit_kullanimi.html (Erişim:23.05.2022)
11. Kolli, Y., Mohd, T.K., Javaid, A.Y., (2018), Remote Desktop Backdoor Implementation with Reverse TCP Payload using Open Source Tools for Instructional Use, *IEEE*, 250
12.https://www.siberguvenlik.web.tr/index.php/2019/09/16/metasploit-framework-nedir-nasil-kullanilir/ (Erişim:23.05.2022)
13.https://www.hackers-arise.com/post/2018/07/06/Metasploit-Basics-Part-13-Exploiting-Android-Mobile-Devices (Erişim:22.05.2022)
14.https://www.offensive-security.com/metasploit-unleashed/msfvenom/ (Erişim:23.05.2022)
15.https://www.hackers-arise.com/post/2017/07/31/metasploit-basics-part-9-using-msfvenom-to-create-custom-payloads c
16. https://www.kursatoguzhanakinci.com/2015/07/msfvenom-kullanm-detayl.html (Erişim:23.05.2022)
17.https://www.siberportal.org/red-team/penetration-testing/handling-connections-with-msf-multi-handler-exploit-module/ (Erişim:23.05.2022)

MEKANİK KARIŞTIRMA YÖNTEMİ İLE HİDROKSİAPATİT NANO KÖPÜK ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Mustafa Burak Telli
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
mustafa.telli@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8302-9615

Tuğkan Kutlu
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
tugkankutlu35@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4712-4011

Arzu Altınpınar
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
arzufizik@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-7620-2299

Özet
Mikroemülsiyon tekniği ile sentezlenmiş hidroksiapatit (HAp) nano tozlarının mekanik karıştırma yöntemi ile nano köpük üretimi gerçekleştirilmiştir. Mikroemülsiyon içerisinde bulunan Sodyum Dodesil Sülfat (SDS) köpürtücü ajan olarak da görev yapmaktadır. Oluşan köpük yapısını stabilize etmek için solüsyonlara köpük stabilizatörleri: polivinil alkol (PVA), yumurta akı proteini ve şeker ilave edilmiştir. Deneyler, ikili köpürtme ve stabilizasyon sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 75 ml su ve 0.5 g SDS içeriği sabitken, kullanılan PVA içeriği 0.5-2.5 gram, kullanılan şeker içeriği 10-30 gram ve kullanılan yumurta akı proteini içeriği 0.1-0.9 gram aralığındadır. Köpürtme işlemi, manyetik bir karıştırıcıda 1600 rpm dönme hızında 15 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ışık mikroskobu incelemeleri için iki cam slayt üzerine alınmıştır. Slaytaki köpüklerden biri 80 °C'de hızlı kurutulmuş diğeri ise sıvı köpük olarak ışık mikroskobunun karanlık alan görüntüleme modu ile incelenmiştir. Oluşan solüsyonların viskozite değerleri SDS+Şeker solüsyonları için 2.32-5.59 cP, SDS+PVA solüsyonları için 1.82-4.89 cP ve SDS+Yumurta akı proteini solüsyonları için 1.20-1.76 cP aralığındadır. Oluşan sıvı köpük viskoziteleri, SDS+Şeker solüsyonları için 59.7-100 cP, SDS+PVA solüsyonları için 21.2-82.6 cP ve SDS+Yumurta akı proteini solüsyonları için 24.0-33.0 cP aralığındadır. SDS+10 gram şeker ikili sisteminin en stabil sıvı köpüğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, bu kombinasyon, nano köpük oluşumları için HAp nano tozları içeren süspansiyon ile birlikte denenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroksiapatit, Mekanik karıştırma, Nano partikül, Nano köpük, Şeker, PVA, Yumurta akı protein.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE NANO FOAM BY MECHANICAL MIXING METHOD

Abstract
Nano foam production was carried out by mechanical mixing method of hydroxyapatite (HAp) nano powders synthesized by microemulsion technique. Sodium Dodecyl Sulphate (SDS) used in microemulsion formation also acted as a foaming agent. To stabilize the formed foam structure, foam stabilizers: polyvinyl alcohol (PVA), egg white protein and sugar were added to solutions. Experiments were carried out by employing binary foaming and stabilizing systems. Experiments were performed while 75 ml water and 0.5 g SDS content constant, used PVA content was in the range of 0.5-2.5 grams, used sugar content was in the range of 10-30 grams and used egg white protein content was in the range of 0.1-0.9 grams. Foaming was carried out in a magnetic stirrer at a rotational speed of 1600 rpm for 15 minutes. Then, they were taken onto two glass slides for light microscope investigations. One of the two foams taken quickly and dried at 80 °C and the other was examined as wet foam with dark field imaging mode of light microscope. The viscosity values of the formed solutions were 2.32-5.59 cP for SDS+Sugar solutions, 1.82-4.89 cP for SDS+PVA solutions and 1.20-1.76 cP for SDS+Egg white protein solutions. As formed wet foam viscosities were 59.7-100 cP for SDS+Sugar solutions, 21.2-82.6 cP for SDS+PVA solutions and 24.0-33.0 cP for SDS+Egg white protein solutions. It was observed that

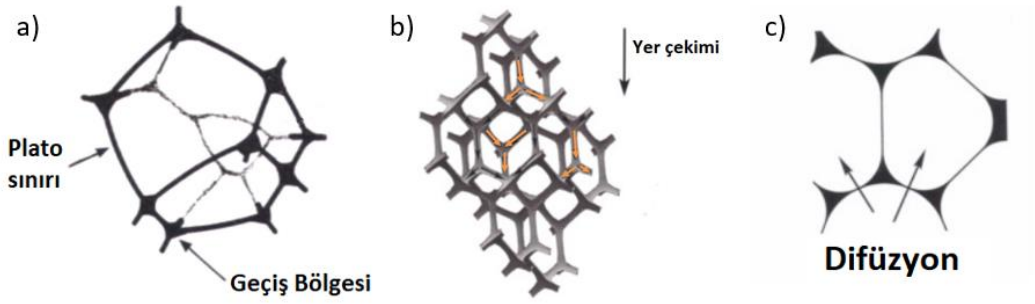
the binary system of SDS+10 grams of sugar had most stable wet foam. Therefore, this combination was investigated further together with suspension containing HAp nanopowders for nano foam formations.

Keywords: Hydroxyapatite, Mechanical mixing, Nano particle, Nano foam, Sugar, PVA, Egg white protein.

1. GİRİŞ

Hidroksiapatit (HAp) [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$], biyoseramiklerin alt grubu olan kalsiyum fosfat seramiklerinin üyesidir [1]. Kalsiyum fosfat seramikleri Kalsiyum(Ca)/Fosfor(P) molar oranına göre sınıflandırılır [2]. Hidroksiapatit'in Ca/P molar oranı 1.67'dir. Bu molar oran iskelet sistemindeki kemiklerin Ca/P oranına oldukça benzerdir. HAp yüksek biyouyumluluğa sahiptir ve bu sayede vücuttaki canlı dokularla hızlı kimyasal bağ kurabilir. Yüksek biyouyumluluğu, biyomedikal alanda geniş yelpazede kullanım alanları sağlamıştır. Başlıca kullanım alanları; protez uygulamaları, ilaç salınımları, kırık veya çatlak kemik onarımı, metal bazlı biyomalzemelerin kaplanması ve diş implantlarıdır [3,4].

Seramik köpük malzemeler, hava kabarcıklarının, sıvı veya katı (genelde süspansiyonlar) ürünler içerisinde tutularak oluşturulur. Köpük yapısında hava kabarcıklarının hacim oranı katı ürünlere nazaran fazladır [3,5]. Seramik köpüklerin yapısı iki grupta incelenir. Bunlar sıvı köpük ve kuru köpüktür. Kuru köpük yapısını anlamak için sıvı köpük yapısının incelenmesi gereklidir [5,6]. Sıvı köpükler, oluşan ilk köpük yapıdır. Sıvı köpüğün şematik gösterimi Şekil 1(a)'da gösterilmiştir [3]. Sıvı köpük oluşturulurken, hava kabarcıklarının arasında ince sıvı filmler oluşur. Sıvı filmlerin bir araya geldiği yerlere plato sınırları adı verilir. Plato sınırlarının bir köpük ağı oluşturmak için birleştiği yerlere geçiş bölgesi adı verilir [3,7]. Sıvı köpük yapıları termodinamik olarak kararsız yapılardır. Ayrıca köpük yapısını bozan iki faktör daha vardır bunlar drenaj ve kabalaşmadır (Ostwald Olgunlaşması). Drenaj, yer çekimi altında ince sıvı filmlerin plato sınırları ve geçiş bölgeleri boyunca süzülmesidir [8]. Drenaj Şekil 1(b)'de gösterilmiştir [3]. Sıvı filmin drenajı sırasında köpük yapısı üst bölgeler kuru ve kaba köpük alt bölgede ise sıvı ve küçük kabarcıklı köpük yapısı gözlemlenir. Drenaj hızlı olursa kabalaşmaya ve köpük yapısının bozunmasına neden olur. Kabalaşma Şekil 1(c)'de gösterilmiştir [3]. Kabalaşma yüksek yüzey gerilimi ve küçük hava kabarcıklarının yüksek gaz basınca sahip olması sonucunda gerçekleşir. Kabalaşmayı, hava kabarcıkları etrafında yer alan sıvı film önler. Ayrıca yüzey aktif madde, kabarcıkların etrafında sertleşebilen polimerik bağlayıcılar ve proteinler difüzyonu engellemek için kullanılır [9].



Şekil 1. Seramik sıvı köpüklerin şematik gösterimi, a) sıvı köpük yapısı, b) yer çekimi altında drenaj, c) hava kabarcıkları arasında gaz difüzyonu (kabalaşma) [3].

Katı köpük ise sıvı filmin köpük yapısından süzülmesi ile elde edilir. Kuru köpük yapısını elde ederken kurutma hızı ve süresi ve ortam şartları (sıcaklık, nem gibi) önemlidir. Kabalaşmayı engelleyecek hızda, sürede ve nem oranında kurutma yapılmadır. Kurutma işlemi sonrası köpük sinterlenir. Sinterleme işlemi, köpük oluşumunda kullanılan ürünleri kademeli bir şekilde uzaklaştırma üzerine kurgulanmalıdır. Kullanılan yüzey aktif madde, bağlayıcılar gibi ürünlerin yanma sıcaklığında belli sürelerde bekletilir ve köpüğün saflaşması sağlanır. Sonrasında kullanılan seramik toza göre belirli sıcaklık ve sürelerde sinterlemi işlemi gerçekleştirilir [8].

Seramik köpüklerin oluşturulmasında kullanılan yöntemlerden biri mekanik karıştırma yöntemidir. Bu yöntem ile seramik süspansiyona hava kabarcıklarını mekanik olarak dahil edilir. Hava kabarcıkları bir girdap (Buchner Funnel) oluşturularak dahil edilir [10]. Yöntem seramik süspasiyonun yüksek hızda karıştırılması sonucunda sıvı köpük oluşumu esasına dayanır. Süspansiyonda hem köpürtücü hem de sıvı köpüğü koruyabilen yüzey aktif madde varlığı önemlidir. Ayrıca süspansiyona köpüğü stabil hale getirebilecek köpük stabilizatörleri (proteinler, polimerik bağlayıcılar vb.) eklenebilir. Köpük formunu oluştururken ortam şartları (hava basıncı, nem, sıcaklık), karıştırma hızı ve süresine dikkat edilmedir [11].

2. MATERYAL VE METOD

Hidroksiapatit nano tozları mikroemülsiyon tekniği ile üretilmiştir. Kalsiyum kaynağı olarak suda çözünmüş kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) çözelti hazırlanmıştır. Fosfor kaynağı olarak ağırlıkça % 85 suda çözünmüş ortofosforik asit (H_3PO_4) kullanılmıştır. Yüzey aktif madde olarak Sodyum Dodesil Sülfat (SDS, $C_{12}H_{25}SO_4Na$) kullanılmıştır. Organik solvent olarak n-hekzan kullanılmıştır. Kalsiyum hidroksit çözeltisi ve 0.5 g SDS, 250 rpm dönme hızında dönerli buharlaştırıcıda (Heildoph Rotary Evaporator) karıştırılıp çözündürülmüştür. Dönme devam ederken n-hekzan eklenmiştir. Hekzandan sonra ise suda seyreltilmiş ortofosforik asit eklenip emülsiyon 6 saat boyunca karıştırılmıştır. 1 gün bekletildikten sonra hekzan dönerli buharlaştırıcıda buharlaştırılıp yoğuşturarak emülsiyondan ayrıştırılmıştır.

Köpük oluşumu için manyetik karıştırıcı (IKA RET Basic) kullanılmıştır. Köpük yapısını korumak (stabil etmek) için seçilen stabilizatörler; polivinil alkol (PVA), yumurta akı proteini ve şekerdir. HAp köpükteki etkisini anlamak için önce HAp'sız ikili deneyler yapılmıştır. 75 ml su+0.5 g SDS sabit tutularak 0.5 g, 1.5 g ve 2.5 g PVA ($(C_2H_4O)_n$, tamamen hidrolize, moleküler ağırlığı 15000) eklenerek ikili sistem oluşturulmuştur. PVA'yı suda çözme işlemi 300 rpm'de ve 60 °C'de gerçekleştirilmiştir. Diğer ikili sistem 75 ml su+0.5 g SDS sabit tutularak 10 g, 20 g ve 30 g şeker ($C_{12}H_{22}O_{11}$, sükroz) eklenerek hazırlanmıştır. Şekeri suda çözme işlemi 300 rpm'de ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Son ikili sistem ise 75 ml su+0.5 g SDS sabit tutularak 0.1 g, 0.5 g ve 0.9 g yumurta akı proteini (%10 yağ+karbonhidrat, %90 protein (%55 ovalbumin, %12 ovotransferrin, %11 ovamucoid, %22 diğer proteinler)) eklenerek hazırlanmıştır. Yumurta akı proteinini suda çözme işlemi 300 rpm'de ve oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. İkili sistemleri köpürtme işlemi 1600 rpm dönme hızı ve 15 dakika sürede gerçekleştirilmiştir. En uzun süre köpük yapısını koruyan 10 g şeker içeren sistem olmuştur. HAp+SDS süspansiyonuna 10 g şeker eklenmiş ve 1600 rpm'de 15 dakika boyunca köpürtülmüştür. Oluşan köpükler cam slaytlara alınmıştır. Bir cam slaytta sıvı köpük diğer cam slaytta ise 80 °C'de hızlı kurutulmuş köpük olmak üzere incelemeler yapılmıştır. Oluşturulan solüsyonların ve köpüklerin viskozite değerleri (AND SV-10 vibro viskozimetre) 30 Hz frekansta ölçülmüştür. Köpüklerin mikroyapısını incelemek için ışık mikroskobu (Zeiss Axiotech) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM, JEOL 6060) kullanılmıştır.

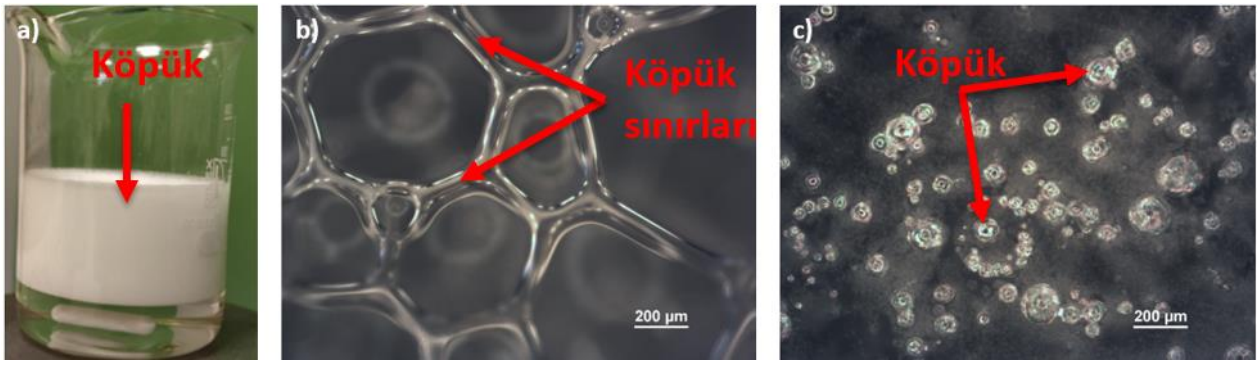
3. SONUÇ

PVA+SDS, yumurta akı proteini+SDS ve şeker+SDS ikili solüsyonlarının köpükleri incelenmiştir. Oluşturulan solüsyonların ve köpüklerin viskozite değerleri Tablo 1'de verilmiştir. PVA+SDS ve yumurta akı proteini içeren ikili solüsyonlar köpük formunu korumuştur ancak şeker+SDS ikili solüsyonuna nazaran köpük formunu daha az korumuştur. Ayrıca şekerin sadece köpük yapısını koruyucu olarak görev yapmadığı aynı zamanda köpürtücü ajan olarak oluşan köpük miktarını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Farklı miktarlarda PVA, şeker ve yumurta akı proteini içeren solüsyonların ve köpüklerin viskozite değerleri.

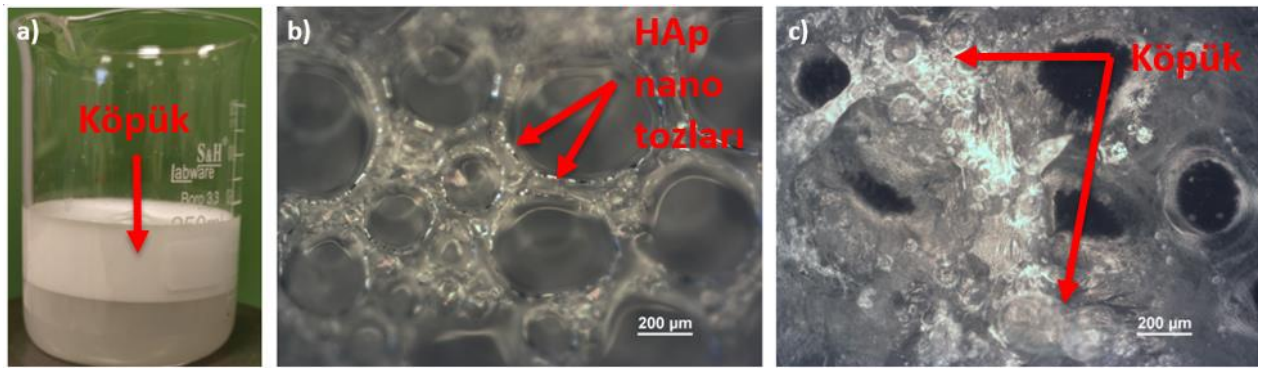
75ml su + 0.5 g SDS	Solüsyon Viskozitesi	Köpük Viskozitesi
0.5 g PVA	1.82 cP (19.2 °C)	21.2 cP (18.8 °C)
1.5 g PVA	2.26 cP (19.6 °C)	35.1 cP (19.8 °C)
2.5 g PVA	4.89 cP (19.9 °C)	82.6 cP (20.7 °C)
10 g Şeker	**2.32 cP (18.2 °C)**	**59.7 cP (18.1 °C)**
20 g Şeker	3.10 cP (20.7 °C)	67.2 cP (20.6 °C)
30 g Şeker	5.59 cP (22.5 °C)	100 cP (20.0 °C)
0.1 g Yumurta akı	1.20 cP (19.7 °C)	28.0 cP (19.9 °C)
0.5 g Yumurta akı	1.25 cP (23.4 °C)	24.0 cP (20.0 °C)
0.9 g Yumurta akı	1.76 cP (20.9 °C)	33.0 cP (19.1 °C)

İkili solüsyonlardan en uzun süre sıvı köpük formunu koruyan ve 80 C'de hızlı kurutulduğunda köpük formunu bozmayan 10 g şeker+SDS olduğu gözlemlenmiştir. 10 g şeker+SDS içeren köpüklerin görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. 10 g şeker+0.5 g SDS içeren köpüklerin görüntüleri, a) 1600 rpm 15 dakika sonra oluşan sıvı köpüğün makro görüntüsü, b) ışık mikroskobunda 5x büyütmede ve karanlık alan görüntüleme modunda 10 dakika bekletilen sıvı köpük, c) ışık mikroskobunda 5x büyütmede ve karanlık alan görüntüleme modunda 80 °C'de 5 dk kurutulmuş köpüğün görüntüsü.

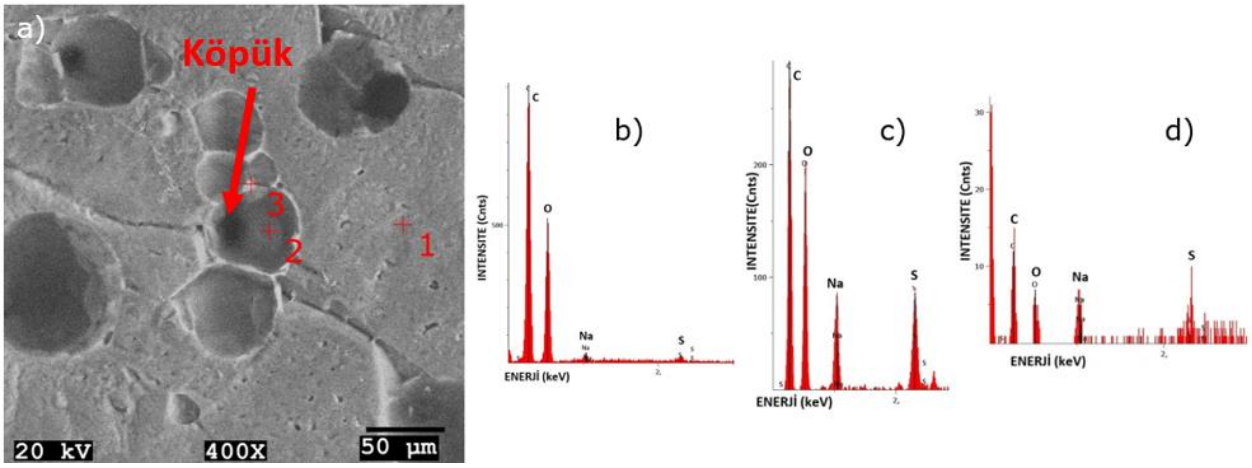
Şekil 2(b)'de görülen sıvı köpük formu, hava kabarcıklarının arasındaki sıvı filminin kalınlığı sayesinde uzun süre gaz difüzyonunu yavaşlattığı gözlemlenmiştir. Bu sayede köpük formunun daha uzun süre yapısını koruduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Şekil 2(c)'de görülen 80 °C'de hızlı kurutulmuş numunede de köpük formunun korunduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar kapsamında 10 g şeker, HAp+SDS süspansiyonuna ilave edilmiştir. Bu süspansiyon da manyetik karıştırıcıda 1600 rpm dönme hızında 15 dakika boyunca köpürtülmüştür. Köpük görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. HAp+10 g şeker+0.5 g SDS içeren köpüklerin görüntüleri, a) 1600 rpm 15 dakika sonra oluşan sıvı köpüğün makro görüntüsü, b) ışık mikroskobunda 5x büyütmede ve karanlık alan görüntüleme modunda 10 dakika bekletilen sıvı köpük, c) ışık mikroskobunda 5x büyütmede ve karanlık alan görüntüleme modunda 80 °C'de 5 dk kurutulmuş köpüğün görüntüsü.

Şekil 3(b)'de görülen sıvı köpük formunda, HAp nano tozlarının köpükte daha çok hava-sıvı arayüzeyinde yer aldığını gözlemleniyoruz. Şekil 2(b) ile kıyasladığımızda oluşan köpük yapısının değiştiğini görüyoruz. HAp nano tozlarının küçük boyuttaki hava kabarcıklarını daha uzun süre koruduğu görünmektedir. Köpük yapısını da daha uzun süre koruğu gözlemlenmiştir. Şekil 3(c)'de görülen 80 °C'de hızlı kurutulmuş numunede de köpük formunun korunduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2(c) ile kıyasladığımızda HAp nano tozlarının hızlı kuruma ile birlikte köpük sınırlarında kümelendiği gözlemlenmiştir.

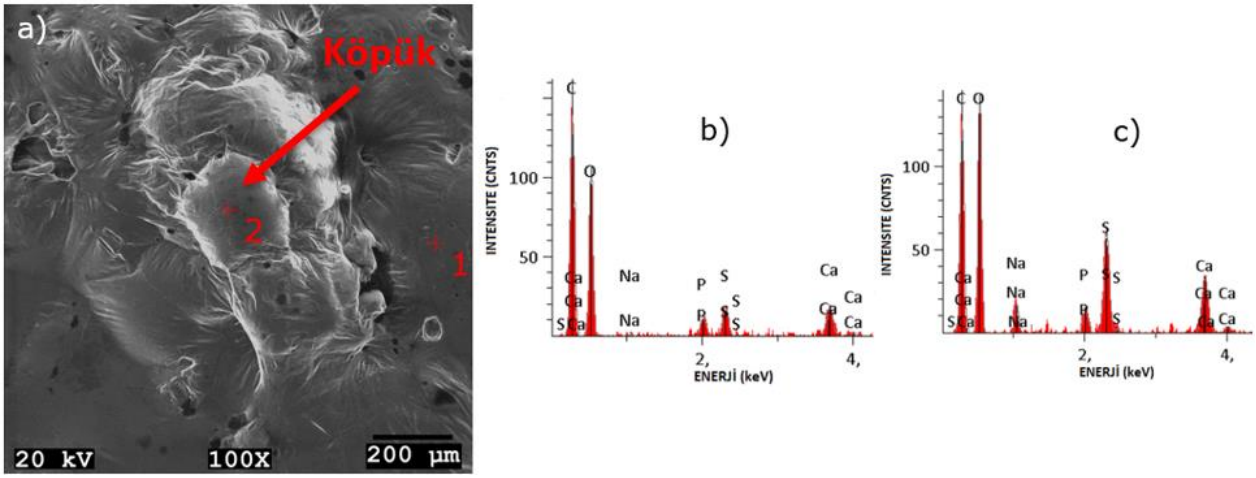
80 °C'de hızlı kurutulmuş şeker+SDS içeren köpüğün oluşumu ve kurumasında SDS ve şekerin etkilerini incelemek için SEM geri saçılmış elektron (BSE) görüntüleme modunda ve SEM-Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) analizleri yapılmıştır. Şekil 4'de 10 g şeker+SDS köpüğünün SEM görüntüleri ve EDS analizleri verilmiştir.



Şekil 4. 10 g şeker+0.5 g SDS içeren 80 °C'de hızlı kurutulmuş köpüğün SEM analizleri a) 400x büyütmede ve 20 kV'de geri saçılmış elektron (BSE) görüntüsü, b) Spot 1 (köpüksüz bölge) EDS analizi, c) Spot 2 (köpük üstü) EDS analizi, d) Spot 3 (köpük sınırı) EDS analizi.

Şekil 4 (a)'da görülen 80 °C'de hızlı kurutulmuş numunenin köpük formunu bazı bölgelerde koruduğu gözlemlenmiştir. Köpük formunda kuruyan bölgelerden ve köpük formunu koruyamayan bölgelerden EDS analizleri alınmıştır. Şekil 4(b)'de görülen köpük formunu koruyamayan bölgeden alınan EDS analizini incelediğimizde SDS (Sodyum (Na) ve Kükürt (S)) pikleri çok az seviyededir, şekerden gelen Karbon (C) ve Oksijen (O) pikleri ise yüksek şiddettedir. Karbon elementinin piklerinin çok yüksek olmasının nedeni SDS'de de karbonun bulunmasıdır. Şekil 4(c)'de görülen köpük üstü bölgeden alınan EDS analizini incelediğimizde Na ve S piklerinin arttığını gözlemlenir. Ayrıca şekerdeki O miktarının fazla olduğu göz önüne alarak artan O pik şiddetinin şekerden geldiği gözlemlenir. Şekil 4(d)'de görülen köpük sınırından alınan EDS analizini incelediğimizde ise yine SDS'den gelen elementlerin piklerinin yüksek olduğu gözlemlenir ve şeker bu bölgede de SDS ile birlikte yer alır.

80 °C'de hızlı kurutulmuş HAp+SDS+10 g şeker içeren köpüğün oluşumu ve kurumasında HAp nano tozlarının, SDS ve şekerin etkilerini incelemek için SEM ikincil elektron (SE) görüntüleme modunda ve SEM-Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) analizleri yapılmıştır. Şekil 5'de HAp+SDS+10 g şeker köpüğünün SEM görüntüleri ve EDS analizleri verilmiştir.



Şekil 5. HAp+10 g şeker içeren 80 °C'de hızlı kurutulmuş köpüğün SEM analizleri, a) 100x büyütmede ve 20 kV'de ikincil elektron (SE) görüntüsü, b) Spot 1 (köpüksüz bölge) EDS analizi, c) Spot 2 (köpük üstü) EDS analizi.

Şekil 5(a)'da görülen 80 °C'de hızlı kurutulmuş HAp içeren numunenin köpük formunu, 10g şeker+SDS içeren köpüğe nazaran daha iyi koruduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5(b)'de görülen köpük formunu koruyamayan bölgeden alınan EDS analizi incelediğimizde az miktarda HAp'tan gelen Kalsiyum (Ca) ve Fosfor (P) piklerini ve SDS'den gelen Na ve S piklerini görmekteyiz. Şekerden gelen C ve O piklerini incelediğimizde bu bölgede şekerin yer aldığı gözlemlenmiştir. Şekil 5(c)'de görülen köpük formunu koruyan bölgeden alınan EDS analizi incelediğimizde ise HAp ve SDS'den gelen piklerin yükseldiği ve şekerden gelen O pikinin de yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında köpük formunda kuruyan bölgede HAp nano tozlarının, SDS ve şekerin birlikte bulunduğu ve köpük formunu koruyamayan bölgeye nazaran daha fazla bulunduğu gözlemlenmiştir.

4. TARTIŞMA

PVA+SDS, şeker+SDS ve yumurta akı protein+SDS içeren sıvı ve 80 °C'de hızlı kurutulmuş köpüklerin yapıları incelenmiştir. Solüsyon viskozitesini arttıran bu stabilizatörler, sıvı köpük yapısındaki sıvı film kalınlığını arttırdığı ve bu sayede köpük yapısının daha homojen ve kabalaşmadan yapıyı koruduğu gözlemlenmiştir. Sıvı köpüklerde, plato sınırlarındaki artan sıvı film kalınlığı, köpük içerisindeki hava kabarcıklarının daha uzun süre bozulmadan stabil kalmasına ve bunun nedeni olarak hava kabarcıkları arasındaki gaz difüzyonunun yavaşladığı düşünülmektedir. Ayrıca yüksek viskoziteye sahip sıvı köpüğün daha uzun süre kabalaşmaya direnerek stabil kaldığı ve sıvı drenajının daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir.

10 g şeker+SDS köpüğünün yapısı diğer köpüklere nazaran daha homojen olduğu ve EDS analizleri sonucunda SDS'nin daha çok köpük ve köpük sınırında bulunduğu gözlemlenirken, şekerin ise hem köpük ve köpük sınırında hem de köpük formunu koruyamayan bölgelerde bulunduğu gözlemlenmiştir. HAp+SDS süspansiyonuna şeker ilavesi ile oluşturulan sıvı köpüğün yapısında ise HAp nano tozlarının sıvı-hava (sıvı film ve hava kabarcığı) arasında yer aldığı ve köpük yapısını daha stabil hale getirdiği gözlemlenmiştir. 80 °C'de hızlı kurutulmuş köpüğün SEM incelemeleri ve EDS analizleri sonuçlarında, HAp nano tozları daha çok köpük ve köpük sınırında SDS ve şeker ile birlikte yer aldığı gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada şeker, SDS ilavesi ile HAp nano tozları içeren stabil sıvı köpüklerin üretilebileceği ve kurutma sırasında köpük formlarının korunabileceği başarıyla gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yapılan bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeler Birimi 2019/70 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Murugan, R., Ramakrishna, S. (2005). Development of nanocomposites for bone grafting, Composites Science and Technology, 65, 2385-2406.
[2] Ramay, H. R., Zhang, M., (2003). Preparation of porous hydroxyapatite scaffolds by combination of the gel-casting and polymer sponge methods, *Biomaterials*, 24(19), 3293–3302.
[3] Finoli, A. (2013). Processing highly porous calcium phosphate ceramics for use in bioreactor cores for culturing human liver cells in-vitro, PhD Thesis, *Pittsburgh University*, Swanson School of Engineering, Pennsylvania.
[4] Hasret, E. (2010). Hidroksiapatit Sentezi,Karakterizasyonu ve Adsorban Özelliğinin İncelenmesi, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Üniversitesi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 293933.
[5] Weaire, D., Cox, S., Brakke, K., (2005). Liquid Foams – Precursors for Solid Foams, M. Scheffler and P. Colombo (Eds.), in *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications* (s. 18-29), Weinheim: Wiley.
[6] Drenckhan, W., Hutzler, S. (2015). Structure and energy of liquid foams. *Advances in Colloid and Interface Science*, 224, 1–16.
[7] Kim, I.J., Park, J., Han, Y., Kim, S., Shackelford, J., (2019). Wet Foam Stability from Colloidal Suspension to Porous Ceramics: A Review, *Journal of the Korean Ceramic Society*, 56(3), 211-232.
[8] Mao, X., (2017). Processing of Ceramic Foams, Al-Naib U.M.B (Ed.), *Recent Advances in Porous Ceramics* (1st ed.) (s. 31-47), London: IntechOpen.
[9] Hill, C., Eastoe, J., (2017). Foams: From nature to industry, *Advances in Colloid and Interface Science*, 247, 496–513.
[10] Binner, J.G.P, Reichert, J., (1996). Processing of Hydroxyapatite Ceramic Foams, *Journal of Metarials Science*, 31, 5717-5723.
[11] Studart, A. R., Gonzenbach, U. T., Tervoort, E., Gauckler, L. J., (2006). Processing Routes to Macroporous Ceramics: A Review. *Journal of the American Ceramic Society*, 89(6), 1771–1789.

STABILIZATION OF QUADCOPTER USING THE COMBINATION OF LQR AND SMC METHODS

Rahmi Elagib
Ankara Yildirim Beyazit University, Department of Electrical and Electronics Engineering
rahmyelageeb@gmail.com , ORDIC: 0000-0002-6163-3245

Ahmet Karaarslan
Ankara Yildirim Beyazit University, Department of Electrical and Electronics Engineering
akaraarslan@gmail.com , ORDIC: 0000-0001-6475-4539

Abstract
This paper presents a combination of Linear Quadratic Regulator (LQR) and Sliding Mode Control (SMC) methods to control a four-rotor vertical take-off and landing (VTOL) unmanned aerial vehicle (UAV. Although the control of UAVs is challenging due to their highly nonlinear characteristics, the controller used benefits from the advantages of the nonlinear and linear controller to successfully control and stabilize the quadcopter's altitude and attitude. In developing the controller, the Newton-Euler method is applied to obtain the dynamic model of the quadcopter, which is divided into two subsystems: the under-controlled subsystem and the full-actuated subsystem. The entire controller model was demonstrated using MATLAB/Simulink and results were obtained showing the performance of the controller in different scenarios.

Keywords: Quadcopter, Unmanned air vehicle, Quadcopter, Controller, SMC, LQR

Introduction

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have been widely explored in recent decades. Due to their simple design and high performance, quadcopters, which are unmanned aerial vehicles with four rotors, have been the subject of most UAV research in recent years. The quadcopter is nonlinear, unstable, and susceptible to external disturbances. The design of control systems for quadcopters is an ongoing and growing area of research. Researchers have developed various methods and strategies to control the quadcopter motion. The Sliding Mode Control (SMC) method is a robust and efficient nonlinear control strategy used to control nonlinear systems under uncertain conditions. Due to its drawbacks, such as time consumption and chattering, applying SMC with a control method that can eliminate these problems, such as Linear Quadratic Regulator (LQR) method, can guarantee a combination of a strong controller for stabilizing quadcopters. Many researchers and studies have developed LQR, SMC, and LQR&SMC techniques to control and stabilize a quadcopter.

The usage of SMC in quadcopters has garnered a great deal of interest as in [1–4]. A. Noordin et. al. [2] introduced a sliding mode control to stabilize the altitude and attitude of a quadrotor with external disturbances. The study considered an "X-configuration quadcopter" and took into account the saturation function, but the major drawback of the work was the neglect of external disturbances. Several LQR controllers designed for quadcopters can be found in the literature[5–7]. Dhewa et. al. [8] designed and implemented a control system for the quadrotor using the LQR method to obtain the best value for the feedback gain K in the hover condition. The work was based on experimental test results. Regardless of the fact that the controller's rise time on the quadrotor's roll and pitch angles is rapidly enough to overcome disturbances, the controller was influenced by a large disturbance from environmental factors when testing pitch angle. The controller in this work provided very low steady-state error and good position control of the quadrotor.

Many control techniques combining LQR and SMC control have been developed by researchers to control the attitude and attitude of quadcopters. Kaan T. Oner et al.[9] developed a quadcopter with a tilt-wing mechanism VLOT. They used an LQR controller to control the vehicle's flight mode for all possible altitude and yaw angles and used SMC to stabilize the vehicle's attitude. Despite the fact that the sliding mode controller did a fine job of monitoring the reference inputs, the controller reference angles are quite big, and the controller achieves the appropriate roll and pitch angles in around a second.

Chi Yuan et al.[10] combined a SMC with a LQR to design a controller for a quadcopter for forest firefighting quadcopter. The designed controller is divided into two loops, an inner loop, and an outer loop. The LQR is used to control the quadrotor positions, while the sliding mode controller is used for the inner loop, which is responsible for stabilizing the attitude. Khaled A. Ghamry et al.[11] present a control strategy for takeoff, tracking, and landing of a UAV on an Unmanned Ground Vehicle (UGV). A combination of SMC and LQR was used as the local UAV controller, while a tracking-only strategy was used as the UGV controller. An SMC-based leader-follower formation controller approach was used during the takeoff, tracking, and landing phases. Yang et al. [10]consider a hybrid state-feedback control system that incorporates a robust SMC and optimal LQR methods in a hierarchical multilayer structure for a small quadrotor.

In this paper, a combination of an LQR&SMC controller is designed to stabilize the altitude, attitude, and heading of the quadrotor using MATLAB/Simulink. The designed quadrotor system considers nonlinearity, parameter uncertainties, and external disturbances. The main contribution of this work is that the controller controls and stabilizes the attitude and altitude of a quadcopter while considering the effects of external disturbances and nonlinearity effects caused by quadcopter components such as the battery and sensors etc. This work discusses the following: Section II, Quadcopter and Dynamic Model of a Quadcopter Using the Newton-Euler Formulation. Section III shows the development of LQR and SMC methods. In section IV, MATLAB/Simulink is run for the whole model including the SMC&LQR controller. The Results, Discussion, Conclusion, and Future Work can be found in section V.

Quadcopter working principle and Dynamic Model

The quadcopter is an under-actuated system that has 6 degrees of freedom (6-DOF). The vehicle essentially consists of four propellers arranged orthogonally to each other. The speed and direction of rotation of the propellers are controlled independently to ensure the balance and movement of the vehicle. To keep the system balanced, one pair of rotors rotates clockwise and the other pair rotates counterclockwise. By changing the speed of the rotors, the quadcopter can move forward, backward, and sideways. The motion of the quadcopter is divided into four types based on the relative motion between the four propellers: Altitude, Pitch, Roll, and Yaw. To measure the physical characteristics of a quadrotor, two frames could be applied: an Earth-fixed frame (E) and a Body-fixed frame (B). Roll, pitch, yaw angles, and angular velocities could be measured under the Earth-fixed frame, while the linear acceleration is measured in a body-fixed frame. Figure 1. shows X-configuration with B and E frames. The quadcopter system has three translational states (x, y, z) three rotational states (ϕ, θ, ψ) and their derivatives ($\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \phi\dot{\phi}, \dot{\theta}, \dot{\psi}$).

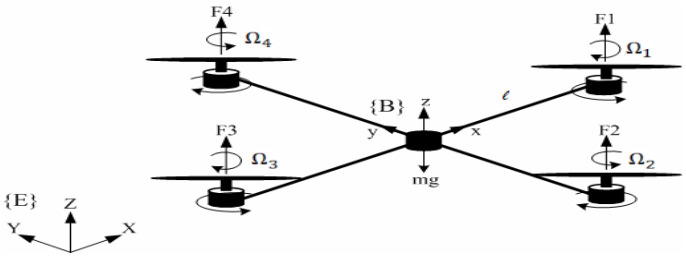


Figure 1. The configuration of Quadcopter UAV

Where, x, y, and z are the position in the x, y, and z axes, $\dot{x}, \dot{y}$, and $\dot{z}$ are the speed in the axes. Where ϕ, θ, and ψ are the Euler angles which represent roll,pitch, and yaw respectively, and the parameters, $\dot{\phi}$, $\dot{\theta}$, and $\dot{\psi}$ are the speed for roll, pitch, and yaw. The quadrotor dynamics were expressed using Newton-Euler translational and rotational dynamics formulation [12] as:

$$\ddot{x} = \frac{U_1}{m}(\sin\psi\cos\phi + \cos\psi\sin\theta\cos\phi) \quad \text{Eqs.(1)}$$

$$\ddot{y} = \frac{U_1}{m}(-\cos\psi\sin\phi + \sin\psi\sin\theta\cos\phi) \quad \text{Eqs.(2)}$$

$$\ddot{z} = g + \frac{U_1}{m}(\cos\psi\cos\phi) \quad \text{Eqs.(3)}$$

$$\ddot{\phi} = \left(\frac{I_{yy}-I_{zz}}{I_{xx}}\right)\dot{\psi}\,\dot{\theta} - \left(\frac{J_r\Omega_d}{I_{xx}}\right)\dot{\theta} + \left(\frac{l}{I_{xx}}\right)U_2 \quad \text{Eqs.(4)}$$

$$\ddot{\theta} = \left(\frac{I_{zz}-I_{xx}}{I_{yy}}\right)\dot{\psi}\,\dot{\phi} - \left(\frac{J_r\Omega_d}{I_{yy}}\right)\dot{\phi} + \left(\frac{l}{I_{yy}}\right)U_3 \quad \text{Eqs.(5)}$$

$$\ddot{\psi} = \left(\frac{I_{xx}-I_{yy}}{I_{zz}}\right)\dot{\theta}\,\dot{\phi} + \left(\frac{l}{I_{zz}}\right)U_4 \quad \text{Eqs.(6)}$$

Where input signal U_1 is the total thrust of the 4 rotors, U_2, U_3 and U_4 are the moments for pitch, roll, and yaw respectively. m represents the mass of the quadrotor, l is the distance between the motor and the quadrotor center. J_r is the inertia of the rotor, and I_{xx}, I_{yy}, and I_{zz} are the inertia of the quadrotor in $x, y,$ and z respectively.

The Controller

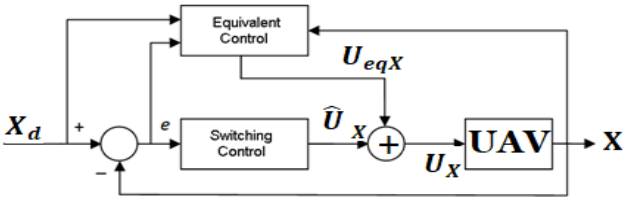
a)Sliding Mode Controller:

Sliding Mode Control is a process that is derived from Variable Structure Control (VSC). The goal of the sliding mode control is to enforce the error in the system to a certain point. SMC law U_X Eqs.(23) is composed of two major components: A continuous part (equivalent control U_{eqX}) and a discontinuous part (switching control $\widehat{U}_X$) as illustrated in Figure 2. The switching control rule enforces the system to the sliding surface, S_X, which is set by the user, and it preserves the system state trajectory on this surface. The dynamic performance of the system is closely related to the choice of switching control rule. The equivalent control is utilized to ensure that the system state moves toward the sliding surface. Sliding control law design is essential to the controller in order to enforce error to the sliding surface. The error should be defined in an attempt to develop the sliding surface or decision rule. As a result, the error is the difference between the actual value and the desired value, and this may be expressed mathematically as:

$$e_X = X_d - X \quad \text{Eqs.(12)}$$

By calculating the error's first and second derivatives:

$$\dot{e}_X = \dot{X}_d - \dot{X} \Longrightarrow \ddot{e}_X = \ddot{X}_d - \ddot{X} \quad \text{Eqs.(13)}$$



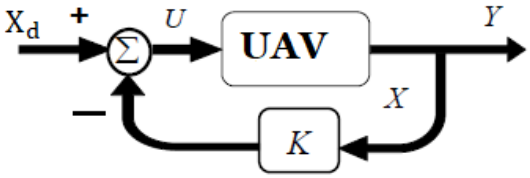


Figure 2. Conventional sliding-mode control for a plant. Figrue 3. Block diagram of LQR controller

The sliding surface is given according to the following equation:

$$S_X = \dot{e}_X + \lambda_X e_X \quad \text{Eqs.(14)}$$

Also, the first derivative can be computing as:

$$\dot{S}_X = \ddot{e}_X + \lambda_X \dot{e}_X \quad \text{Eqs.(15)}$$

Where variable e_X is the tracking error, and variable λ_X is the tuning parameter must satisfy the condition (λ_X>0), S_X is sliding surface $S_X = 0$, X is state space

A Lyapunov function is defined as :

$$V(S_i) = \frac{1}{2} S_X^{\,2} \quad \text{Eqs.(16)}$$

then the necessary sliding condition is verified and Lyapunov stability is guaranteed. The chosen law for the attractive surface must satisfy:

$$S_X \dot{S}_X<0 \qquad \text{Eqs.(17)}$$

then the desired sliding condition is verified and Lyapunov stability is guaranteed. The chosen law for the attractive surface must satisfy

$$S_X \dot{S}_X = -k_{X1}S_X - k_{X2} sign\,(S_X) <0 \quad \text{Eqs.(18)}$$

As mentioned, the control law, U_X , consists of two parts: a continuous part, U_{eqX} and a discontinuous part, $\hat{U}_X$.

$$U_X = \hat{U}_X + U_{eqX} \qquad \text{Eqs.(19)}$$
$$\hat{U}_X = -k_{X1}S_X - k_{X2}\,\text{sign}(S_X) \quad \text{Eqs.(20)}$$

Where k_{X1}, k_{X2} are the tuning parameters, sign can be as:

$$\text{sign}(S_X) = \begin{cases} +1 & \text{if } S_X > 0 \\ -1 & \text{if } S_X < 0 \end{cases}$$

b) Linear Quadratic Regulator:

LQR is an optimal control that has robust and produces a steady-state minimum error. Figure 3. shows the controller block diagrams for a quadcopter.

In LQR, a cost function is minimized to provide the best control signal as :

$$J = \int_0^\infty ({}_xT\ Qx + {}_uT\ Ru)dt \qquad \text{Eqs.(21)}$$

where Q and R are weighting matrices. The gain matrix K can be obtained by solving the Ricatti equation as follow:

$$A*P + PA - PB\,R^{-1}B*P + Q = 0 \quad \text{Eqs.(22)}$$

With P solved, the feedback gain matrix (K) would then be calculated using the formula below:

$$K = R^{-1}B*P \quad (23)$$

The linear dynamics in Figure 3. of x and y are given in the following state-space form to obtain the matrices A and B

$$\dot{x} = Ax + Bu \qquad \text{Eqs.(24)}$$

The controller aims to find the matrix of the optimal K of the optimal control vector u such that $u(t) = -Kx(t)$ and Eqs.(24) will be $\dot{x} = (A - BK)x$ to minimize the quadratic cost function J.mMATLAB was used as it provides a convenient way of solving for K by just using the following command;

$$K = lqr(A, B, Q, R) \qquad \text{Eqs.(25)}$$

c) The Quadcopter Controller:

The introduced UAV controller is based on a combination of sliding mode control (SMC) and linear quadratic regulator (LQR). Figure 4. shows the control system block diagram, to simplify the design, the proposed control law is derived by dividing the system model into two subsystems, the **fully actuated subsystem**, and the **underactuated subsystem**. In the fully actuated subsystem, it is two outputs (z, ψ) for the inputs (U_1, U_4), whereas, in the under-actuated subsystem, inputs $U_2$and $U_3$are less than the number of outputs, which are (x,y, ϕ,θ). T he dynamic model of the considered quadcopter

is divided into two subgroups: a fully-actuated system and an under-actuated subsystem. Two outputs (z, ψ) were considered for the inputs (U_1, U_4) in the fully actuated subsystem. Contrary to this, in the under-actuated subsystem, inputs $U_2$and U_3 are less than the total number of outputs which are (x,y, ϕ,θ).

2) Fully-actuated Subsystem Control:

The objective of this fully-actuated subsystem controller is to minimize the error in the altitude and yaw angle $e_z$and e_ψ to satisfy the following conditions in Eqs.(12) to Eqs.(13)

The control laws for the altitude and yaw angle can be derived using classical SMC theory:

$$\widehat{U}_1 = \left(\frac{m}{\cos\phi\cos\theta}\right)(g + \ddot{z}_d + \lambda_z \dot{e}_z) \qquad \text{Eqs.(26)}$$

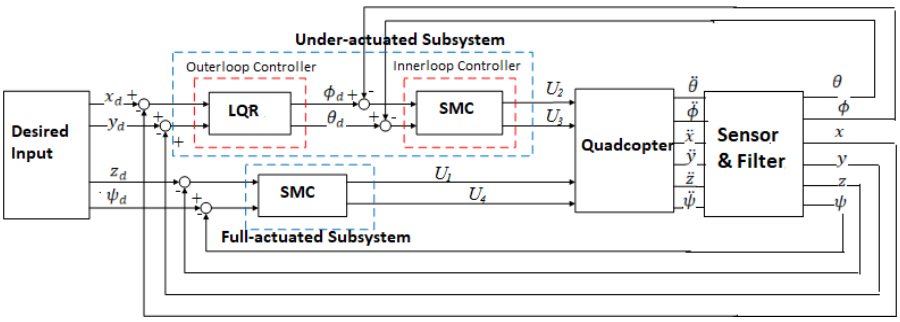


Figure 4. Quadcopter configuration

$$\widehat{U}_4 = \frac{I_{zz}}{l}\left(\ddot{\psi}_d - \frac{I_x - I_y}{I_z}\dot{\theta}\,\dot{\phi} - \lambda_\psi \dot{e}_\psi\right) \qquad \text{Eqs.(27)}$$

By employing the Eqs.(19), Eqs.(20) such that:

$$U_1 = \frac{m}{\cos\psi\cos\phi}(+\,g + \ddot{z}_d + \lambda_z \dot{e}_z) + k_{z1}S_z + k_{z1}sign(S_z) \qquad \text{Eqs.(28)}$$

$$U_4 = I_{zz}\left(\ddot{\psi}_d - \frac{I_{zz} - I_{xx}}{I_{yy}}\dot{\theta}\,\dot{\phi} + \lambda_\psi \dot{e}_\psi\right) + k_{\psi 1}S_\psi + k_{\psi 1}sign(S_\psi) \qquad \text{Eqs.(29)}$$

1) Under-Actuated Subsystem Control:

The under-actuated subsystem in Figure 4. , is controlled via two independent loops. The outer and inner loop. The outer loop is designed to control the translational dynamics of the quadrotor to achieve trajectory tracking to the desired position in x and y axes. Its output is the reference orientation angles, roll θ_d, and pitch. According to these reference data, the inner-loop controller calculates the minimum system input $U_2 and\ U_3$. LQR is used for the outer-loop controller, while SMC is used for controlling the inner loop.

a) Outerloop:

LQR is used in the outer loop for position control to obtain the desired altitude by converging the error and extracting the desired attitude angles θ_d and ϕ_d,

$$U_x = (\cos\phi_d \sin\theta_d \cos\psi - \sin\phi_d \sin\psi), \text{ and } U_y = (\cos\phi_d \sin\theta_d \sin\psi - \sin\phi_d \cos\psi)$$

By starting from the second-row ϕ_d and then $\theta_d$can be calculated as follows:

$$\phi_d = \arcsin(U_x \sin\psi - U_y \cos\psi) \qquad \text{Eqs.(30)}$$

$$\theta_d = \arcsin((U_x \cos\psi - U_y \sin\psi)/\cos\phi_d) \qquad \text{Eqs.(31)}$$

The linear dynamics in Eqs.(1), (2) of *x* and *y* are given in the following state-space form to obtain the matrices *A* and *B* as defined:

$$\ddot{x} = \phi g \quad \text{Eqs.(32)}$$
$$\ddot{y} = -\theta g \quad \text{Eqs.(33)}$$

$$A_x = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad B_x = \begin{bmatrix} 1 \\ g \end{bmatrix} \qquad C_x = [1 \quad 0] \quad \text{Eqs.(34)}$$

$$A_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad B_y = \begin{bmatrix} 1 \\ -g \end{bmatrix} \qquad C_y = [1 \quad 0] \quad \text{Eqs.(35)}$$

As mentioned MATLAB was used to solve Riccatti equation and the **K** matrix was obtained Eqs.(25)

b) Innerloop:

SMC controller is the inner-loop controller is used to drive the attitude angles θ and ϕ, that are obtained from the outer-loop controller to their desired values θ_d and ϕ_d.
to achieve accurate stabilization through the following control laws:

$$U_2 = \frac{I_{xx}}{l}\left(\ddot{\phi}_d - \frac{I_{zz}-I_{xx}}{I_{yy}}\dot{\theta}\,\dot{\phi} + \lambda_\phi \dot{e}_\phi\right) + k_{\phi 1}S_\phi + k_{\phi 2}sign(S_\phi) \quad \text{Eqs.((36)}$$
$$U_3 = \frac{I_{yy}}{l}\left(\ddot{\theta}_d - \frac{I_{zz}-I_{xx}}{I_{yy}}\dot{\theta}\,\dot{\phi} + \lambda_\theta \dot{e}_\theta\right) + k_{\theta 1}S_\theta + k_{\theta 2}sign(S_\theta) \quad \text{Eqs.(37)}$$

where λ_ϕ *and* $\lambda_\theta$are control gains with $\lambda_\phi > 0$ and $\lambda_\theta > 0$. e_θ and e_ϕ are the errors in roll and pitch angles, $e_\phi = \theta_d - \theta$, and $e_\phi = \phi_d - \phi$. θ_d and θ_d are the desired roll and pitch angles respectively.

Simulation Results and Discusion:

To verify the performance of the proposed controller, a MATLAB/Simulink is presented in this section. The parameters of the quadrotor used in the simulation are selected in Table 1.

Quadcopter mass	m	0.984 kg	Parameter	Roll	Pitch	Yaw	Altitude
			k_1	1.99	1.99	1	16
Arm length	l	0.225m	k_2	1.8	1.8	0	13.8
Gravity	g	9.81 m/s^2	λ	2.68	2.68	18	2.2
Rotor inertia	J_r	2.6e-06 kg. m^2	Table 2. The SMC parameters tuning				
Inertia constants	$I_{yy} = I_{xx}$	9.5*10^{-3} kg. m^2					
Inertia constants	I_{zz}	1.86*10^{-2}kg. m^2					
Thrust coefficient	b	1.4865e-07N. s^2	Parameter	X		Y	
Drag coefficient	d	2.925e-09 N. m. s^2	Q	[1 0;0 0]		[1 0;0 0]	
Aerod. Coeff.	A_ϕ=A_θ=A_ψ	0 N/rad/s	R	0.001		[0.0001]	
Drag coefficient	A_x=A_y=A_z	0 N/m/s	K	[0.0001]		[-100 -4.5152]	

Table 1. The parameters of the quadrotor

Table 3. The design parameters tuning of LQR

The suggested SMC approaches' design parameters have been tuned manually in MATLAB/Simulink in order to track the trajectory smoothly. The LQR parameters, such as the state weighting matrix (Q) and control weighting matrix (R), were chosen to minimize the system's existing inaccuracy as well as its energy expenditure, as shown below, whereas the *K* value was obtained using MATLAB to solve the Riccati equation as in (16). Table 2 and 3 list the parameters of the recommended controllers. Figure 4., 5., 6., and 7. show the actual and desired values of altitude, roll, pitch, and yaw



Figure 4. shows the actual and desired altitude values

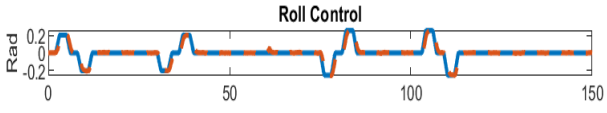


Figure 5. the actual and desired roll values

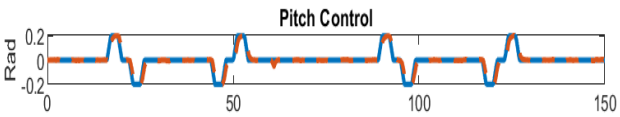


Figure 6. shows the actual and desired yaw values

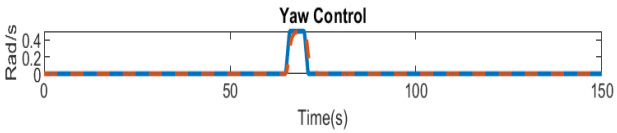


Figure 7. the actual and desired pitch values

Fig.4. show the desired and achieved altitudes, the SMC accomplishes pretty good results in maintaining the desired altitude. And the disturbances were kept to a minimum. In Fig.5. and Fig.6. the roll and pitch angles were successfully accomplished with negligible disturbances. We can see that these two angles were affected, and slight disturbances emerged around 61.75 s, which is the exact moment that the desired altitude velocity, respectively was changed. In Fig.7. the desired and actual yaw performance were shown. The controller, on the other hand, has kept yaw angles stable throughout the flight.

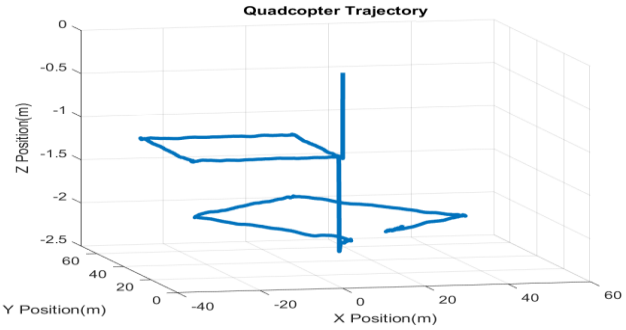


Figure 8. Quadcopter trajectory

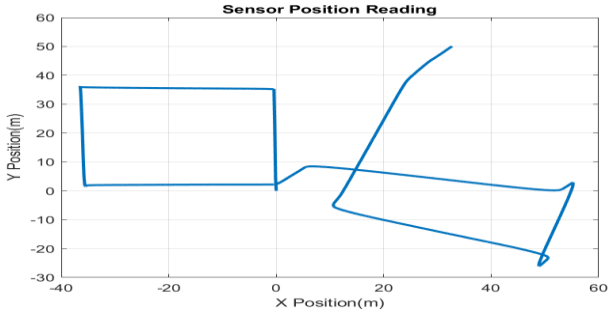


Figure 9. Quadcopter Sensor Position Reading

A 3D trajectory was provided in Figure 8. as shown the trajectory was maintained successfully. Figure 9. shows the performance of the entire system (the quadcopter with sensors and controls). It depicts the quadcopter's position in the X, Y, and Z axes, as well as the importance of noting that a good trajectory was obtained.

Figure 10. depicts the motors' speeds. As shown, the motors spin at roughly 12000 rpm, which was successfully maintained and controlled.

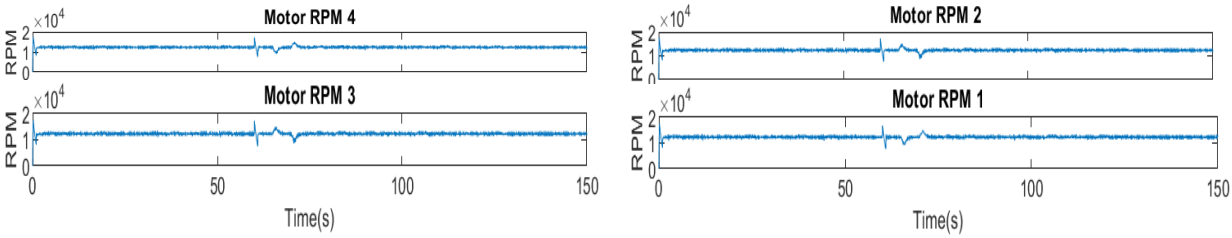


Figure 10. The motors' speed

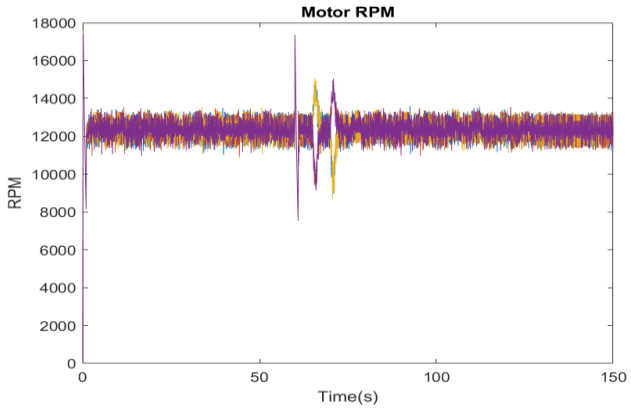


Figure 11. all motors speed

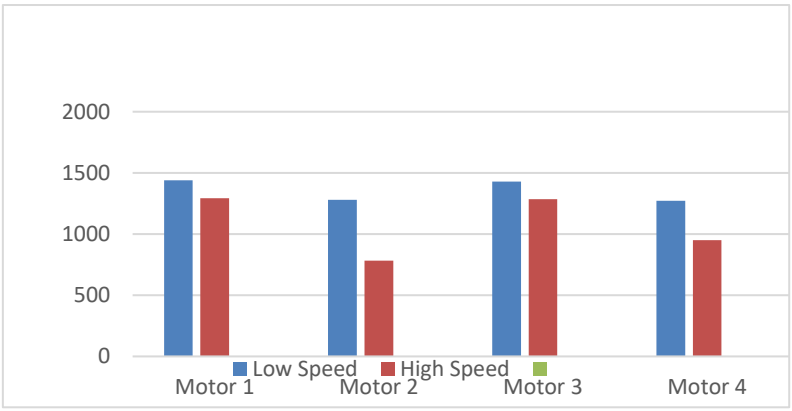


Figure 12. The motors' angular speeed compersions

The battery disturbance and external disturbance were taken into account while simulating the motors' spinning. Figure 11. depicts the RPM fluctuations of a motor. Time 60s, 66s, and 70.2 s are all affected. The controller was able to keep up with the speed that had already been set. The angular speeds of all four motors are shown in Figure 12. Despite the fact that the angular speed is disturbed at various time periods, these effects are negligible when compared to the controller as a whole.

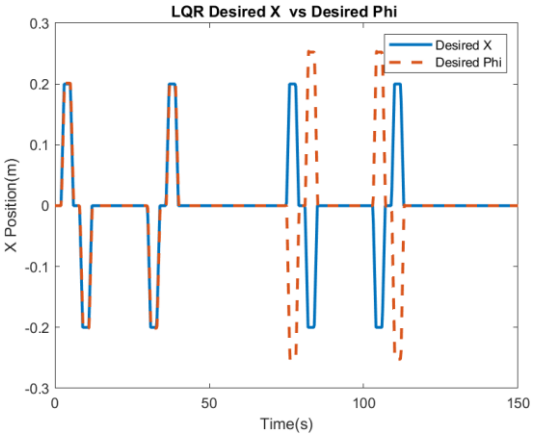


Figure 14. Controlling X Position with LQR

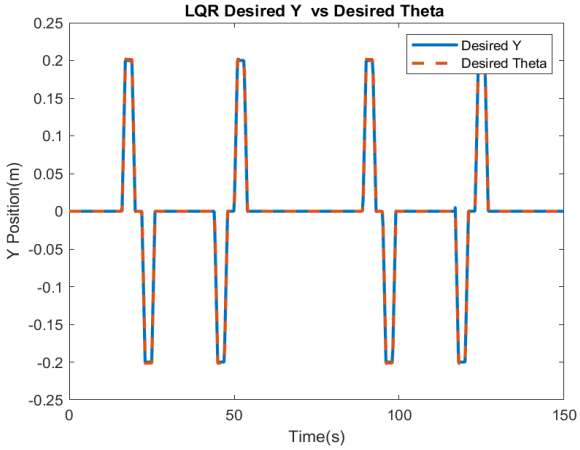


Figure 15. Controlling Y Position with LQR

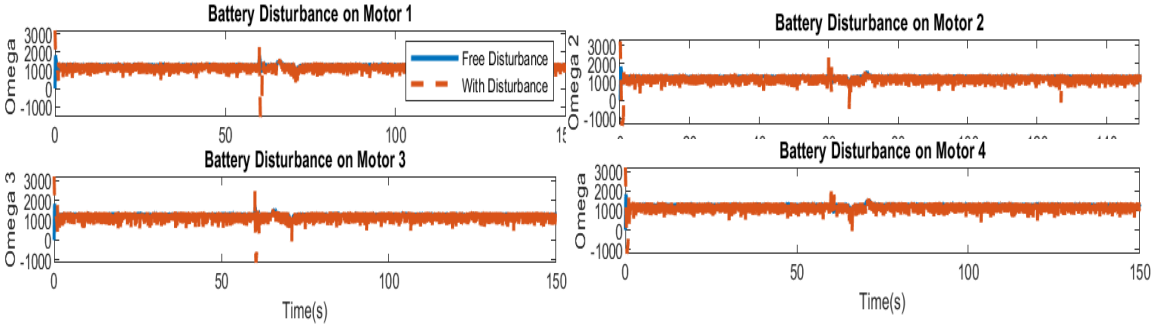


Figure 13. The motors' with disturbances caused by battery angular speed

It is shown in Figure 13. that each motor's desired angular speed is affected by battery disturbances. In the same way as in the preceding case, disturbances occur at the periods mentioned above. As shown in Figure 14., 15. The LQR performance is due to the use of weight matrices (Q, R) that were chosen to provide fast maintenance of desired roll and pitch angles; the controller follows the angles perfectly up to 75s but shows a poor performance for roll angles between 75s and 85.1 intervel and 100s 110.2, causing system fluctuations.

Both SMC and LQR's controller rise, overshoot, and set-up times are shown in Table 4. (below). X and Y positions are controlled by the LQR, as indicated, in order to achieve the desired values θ_d and ϕ_d.

Table 4. Controller rise and setting times and overshoot.

State / Measures	Rise time(ms)	Overshoot(%)	Setlling time(ms)
X Position	749.852	Inf	-
Y Position	0	13.09	-
Altitude	-	-0.505	213.163(fs)
Roll	0.0	Inf	-
Pitch	0.0	19.107	-
Yaw	792	0.505	-

Conclusion and Future Works

A combination of Linear Quadratic Regulator (LQR) and Sliding Mode Control (SMC) to control a quadcopter is comprehensively presented in this paper. For the control design, a mathematical model, based on the Newton-Euler equations, is derived. The system is subdivided into fully-actuated and under-actuated subsystems. The under-actuated subsystem mainly consists of two loops (inner loop and outer loop), which are used to control the position and attitude of the vehicle. LQR is used for the outer loop, while SMC is used for the inner loop. The full-actuated subsystem is an SMC used for its altitude and yaw angle control. The proposed design improves the robustness of the controller while considering the effects of external disturbances caused by the quadcopter. In addition, the chattering phenomena caused by SMC are alleviated by the proposed control law. Furthermore, the LQR controller reduces computational time without affecting accuracy. A detailed simulation study is carried out and the obtained results are discosed. While the LQR controller demonstrates ideal trajectory tracking in pitch angle, it performs badly between 75s and 110.2s, yet the whole controller was able to function well and overcome the difficulty. A slight disturbance in roll and pitch angle occurred at time 61.75s despite SMC's excellent performance in altitude control. Although, the altitude and heading angle(yaw) maintained with neglectable distrbances, the roll and pitch angles showed small distrbances while changing altitude, the SMC&LQR controller combination is robust and effectively stabilized the quadcopter and minimized external disturbances. To conclude, the proposed design is very effective for such kinds of quadcopters. In future work, the current MATLAB/Simulink model controller might be enhanced by combining other controllers, such as Fuzzy with LQR, backstepping with LQR, and so on to eliminate the distrbance that appear at the specified times. The data can be filtered using the Kalman filter to gain more accurate data from IMU sensors. The SMC parameters can be tuned using the genetic algorithm (GA) to ensure the best outputs.

References

[1] M. Herrera, W. Chamorro, A. P. Gómez, and O. Camacho, "Sliding Mode Control: An Approach to Control a Quadrotor," *Proceedings - 2015 Asia-Pacific Conference on Computer-Aided System Engineering, APCASE 2015*, pp. 314–319, 2015, doi: 10.1109/APCASE.2015.62.

[2] A. Noordin, M. A. M. Basri, and Z. Mohamed, "Sliding mode control for altitude and attitude stabilization of quadrotor UAV with external disturbance," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 7, no. 2, pp. 203–210, 2019, doi: 10.11591/ijeei.v7i2.1149.

[3] R. Zhao, "Inner / Outer-Loop Control of a Drone under Disturbances and Uncertainties ; A Sliding Mode Control Approach," no. April, 2020.

[4] D. Matouk, F. Abdessemed, O. Gherouat, and Y. Terchi, "Second-order sliding mode for position and attitude tracking control of quadcopter UAV: Super-twisting algorithm," *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 16, no. 1, pp. 29–43, 2020, doi: 10.24507/ijicic.16.01.29.

[5] X. Zhang, X. Li, K. Wang, and Y. Lu, "A survey of modelling and identification of quadrotor robot," *Abstract and Applied Analysis*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/320526.

[6] E. Okyere, A. Bousbaine, G. T. Poyi, A. K. Joseph, and J. M. Andrade, "LQR controller design for quad-rotor helicopters," *The Journal of Engineering*, vol. 2019, no. 17, pp. 4003–4007, 2019, doi: 10.1049/joe.2018.8126.

[7] A. Ortega–Vidal, F. Salazar–Vasquez, and A. Rojas–Moreno, "A comparison between optimal LQR control and LQR predictive control of a planar robot of 2DOF," in *2020 IEEE XXVII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/INTERCON50315.2020.9220263.

[8] O. A. Dhewa, A. Dharmawan, and T. K. Priyambodo, "Model of linear quadratic regulator (LQR) control method in hovering state of quadrotor," *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 135–143, 2017.

[9] K. T. Oner, E. Cetinsoy, E. Sirimoglu, C. Hancer, T. Ayken, and M. Unel, "LQR and SMC stabilization of a new unmanned aerial vehicle," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 58, no. July 2017, pp. 373–378, 2009, doi: 10.5281/zenodo.1056267.

[10] C. Yuan, K. A. Ghamry, Z. Liu, and Y. Zhang, "Unmanned aerial vehicle based forest fire monitoring and detection using image processing technique," *CGNCC 2016 - 2016 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference*, pp. 1870–1875, 2017, doi: 10.1109/CGNCC.2016.7829074.

[11] K. A. Ghamry and Y. Zhang, "Formation control of multiple quadrotors based on leader-follower method," *2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS 2015*, pp. 1037–1042, 2015, doi: 10.1109/ICUAS.2015.7152394.

[12] M. E. M. Project, "Modeling , Simulation and Complete Control of a Quadcopter," pp. 1–76, 2017.

UÇAKTA ÇALIŞIRKEN ERGONOMİ

Fatih BOZ
Eskişehir Technıcal Unıversity / Institute of Graduate Programs / Civil Aviation
fatih_boz@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-0886-0243

Büşra BOĞA
Eskişehir Technıcal Unıversity / Institute of Graduate Programs / Civil Aviation
busraboga33@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Cengizhan GÖK
Eskişehir Technıcal Unıversity / Institute of Graduate Programs / Civil Aviation
cengizhangok2@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Birsen AÇIKEL
Eskişehir Technıcal Unıversıty / Porsuk Vocatıonal School / Department Of Electronıcs And Automatıon / Unmanned Aerıal Vehıcle Technology And Operator
birsena@eskisehir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6067-5697

Özet
İnsanların havacılığa olan tutkusu gökyüzünde özgürce uçan kuşları fark etmesiyle başlamıştır. Havacılık tarihi, insanlığın ilk günlerindeki çeşitli metot ve araçlarla ilkel uçuş denemeleriyle başlamış, 17 Aralık 1903'te Wright Kardeşlerin ilk havadan ağır motorlu uçuşu yapması ile farklı bir evrenin başlangıcı olmuştur. Bu gelişmelerin ardından havacılık her geçen gün daha fazla gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte büyüyen havacılık sektörü birçok alanında uzman meslek grupları oluşturmuştur. Bunlardan birisi havacılık operasyonlarında zincirin en önemli halkalarından olan, hava araçlarının bakım onarım faaliyetlerini gerçekleştiren uçak teknisyenleridir.

Bakım kuruluşlarında uçak bakım faaliyetleri ve operasyonları yürütürken insan performansı, verimliliği, uçak-insan uyumu etkisi sebebiyle ergonomi kritik öneme sahiptir. Havacılıkta bakım operasyonları gerçekleştirilirken ergonomik risk faktörleri incelenmiştir. Hava aracı bakım personelinin uçak üzerinde yaptığı çalışmalarda ergonomik risk faktörlerinden kaynaklı olumsuz sonuçlar ile karşılaşılmaktadır. Tarihte bakımdan kaynaklı ne yazık ki birçok uçak kazası vardır. Hava aracı bakımında yer alan personelin ergonomik açıdan uygun teçhizatla, zihinsel olarak rahat, stressiz ve uygun şartlarda çalışması ergonomik risk faktörlerinden kaynaklı kazaların en aza indirilmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı; Bakım kuruluşlarında, bakım-onarım faaliyeti gerçekleştirilirken, bakımda doğrudan etkili olan ergonomik risk faktörleri fiziksel, bilişsel, örgütsel, çevresel, kişisel, psikososyal faktörler ve alt başlıkları göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Aynı zamanda Türkiye'de havacılık ergonomisi için doğru yönde katkı sağlamaktır. Yöntem olarak; literatür çalışması yapılarak, araştırmada yer alan anahtar kelimelerin kitap, dergi, tez, veri tabanları, referans kaynakları taranarak konu ile ilgili yayınlara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, Ergonomi, Ergonomik Risk Faktörleri, Uçakta Çalışırken Ergonomi.

ERGONOMICS WHEN WORKING ON AN AIRCRAFT

Abstract
People's passion for aviation started when they noticed the birds flying freely in the sky. While the history of aviation sprouted with primitive flight experiments with various methods and tools in the first days of humanity, on December 17, 1903, with the Wright Brothers making the first heavier than air powered flight, aviation, the beginning of a different universe, has developed and continues to evolve day by day.

The Aviation Sector, which has grown with technological developments, has created professional groups specialized in many fields. One of them is Aircraft Technicians who are one of the most important links of the chain in aviation operations and carry out maintenance and repair activities of aircraft.

While carrying out aircraft maintenance activities and operations in maintenance organizations, ergonomics is of critical importance due to the effect of human performance, efficiency and aircraft-human harmony. Ergonomic risk factors were examined while performing maintenance operations in aviation. In the studies of aircraft maintenance personnel on the aircraft, negative results are encountered due to ergonomic risk factors. Unfortunately, there are many Plane Crashes in history due to maintenance. The fact that the personnel involved in aircraft maintenance work with ergonomically appropriate equipment, mentally comfortable, stress-free and in appropriate conditions will contribute to the minimization of accidents caused by ergonomic risk factors.

The aim of this study; While carrying out maintenance-repair activities in maintenance-repair institutions, ergonomic risk factors that are directly effective in maintenance-repair were examined by considering physical, cognitive, organizational, environmental, personal, psychosocial factors and their subheadings. At the same time, it is to contribute in the rigth direction for aviation ergonomics in Turkey. As a method; By making a literature study, to the keywords in the research; the publications related to the subject were reached by scanning the books, journals, thesis, databases and reference sources.

Keywords: Aviation, Ergonomi, Ergonomic Risk Factors, Ergonomi While Working in Aircraft.

1. GİRİŞ

Kuruluşlarda insan performansı; verimlilik ve ortaya çıkan ürünün niteliği üzerindeki etkisi sebebiyle önemli bir faktördür. Havacılık operasyonunu gerçekleştirirken işi yapma yöntemi, fiziksel pozisyonlar ve çalışma ortamı, çalışma performansını etkilemektedir. Çalışma ortamındaki eksiklikler ve duruşların uygun olmaması çalışan performansının düşmesine ve kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olmaktadır. Zaman içerisinde kişide isteksizlik, dikkatsizlik, hata ve ihlale açık olma gibi sorunlara yol açmaktadır. Meydana gelen bu olumsuz durumlar can ve mal kaybına kadar uzanabilir. Havacılık sektörünün büyük bir operasyonu olan hava aracı bakımında insan faktörü ve ergonomi bu şartlar altında kritik öneme sahiptir. Hava aracı bakım personelinin uçak üzerinde yaptığı çalışmalarda görülmektedir ki zaman baskısı, stres, dar alanlarda çalışma, uygun olmayan yardımcı teçhizat kullanımı ve daha birçok etmen olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Tarihte uçak bakımından kaynaklı birçok kaza vardır. Hava aracı bakımında yer alan personelin ergonomik açıdan uygun teçhizatla, zihinsel olarak rahat ve stressiz şartlarda çalışması geliyorum diyen kazayı durdurabilmesi son derece önemlidir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada havacılık, ergonomi ve ergonomik risk faktörleri ile ilgili literatür taraması yapılarak uçak bakımda çalışan personelin üzerinde bu kavramların etkileri ve örnekleri incelenmiştir.

2.1. Ergonomi

‘’Ergon’’ Yunancada iş, ‘’Nomos’’ da yasa anlamına gelmektedir. Ergonomide genel manada bu ikisinin bir araya gelmesiyle oluşan İş Bilimi kavramı içerisinde yerini alır (Baygut, 2021). İnsanı anatomik, vücut boyutları, fizyolojik, ruhsal ve sosyolojik açıdan inceleyen, insanın katlanabileceği sınırları tespit eden, yapılan işin o işe uygun olan insanla veya insanın yapılacak olan iş ile uygunluğu araştıran, disiplinlerarası bir bilim dalıdır (İbb, 2020). Çalışmaların rasyonelleştirilmesi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların öncülerinden biri Frederic Winslow Taylor’dur. Taylor’a göre işçiye yapacağı işe uygun olarak eğitim verilmesi verimi artıracak, bununla birlikte işçi için zaman ve hareket biçimi bakımından uygulamalar geliştireceklerdir. Taylor’un diğer amacı ise, daha az yorularak üretimi artırmak ve verimli bir çalışma sağlamaktır (Budak, 1989).

Ergonomi; yaşam standartlarını iyileştirmeyi, işten kaynaklı sağlık problemlerini ortadan kaldırmayı, çalışma ortamının çalışan için uygun tasarlanmasını ve verimli bir çalışma sağlamak için çalışanlarla uyumu sağlamayı amaçlar. Ayrıca çalışma saatlerinin ve dinlenme sürelerinin çalışanların ihtiyaçları

doğrultusunda planlanması, çalışanların fizyolojik özelliklerine uygun ortamın hazırlanması, iş için kullanılan ekipmanların ve onu kullanan kişilerin uygunluğunun sağlanması ergonomik hedeflerdir (Çanakçı, 2020)

2.2. Havacılıkta Ergonomi

İnsan fizyolojisi gereği sınırları olan bir varlıktır. İnsanın verimini etkileyen bu sınırlar, aynı zamanda insanları hata yapmaya açık hale getirmektedir. Literatürdeki birçok akademik çalışmanın sonucuna göre, hava aracı kazaları insan hatalarından kaynaklanmaktadır. İnsan hatalarının en aza indirilmesi, insanların sınırlarını kontrol edebilecek bilincin belirlenmesi özellikle havacılık sektörü için büyük önem arz etmektedir. Çünkü insan, havacılık sektöründe kilit rol oynamaktadır. Havacılıkta insan faktörleri konusu havacılık sektörünün ortak bir paydası haline gelmiştir. Merkezinde insanı barındıran havacılık sektörü için insan ciddi risk teşkil etmekte ve hep bu çerçeveyle bilinç arttırılmaya çalışılmaktadır (Tamer, Ş. 2021). Havacılık sektöründe çalışanların karşılaştığı risk ve tehlikelerden biri de ergonomidir. Ergonomik faktörler, çalışanların kullandığı ekipman ve çalışma ortamıyla ilgili riskler ve tehlikelerdir. Ergonomik riskler ve tehlikeler, uçuş ekibini, bakım ve yer personelinin sağlığını tehdit edebilir ve meslek hastalıklarına yol açabilir (Özkan, 2019).

2.3. Ergonomik Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması

Ergonomik risk faktörleri literatürde 6 temel başlıkta incelenmektedir. Bu faktörler; fiziksel faktörler, bilişsel faktörler, örgütsel faktörler, çevresel faktörler, kişisel faktörler, psikososyal faktörlerdir (Aksüt, G. ve ark., 2020). Fiziksel faktörler, aktivite ve gerçekleşen iş ile ilgilidir. İnsan anatomisini zorlayan ve insanı, anatomisinin dışına çıkaran durumların bütününü kapsar. Duruş bozuklukları, iş yeri düzeni, tekrarlanan hareketler veya bir hareketin sürekli olması, aşırı güç uygulanarak yapılan işler gibi durumlar fiziksel ergonomik risk faktörleri arasındadır. Bir uçak bakım hangarının tehlikelerinden biri de yüksekten düşme tehlikesidir. Uçak bakımı sonrası muayene, hasar tespiti, de montaj, servis işlemleri, modifikasyon, onarım, bakım, onarım, yağlama, ayar faaliyetleri için; gövde, kanatlar, motorlar, yatay ve dikey stabilizatörler üzerinde yapılan çalışmalar sırasında uçağa yanaştırılan kaldırma araçları, platformlar ve merdivenler, bakım sırasında potansiyel bir düşme tehlikesidir. Ekipmanın doğru yerde düzgün kullanılmaması ve bakımının yapılmaması, düşmeler nedeniyle çalışanların yaralanmasına neden olabilir (Nazlıoğlu, 2014).

Uçak üzerinde çalışırken ise yüksekte çalışma, dar alanlarda veya alçak noktalarda eğilme diz bükme gibi tekrarlı hareketlerle bakımı gerçekleştirme, el aletlerini kullanırken doğru noktalardan kavramama ya da yanlış el aleti kullanımı sonucu uygunsuz güçle işi gerçekleştirme fiziksel ergonomik risk faktörlerine örnek olarak verilebilir. Bu risk faktörlerin optimum seviyeye indirilebilmesi için eğitimli, bilinçli, gerekli yerde doğru koruyucu ekipmanı kullanan personele ihtiyaç vardır. Bilişsel faktörler, işin zihinsel boyutu ile ilişkilidir. İş yükü, karar verme, güvenilirlik, eğitim, iş stresi, insan-bilgisayar etkileşimi bilişsel ergonomik risk faktörleri arasındadır (Aksüt ve ark., 2020). Bakım kaynaklarını yönetmek, ekip tarafından güvenli davranışların geliştirilmesinde bir sonraki mantıklı adımdır. Ekibin karmaşık sistemleri yönetmesi için teknik beceriler tek başına yeterli değildir, aynı zamanda bilişsel ve psikomotor beceriler, uçak bakım teknisyenlerinin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlayan etmenlerdir (Mohammadi, 2021).

Bakım teknisyenlerinin performansını etkileyen bilişsel faktörler bilgi işleme, stres, iş yükü, motivasyon, durumsal farkındalık ve takıntılar olarak sıralanabilir. Algılanan faktörlerden birinin arızalanması durumunda teknisyenin performansı olumsuz etkilenebilir ve bu durumlarda uçağın emniyeti ve teknisyenin emniyeti riske girebilir (Güneş ve ark, 2020). Çalışan başkaları tarafından sürekli kontrol altındayken iş faaliyetlerinde karar verme özgürlüğünün olmaması bir risk faktörü olarak kabul edilebilir (Aksüt ve ark., 2020). Yetkili olmayan bir yardımcı teknisyeni ele alalım. Yapılan işin sürekli olarak onaylayıcı bir teknisyen tarafından kontrol ediliyor oluşu stres kaynağı oluşturacak ve karar verme sürecinde etkili olacaktır. Modern dijital çalışma ortamında, özel görevlerin performansı büyük ölçüde dikkat, işleyen bellek, karar verme ve öğrenme gibi bilgi işlemeyle ilgili bilişsel işlev-zihinsel süreçlere bağlıdır. Gereksinimler arasında bilgi ile çalışma, toplama, açıklama ve yeni bilgileri kabul etme bulunur. Ayrıca iş başında öğrenmeyi gerektiren bilişim mesleklerinde önemli bir yere sahiptir (Aksüt ve ark., 2020).

İlk defa görülen bir arızayı giderme sırasında başvurulacak yöntem, pratiklik, kullanılacak el aletleri ve karar verme süreci bakım teknisyeninin yetenekli performansını ortaya koyacaktır. İnsan güvenilirliği, çalışanlar arasında olası kaza ve hastalıkları azaltmaya veya tamamen ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Ayrıca çalışanların yeteneklerinin üzerinde veya altında çalışmasına izin vermemek, güvenilirliği artıran adil bir yaklaşımdır. Bunların neticesinde meslektaşların birbirlerine olan bağlılıkları artacaktır. Uçak bakım operayonlarında kullanılan ekipmanların eksik olması, vardiya düzeninde dengesizlikler, tip kursu ve lisanslandırma hususunda haksız rekabet gibi durumlarda verimlilik azalabilir. Örgütsel faktörler organizasyon ile ilişkilidir. Organizasyonun politikaları, süreçleri ve yapılanmasıyla ilişkili olarak risk faktörleri mevcuttur. Bu risk faktörleri iletişim, ekip kaynak yönetimi, çalışma süreleri, kalite yönetimi, iş rotasyonu, tekrarlı iş ve ekip olarak çalışma gibi faktörler örgütsel ergonomik risk faktörleri arasındadır. Uçak bakımında organizasyon ve ekip olarak çalışmak hayati önem taşımaktadır.

Örgütsel iletişimin ergonomik boyutları, işyeri düzeninin tasarımını ve iletişim ortamının tasarımını içerir. Organizasyonda ofis tasarımı, yerleşim düzeni, teknoloji ağları ve iş gereksinimlerine dayalı olarak ergonomi ilkelerinin uygulanması, yani dünyayı insanlara uygun hale getirmek hem iletişim organizasyonuna hem de insan refahına ve örgütsel hedeflere ulaşılmasına neden olur. Bu nedenle, masa, sandalye, dolap ve ekipman gibi öğeler, mesken kullanımına engel teşkil ederek bir kuruluşun örgütsel iletişim tasarımını etkileyebilir (Aksüt ve ark., 2020). Bir çalışanın işle alakalı tehlikelere maruz kalma riski üç faktöre bağlıdır. Bunlar; risk seviyesi, maruz kalma süresi ve sıklığıdır. İş rotasyonu, maruz kalma süresi ve sıklığı faktörlerini olumlu yönde etkileyebilir. Yeterli dinlenme olmadan uzun çalışma saatleri stres seviyelerini artırabilir, insanların uzun vadeli sağlığını etkileyebilir ve kısa süreli kazalara neden olabilir. Havacılıkta ekip çalışması son derecede önemlidir. Bakımın emniyetli bir şekilde tamamlanması, havacılık operasyonunda görev alan personelin iyi geçinmesine ve uyumuna bağlıdır. Yöneticilerin, çalışanlar arasındaki sosyal ilişkileri güçlendirme çabaları, memnuniyet ve iş performansını artırmada yararlı bir uygulama olacaktır (Aksüt ve ark., 2020).

Çevresel faktörler göz önünde bulundurulduğunda iş ortamının çevre koşullarını iyileştirmeye yönelik adımların atılması, çalışan verimliliğine olumlu etki yapacaktır. Gürültü, istenmeyen ses anlamına gelir. En önemli çevresel faktörlerdendir. Uçakta çalışırken motor çalıştırma, hidrolik testler ve perçinleme işlemleri sırasında gürültüye çokça maruz kalınır. Koruyucu ekipman kullanılmaması durumunda işitme kaybı ve birçok duyu organı ile ilgili rahatsızlığı beraberinde getirir. Bu nedenle gürültülü işlerde çalışırken mümkün olan en düşük gürültü seviyesini yayan uygun çalışma ekipmanlarının seçilmesi gerekmektedir. İklim koşulları açısından fiziksel ve zihinsel aktiviteler için önem arz etmektedir. Hangar ortamında veya apronda çalışırken, standartların altında veya üstünde olan sıcaklık ve nem koşulları, teknisyenlerin duyusal fonksiyonlarında azalma, uyuşukluk, halsizlik, yorgunluk, dikkat azalması, kaygı ve moral bozukluğu gibi durumlara yol açmaktadır. Bu durumlar kaza ve yaralanmaları beraberinde getirme riski taşıdığından, çalışma ortamında uygun koşullar sağlanmalı, uygun olmayan koşullarda çalışılacak ise de gerekli olan koruyucu kıyafet, ekipman çalışma ortamına uygun seçilmelidir. Hangar içerisinde motoru çalıştırılamadığı için uçağın tüm elektrik bağlantısı harici kaynaktan sağlanmaktadır. Yetersiz aydınlatma görsel yorgunluğa neden olmaktadır ve bunun sonucunda çalışanın verimi düşmekte ve hata yapma ihtimali artmaktadır.

Radyasyon, özellikle Tahribatsız muayene (NDT) teknisyenleri için, ciddi uzun vadeli sağlık sorunlarına neden olabilen, genellikle görünmez bir çevresel faktördür. Hangarda karşılaşılan en önemli risklerden biri kimyasal malzemelerin ortaya çıkardığı tehlikelerdir. Havacılık yakıtları, hidrolik sıvılar, yağlar, temizleme solventleri ve boyalar dahil olmak üzere birçok kimyasal, uçak temizleme, yıkama ve kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır. Uçakların mekanik aksamlarında kullanılan hidrolik sıvısı, uçak veya parçalarının temizliğinde kullanılan solvent, aseton ve tiner gibi kimyasalların cilde temasından kaynaklanan alerjiler, kuruluk ve cilt tahrişi meydana gelebilir. Yetersiz havalandırma nedeniyle, kimyasalların uzun süre solunması durumunda mukoza zarlarında ve solunum sisteminde tahrişe, göze sıçrayarak gözlerde tahrişe neden olur. Ayrıca akciğerler, karaciğer ve sinir sistemi üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Uçak yakıtı, yakıt tanklarına bakım ve inceleme için giren teknisyenler tehlikeli olabilir. Yakıt tankları, hareket kabiliyetini azaltan dar bir yerdir. Bir yakıt deposunda çalışmak çok tehlikeli ve zordur. Burada çalışan insanlar yanıcı ve zehirli kimyasallara maruz kalmaktadır. Depoda kalan az miktarda yakıt bile ısının etkisiyle buharlaşabilir. Yakıtın solunması ve buharlaşması yangına neden

olabilir. Hasar giderme işlemi, uçaktan korozyon, çizik, darbe ve aşınma gibi hasarların giderilmesi için yapılır. Bu işlemler sırasında alüminyum tozuna maruz kalma, tozun solunması; Üst solunum yollarında ve gözlerde geçici tahrişe neden olur.

Kişisel faktörler, kendine özgü özellikleri, davranışları ve alışkanlıkları ile ilgilidir. Havacılık operasyonları için önemli olmakla birlikte, ergonomi açısından risk düzeyini artırır. Vücut İstatistikleri; Ağırlığın boyun karesine bölünmesiyle hesaplanır. Havacılık sektöründe ergonomi açısından ele aldığımızda ise kişinin iş performansını önemli derecede düşürebilen bir faktördür. Sürekli bitkinlik, çabuk yorulma, sık terleme, hantallık, hareket kabiliyetinin düşmesi, dar ve kapalı ortamlara sığmama gibi nedenlerden dolayı istenen bir durum değildir. İnsanlar, tüm canlılar gibi bir yaşlanma sürecinden geçerler. Tecrübe kazanmak gibi önemli avantajları olmasına rağmen, havacılık söz konusu olduğunda bazı dezavantajları da beraberinde getirebilmektedir. Yaşlıların fizyolojik ve psikolojik fonksiyonlarında meydana gelen değişiklikler yaşam kalitesini ve çalışma performansını etkilemektedir. Bireyin sağlık durumunun iyi olmasına rağmen, fizyolojik ve bilişsel işlevde gözlenen azalma, normal yaşlanma sürecinin bir gereği olsa da havacılık son derece emniyetli bir operasyon gerektirdiğinden istenmeyen bir durumdur. Aşırı stresli bir sektör olan havacılık sektöründe, çalışanlar arasında sigara kullanımı yaygın bir alışkanlıktır. Zaman baskısı, mobing, kendini yetersiz hissetme, aşırı stres vb. etmenlerin rol oynamasıyla birlikte havacılık sektörü çalışanları kendilerini bu durumlardan uzaklaştıracaklarına inanarak sigara içme ihtiyacı hissederler. Fakat bu durumdan ötürü hem kendi sağlıkları bozulur hem de sık sık molaya çıkma ihtiyacı hissetme, çabuk yorulma, nikotine karşı duyarlılık, nikotin yokluğunda işe kendini verememe gibi durumlarla yaptığı işe de olumsuz bir şekilde yansır.

Havacılık sektörü çalışanları genelde iyi eğitimli insanlar olduğundan, cinsiyet ayrımcılığı görülmez. Ülkemizde sayısı az olmakla birlikte kadın uçak teknisyenleri vardır. Fakat ergonomik açıdan problemli olan bazı yerlerde yaratılışı gereği daha güçlü oldukları için erkek teknisyenler tercih edilir. Örneğin; Kaldırma araçlarının bulunmadığı veya kullanılamadığı bir çalışma ortamında, ağır bir yükün uçağa taşınması veya indirilmesi gerektiğinde genelde teknisyenler tercih edilmektedir. Kişisel faktörlerin bazı dezavantajları olsa da bakım yapılırken solak insanlar, sağ elini kullananlar için uygun olmayan spesifik lokasyonlarda çalışırken daha duyarlı ve etkili olabilirler. Psikososyal faktörler, çalışanların sağlığını, güvenliğini, gelir düzeylerini, yaşamlarını etkileyen, risk altındakilerin işe odaklanmasını azaltan, iş kazalarına ve yararlanmalarına, meslek hastalıklarına ve ekonomik kayıplara neden olan risklerdir (Kocabaş ve ark., 2018). İş stresi, bireyin çalışma ortamından kaynaklanan stresli durumlara verdiği tepkidir. Çalışma ortamı ile ilgili birçok faktör iş stresi ile yakından ilişkilidir. Havacılık aşırı iş yükü, zaman baskısı, vardiyalı çalışma ve yapılacak en ufak bir hatanın büyük sonuçları doğurabilmesinden kaynaklı olarak stresli bir sektördür. İş stresi bireyin özel hayatını ve iş yaşamını etkilemektedir (Kaynak, 2021).

Maaş, değerli hissetme, kariyer gelişimi, arkadaşlık, iletişim, yönetim, sosyal olanaklar ve huzur gibi faktörler iş tatminini etkiler. İşinden memnun olan her çalışan bu memnuniyetini işine yansıtacak, verimlilik artışı şirketin genel performansına da yansıyacak ve böylece şirketin verimliliğinin artmasına etkin bir şekilde katkıda bulunacaktır. Yöneticiler tarafından ergonominin benimsenmesi, teşvik edilmesi, eğitimler düzenlenmesi ve uygulanması ergonomik risk faktörlerinin ortadan kaldırılması için son derece önemli bir etmendir. Çalışanlar aldıkları ücretin yaptıkları işle orantılı olduğunu hissettiklerinde memnuniyetleri yüksektir. Çalışanlar maaşlarını benzer işleri yapan diğerlerinin maaşlarıyla karşılaştırır. Bu karşılaştırmanın sonucu olumlu ise, emeklerinin karşılığını aldıklarını düşünerek gerekli özveri ve gayretle çalışmalarını sürdürürler. Bu karşılaştırmanın sonucu olumsuz ise, adil kültürün oluşmadığını düşünürler ve bunlar beraberinde moral bozukluğu, yeterli sahiplenmeme, aidiyet duygusu kaybını beraberinde getirir (Aksüt ve ark. 2020). ‘’Uçaklar ağırlınca dokümantasyonla uçarlar’’. Bütün planlı ve plansız bakımlar prosedürler ve referanslara uygun olarak yapılır, kaydedilir ve saklanır. Dolaysıyla fiziki yapılan işlerin yanı sıra teknisyenler onlardan daha fazla bilgisayar başında dokümantasyon işleri ile de uğraşırlar. Bilgisayar başında bakım görev kartları, müşterinin talebi doğrultusunda oluşturulan kartlar ve rutin olmayan arıza ve hasarlar sonucunda yazılan kartlar ile ilgili dokümantasyon işlerini yaparken, ergonomik açıdan duruşa, oturuşa, bilgisayar ile aradaki mesafeye

dikkat edilmelidir. Belirli periyotlarla ayağa kalkıp molalar verilmelidir. Yazıcılardan alınan çıktılar, dokümantasyon işini yapan teknisyen tarafından alınmalıdır.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ergonomi tüm diğer çalışma alanlarında olduğu gibi havacılık sektöründe çalışanlar açısından önemlidir. Havacılıkta meydana gelen çoğu hava aracı kaza ve olayına neden olan hatalar ve ihlaller çalışanların performans ve sınırlılıklarından kaynaklanmıştır. Bu nedenle havacılık alanında yapılacak insan faktörleri çalışmalarında ergonomi ile ilgili konular üzerinde yoğunlaşmak bu sınırlılıkları ortadan kaldırmada katkı sağlayacaktır. Özellikle havacılığın geliştiği dönemlerde ergonomi ile ilgili çalışmalar kokpit tasarımı ve pilotların gereksinimleri ile ilgiliydi. Günümüzde hangar ve apron gibi zorlu çalışma koşullarında operasyonların sürekliliğini sağlayan diğer havacılık çalışanları da insan faktörleri ve ergonomi alanlarının odağı hale geldi. Özellikle de fiziksel çalışma zorlukları, yüksekte çalışma gibi nedenlerle hava aracı bakımında çalışanlar ile ilgili yapılan akademik yayınların sayısının artması gerektiği her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu çalışmada da bu alanda yapılan Türkçe çalışmaların azlığı ve çalışılmasının önemli olması nedeniyle konuya temel bir giriş yapılmak istenmiş ve temel kavramlar üzerinde durulmuştur. Hava aracı bakımında ergonomi çalışmaları için temel bir derleme çalışması yapılmıştır.

KAYNAKLAR

Aksüt, G. Eren, T. & Tüfekçi, M. (2020). *ERGONOMİK RİSK FAKTÖRLERİNİN SINIFLANDIRILMASI: BİR LİTERATÜR TARAMASI*. Ergonomi, 3 (3), 169-192. DOI: 10.33439/ergonomi.773896

Baygut, A. (2021). *Soğuk Dövme Yöntemi ile Örnek Bir Ürün Tasarımı, Üretimi ve Tasarımda Ergonominin Rolü.* Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Özel Sayı 2021 (RDCONF), 76-85. DOI: 10.31590/ejosat.1039297

Budak, Y. (1989) *Ergonomiye Genel Bakış*, (Yayın no: 6989) [Yüksek lisans tezi, İstanbul üniversitesi]

Çanakçı, N. (2020) *Havalimanı Yer Hizmetleri Binalarında Temizlik İşlerinin Ergonomik Risk Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi*, (Yayın no: 616298) [Yüksek lisans tezi, Üsküdar Üniversitesi]

Güneş, T., Turhan, U., & Açıkel, B. *İnsan Faktörleri Yetkinliklerinin Hava Aracı Bakım İşletmelerinin Teknisyen Bulma ve Seçme Süreçlerinde Değerlendirilmesi*, Uluslararası İnsan Çalışmaları Dergisi, 3(5), 179-200.

İbb (2020), *Ergonomi:* 10/04/2022 tarihinde İzmir Büyükşehir Belediyesi: https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Dokumanlar/ergnm.pdf adresinden alındı.

Kaynak, İ. (2021). *İş Stresinin Örgüt İçi Çatışmaya Etkisi: Sivil Havacılık Çalışanları Üzerine Bir Araştırma*. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 9 (3) , 647-658 . DOI: 10.18506/anemon.835175

Kocabaş, F., Aydın, U., Canbey Özgüler, V., İlhan, M. N., Demirkaya, S., Ak, N. & Özbaş, C. (2018). *Çalışma ortamında psikososyal risk etmenlerinin iş kazası, meslek hastalıkları ve işle ilgili hastalıklarla ilişkisi. Sosyal güvence*, 0 (14), 28-62. DOI: 10.21441/sguz.2018.68

Mohammadi, S. (2021) *UÇAK BAKIM VE TAMİRİNDE İNSAN FAKTÖRLERİ:* [Lisans tezi, İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ]

Nazlıoğlu, A. (2014) *Havaalanı Bakım Onarım Hangarında Tehlike Kaynaklarının Belirlenmesi ve Kontrol Listesi Hazırlanması,* ANKARA.

Özkan, B. (2019) *Türkiye'deki havacılık sektöründe iş sağlığı ve güvenliği ile emniyet yönetim sisteminin birlikte uygulanmasıyla ortaya çıkan sorunların çözümüne yönelik bir model önerisi* (Yayın no: 568070) [Yüksek lisan tezi, Kocaeli Üniversitesi]

Tamer, Ş. (2021) *Havacılıkta insan faktörünün uçak kazalarına etkisinin incelenmesi*: Tenerife uçak kazası örneği (Yayın no: 685663) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE VE OPERASYONLARINDA GÖREV ALAN PERSONEL

Fatih BOZ
Eskişehir Technical University / Institute of Graduate Programs / Civil Aviation
fatihboz@eskisehir.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0886-0243

Birsen AÇIKEL
Eskişehir Technıcal Unıversıty / Porsuk Vocatıonal School / Department Of Electronıcs And Automatıon / Unmanned Aerıal Vehıcle Technology And Operator Pr
birsena@eskisehir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6067-5697

Özet
Havacılık, teknolojik gelişmeler ile birlikte her geçen gün gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda büyüyen ve gelişen havacılık sektörü ve endüstrisinde havacılık operasyonlarının emniyetli, verimli, etkin ve sürdürülebilir bir biçimde sunulması ve gerçekleştirilmesi için havacılık sektöründe ve endüstrisinde pek çok personele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu personeller insanların ürettiği hava araçları ile uçmak, bu hava araçlarını tasarlamak, hava araçlarının belirli periyotlarla düzenli bakımlarını yapmak, uçuşları planlamak, uçuşları denetlemek, ülkelerin hava sahalarını korumalarını sağlamak, turizm ve ticari faaliyetlerde hava araçlarının emniyetli bir şekilde uçuşunu gerçekleştirmek, uzay ve astronomi alanında çalışmalar yapmak, yolcuların konforlu ve emniyetli şekilde uçmasını sağlamak, uçuş sırasında oluşabilecek olumsuzlukları engellemek, havadaki ve yerdeki uçaklarda meydana gelebilecek kaza-kırım ve acil durumlara müdahale etmek, hava araçlarını temizlemek, eğitimler, konferanslar, sempozyumlar, paneller düzenleyip bilimsel çalışmalar yaparak gerekli havacılık personeli yetiştirmek, havaalanlarındaki yolcu ve eşyaların güvenliğini sağlamak, hızlı ve emniyetli bir ulaşım sağlamakla sorumlu olan meslek gruplarıdır. Bu meslek gruplarıyla ilgili bilgilere tek bir çalışmada rastlanmadığı için bu çalışmada hepsi bir arada verilecektir. Bunun için bu meslek grupları hakkında bir derleme yapılarak alanyazına katkı sağlanması planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, Havacılık Operasyonları, Havacılıktaki Meslekler.

PERSONNEL IN THE AVIATION SECTOR AND OPERATIONS

Abstract
Aviation, along with technological developments, has developed and continues to develop day by day. In the aviation sector and industry, which grows and develops in line with technological developments, many personnel are needed in the aviation industry and industry in order to present and carry out aviation operations in a safe, efficient, effective and sustainable manner. These personnel can fly with human-made aircraft, design the aircraft necessary for flying, regularly maintain the aircraft, plan flights, inspect flights, ensure that countries protect their airspaces, carry out the safe flight of aircraft in tourism and commercial activities, space and commercial activities. to carry out studies in the field of astronomy, to ensure that the passengers fly comfortably and safely, to prevent the negativities that may occur during the flight, to intervene in accidents, crashes and emergencies that may occur in the aircraft in the air and on the ground, to clean the aircraft, to organize trainings, conferences, symposiums, panels and conduct scientific studies. These are occupational groups that are responsible for training aviation personnel, ensuring the safety of passengers and goods at airports, and providing fast and safe transportation. Since information about these occupational groups was not found in a single study, they will be given together in this study. For this reason, a compilation will be made about these occupational groups and contribute to the literature.

Keywords: Aviation, Aviation Operations, Professions in Aviation.

1. GİRİŞ

Hava taşımacılığı sektörü dünya gayri safi yurtiçi hasılasının %3,5'ini oluşturmaktadır. dünya çapında yaklaşık 10 milyon kişi bu sektörde istihdam edilmektedir. Ayrıca sadece doğrudan havacılık sektörü için çalışanlar değil farklı diğer sektörlerde de alt iş grupları yaratmaktadır. Sivil havacılık sektöründe istihdam edilen 10 milyon çalışanın 2,7 milyonu havayollarında; 0,2 milyonu hava seyrüsefer hizmetlerinde çalışmaktadır. Havalimanı işletmeleri için de 0,5 milyon çalışan vardır. Ayrıca 5,6 milyon çalışanda araba kiralama, nakliye, komisyonculuk, gümrük gibi başka işlerde çalışmaktadır. Bunların dışında da 1,2 milyon çalışan sivil havacılık sektöründe hava aracı ve bileşenlerinin tasarımı ve mühendisliğinde çalışmaktadır (Women_and_aviation_Quality_jobs__attraction_and_retention 20200604-24982-g20b0b-with-cover-page-v2.pdf, d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net, Erişim Tarihi: 20.05.2022). Teknolojik gelişmelerle birlikte büyüyen havacılık sektörü artan talebi karşılamak için birçok alanında uzman meslek grupları oluşturmuştur. Bu çalışmanın amacı, yapılacak yazın taraması ve havacılık sektöründeki tüm meslek gruplarıyla ilgili bilgileri tek bir çalışmada toplamak ve bu meslek grupları hakkında bir derleme yapılarak alanyazına katkı sağlamaktır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada havacılık sektöründe ve operasyonlarında görev alan personeller ile ilgili literatür taraması yapılarak, yapılan araştırma sonucunda bu meslek grupları ile bilgilere, görev ve sorumluluklarına yer verilmiştir.

2.1. PİLOT

Kaptan Pilot, uçuş sırasında kokpitte bir uçağın yönetiminden ve emniyetinden birinci derecede sorumlu olan pilottur. Kaptan pilot, havayolu tarafından belirlenir ve havacılık otoriteleri tarafından bu amaç için yetkilendirilmiş özel bir lisansa sahiptir (Hüseyniklioğlu, 2021). Yardımcı Pilot (F/O) ise kaptan pilotun emirlerini yerine getirmektir. Uçuş planına göre gerekli hazırlıkları yapmak ve hava trafik kontrollerini sağlamak diğer görevleri arasındadır (Güler, 2014). Helikopter Pilotu, uçuş sırasında helikopteri kumanda eden ve emniyetli bir şekilde helikopterin uçmasını sağlayan olan kişidir. Ülkelerin hava operasyonları, arama kurtarma faaliyetleri, yangınların söndürülmesi, doğal afet bölgelerinde hizmet, lojistik desteği, insan ve malzeme nakilleri, eğitim faaliyetleri ve turistik manzara gezileri gibi görevleri gerçekleştirirler (Şen, 2020). Turizm, ticari faaliyetler ve sportif havacılık faaliyetleri altında hava aracının emniyetli ve güvenli bir şekilde uçuşunu gerçekleştirmesini sağlayanlar balon pilotlarıdır (Atioğlu, 2014). Ülkemizin Kapadokya Bölgesi'nde yoğun bir şekilde yerli ve yabancı turistlere hizmetler vermektedirler.

Savaş Pilotlarının görevi ülkelerine yönelik bir hava saldırısı veya tehdidi olduğunda ülkemizi korumak ve savunmak, yabancı uçakların hava sahalarına girmesini engellemek ve gerekirse etkisiz hale getirmektir (Ağaşçıoğlu, 2011). Akrobatik Uçuş/Manevra Pilotu: Bir topluluk önünde uygulanan ve gerçekleştirilen gösteri organizasyonlarında akrobasi gösterileri, akrobasi uçakları ile yarışlar, milli bayram ve özel günlerde hava gösterisi amaçlı akrobasi uçuşları gerçekleştirirler (SHT-AKRO, 2022). İHA Pilotu: İlgili işletme tarafından uçuşu idare etmek üzere görevlendirilmiş, uçuşu boyunca İnsansız Hava Aracının her türlü harekâtında uçuş kontrollerini çalıştıran ya da otonom operasyonunu planlayan ve bunların takip edilmesini sağlayan kişidir (SHT-İHA, 2022). Yamaç paraşütü pilotu yüksek bir tepeden koşarak havalanır. Eğimli ve yüksek bir tepeye veya dağa aleni şekilde serilen paraşüt, pilotun koşmaya başlamasıyla hava ile dolar ve pilotla beraber havalanır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2022). Ülkemizde yamaç paraşütü popüler olarak Babadağ Fethiye Muğla, Ali Dağı Kayseri, Nemrut Dağı Adıyaman, Asas Tepesi Kaş Antalya, İnönü C Tepesi Eskişehir'de yapılmaktadır.

2.2. ASTRONOT

Uzayda araştırmalar ve çalışmalar yapar, Uzay ile alakalı bilgiler toplar. Uzaydan ve diğer gezegenlerden örnekler biriktirerek dünyaya getirir. Uzayda yaşam olup olmadığını araştırırlar. Bilimsel araştırmalar ve çalışmalar yaparlar. Uzay şartlarını değerlendirir ve incelerler. İnsanlığın faydasına olacak keşifler yaparlar (NASA; 2006).

2.3. UÇAK MÜHENDİSİ

Üretilecek uçağın tasarım ve ön projelerini hazırlar. Ürünün istenilen kalitede, gerekli olan prosedürler kapsamında, nitelikli ve ihtiyaçları karşılayacak şekilde üretilmesini sağlarlar. Üretim sonrası uçuş deneyimlerini planlar ve uçuşlara bizzat katılarak uçağının fiili işleyişini gözlemler (Uçak Mühendisliği - Herkes İçin Havacılık Derneği (herkesicinhavacilik.com, 2022).

2.4. UÇAK TEKNİSYENİ

Kategori A hava aracı bakım lisansına sahip uçak bakım teknisyeni, bizzat yapmış olduğu planlı küçük hat bakım ve kolay arızaları gidermektedir. Basit hat bakım ve arıza giderme işlemlerinden sonra bakım çıkış sertifikası düzenleyebilme yetkisine sahiptir. Bu bakım Lisansı, gerekli olan modül sınavlarını ve gerekli deneyimi tamamlayan teknisyenlere başvuru yapılması koşuluyla ilgili otorite tarafından tanzim edilmektedir. Yetkisini lisansında işli olan, ilgili uçak tipine göre hava aracı bakım organizasyonu tarafından yetkilendirildiği uçaklarda gerçekleştirdiği işler kapsamında kullanabilir (SHT-66, 2022).

Kategori B1.1 Hava Aracı Bakım Lisansına sahip uçak bakım teknisyeni; uçakların güç ünitelerinde, mekanik ve elektrik sistemleri üzerinde bakım, onarım ve tüm düzeltici faaliyetleri yapma yetkisine sahiptirler. Kendi yetkinliklerine ek olarak aviyonik arızaların tespit edilmesi ve bu arızaları giderme işlemleri hariç, aviyonik sistemlerin kullanılabilir olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla yalnızca basit testler gerektiren aviyonik sistemlerde de çalışabilirler. Ayrıca kategori A Hava Aracı Bakım Lisansına sahip uçak bakım teknisyeninin tüm yetkilerine sahiptir. Kategori B1.1 Hava Aracı Bakım Lisansı, gerekli olan modül sınavlarını ve gerekli deneyimi (İlgili otorite tarafından yetkilendirilen Part 147 kuruluşları için 2 yıl, ilgili otorite tarafından yetkilendirilen tanınan eğitim kuruluşları için 3 yıl, bu okullar ve eğitim kuruluşları dışında kalanlar için 5 yıldır.) tamamlayan teknisyenlere başvuru yapılması koşuluyla ilgili otorite tarafından tanzim edilir. Yetkisini lisansında işli olan, ilgili uçak tipine göre hava aracı bakım organizasyonu tarafından yetkilendirildiği uçaklarda gerçekleştirdiği işler kapsamında kullanabilir (SHT-66, 2022).

Kategori B2 Hava Aracı Bakım Lisansına sahip uçak bakım teknisyeni; uçakların aviyonik ve elektrik sistemleri üzerinde bakım, onarım ve tüm düzeltici faaliyetleri yapma yetkisine sahiptirler. Kendi yetkinliklerine ek olarak mekanik arızaların tespit edilmesi ve bu arızaları giderme işlemleri hariç, mekanik ve güç sistemlerin kullanılabilir olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla yalnızca basit testler gerektiren mekanik sistemlerde de çalışabilirler. Gerekli olan modül sınavlarını ve gerekli deneyimi (İlgili otorite tarafından yetkilendirilen Part 147 kuruluşları için 2 yıl, ilgili otorite tarafından yetkilendirilen tanınan eğitim kuruluşları için 3 yıl, bu okullar ve eğitim kuruluşları dışında kalanlar için 5 yıldır.) tamamlayan teknisyenlere başvuru yapılması koşuluyla ilgili otorite tarafından tanzim edilir. Yetkisini lisansında işli olan, ilgili uçak tipine göre hava aracı bakım organizasyonu tarafından yetkilendirildiği uçaklarda gerçekleştirdiği işler kapsamında kullanabilir (SHT-66, 2022).

Kategori B3 Hava Aracı Bakım Lisansına sahip uçak bakım teknisyeni; Maksimum kalkış ağırlığı 2.000 kilogram veya daha az olan ve kabinde basınç bulunmayan piston motorlu uçaklar üzerinde bakım, onarım ve tüm düzeltici faaliyetleri yapma yetkisine sahiptirler. Kendi yetkinliklerine ek olarak aviyonik arızaların tespit edilmesi ve bu arızaları giderme işlemleri hariç, aviyonik sistemlerin kullanılabilir olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla yalnızca basit testler gerektiren aviyonik sistemlerde de çalışabilirler. Kategori B3 Hava Aracı Bakım Lisansı, gerekli olan modül sınavlarını ve gerekli deneyimi (İlgili otorite tarafından yetkilendirilen Part 147 kuruluşları için 2 yıl, ilgili otorite tarafından yetkilendirilen tanınan eğitim kuruluşları için 3 yıl, bu okullar ve eğitim kuruluşları dışında kalanlar için 5 yıldır.) tamamlayan teknisyenlere başvuru yapılması koşuluyla ilgili otorite tarafından tanzim edilir. Yetkisini lisansında işli olan, ilgili uçak tipine göre hava aracı bakım organizasyonu tarafından yetkilendirildiği uçaklarda gerçekleştirdiği işler kapsamında kullanabilir (SHT-66, 2022).

Kategori C Hava Aracı Bakım Lisansına sahip uçak bakım teknisyeni veya mühendisi; uçakların üs bakımlarının veya hat bakımlarının gerçekleştirilmesi ve tamamlanmasından ardından ‘’CRS’’ (Certificate of Release to Service) yani bakım çıkış sertifikası düzenleme hakkına sahiptir. Kategori C uçak bakım lisansı imtiyazları, uçağın tamamı için geçerlidir (SHT-66, 2022). Onaylayıcı personel olarak gerekli olan deneyimi tamamlayan teknisyenlere veya akademik yolla gerekli sınavları başarı ile

tamamlayan ve gerekli deneyime sahip olan kişilerin başvuru yapması koşuluyla ilgili otorite tarafından tanzim edilir. Kategori B1.1 Lisanslı (Hava Aracı Bakım Teknisyeni – Yapısal), hava aracı yapısında ve komponentlerinde rutin ve rutin olmayan bakım, onarım, tamir, güçlendirme, kontrol, modifikasyon faaliyetlerini yapma yetkisine sahiptir. Uçak yapılarında ki göçüklerin, çiziklerin, çatlakların, korozyonların, oyukların, aşınmaların, dolu hasarlarının, yıldırım hasarlarının, kuş çarpmalarının, ayrılmaların, kırılmaların, kırışıklıkların, kusurların ve yorulma hasarlarının SRM'de (Structural Repair Manuel) yani Yapısal Onarım El Kitabında belirtilen izin verilebilir limitlerini değerlendirir ve düzeltici faaliyetlerini gerçekleştirir. Yapısal Onarım El Kitabı'nda ki gerekli olan prosedürlerin yetersiz olması durumunda üretici ile iletişime geçerek, üreticinin talimatları doğrultusunda düzeltici faaliyetleri gerçekleştirirler. Kategori B1.1 Lisanslı (Hava Aracı Bakım Teknisyeni – Kabin İçi); Birincil sorumlulukları arasında tavan, yan duvar, kokpit ve kapı panellerinin kontrollerini, bakımlarını ve onarımlarını yapmak yer alır. Ek olarak yolcu ve kokpit koltuklarının, mutfakların bakım, onarım ve tüm düzeltici faaliyetlerinin yapılması yetkisine sahiptirler. Döşeme, perde, halı, klozet, bölme duvarları, tuvalet modülleri ve klima kanallarının değiştirilmesi ve onarılmasını sağlarlar (SHT-66, 2022). Hava Aracı NDT Teknisyeni; ürün performansında güvenilmezliğe veya en kötü durumda ürün arızasına yol açabilecek korozyon, çatlaklar, kusurlar ve diğer kusurları tespit etmek için malzemelerin ve bileşenlerin fiziksel özelliklerini inceler. Tahribatsız muayene olarak göz ile muayene, sıvı ile penetrant testi, Manyetik parçacık ile muayene, Radyografik ışınları ile muayene, ultrasonik testler, düşük, orta ve yüksek frekanslar ile girdap akımı testlerini yaparlar ve kusurları tespit ederler (SHT-NDT, 2022). Hava Aracı Boya Teknisyeni; hava araçlarının boyanmasından ve cilalanmasından sorumludur. Hava aracı boyacıları ek olarak hava aracına astar, boya, koruyucu kimyasal ve diğer malzemeleri uygulamak için kullanılacak olan malzemelerinin karışımını hazırlar ve boya işlemini gerçekleştirirler (4 Corner Resources is a Recruiting and Staffing Agency in Orlando, 2022).

2.5. TAKIMHANE PERSONELİ

Takımhane personeli, Uçak bakımında kullanılan ekipmanların, malzemelerin ve kimyasalların kontrolünü yaparlar. İhtiyaç doğrultusunda azalan malzemelerin takibini yapar ve tedarik edilmesi için talep oluştururlar. Takımhanedeki malzemelerin, ekipmanların, havalı ve el aletlerinin tertipli ve düzenli bir şekilde kullanımlarını sağlarlar. Takımhaneden kullanılmak üzere alınan ve kullanıldıktan sonra teslim edilen bütün malzemelerin sistemli bir şekilde takip edilmesi için sistem üzerinden kayıtlarını ve takibini yaparlar. Teknisyenler tarafından sıklıkla kullanılan havalı aletlerin işlevlerini eksizsiz şekilde gerçekleştirebilmeleri için bakımlarını ve yağlamalarını yaparlar.

2.6. UÇAK TEMİZLİK PERSONELİ

Bakım için gelen uçağın kontrollerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için tüm yüzeylerin temizliğini sağlarlar. Ayrıca ticari uçakların uçuşlarının gerçekleştirmesinin öncesinde ve sonrasında uçağı temizlerler. Uçak temizlik personeli görev sorumlulukları arasında kokpitin, yolcu kabininin, tuvaletlerin, mutfakların ve baş üstü kompartmanlarının ve uçağın tüm alanlarının temizlenmesi yer alır. Koltukları temizlerler ve uçuşun gerçekleştirilmesi sonrasında, yolcuların uçak içerisinde bagaj veya başka eşya bırakmadıklarının kontrolünü yaparlar (Atatürk Havalimanı'nın 'zamana karşı yarışan' emekçileri, aa.com.tr, 2022).

2.7. KABİN EKİBİ

Kabin amiri uçuş sırasında yolculara kaliteli ve iyi hizmet verebilmek için kabin ekibinin görevlendirilmesini ve denetimini yapmaktadır. Yolculardan gelen şikayetleri alır ve şikayetleri daha iyi hizmet verebilmek için bağlı olduğu havayolu yetkililerine iletir. Genellikle deneyimli kabin görevlilerinin içerisinden seçilirler Kabin memuru ise hava taşımacılığı yapan şirketlerin yolcu uçaklarında yolcuların emniyeti, güvenliği ve konforundan, yolculara gerekli bilgileri vermekten ve gerektiğinde pilot ve yardımcı pilotların kokpit dışındaki talimatlarını yerine getirmekten sorumludur (Akduman, G. ve ark., 2020).

2.8. HAVA TRAFİK KONTROLÖRÜ

Hava trafik kontrolörü, kendi kontrol sahasındaki onlarca uçağa eş zamanlı olarak hava trafik kontrol hizmeti, telsiz tavsiyesi, pilotlara bilgi ve talimatlar vermekle birlikte, gelişen teknoloji ile birlikte modern teknolojik destek ekipmanlarını da kullanarak, uçakların emniyetli ve düzenli bir şekilde

uçabilmelerini, zamanında kalkışlarını gerçekleştirebilmelerini ve zamanında iniş yapabilmelerini sağlarlar (Turhan, 2001).

2.9. UÇUŞ HAREKÂT UZMANI (DİSPEÇER)

Uçuş harekât uzmanlarının görevleri; Uçuş operasyonlarını planlamak, uçuşu izlemek ve kontrol etmek, sorumlu pilotun talebi üzerine veya gerekirse uçuş seyrini takiben uçuş ekibine bilgi vermek, acil durum bilgilerini gerekli ekiplere iletmek, uçakta herhangi bir kaybolma, saldırıya uğrama, arıza gibi olumsuzlukları sorumlu pilot uyarısı sonrasında gerekli birimlere haber vermektir. Ayrıca uçuş sırasında gerekli olacak yakıt ikmalini yapmak, uçuş için gerekli temizlik kontrollerini yapmak, bagaj ve kargoların uçağa yüklendiğinin takibini yapmak, uçak teknisyenleri ve kabin ekibinin uçuşa hazır olup olmadığını kontrol etmek görevleri arasındadır (Shgm, Havacılık Personeli).

2.10. AIM UZMANI

AIM uzmanları; Ulusal ve uluslararası uçuşların emniyet, verimlilik, etkinlik, düzen, bilgi ve havacılık verilerini belirli standartlar çerçevesinde uygulayan ve hizmet veren profesyonel bir meslek grubudur. Türk hava sahası ve havalimanları ile ilgili tüm havacılık bilgilerini derler ve toparlarlar. İngilizce ve Türkçe olarak AIP formatında (Havacılık Bilgi Yayını) hazırlarlar, yayınlarlar (Shgm, Havacılık Personeli).

2.11. YETKİLİ UÇUŞ TABİPLERİ

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafınca yetkilendirilen sağlık kurum ya da kuruluşlarında çalışabilirler. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafınca kendilerine yetki verilen bölgede ve yetki verilen sınıfa ait uçuş muayenesi yaparlar (Shgm, Havacılık Personeli).

2.12. İŞ GÜVENLİĞİ UZMANI

İşyerinde olumsuz olayların, yaralanmaların, kazaların, yangın, parlama veya patlamaların gerçekleşmeden önlenmesi için mevzuatlara ve kurallara uygun bir şekilde çalışmalar yapmak ve uygulamaları takip etmek, gerçekleşmesi olası risklerin ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir bir seviyeye indirgenmesi için risk değerlendirmesini yapmak, kişisel koruyucu donanımları seçmek, tedarik etmek, kullanımını sağlamak, bakımlarını yapmak, depolamak, test etmek ve bunların sürdürülebilirliğini sağlamak görevleri arasındadır (Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (Başkan Takaoğlu, Z. ve ark., 2018).

2.13. HAVAALANI GÜVENLİK PERSONELİ

Havaalanı Güvenlik Personeli; Kamu ve özel havalimanlarında can ve mal güvenliğinin sağlanması, insan ve eşya hareketliliğinin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi, yangın ve diğer tehlikelerden korunması için gerekli tedbirleri alır, uygular ve denetler. Gümrük Muhafaza Memuru ise havalimanı alanındaki gümrük idarelerinde tüm gümrük ve eşya giriş çıkışlarını kontrol eden ve koruyan kişidir (SİVİL HAVACILIK ŞİRKETLERİ GÜVENLİK YÖNETİMİ, shgm.gov.tr), 2022).

2.14. YÖNETİCİ PERSONEL

Bir havacılık yöneticisi, bir havalimanı, bakım organizasyonu veya havayolundaki tüm günlük operasyon kayıtlarını tutarlar. Denetim programlarını izlerler. Şirketin, otoriteler tarafından yayınlanan ve uyulması gereken tüm talimatlara ve yönetmeliklere uymasını sağlarlar. Acil durum müdahale ekipleriyle çalışırlar. Uçuş, operasyon ve bakım ekiplerini hazırlarlar. Ayrıca personeli yönetimi ve çalışma programlarından sorumludur (Shgm, Havacılık Personeli).

2.15. YER HİZMETLERİ

Follow Me; Hava sahasında uçakların kalkış, varış ve hava sahası içerisinde uçak çekme operasyonları ile birlikte hava sahasına geçici olarak giren araçlara rehberlik ve refakat sağlar. Marshall görevlileri ise pilotlar arasında görsel bir iletişim kurar. Özel kodlanmış, vücut hareketlerini kullanarak yaptıkları işaretler ile pilotlara dönüşe devam et, sağa dön, sola dön, yavaşla, dur, taksiye devam et, motorları çalıştır ve motorları kapat gibi sinyaller vererek, uçağı park pozisyonu alması için park yerine veya piste yönlendirir. Pushback personeli, apronda park pozisyonunda bulunan uçağı, pilotun kuleyle iletişimi sonrasında uygun bulunan konuma çekerler. Ayrıca üs bakım faaliyetlerini gerçekleştirmek için gelen

uçağın hangara çekilmesini veya bakımı biten uçağın aprona çıkarılmasını sağlarlar. Bu operasyon Towcar denilen bir araçla yapılır. Tuvalet Servisi Personeli; Havayolu talimatlarına göre tuvalet servis aracının yanaşması ve çekilmesinden, tuvalet atıklarının boşaltılıp temizlenmesinden ve tuvalet tankının yeniden doldurulmasından sorumludur. Su Servisi Personeli ise havayolu talimatlarına uygun olarak su servis aracını yanaştırır ve çekerler. Havayollarının talepleri doğrultusunda su tanklarını gerekli olan standartları karşılayan içme suyu ile doldururlar. Gerekli yönetmeliklere ve havayollarının talimatlarını uygulayarak su tanklarının boşaltılmasından ve temizlenmesinden sorumludur. Buz Temizleme/Buz Önleme (De/Anti-Icing) Personeli; Havayolu talimatlarına uygun olarak buz çözme işlemlerini ve buzlanma önleyici sıvıların uçak yüzeyine uygunlanmasını sağlarlar. Buz çözücü kimyasal sıvılar kullanarak don, kar ve uçak temizleme işlerini yürütürler. Yakıt İkmali Personeli; Gerekli talimatlarına uygun olarak onaylı yakıt ikmali ve boşaltma aracını yanaştırır, çalıştırır ve çekerler. Yakıt ikmali ve yakıt boşaltma işlemlerinin gerçekleştirilmesi sırasında gözetim ve denetim yaparlar. Uçağı yakıt ikmali ve yakıt boşaltma işlemleri için hazırlar. Uçak yakıt tanklarını boşaltır Tanktan istenen miktarda yakıtın çekilmesini sağlar.

Ramp İkram Hizmetleri Personeli; Uçakta ikram olarak sunulucak olan yiyecek ve içeceklerin yüklemensini, boşaltılmasını ve depolamasını sağlarlar. İkram olarak sunulucak olan yiyecek ve içeceklerin uçak içerisinde bir yerden başka bir yere veya uçaktan bu hizmet için belirlenmiş uygun noktalara taşınmasını sağlarlar. Yük Kontrolü Personeli; Uçak ve ilgili havaalanı binaları arasında uçuş belgelerini taşır ve dağıtır. Apron memuru; Havayolları ve yer hizmetleri kuruluşlarının gerçekleştirmiş olduğu faaliyetleri kontrol ederler. Hata ve düzensizlikleri raporlarlar. Havalimanı apronlarında, apron emniyet standartlarının uygulanmasına ve geliştirilmesine ilişkin kontrolleri ve düzenleyici faaliyetleri yaparlar. Uygunsuzluklar için cezai tedbirler alır ve yaptırımlarda bulunurlar. PAT (Pist, Apron, Taksi yolu) sahalarında yabancı otlara karşı önleyici faaliyetleri kontrol ederler. Havaalanında kuşlara ve vahşi hayata karşı mücadele etmek görevleri arasındadır. ARFF Memurları; ARFF (Aircraft Rescue and Firefighting: Hava Kurtarma ve Yangınla Mücadele) memurları, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) standartlarına göre eğitilirler. Uçakların havada uçuşları esnasında yada park pozisyonunda, taksi yolundayken yerde gerçekleşme olasılığı olan uçak kazalarına, kırımlarına, yangınlarına ve olağan dışı acil durumlara müdahale etmekten sorumludurlar (Shgm, Sht-Yht,2017). Loadmasterlar uçakta taşınacak olan yolcuların veya kargonun uçağın ağırlık merkezi limitleri içerisinde yüklenmesinden ve yerleştirilmesinden sorumlu kişidir. Uçağın uçuşundan önce, uçuş ekibi için gerekli olan belgelerin geçerliliklerinin kontrolünü sağlarlar.

3. SONUÇ

Bu çalışmada havacılık sektörü ve havayolu operasyonlarında çalışan tüm meslek grupları hakkında topluca bilgi aktarmayı hedeflemiştir. Alan yazın taraması yapıldığında havacılık çalışanları ile çoğunlukla pilotlar, hava trafik kontrolörleri ve uçak bakım personeli ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır. Ancak havacılık sektöründe emniyetli, etkin ve verimli uçuş operasyonlarının sürdürülebilmesi için tüm havacılık çalışanlarının zincirin bir halkası olarak düşünmek gerekmektedir. Özellikle havacılık emniyet kültürünün sağlanması için tüm çalışan eşdeğer tutulmalıdır. Yapılacak akademik çalışmalarda da tüm bu meslek gruplarıyla ilgili çalışmalara yer verilmelidir. Tüm bunların yanı sıra her ne kadar Covid-19, ülkeler arası anlaşmazlıklar gibi havacılığı etkileyen krizler yaşansa da havacılığa artan talep durmayacak ve sektör büyüyecektir. Sektörün büyümesi ile havacılık sektöründeki istihdam sayıları krizler sonrasında artacaktır. Bu nedenle de havacılık çalışanları ile ilgili çalışmalar her zaman önemli olacaktır. Bu nedenle bu çalışma meslek gruplarının bir arada verildiği temel bir kaynak niteliğinde olacaktır.

KAYNAKLAR

Ağaşçıoğlu, M.A. (2011). *Hava araçlarının optimum kullanımında pilot seçme sistemleri (PSS) analizi ve bir model önerisi.* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.

AIM Uzmanı | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, shgm.gov.tr), Erişim tarihi: 10.05.2022.

Akduman, G. & Karahan, G. (2020). *Kabin Memurunun Sahip Olması Gereken Yetkinlikler: Sivil Havacılık Kabin Hizmetleri Mezunu İstihdam Edilen Kişilerle Bir Alan Araştırması*. Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi, 1 (1), 7-32.

Atatürk Havalimanı'nın 'zamana karşı yarışan' emekçileri, aa.com.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.

Atioğlu, E. (2014). *Balon pilotluğu ders kitabı*. Ankara, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü; UOD/T-01. ISBNp: 9789754930658.
Başkan Takaoğlu, Z., Çelenk Kaya, E. & Ölmezoğlu İri, N. (2018*). İş Güvenliği Uzmanlarının Yaşadığı Sorunlar*. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 7 (2), 1-9. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/gumussagbil/issue/37874/392536
Güler, K.N. (2014). *Pilotlarda Psikososyal Risklerin Belirlenmesi*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.
Havaalanları Yer Hizmet Türleri ve Detayları, shgm.gov.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.
Helikopter Pilotu Nedir? Ne İş Yapar? | Kariyer.net, Erişim Tarihi: 10.05.2022.
Hüseyniklioğlu, A.O. (2021). *Havacılık sektörünün pilot eğitiminde sürdürülebilir rekabete etkisi*. Journal of Aviation Research, 3(2), 150-172.
https://www.4cornerresources.com, Erişim tarihi:10.05.2022.
IHA_talimati_revizyon3.pdf, shgm.gov.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.
Kabin Memuru | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (shgm.gov.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.
NASA (2006). "Astronaut Fact Book" (PDF). National Aeronautics and Space Administration. Archived from the original (PDF) on 25 October 2007. Retrieved 4 October 2007.
Onaylı Yönetici Personel | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, shgm.gov.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.
Shgm, (2014), *Balonla Havacilik Faaliyetleri Talimati (SHT-BALON):* 14/04/2022 tarihinde: *https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/taslaklar/SHT-BALON_01.09.2014.pdf* adresinden alındı.
Shgm, (2017), *Akrobatik Uçuş Yetkilendirme Esaslari Talimati (SHT-AKRO):* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/taslaklar/SHT-AKRO.pdf adresinden alındı.
Shgm, (2017), *Havalimanlari Yer Hizmet Türleri Ve Detaylari Talimati (SHT-YHT)* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2019/IHA_talimati_revizyon3.pdf adresinden alındı.
Shgm, (2019), *İnsansiz Hava Aracı Sistemleri Talimati (SHT-İHA),* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2019/IHA_talimati_revizyon3.pdf adresinden alındı.
Shgm, *Havacılık Personeli AIM Uzmanı:* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/4143-aim-memuru adresinden alındı.
Shgm, *Havacılık Personeli, Yetkili Uçuş Tabibi:* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/2152-yetkili-ucus-doktoru adresinden alındı.
Shgm, *Havacılık Personeli, Onaylı Yönetici Personel:* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/3901-onayli-yonetici-personel adresinden alındı.
Shgm, *Havacılık Personeli, Havaalanı Güvenlik Personeli:* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/5919-havacilik-guvenligi-personeli adresinden alındı.
Shgm, *Havacılık Personeli, Uçuş Harekât Uzmanı:* 14/04/2022 tarihinde: https://web.shgm.gov.tr/tr/havacilik-personeli/2133-ucus-harekat-uzmani-dispecer adresinden alındı.
Shgm, (2017), *Hava Aracı Bakım Personeli Lisansı Talimatı (SHT-66):* 14/04/2022 tarihinde: *https://web.shgm.gov.tr/tr/preview/4904-sht-66-hava-araci-bakim-personeli-lisansi-talimati* adresinden alındı.
Shgm, (2016), *Sivil Havacılık Tahribatsız Muayene Talimatı (SHT-NDT):* 14/04/2022 tarihinde: *https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/SHT-NDT.pdf* adresinden alındı.
Şen, E. (2020), *Askeri Pilotların Görevleri,* 14/04/2022 tarihinde: havacilikpsikolojisi.net https://blog.havacilikpsikolojisi.net/askeri-pilotlarin-gorevleri/ adresinden alındı.
Turhan, U. (2001). *Hava Trafik Kontrolörlerinin Performansında İş Yükünün Etkileri ve Hava Trafik Kontrolörleri üzerinde Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü ss:121.
Uçak Mühendisliği - Herkes İçin Havacılık Derneği (herkesicinhavacilik.com, Erişim Tarihi: 05.05.2022.
Uçuş Harekât Uzmanı | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, shgm.gov.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.
Women_and_aviation_Quality_jobs__attraction_and_retention20200604-24982-g20b0b-with-cover-page-v2.pdf, d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net, Erişim Tarihi: 1.05.2022.
Yamaç Paraşütü (ktb.gov.tr, Erişim Tarihi:09.05.2022.
Yetkili Uçuş Tabibi | Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, shgm.gov.tr, Erişim tarihi: 10.05.2022.

ENDÜSTRİYEL YAKMA UYGULAMASINA GÖRE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTELERİNİN İNCELENMESİ

Mergengeldi AKMYRADOV
Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
mergenakmuradow@gmail.com

Ersoy KELEBEKLER
Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü
ersoy@kocaeli.edu.tr

Özet
Endüstriyel yakma uygulamalarında brülör kontrol ünitelerinin kullanımı güvenlik, yanma verimliliği, standart (TS EN 746-2) gerekliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Brülör kontrol üniteleri Profinet/ Profibus ve Modbus TCP haberleşme özellikleri sayesinde SCADA sistemlerine kolaylıkla entegre edilebilmektedirler. Brülör kontrol ünitelerinde geçmişe yönelik hata kaydının görülmesi ve alev sinyal seviyesinin görülebilmesi servis ekibine ve kullanıcılara büyük kolaylık sağlamakla birlikte enerjinin daha verimli kullanımını desteklemektedir. Bu makalede alev okuma prensibi, emniyeti süreleri, endüstriyel yakma uygulamaları ve bu uygulamalara özel kullanılan ürün gamlarında yer alan brülör kontrol üniteleri detaylandırılmaktadır. Böylelikle yakma uygulamaları için uzun ömür, enerji verimliliği ve kullanım kolaylığı sağlayan kontrol ünitelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir referans çalışma oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Endüstriyel Fırın, Brülör Kontrol Ünitesi, İyonizasyon ,Emniyet Süresi

GİRİŞ

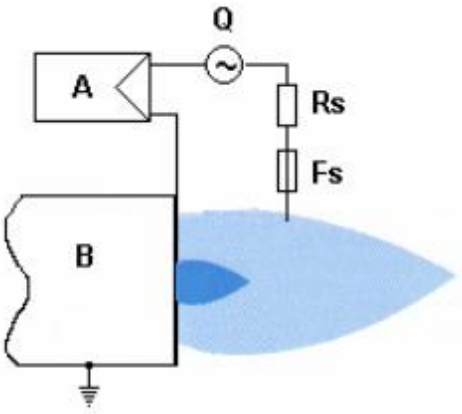
Endüstriyel fırın yakma sistemlerinde fırın tipine göre farklı çeşitlerde yakma uygulamaları kullanılmaktadır. Bu uygulamalara özel olarak tasarlanmış brülör kontrol üniteleri mevcuttur. Brülör kontrol üniteleri belli standartlar gözetilerek insan sağlığına ve çevreye zarar vermemek için yanmanın gözetilmesi amacıyla kullanılması gereken elektronik teçhizatlardır. Genel deyimiyle beyin olarak adlandırılan brülör kontrol üniteleri start programı ve gerekli emniyet fonksiyonlarını da üstlenirler. Beyinlerin yapıları bir elemanın arızası halinde en emniyetli yolu (gaz girişinin kapatılması) seçecek şekilde hazırlanmıştır. Brülör kontrol üniteleri iyonizasyon ile sürekli veya fasılalı kontrol, UV tipine göre fasılalı veya sürekli çalışma imkanı sunar. Cihaz üzerine bağlanabilen PCO optik adaptörü ile bilgisayar arayüzü üzerinden parametre değişimi sağlanabilir. Brülör kontrol üniteleri Profinet/Profibus ve Modbus TCP haberleşme özellikleri sayesinde SCADA sistemleriyle entegre olarak çalışabilmektedirler [1].

Bu çalışmada, brülör kontrol ünitelerinin alev okuma prensipleri, yakma sistemine göre TS EN 746-2 standardını temel alan alev kontrol ve ateşleme süreleri sunulmuştur ve endüstriyel yakma uygulamalarında kullanılan özel ürün gamlarına yer verilmiştir. Böylece yakma uygulamaları için uzun ömür, enerji verimliliği sağlayan ve kullanım kolaylığı getirecek kontrol ünitelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir referans çalışma oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmada, ikinci bölümde alev sinyali algılama prensipleri açıklanmış ve iyonizasyon elektrotunun çalışma prensibi verilmiştir. Üçüncü bölümde, TS EN 746-2 standardına göre başlangıç emniyet süreleri ve brülör kontrol ünitesi zaman diyagramları incelenmiştir. Tekli brülör uygulamalarında brülör kontrol üniteleri ve çoklu brülör uygulamalarında brülör kontrol üniteleri sırasıyla bölüm dört ve bölüm beşte ele alınmıştır. Altıncı bölümde, pilot ve ana brülörün ayrı ayrı kontrol edildiği uygulamalar için brülör kontrol ünitesi sunulmuştur. Çalışma, sonuç bölümüyle sonlandırılmıştır.

İYONİZASYON ELEKTRODU VE ALEV SİNYALİNİN OKUNMASI

Alev (veya ateş), kısmen iyonize bir plazma ortam olarak tanımlanır. Bunula birlikte, alevde bir plazmanın bulunup bulunmadığı, yakılan malzemeye ve sıcaklığa bağlıdır [2]. Herhangi bir iyonize gaz, plazma olarak adlandırılamaz; herhangi bir gazda her zaman küçük bir iyonlaşma derecesi vardır [3]. Bir alevin, bir elektrik plazmasının iyi bilinen özelliklerine sahip olan kısmına “alev plazması” denir ve

sonuç olarak her alev türü bu ayrımı hak etmez [4]. Alevin referanslarda açıklanan iyonlaşma niteliğine bağlı olarak alevin kalitesi veya yanmanın gerçekten gerçekleşip gerçekleşmediği iyonlaşma sonucu ortamda açığa çıkan serbest elektronların neden olduğu iletken ortam kullanılarak kontrol edilebilir. Bu işlem iyonizasyon elektrotu olarak adlandırılan elektronik bir ekipman ile gerçekleştirilir. Alev, gövdesi topraklanmış bir brülör ile iyonizasyon elektrotu arasında doğrultulmuş bir sinyal hattı oluşturan ateşleme ünitesi yapısı Şekil *7*.'de gösterilmiştir. Burada alevin doğrultucu etkisi ve elektriğin iletkenliği ilkesi kullanılır.

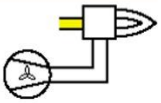
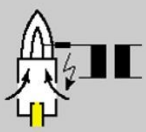


Şekil 7: İyonizasyon Elektrodu Çalışma Prensibi

Burada; A, yükselteç devresini; B, brülörü; Fs, iyonizasyon elektrodunu; Q, alternatif gerilim kaynağını ve Rs, koruyucu direnci göstermektedir. İyonizasyon akımını okumak için kullanılan iyonizasyon elektrodu ısıya dayanıklı birkaç milimetre kalınlığında alüminyum oksitle kaplanmış bir teldir. Brülör kontrol ünitelerinde alev yükselteç devrelerinden elektrot vasıtasıyla sisteme alternatif bir gerilim (180-300V A.C) uygulanır. Böylece iyonizasyon akımı elektrot ile brülör namlusu arasında akmaya başlar. Alevin doğrultucu etkisinden dolayı oluşan DC voltaj brülör kontrol ünitesine iletilir. Bu noktada alevin kalitesi, iyonlaşma kalitesini ve dolayısıyla iletkenliği belirleyerek akan DC sinyalin değerini belirler. İletilen DC akım teknik veriler çerçevesinde değerlendirilir sonrasında brülör kontrol ünitesi "alev var" veya "alev yok " sinyali verir [5]. Yükselteç ve Analog-Dijital Dönüştürücü (ADC) devreleri kullanılarak alev kalitesine belirten mikroamper mertebelerinde ölçülen iyonizasyon sensörü akımı değeri brülör kontrol ünitesi üzerindeki display üzerinden görülebilmektedir.

TS EN 746-2' YE GÖRE BAŞLANGIÇ EMNİYET SÜRELERİ VE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ ZAMAN DİYAGRAMI AÇIKLAMALARI

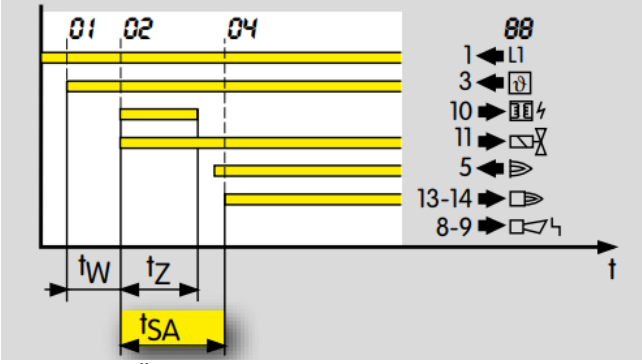
Brülör kontrol ünitelerini seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli unsur emniyet süresidir. Bu ünitelerde kullanılan emniyet süreleri TS EN 746-2 standardı tarafından belirlenir. Şekil *8*'de TS EN 746-2 standardı içerisinde verilen emniyet sürelerini sunulmuştur.

	Kapasite P_N	Emniyet Süresi t_{SA}
	≤ 70 kW	**5 s**
	> 70 kW*	**3 s**
	≤ 350 kW	**10 s**
	> 350 kW**	**5 s**

Şekil 8: TS EN 746-2 emniyet süreleri

TS EN 746-2 standırdına göre yakma hava fanı ile beslenen yakıcılarda 70 kW altında 5 s, 70 kW üstünde 3 sn güvenlik süreli cihaz kullanılmak zorundadır. Brülör havayı fan üzerinden değil de

atmosferden alıyorsa 350 kW altında 10 s güvenlik süresi, 350 kW üstünde 5 s güvenlik süreli cihaz kullanılmak zorundadır [6]. TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş olan Honeywell Kromschröder marka brülör kontrol ünitesine ait 70KW üstü yakma sitemi için örnek zaman diyagramı Şekil *9*'te verilmiştir.



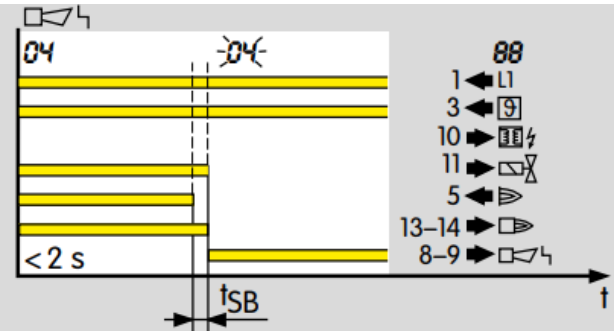
Şekil 9: Örnek çalışma zaman diyagramı

Burada t_W, bekleme süresini; t_Z, ateşleme süresini; t_{SA}, emniyet süresini göstermektedir. t_W bekleme süresi, başlatma sonrası sistemi başlatmadan önceki güvenlik denetlemesini ifade eder. Bu denetleme 1 saniye sürmektedir. Eğer bu denetleme boyunca alev sinyali varsa brülör kontrol ünitesi arıza sinyali üretir. Arıza kaynağı brülör kontrol ünitesinin herhangi bir gaz valfine çıkış vermemesine rağmen sistemin alev sinyali okumasıdır. Yani sistemde kontrol dışı bir alev mevcut demektir. Eğer alev sinyali okunmazsa bir sonraki adıma geçer. t_Z ateşleme süresi, t_W bekleme süresi sonrası t_Z ateşleme süresi ve t_{SA} emniyet süresi başlar. t_Z brülör kontrol ünitesinin kaç saniye boyunca ateşleme sinyalinin aktif edeceğini belirten süredir. Bu süre, t_{SA} süresine göre değişkenlik gösterir.
Şekil ***10***' te t_{SA} süresine göre t_Z süresi sunulmuştur.

t_{SA} [sn]	t_Z [sn]	Ateşleme türü
3	1,8	TZI
5	3	TZI
10	6	TZI

Şekil 10: t_Z ve t_{SA} Süreleri

t_{SA} başlangıç emniyet süresi, brülör kontrol ünitelerinin ana seçim kriteridir. Başlatma sinyali sonrası t_W süresi başlar, t_W süresince harici bir alev algılanmazsa t_Z ve t_{SA} süresi başlar. Bu sürelerin başlamasına istinaden, t_Z süresi boyunca ateşleme çıkışı, t_{SA} süresi boyunca gaz valfi çıkışı aktif olur.
Şekil ***10***'te görüldüğü gibi, t_{SA} üç farklı değer alabilmekte olup bunlar 3, 5 ve 10 saniyedir. t_{SA} emniyet süresi içinde alev sinyalinin okunması beklenir. Eğer alev sinyali okunmazsa brülör kontrol ünitesi arıza sinyali vermelidir. Arızanın giderilebilmesi için reset klemensi üzerinden enerji verilerek arıza resetlenmelidir. Eğer alev oluştuysa brülör kontrol ünitesi devrede sinyali üretir, gaz valf çıkışı başlat sinyali kesilmedikçe veya alev kesilmedikçe aktif olur. t_Z süresi yalnızca t_{SA} süresi ile beraber aktif olur ve sürenin bitmesine müteakip ateşleme trafosu kesinlikle kapatılır. Şekil *11*'te brülör kontrol ünitesi devreye girdikten sonra denetlenen t_{SB} süresini gösteren zaman diyagramı sunulmuştur.



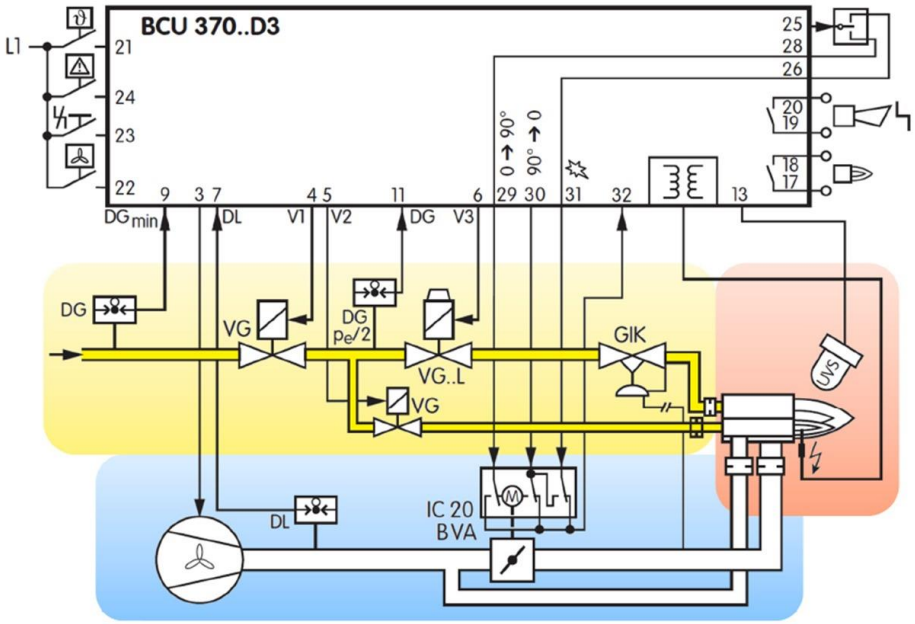
Şekil 11: t_{SB} süresi diyagramı

t_{SB} çalışma emniyet süresi, brülör kontrol ünitesi devrede iken denetlenen süredir. Brülör devreye girdikten sonra eğer alev sinyali kesilirse bu süre devreye girer. Bu sürenin 2 saniyeden fazla olmaması tavsiye edilir. Sistem devrede iken alev kesintisi meydana geldi ve en az t_{SB} süresi kadar alev sinyali okunamadıysa brülör kontrol ünitesi arızaya geçer. Sonraki iki bölümde sırasıyla teki ve çoklu brülör uygulamalarında kullanılan brülör kontrol üniteleri sunulmuştur.

TEKLİ BRÜLÖR UYGULAMALARINDA BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ

Şekil 5' te yer alan uygulama daha çok paket tipi brülörlerde kullanılır. Paket tipi brülörler yakma için gerekli bütün ekipmanları kendi üzerinde barındırır. Örnek olarak, BCU 370 cihazı özellikleri [7]:

- Minimum gaz basıncı kontrolü
- Maksimum gaz basıncı kontrolü
- Hava basıncı kontrolü
- Yakma hava fanı kontrolü
- Hava ayar servomotoru kontrolü
- Önsüpürme
- Gaz valfleri kontrolü
- Çalışma esnasında arıza kilitlemesi veya tekrar ateşleme seçeneği



Şekil 12: Tekli Brülör Uygulaması

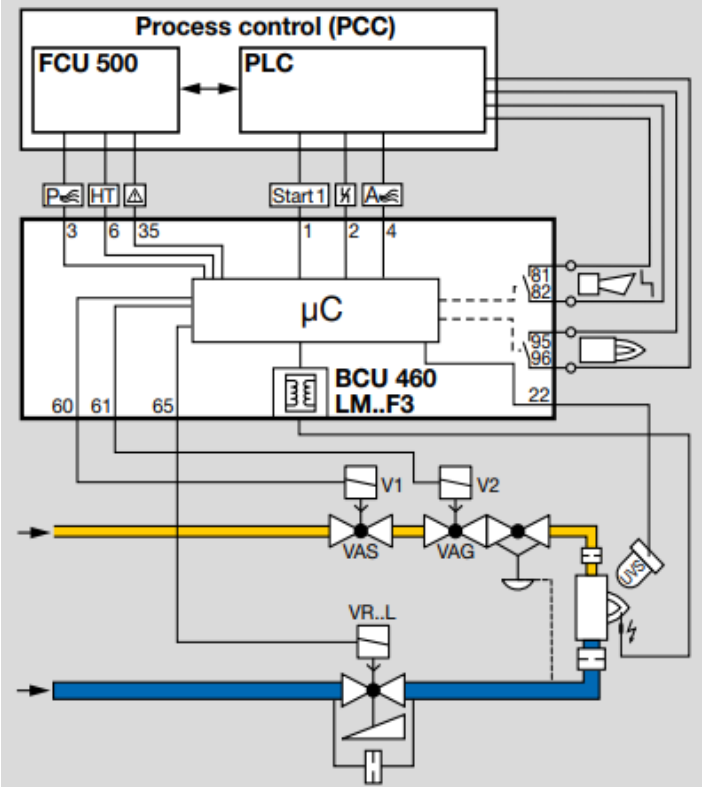
Örnek olarak sunulan TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş tekli brülör sistemine başlat sinyali verilmesine istinaden, hava fanı çalışır, hava fanı çalışması sonrası hava prezostatından çalıştı sinyali alınır. Sonrasında servomotor tam açık pozisyona doğru gider, servomotor tam açıldıktan sonra servomotor maksimum sinyali elde edilir. Servomotor maksimum sinyalinde sonra tanımlı süpürme

süresi boyunca servomotor açık pozisyonda bekler. Süpürme süresinin bitiminde sonra servomotor minimuma gider. Minimum pozisyon sinyalinden sonra servomotor ateşleme pozisyonuna gider sonrasında t_{SA} (başlangıç emniyet süresi) boyunca valfler enerjilenir ve ateşleme denemesi yapar. Eğer alev oluştuysa kontrol bir üst kontrol birimine yani sıcaklık kontrol cihazına/ PLC' ye devredilir.

ÇOKLU BRÜLÖR UYGULAMALARINDA BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ

Yakma sistemlerinde diğer bir uygulama örneği çoklu brülör yapılarıdır. Şekil *13*'de örnek bir çoklu brülör sistemi ve kontrol ünitesi verilmiştir. Çoklu brülör uygulamaları sistem basıncını çalışma basıncına düşüren basınç düşürme sistemiyle donatılmaktadırlar. Bu yüzden bu uygulamalarda gaz basınç prezostatları brülör kontrol ünitesi tarafından denetlenmez. Yakma hava fanı merkezi bir fan olduğu için yakma hava fanı da brülör kontrol ünitesi tarafından denetlenmez. BCU 460/BCU 465 cihazı özellikleri aşağıda sıralanmıştır [8]:

- Hava valfi kontrolü
- Önsüpürme
- Gaz valfi kontrolü
- Bekleme pozisyonunda iken ihtiyaç halinde soğutma
- Çalışma esnasında arıza kilitlemesi veya tekrar ateşleme seçeneği
- Gelişmiş hava kontrolü (BCU 465)



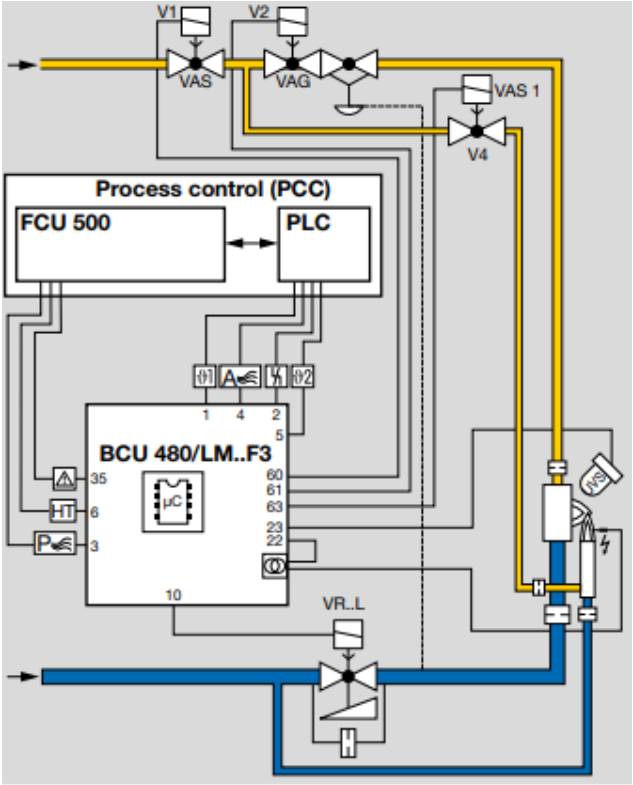
Şekil 13: Çoklu Brülör Uygulaması

Örnek olarak sunulan TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş çoklu brülör sistemi güvenlik şartlarının kontrolü sonrası başlat sinyali verildikten sonra süpürme süresi boyunca hava valfi enerjilenir, süpürme sonrası t_{SA} (başlangıç emniyet süresi) boyunca hava, gaz valfleri enerjilenir ve ateşleme denemesi sağlanır. Eğer alev oluştuysa kontrol bir üst kontrol birimine yani sıcaklık kontrol cihazına/ PLC' ye devredilir.

PİLOT VE ANA BRÜLÖRÜN AYRI AYRI KONTROL EDİLDİĞİ UYGULAMALAR İÇİN BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ

Yakma sistemlerinin bir diğer örneği ise, pilot ve brülörün eş zamanlı ve ayrı iki birim olarak kontrol edildiği yapılardır. Pilot ve ana brülörün ayrı ayrı kontrol edildiği sitem Şekil *14*'da verilmiştir. Ana brülör yandıktan sonra pilot brülörün devrede olduğu sistemlerde, pilot brülör ve ana brülör alevi ayrı ayrı kontrol edilmelidir. Örnek bir ürün olarak pilot ve ana brülör alevini denetleyebilen BCU 480 cihazı özellikleri aşağıda sıralanmıştır [9]:

- 2 ayrı alevi denetleyebilme
- Hava valfi kontrolü
- Önsüpürme
- Gaz valfi kontrolü
- Bekleme pozisyonunda iken ihtiyaç halinde soğutma
- Çalışma esnasında arıza kilitlemesi veya tekrar ateşleme seçeneği



Şekil 14: Pilot Brülör ve Ana Brülör Alevinin Kontrolü

Örnek olarak sunulan TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş pilot ve ana brülör kontrollü sistem, güvenlik şartlarının kontrolü sonrası başlat-1 verildikten sonra gaz valfi enerjilenerek pilot brülör ateşleme denemesi sağlar. Pilot brülörün başarıyla yanması sonrası sistem başlat-2 sinyalini bekler. Sisteme başlat-2 sinyali verildikten sonra süpürme süresi boyunca hava valfi enerjilenir, süpürme sonrası t_{SA} (başlangıç emniyet süresi) boyunca hava, gaz valfleri enerjilenir ve ateşleme denemesi sağlanır. Eğer alev oluştuysa kontrol bir üst kontrol birimine yani sıcaklık kontrol cihazına/ PLC' ye devredilir.

SONUÇ

Yakma uygulamaları için doğru brülör kontrol ünitesinin kullanılması yatırım maliyetlerinin azalması, uzun ömürlü kullanım ve işletmede kullanım kolaylıkları sağlar. Brülör kontrol ünitelerinin Profinet/ Profibus/ Modbus TCP haberleşmesine uygunluğu sayesinde PLC/ SCADA sistemlerine, brülör kontrol ünitesi verilerinin tamamı iletilebilmektedir. Brülör kontrol üniteleri üzerinde değiştirilebilen parametreler sayesinde spesifik bir ürün elde edilir bu da brülör kontrol ünitesi performansını artırarak ısıtma sürecinde yaşanan sıkıntıların ortadan kalkmasını sağlar ve enerji tasarrufuna katkıda bulunur.

Bu çalışmada, brülör kontrol ünitelerinin alev okuma prensipleri, yakma sistemine göre TS EN 746-2 standardını temel alan alev kontrol ve ateşleme süreleri sunulmuştur ve endüstriyel yakma uygulamalarında kullanılan özel ürün gamlarına yer verilmiştir. Böylece yakma uygulamaları için uzun ömür ve kullanım kolaylığı sağlayacak kontrol ünitelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir referans çalışma oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

[1] Noeste K, "Brülör Kontrol Üniteleri", Sanayide ve Konutlarda Doğalgaz Semineri, 2007
[2] Gerald Rogoff, "Plasma and Flames, The Burning Question", Coalition for Plasma Science, 1-2, 2008.
[3] Francis F. Chen, "Introduction to Plasma Science and Control Fussion", Springer, 1984.
[4] A. Von Engel, J.R. Cozens, "Flame Plasma", Advances in Electronics and Electron Physics, Academic Press, 1976.
[5] http://www.eraendustriyel.com.tr/Assets/Documents/01GC-Serisi-Roleler.pdf
[6] Türk Standardı TS EN 746-2, 5.2.5.2.4, 2012.
[7] Honeywell Kromschröder "BCU 370 Technical Information", 2020.
[8] Honeywell Kromschröder "BCU 460, 465 Technical Information", 2020.
[9] Honeywell Kromschröder "BCU 480 Technical Information", 2020.

BRAIN TUMOR PROGRESSION DETECTION WITH DEEP LEARNING AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN PYTHON

Mr. Ghaith Ashqar
Kocaeli University / Institute of Science and Technology, Computer Engineering
Ghayth.mohammed@yahoo.com

Abstract
Determining radiographic progression in primary malignant brain tumors has posed a significant challenge to the neuroncology community. Glioblastoma multiforme (GBM, WHO Grade IV) through its inherent heterogeneous enhancement, growth patterns, and irregular nature has been difficult to assess for progression. Our ability to detect tumor progression radiographically remains inadequate. Despite the advanced imaging techniques, detecting tumor progression continues to be a clinical challenge. Here we review the different criteria used to detect tumor progression.

Keywords Artifical Intellgnce(AI) , Deep Learning ,Machine Learning, Convolutiona Neural Network(CNN), RandomForestClassifier, Algorithms.

1. INTRODUCTION

In recent years there has been growing popularity of Deep Learning in almost every fields where decision making is involved finance, health care, marketing, sales and what not. Deep Learning has shown promising results in the field of healthcare in many areas such as: Disease Diagnosis with Medical Imaging, Surgical Robots, Maximizing Hospital Efficiency. AI healthcare market is expected to reach $45.2 billion USD by 2026 from the current valuation of $4.9 billion USD. Deep learning has been proven to be superior in detecting diseases from X-rays, MRI scans and CT scans which could significantly improve the speed and accuracy of diagnosis.

In this project there was application of Deep Learning and machine learning to detect brain tumors p Progression Detection from MRI Scan images using Residual Network and Convoluted Neural Networks. This automatic detection of brain tumors can improve the speed and accuracy of detecting and localizing brain tumors based on MRI scans. This would drastically reduce the cost of cancer diagnosis and help in early detection of tumors without any human involvement and would essentially be a life saver.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, we have collection includes datasets from 20 subjects with primary newly diagnosed glioblastoma who were treated with surgery and standard concomitant chemo-radiation therapy (CRT) followed by adjuvant chemotherapy. Two MRI exams are included for each patient: within 90 days following CRT completion and at progression (determined clinically, and based on a combination of clinical performance and/or imaging findings, and punctuated by a change in treatment or intervention). All image sets are in DICOM format and contain T1w (pre and post-contrast agent), FLAIR, T2w, ADC, normalized cerebral blood flow, normalized relative cerebral blood volume, standardized relative cerebral blood volume, and binary tumor masks (generated using T1w images). The perfusion images were generated from dynamic susceptibility contrast (GRE-EPI DSC) imaging following a preload of contrast agent. All of the series are co-registered with the T1+C images. The intent of this dataset is for assessing deep learning algorithm performance to predict tumor progression.for machine learning algorhatims the MRI picuers converted to csv file to prepare the dataset to machine learning algorathims. Support Vector Classifier (SVC) linear and Radial Basis Network (RBF) model, Random Forest (RF), Logistic Regression, Decision Tree and nearest neighbors (KNN Network) classifiers were compared according to the Research Community. Models were created and tested using the Python programming language.

2.1 Dataset

The dataset downloaded from Cancer Imaging Archive (TCIA) which is a service which de-identifies and hosts a large publicly available archive of medical images of cancer. TCIA is funded by the Cancer

Imaging Program (CIP), a part of the United States National Cancer Institute (NCI), and is managed by the Frederick National Laboratory for Cancer Research (FNLCR).

2.2. Machine Learning Algorithms

In the study,i used Support Vector Classifier (SVC) linear and Radial Basis Network (RBF) model, Random Forest (RF), Logistic Regression, Decision Tree and nearest neighbors (KNN Network) algorithms

2.2.1. random forest

Random forest (Random Forest, RF) is an approach proposed by Leo Breiman in 2001 [16]. Random forests or random decision forests are an ensemble method for classification, regression, and other tasks that work by generating a large number of decision trees at training time and outputting the class which is the mode of the classes or the average estimate of the individual trees. Random forest solves the problem of overfitting, which is one of the most common problems in traditional decision trees, by dividing both the data set and attributes into many parts and processing them on multiple trees.

2.2.2. k-Nearest Neighbors (K-NN)

k-Nearest Neighbors (K-NN) is a supervised classification algorithm. It takes a group of labeled points and uses them to learn how to label other points. To tag a new point, it looks at the nearest tagged points to that new point, which are its nearest neighbors, and gets the votes of those neighbors. When calculating the closest points, the Euclidean distance is usually taken into account. The choice of the ideal K value varies depending on the data studied. Large K values reduce the noise effect in the classification while reducing the separation of the boundaries between the classes.

2.2.3. Logistic regression

Logistic Regression was used in the biological sciences in early twentieth century. It was then used in many social science applications. Logistic Regression is used when the dependent variable(target) is categorical. Logistic regression is a very powerful modeling tool, it is a generalization of linear regression. Logistic Regression is used to evaluate the probability of a disease or health condition as a function of a risk factor (and covariates). Both simple and multiple logistic regression evaluate the relationship between independent variable(s). It is a model used in binary classification (0 and 1) where the variable is discontinuous. The probability of an event occurring for an a+bx equation is Eq. It is as in 1.

p=$ea+bx/1+ea+bx$ (1)

The logit function, including 1-p, is given in Eq.

logit(p) = ln($p/1-p$) (2)

Logistic regression generates the coefficients of a formula for estimating the logit transform to assess the likelihood of illness or health condition used. Both simple and multiple logistic regression, independent evaluates the relationship between variable(s) . It is a model used in binary classification (0 and 1) where the variable is discontinuous. The probability of an event occurring for an a+bx equation is Eq. It is as in 1.

p=$ea+bx/1+ea+bx$ (1)

The probability of the event not occurring is given in Eq.2, with 1-p being the logit function. logit(p) = ln($p/1-p$) (2)

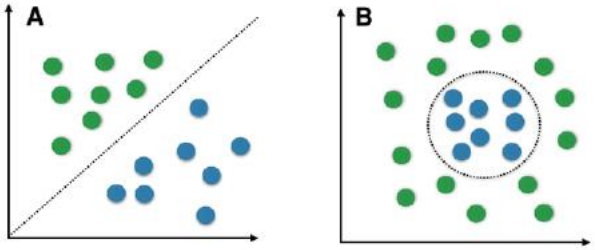
Logistic regression generates the coefficients of a formula for estimating the logit transform

2.2.4 Decision Tree

Decision Tree is a predictive modeling tool that can be applied in many fields. It can be created with an algorithmic approach that can divide the dataset in different ways according to different conditions . Develops the dataset by dividing it into small pieces. It is one of the most used supervised learning algorithms. It consists of tree structure form. It is divided into leaf nodes and decision nodes.

2.2.5 Support Vector Machine

Support Vector Machine is one of the supervised learning methods used in classification problems. Draws a line to separate points placed on a plane and aims this line to be at the maximum distance for the points of both classes. Linear-based SVM is used for linear classification. A radial basis function network (RBF network) is a software system similar to a single hidden layer neural network. Calculates how similar each point is to a particular point, with a normal distribution, and classifies accordingly. We control the width of the scatter with the gamma hyperparameter. The smaller the gamma, the wider the distribution. As in the C hyperparameter, if the model is overfit, we need to decrease the gamma value, and if the model is underfit, we need to increase the gamma value. It is used for nonlinear classifications. Linear and Radial based SVM graphs are shown in the Figure .



2.3 Convolutional Neural Networks

Convolutional Neural Networks also known as CNNs or ConvNets, are a type of feed-forward artificial neural network whose connectivity structure is inspired by the organization of the animal visual cortex. Small clusters of cells in the visual cortex are sensitive to certain areas of the visual field. Individual neuronal cells in the brain respond or fire only when certain orientations of edges are present. Some neurons activate when shown vertical edges, while others fire when shown horizontal or diagonal edges. A convolutional neural network is a type of artificial neural network used in deep learning to evaluate visual information. These networks can handle a wide range of tasks involving images, sounds, texts, videos, and other media. Professor Yann LeCunn of Bell Labs created the first successful convolution networks in the late 1990s.

2.3.1 Convolutional Layer

In convolutional neural networks, the major building elements are convolutional layers. This layer often contains input vectors, such as an image, filters, such as a feature detector, and output vectors, such as a feature map. The image is abstracted to a feature map, also known as an activation map, after passing through a convolutional layer.

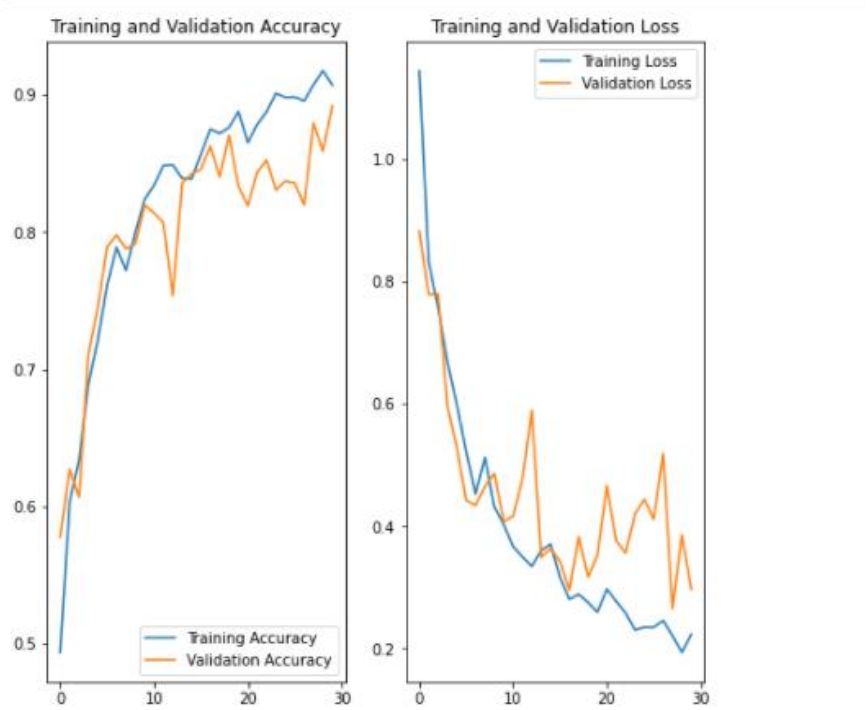
3. RESULTS

Table 7. the Results for deep learning cnn and machine learning algorithms

Algorith	Accuracy%
KNN	78
Logistic Regression	53
Svc	46
Decision tree	97.5
Random forest	97.3
CNN	89

4.EXPERIMENTAL WORKS

The study was performed on a PC with Ubuntu 16.04 and Nvidia GeForce RTX2060 graphics card. The created model (CNN) is trained to batch size 16 and epoch 30. The training took 35 minutes and 32 seconds on the GPU. The graph of the loss functions and accuracy functions for the training set and the validation set at the end of the training is given in Figure 6. As you seen in the Figure 6 that, the validation loss and accuracy is converged when they are reached to the sufficient epoch size.



Acknowledgements

am over helmed in all humbleness and gratefulness to acknowledge my depth to all those who have helped me to put these ideas, well above the level of simplicity and into something concrete. Any attempt at any level can ‘t be satisfactorily completed without the support and guidance of MY parents and friends. I would like to thank my family who helped me a lot in gathering different information, collecting data and guiding me from time to time in making this project, despite of their busy schedules, they gave me different ideas in making this project unique.

References

Khan, M. A., Lali, I. U., Rehman, A., Ishaq, M., Sharif, M., Saba, T., … Akram, T. (2019). Brain tumor detection and classification: A framework of marker-based watershed algorithm and multilevel priority features selection. Microscopy research and technique, 82(6), 909-922

Menze B., Jakab A., Bauer S., Kalpathy-Cramer J., Farahani K., Kirby J., … Leemput K.V. (2015). The Multimodal brain tumor image segmentation benchmark (brats). IEEE Trans Med Imaging, 34(10):1993-2024.

Pereira, S., Pinto, A., Alves, V., Silva, C. A. (2016). Brain tumor segmentation using convolutional neural networks in MRI images. IEEE transactions on medical imaging, 35(5), 1240-1251.

Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention, pp. 234-241, October 5-9, Germany.

Saouli, R., Akil, M., Kachouri, R. (2018). Fully automatic brain tumor segmentation using end-to-end incremental deep neural networks in MRI images. Computer methods and programs in biomedicine, 166, 39-49.

Soltaninejad, M., Yang, G., Lambrou, T., Allinson, N., Jones, T. L., Barrick, T. R., ... Ye, X. (2018). Supervised learning based multimodal MRI brain tumour segmentation using texture features from supervoxels. Computer methods and programs in biomedicine, 157, 69-84.

Soltaninejad, M., Zhang, L., Lambrou, T., Yang, G., Allinson, N., Ye, X. (2019). MRI brain tumor segmentation using random forests and fully convolutional networks. arXiv preprint arXiv:1909.06337.

Thaha, M. M., Kumar, K. P. M., Murugan, B. S., Dhanasekeran, S., Vijayakarthick, P., Selvi, A. S. (2019). Brain tumor segmentation using convolutional neural networks in MRI images. Journal of medical systems, 43(9), 294

KRİTİK DIRAC YARIİLETKEN VE TERMOELEKTRİK KMGBİ KRİSTALİNİN KURAMSAL OLARAK İNCELENMESİ

Bahadır Salmankurt
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Rektörlük / Uzaktan Eğitim Merkezi
bsalmankurt@subu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7611-9647

Hikmet Hakan Gürel
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Bilişim Sistemleri Mühendisliği
hhakan.gurel@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6999-7166

Özet
Bu çalışmada, Dirac yarı metal KMgBi'nin yapısal ve mekanik özellikleri, Yoğunluk Fonksiyoneli Kuramı kapsamında ilk kez ayrıntılı olarak icra edilmiştir. Literatürdeki deneysel örgü parametreleri, elde edilen verilerle uyum içerisindedir. Hesaplanan elastik sabitler, tetragonal yapı için mekanik kararlılık şartını sağlamaktadır. Dolayısıyla, elastik sabitleri, Bulk modülü, B/G oranı, Shear oranı, Possion oranı, Debye sıcaklığı ve en düşük termal iletkenlik değerlerini bulma için kullanmak güvenilir olacaktır. Sonuçlar, malzemenin kırılgan bir özellikte olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, iyonik karakter bağlanma mekanizmasında baskındır ve materyalin en düşük termal iletkenlik değeri ise 0.38 W/mK'dir, ki bu değer termoelektrik malzemeler için uygundur. Bu çalışma, termoelektrik malzemeler ve üç boyutlu Dirac yarı iletkenler için faydalı bilgiler sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı, Termoelektrik, Elastik sabitler

THEORETICAL INVESTIGATION CRITICAL DIRAC SEMIMETAL AND THERMOELECTRIC CRYSTAL KMgBi

Abstract
In this work, the structural and mechanical properties of Dirac Semimetal KMgBi have been executed within Density Functional Theory for the first time in detail. Experimental lattice parameters realized in the literature are in consistent with obtained data. The calculated elastic constants ensure the mechanical stability conditions for tetragonal structure. So, it is reliable to use elastic constants to find out Bulk Modulus, B/G ratio, Shear ratio, Poisson's ratio, Debye Temperature and Minimum thermal conductivity of the material. The results reveal that the material is in brittle manner. Also, the ionic character is dominant in bonding mechanism and, the material has the minimum thermal conductivity of 0.38 W/mK, which is suitable for thermoelectric materials. This work will provide useful informations for both thermoelectric compounds and three dimensional Dirac semimetals.

Keywords: Density Functional Theory, Thermoelectric, Elastic constants

1. GİRİŞ

İlingesel yarı metaller keşfedilmesi, yeni ve eşsiz bir alanın ortaya çıkmasına ışık tutmaktadırlar. Genel olarak, ilingesel yarı metaller, Weyl yarı metali, düğümsel-çizgili yarı metali ve 3 boyutlu Dirac yarı metali (3BDY) olmak üzere üçe ayrılırlar (Young ve ark., 2012). 3BDY, üç boyutlu Grafen olarak da adlandırılır. Ters örgü uzayında, valans ve iletkenlik bantlarının birebirine dokunduğu yerde dört katlı çakışıklığa sahiptir. Bu çakışma noktasından tüm ters örgü uzayı boyunca doğrusal bir band yapısına sahiptirler. Yani, band yapıları, üç boyutta sivri uçları birbirine değen iki koni şeklinde bir yapı oluşturmaktadır. Bu durum ise 3BDY malzemeleri farklı kılmaktadır. Literatürde A_3Bi (A=Na, K, Rb), YAuTe (Y=Na, K, Rb), BaXBi (X=Cu, Ag, Au), CaAgBi gibi malzemeler örnek olarak verilebilir (Du ve ark., 2015; Wang ve ark, 2012; Xu ve ark., 2022). 3BDY'ler, konilerin alacağı şekle göre farklılık göstermektedirler. Bunlar, genellikle, tip 1 ve tip 2 olarak ikiye ayrılırlar. Her iki özelliği gösteren malzemeler ise Kritik 3BDY olarak adlandırılırlar ve KMgBi bunlardan biridir (Le ve ark, 2017). KMgBi malzemesinin bir diğer özelliği de termoelektrik malzemeler için kullanılabilir olmasıdır. Bu kristaller, ısıyı elektriğe ya da elektriği ısıya çevirmede elverişlidirler (Zhu ve ark. 2015). Bu malzemelerin performansı, başarım ölçütü ile belirlenir. Yüksek sıcaklık, yüksek Seebeck sabiti, yüksek

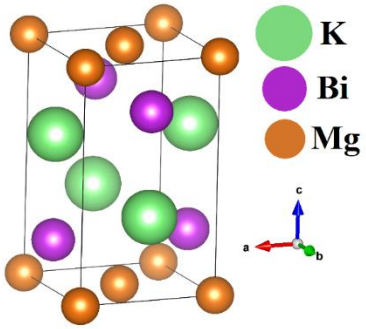
elektrik iletkenliği ve düşük termal iletkenlik gereklidir. Bu çalışmada KMgBi'nin yapısal ve elastik özellikleri yoğunluk fonksiyoneli kuramına dayalı hesaplamalar yapılarak incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Yoğunluk Fonksiyonel kuramına dayalı Quantum-Espresso kodu kullanıldı (Giannozzi ve ark., 2009); Hohenberg ve Kohn, 1964; Kohn ve Sham, 1965). Değiş-tokuş ve karşılıklı etkileşim için Genelleştirilmiş Gradyen Yaklaşımı (GGY), Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE) 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 50 Ry olarak alındı. K noktalar grubu için 10x10x8 tercih edildi. Yük hesabı için Bader yöntemi kullanıldı (Tang ve ark, 2009) Tetragonal kristallerde C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{33}, C_{44} ve C_{66} olmak üzere 6 bağımsız elastik sabit vardır. Bu sabitler, Quantum Espresso ile entegre edilebilen thermo_pw programı ile elde edildi.

3. SONUÇ

KMgBi, basit tetragonal yapıya sahiptir. Birim hücresinde 6 atom mevcuttur. Wycoff grubu 129'dur. K ve Bi atomları, sırasıyla, 2c (0.0, 0.5, 0.66) ve 2c (0.0, 0.5, 0.2) konumlarında bulunurken, Mg ise 2a (0.0, 0.0, 0.0)'yı işgal etmektedir. İlgili kristalin yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Farklı a ve c değerleri bulunarak en düşük enerjili durum elde edildi. Bu duruma karşılık gelen değerler Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca hacim modülü de elde edilmiş olup ilgili tabloda gösterilmiştir. Hacim modülü, malzemenin çepeçevre saran basınç altındaki sıkışmasının bir ölçüsü olarak bilinmektedir.



Şekil 15 KMgBi malzemesinin kristal yapısı

Tablo 1. Örgü parametreleri

KMgBi	***a* (Å)**	***c* (Å)**	***B* (GPa)**
Bu çalışma	4.85	8.37	25.0
Deneysel Çalışma (Zhang ve ark., 2017)	4.8808(4)	8.3765(3)	
Deneysel Çalışma (Vogel ve Schuster, 1979)	4.881	8.382	

KMgBi'e ait elastik sabitler Tablo 2'de verilmiştir. Yapının mekanik olarak kararlılığı, aşağıdaki denklemlerle belirlenir. Şartlar sağlanıyorsa ilgili kristal mekanik olarak tetragonal yapıda kararlıdır.

$$C_{11} > 0,\ C_{33} > 0,\ C_{44} > 0,\ C_{66} > 0,\ C_{11} - C_{12} > 0,\ C_{11} + C_{33} - 2\,C_{13} > 0 \quad (1)$$

Tablo 5. Elastik Sabitler

C_{11}(GPa)	C_{12}(GPa)	C_{13}(GPa)	C_{33}(GPa)	C_{44}(GPa)	C_{66}(GPa)
52.3	11.8	15.0	37.4	15.9	17.0

Tablo 3'de ise Kayma modülü, B/G oranı, Elastilite modülü, Poisson oranı ve Debye Sıcaklık değeri verilmiştir. Kayma modülü plastik deformasyona karşı olan direnci ifade etmektedir. B/G oranı ise kırılganlık ya da esneklik açısından bilgi vericidir (Salmankurt ve Duman, 2017). Bu değer 1.75'in üzerinde ise esnek, değilse kırılgandır. Poisson oranı, kristalin bağlanma doğasını anlamada önem arz

etmektedir. İlgili değerin 0.25'e yakın olması iyonik olduğuna işaret eder. Debye sıcaklığı ise erime noktası ile yakın ilişkilidir. Ayrıca sertlik ile de yüksek koralasyon göstermektedir.

Tablo 6. Kayma modülü (G), B/G oranı, Elastilite modülü (E), Poisson oranı, En düşük termal iletkenlik ve Debye Sıcaklığı

G (GPa)	B/G	E (GPa)	Poisson oranı	Kmin (W/mK)	Debye Sıcaklığı (K)
16.3	1.53	40	0.23	0.38	194

Tablo 4'de Bader yük dağılımı sonuçları verilmiştir. Pozitif değer ilgili atomun elektron kaybettiğini, negatif değer ise ilgili atomun elektron kazandığını göstermektedir.

Tablo 4. Net Bader Yük dağılımları

K	Mg	Bi
+0.71	+1.37	-2.08

4. TARTIŞMA

Tablo 1'de gösterilen sonuçlar deneysel çalışmalarla son derece uyum içerisindedir. Bu farkın %1'in altında olduğu görülmektedir. Bu, bilimsel olarak kabul edilebilirdir ve çalışmanın güvenilirliğini göstermektedir. Hacim modülü 25 GPa olarak bulunmuştur ve bu değer NaCl kristalinin hacim modülü ile aynı mertebededir. Düşük bir değerdir diyebiliriz. Mekanik kararlılık şartı için gerekli olan denklemde ilgili elastik sabitleri değerlerini yerine koyduğumuzda şartın sağlandığı gözükmektedir. Bu sonuca göre ilgili kristal tetragonal yapıda mekanik olarak kararlıdır. B/G oranı 1.75 değerinden düşük olduğu için kristalin kırılgan bir özelliğe sahip olduğu söylenebilir. En düşük termal iletkenlik değeri 0.38 W/mK olarak bulunmuş olup termoelektrik malzemeler için bu değerin uygun olduğu görülmektedir. Elde edilen Debye sıcaklığı değeri de bunu desteklemektedir. Poisson oranı 0.23 olarak bulunduğu için KMgBi'nin bağlanma mekanizmasının iyonik özellikte olduğu söylenebilir. Bu durum Tablo 4'de Bader yük dağılımı sonuçları ile de desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Du, B. Wan, D. Wang, L. Sheng, C. G. Duan and X Wan. 2015. Dirac and Weyl Semimetal in XYBi (X= Ba, Eu; Y= Cu, Ag and Au), Scientific Reports 5(1), p. 1-8.

Garrity, K. F., Bennett, J. W., Rabe, K. M., ve Vanderbilt, D. 2014. Pseudopotentials for highthroughput 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.

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.

Perdew, J. P., Burke, K., ve Ernzerhof, M. 1996. Generalized gradient approximation made simple. Physical Review Letters, 77 (18), 3865

Le, C., Qin, S., Wu, X., Dai, X., Fu, P., Fang, C., Hu, J. 2017. Three-dimensional topological critical Dirac semimetal in AMgBi (A= K, Rb, Cs). Physical Review B, 96(11), 115121.

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.

Vogel, R. ve Schuster, H. U. 1979. New Ternary Compounds of Potassium with Magnesium and Elements of the 5. Main Group. Zeitschrift für Naturforschung B, 34(12), 1719-1721.

Wang, Y. Sun, X. Q. Chen, C. Franchini, G. Xu, H. Weng and Z. Fang. 2012. Dirac semimetal and topological phase transitions in A_3Bi (A= Na, K, Rb), Physical Review B 85(19), pp. 195320.

W. Tang, E. Sanville and G. Henkelman. 2009. A grid-based Bader analysis algorithm without lattice bias, Journal of Physics: Condensed Matter 21(8) pp. 084204.

Xu, W. X., Deng, L., Wang, Z., Chang, J., and Cheng, C. 2022. A comparative study of the structural, electronic, vibrational, dielectric and elastic properties of the two phases CaAgBi through first-principles calculations. Chemical Physics 55(111449), pp 1-8.

Young, S. M., Zaheer, S., Teo, J. C., Kane, C. L., Mele, E. J., Rappe, A. M. 2012. Dirac semimetal in three dimensions. Physical review letters, 108(14), 140405.

Zhang, X., Sun, S., Lei, H. 2017. Narrow-gap semiconducting properties of KMgBi with multiband feature. Physical Review B, 95(3), 035209.

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.

THE EFFECT OF EXPANDED PERLITE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PU PRODUCTS

Cem YİĞİT
Pimsa Automotive - Kocaeli University / Institute of Natural and Applied Sciences / Polymer Science and Technology
Cem.Yigit@pimsa.com.tr

Fatih Demir
Pimsa Automotive
fatih.demir@pimsa.com.tr

Mehmet GÜNAY
Pimsa Automotive
mehmet.gunay@pimsa.com.tr

Aykut AYKAÇ
Pimsa Automotive - Gebze Technical University / Institute of Natural and Applied Sciences/ Material Science and Engineering
aykut.aykac@pimsa.com.tr, ORCID: 0000-0003-1667-4141

Onur ÇOBAN
Kocaeli University / Institute of Natural and Applied Sciences / Polymer Science and Technology
onur.coban@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8965-3459

Abstract
This study, it was aimed to produce PU composites by using the expanded form of the volcanic perlite mineral, where approximately 74% of the world's reserves are located in Turkey. Due to its low density, expanded perlite is mainly used as a filler in building materials technology to provide thermal, acoustic, and fire insulation in lightweight composites, as well as in many different fields such as horticulture and agriculture. Within the scope of this study, expanded perlite was added to the PU with a composition of 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, and 6%. Test plates were prepared by die casting and the changes in the properties of the prepared test plates were examined by mechanical tests, density, viscosity, water absorption test, and abrasion tests. Since these parts are intended for use in automobiles, characterization tests were carried out according to the test standards required for parts used in the automotive industry. As a result of the tests, it has been determined that the perlite effect increases the viscosity, hardness, tear strength, and tensile strength of the PU material and decreases its density.

Keywords: PU, expanded perlite, mechanical properties

1.INTRODUCTION

Polyurethane (PU) is discovered by Otto Bayer in 1937. This discovery opens a new era in the plastic industry. PU is one of the most important polymers. A typical PU includes also aliphatic and aromatic hydrocarbons, esters, ethers, amides, ureas, and isocyanate groups in addition to urethane linkages. PU can be found in different chemical and physical structures. These chemical structures are named thermoplastic PU and thermoset PU. Physical structures are named soft elastomer or foam. (Szycher, 2013) PU has been used as insulation parts in the automotive industry for years. So, PU must have good sound insulation and flammability properties. Porous structures are decreases thermal conductivity and increase thermal insulation. (Jiang et al., 2014) To increase these properties expanded perlite was used in some studies. In one study, researchers mixed expanded perlite and PU in certain ratios and they saw that PU with expanded perlites has better heat insulation properties than pure PU. (Ai et al., 2012) In another study, they also mixed PU and perlite with PU and they saw that PU mixed with perlite has better sound absorption properties than pure PU. (Li et al., 2015) Studies with perlite additives in the literature have generally focused on heat insulation or sound insulation alone. There are very few studies

in the literature, and this study will fill this gap in the literature. In this study, PU and expanded perlites mixed in different ratios and samples are examined.

2.MATERIALS AND METHODS

Polyol, Isocyanate, Expanded Perlite (GENPER) were used in this study. Expanded perlite has 90-110 g/m^3 density, 6-8.5 pH and a particle size of 45-250 µm. The formulation content was determined by laboratory studies. Viscosity (Brookfield Viscometer), Hardness (Shoremeter), Density, Tensile Strength (Instron 3366), and Tear Strength (Shimadzu AGS-H) measurements are done to determine the mechanical properties. All tests were done according to the standards used in the automotive industry; it is shown in Table 1.

Table 1. Standards used in tests

TEST	STANDARD
DENSITY	ASTM D972
HARDNESS	ASTM D213- TK/A
TENSILE STRENGTH	ASTM D412
TEAR STRENGTH	ASTM D624
ELONGATION	ASTM D412

3. RESULTS

3.1. Viscosity

Viscosity properties of different samples were examined in Fig 1. It is clearly seen that when the perlite ratio increases also viscosity increases. The reason is that perlite particles behave as hard segments in the PU matrix and this filler content increases viscosity.

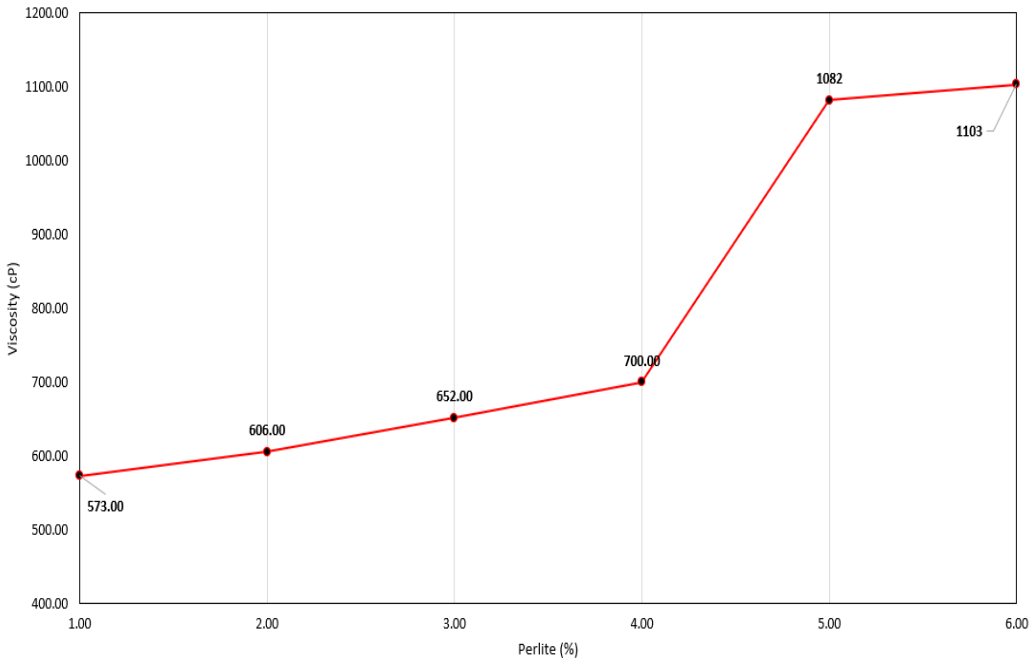


Figure 1. Viscosity measurements of the samples

3.2. Hardness

The hardness of different samples was examined in Fig 2. When the perlite ratio increases hardness of the PU also increases slightly. After %5 perlite hardness decreases because of the agglomeration of perlite particles. So, soft regions increase because of agglomeration.

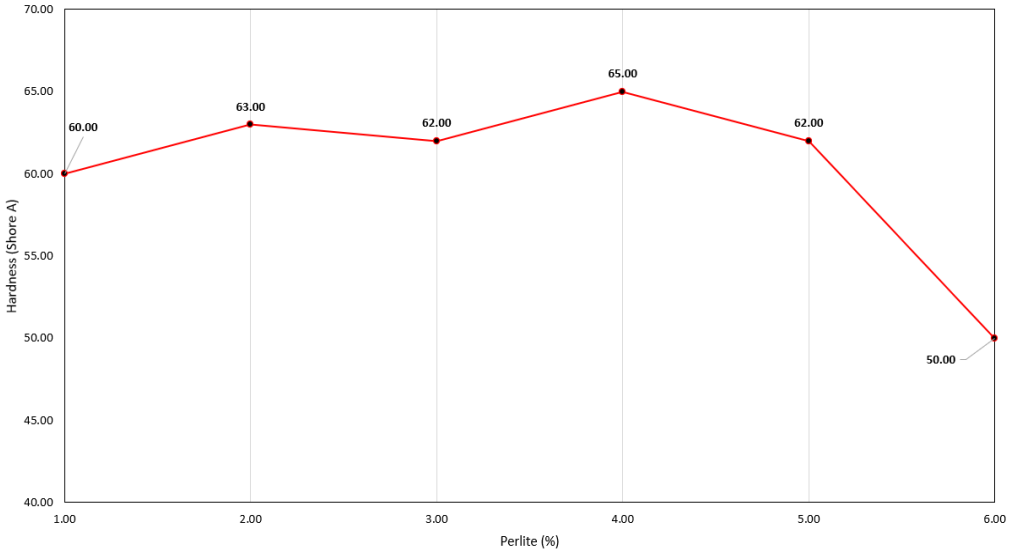


Figure 2. Hardness measurements of the samples

3.3. Density

The density properties of different samples were examined in Fig 3. It is clearly seen that when the perlite ratio is increased density decreases. This decrease is because of the porous structure of expanded perlites. These porosities have air voids in it. These air gaps lead to a decrease in weight and density of perlite particles.

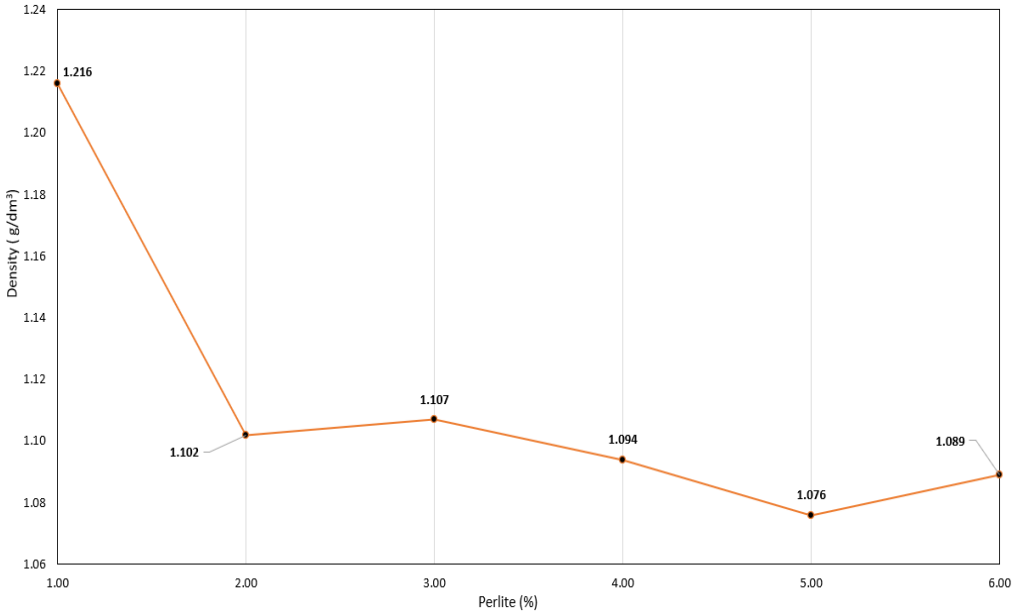


Figure 3. Density measurements of the samples

3.4. Tensile Strength

The tensile strength of different samples was examined in Fig 4. Tensile strength is increased until %4 perlite. After this ratio, tensile strength is decreased. This is because of the little agglomeration of the perlite particles after %4 perlite. This agglomeration creates soft regions which tend to decrease the tensile strength of sample.

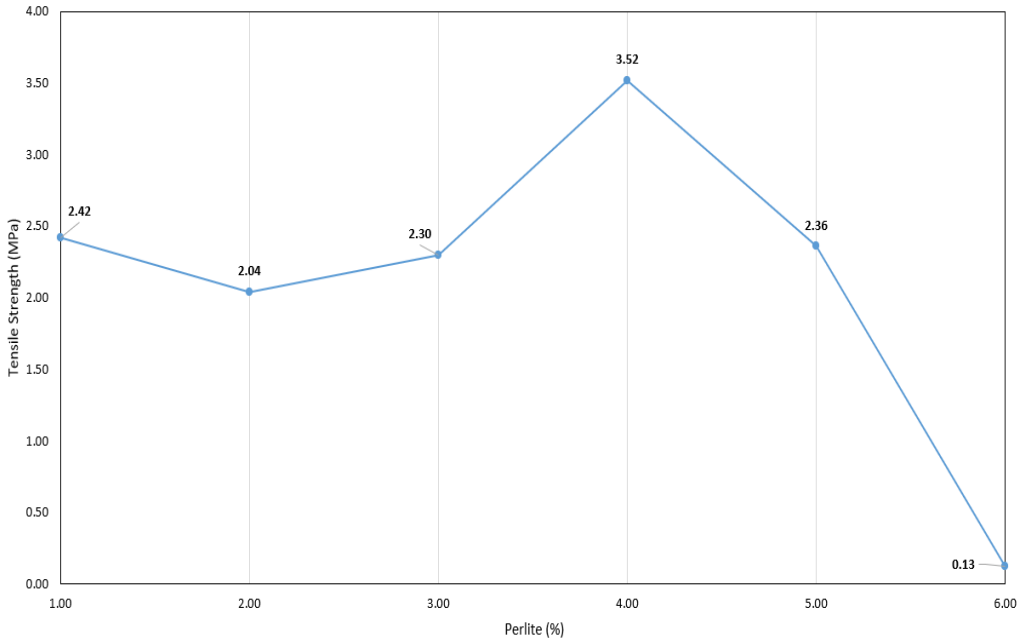


Figure 4. Tensile strength measurements of the samples

3.5. Elongation

The elongation of different samples was examined in Fig 5. Elongation is decreased until %5 Perlite. After this ratio elongation is increased dramatically. This increase is because of the agglomeration of perlite particles. In some regions of PU matrix perlite particles are much more agglomerated than any other region. As a result of this, some regions are soft and some hard. Elongation and crack initiation are easier in hard regions. These combined properties increase the elongation of samples.

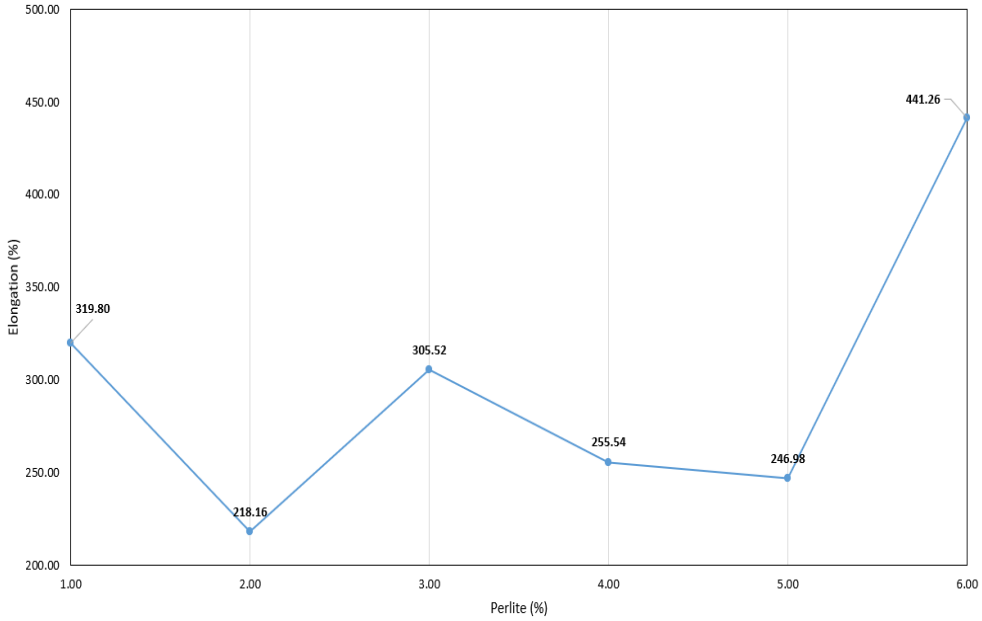


Figure 5. Elongation measurements of the samples

The elongation of different samples was examined in Fig 5. Elongation is decreased until %5 Perlite. After this ratio elongation is increased dramatically. This increase is because of the agglomeration of perlite particles. In some regions of PU matrix perlite particles are much more agglomerated than any other region. As a result of this, some regions are soft and some hard. Elongation and crack initiation are easier in hard regions. These combined properties increase the elongation of samples.

3.6. Tear Strength

The tear strength of different samples was examined in Fig 6. Tear strength is increased until %4 perlite. After this ratio, tear strength is decreased. The unequally agglomerated perlite particles leads soft and hard regions. This inequality after %4 perlite leads to a decrease in tear strength.

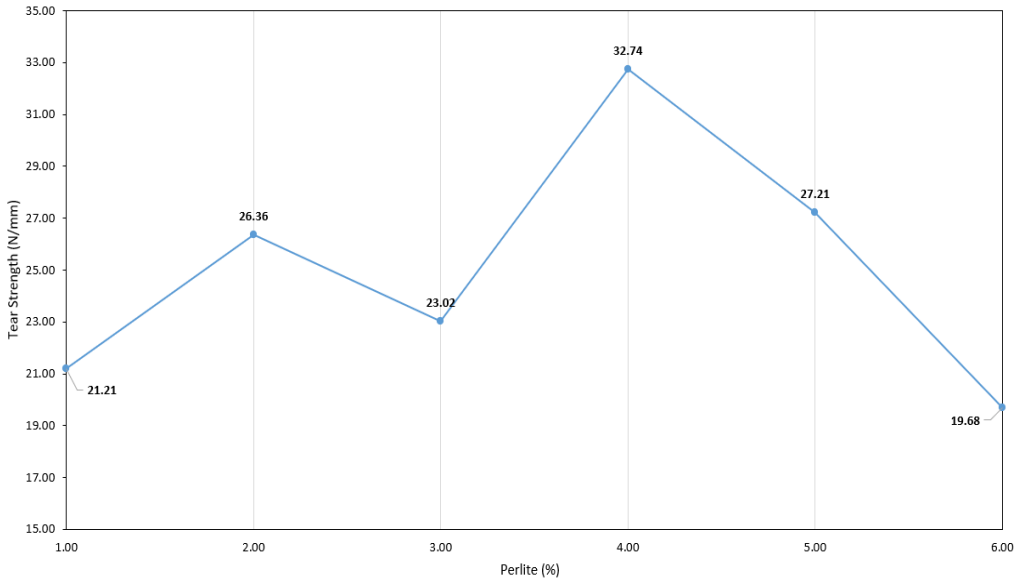


Figure 6. Tear Strength measurements of the samples

3.7. Abrasion

The abrasion properties of different samples were examined in Fig 7. It is clearly seen that when the perlite ratio is increased abrasion is decreased until %3 perlite. After this point, abrasion is increased.

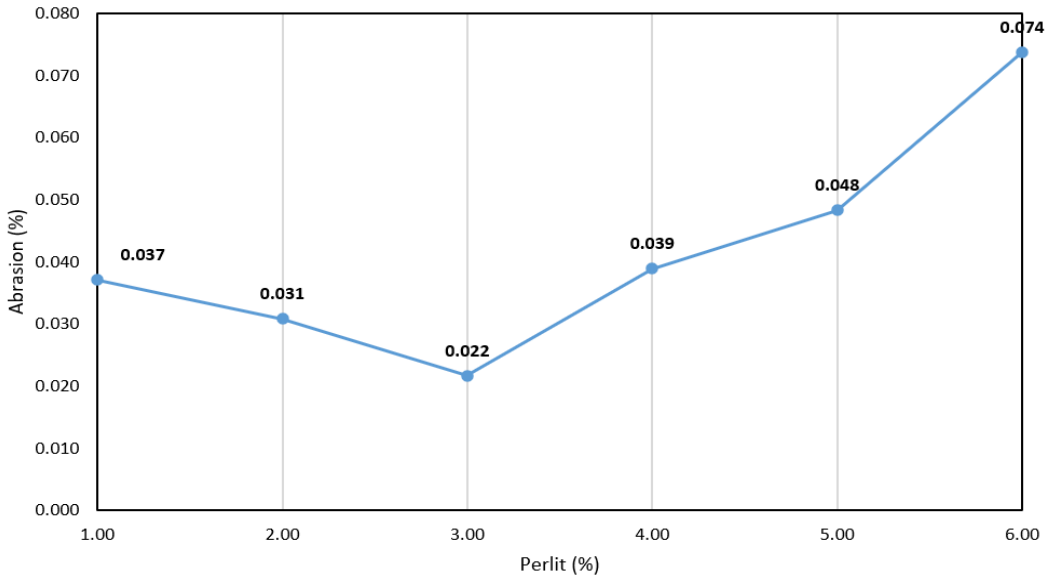


Figure 7. Abrasion measurements of the samples

4. DISCUSSION

Lightweight parts are crucial for the automotive industry. Producing lightweight parts while maintaining mechanical properties is always a challenge. In PU parts expanded perlite is a good choice for overcoming this challenge by decreasing density and increasing mechanical properties such as tear strength, tensile strength, and hardness with lowered weight of PU parts.

5. CONCLUSION

In this study, expanded perlite-PU composites are successfully synthesized. Mechanical properties were determined by tear, tensile, and hardness measurements. In summary, expanded perlite has significant importance on the PU. It influences mechanical properties, density, and viscosity until some ratio. Viscosity, hardness, tensile strength, tear strength increased, and density, elongation and abrasion resistance decreased with perlite addition. Until %4-5 perlite addition perlite particles well dispersed in PU matrix. After %4-5 addition perlite particles begin to be agglomerated in some regions. It leads to decrease in some properties after %4-5 addition. According to our results, the optimum perlite amount is about 4-5% which all properties are equally increased. For further studies, %4 – 5 scale must be much more carefully scanned in order to found optimum perlite amount.

REFERENCES

SZYCHER, M. (2013), *Szycher's Handbook of PUs,* Boca Raton: CRC Press

Ai, M. X., Cao, L. Q., Guo, X. Y., & Zhao, X. L. (2012). Research On Flame Retarded of PU Rigid Foam/Expanded Perlite Thermal Insulation Composites. Advanced Materials Research, 427, 133–138.

Li, T.-T., Chuang, Y.-C., Huang, C.-H., Lou, C.-W., & Lin, J.-H. (2015). Applying Vermiculite and Perlite Fillers To Sound-Absorbing/Thermal-İnsulating Resilient Pu Foam Composites. Fibers And Polymers, 16(3), 691–698

Ai, M. X., Cao, L. Q., Zhao, X. L., Xiang, Z. Y., & Guo, X. Y. (2010). Preparation and Characterization of PU Rigid Foam/Expanded Perlite Thermal Insulation Composites. Advanced Materials Research, 96, 141–144.

Jiang, W., Sundarram, S. S., Wong, D., Koo, J. H., & Li, W. (2014). Polyetherimide nanocomposite foams as an ablative for thermal protection applications. Composites Part B: Engineering, 58, 559–565.

TEK KATMANLI INBİ VE DOPAMİN MOLEKÜLÜNÜN ETKİLEŞİMİNİN MODELLENMESİ

Bahadır Salmankurt
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi / Rektörlük / Uzaktan Eğitim Merkezi
bsalmankurt@subu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7611-9647

Hikmet Hakan Gürel
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Bilişim Sistemleri Mühendisliği
hhakan.gurel@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6999-7166

Yusuf Atalay
Sakarya Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Fizik Bölümü
yatalay@sakarya.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5162-8039

Özet
Bu çalışmada Dopamin molekülünün iki boyutlu bizmut içeren InBi malzemesi ile etkileşimi, van der Waals (vdW) etkileşimi dahilinde yoğunluk fonksiyonel kuramına dayalı hesaplamalı çalışma ile incelenmiştir. InBi, iki boyutlu ilingesel bir malzemedir ve Si(111) yüzeyinde deneysel olarak sentezlenmiştir. Yaptığımız bu çalışmaya göre, etkileşim enerjisi, daha önceden yapılmış ve Grafen ya da h-BN içeren çalışmalara kıyasla çok daha fazladır. Sistemin toplam yükünü değiştirmek etkileşim enerjisini etkilemektedir. Yük ekleme/çıkarma durumları ayrıca InBi malzemesinin ilingesel özelliğini de değiştirmektedir. Ayrıca ilgili molekül-malzeme etkileşimi Green fonksiyonu kuramı göz önüne alınarak da incelendi. Böylece, elektriksel geçirgenlik özelliklerinin de kolaylıkla elde edilmesi mümkün oldu. Elde ettiğimiz sonuçlar, InBi malzemesinin biyosensör uygulamalarında, Dopamin molekülünün algılanması ve sıralanması için güçlü bir aday olduğunu göstermektedir.
Anahtar Kelimeler: Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı, Dopamin, İki Boyutlu Malzemeler, Yükleme, Sinir iletici.

MODELLING OF THE INTERACTION BETWEEN MONOLAYER InBi AND DOPAMINE MOLECULE

Abstract

In this work, the interaction between bismuth containing two dimensional InBi material and Dopamine molecule has been computationally studied within Density functional Theory with Van der Waals (vdW) effect. InBi is an topological insulator and it is experimentally realized on Si(111) surface. According our present calculations, the interaction energy is much higher than the previous theoretical studies which include the interaction of Graphene or h-BN surface with the molecule. Changing the total charge of the system affects the interaction energy, and it is also change the electronic properties of the InBi. Furthermore, the molecule and InBi interaction was also been invenstigated using nonequilibrium Green's function method. Thus, transmission properties can easily be realized. Our obtained results show that InBi is a possible candidate for Dopamine sensing and sequencing biosensor applications.

Keywords: Density Functional Theory, Dopamine, Two Dimensional Materials, Charging, Neurotransmitter.

1. GİRİŞ

Dopamin (DA), özellikle insan merkezi sinir sistemi için ve çeşitli vücut ve beyin fonksiyonlarının yerine getirilmesinde çok önemli bir rol oynayan katekolamin nörotransmitterdir. Motor kontrol, dikkat, motivasyon ve öğrenme üzerinde etkilidir. Ayrıca beynimizdeki ödül ve zevk mekanizması DA molekülünden oldukça etkilenir (Khan ve ark., 2016). Anormal DA düzeyi, huzursuz bacak sendromu,

Parkinson hastalığı, şizofreni ve AIDS (HIV) enfeksiyonu gibi bazı nörolojik bozukluklara neden olabilir. Bunun yanı sıra, Barr ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada DA'nın, erkek ötücü kuşların çiftleşme performansında önemli bir yere sahip olan çıkardıkları sesi de etkileyebileceğini göstermektedir (Barr ve ark., 2021). Bu nedenlerden ötürü DA molekülünü tespit edilmesi için hızlı, doğru, seçici ve duyarlı bir yöntem bulmak önemlidir. Bu kapsamda bugüne kadar DA molekülünün tespiti için kolorimetrik tahlil, yüksek performanslı sıvı kromatografisi, elektrokemilüminesans, floresan-sondalama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Su ve ark., 2012). Ancak bu yöntemlerin karmaşık numune hazırlama ve ön işlem, yüksek maliyet, uzun ölçüm süresi gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır. Bu sınırlamaları ortadan kaldırmak için, elektrokimyasal sensörler, maliyet etkinlikleri, mükemmel hassasiyetleri ve seçicilikleri, hızlı tepkileri göz önüne alındığında DA'nın tespiti için iyi bir seçim olabilir. Burada, nano boyuttaki kalınlıkları, yüksek yüzey/hacim oranlarını, yapısal ve elektronik özellikleri nedeniyle iki boyutlu (2B) malzemeleri bir elektrokimyasal biyosensör olarak düşünülebiliriz. Yukarıda sıraladığımız üstün özellikleri iki boyutlu malzemeleri kimyasal gaz algılayıcı, enerji depolama, elektronik/spitronik cihazlar ve medikal ve biyoalgılayıcı uygulamaları için çok önemli birer aday haline getirmektedir.

Bu çalışmamızda 2B malzeme olarak InBi yapısı üzerine odaklandık. 2B yapılara ilgi Grafen (GR) ile başladı. GR, tek tabaka bir C atomlarından oluşan bir yapıdadır (Geim ve Noveselov, 2007). Bir altıgen bal peteği şeklinde düzenlenmiş tek bir atom kalınlığındadır ve sp^2 hibritleştirilmiş orbitallere sahiptir. GR, mükemmel termal ve elektriksel iletkenlik, olağandışı mekanik esneklik gibi üstün özelliklere sahip olduğu için bilim adamları arasında ünlü olmuştur. Bunun yanı sıra, GR büyük optik ve elektrokimyasal özelliklerinin yanı sıra biyomolekülleri tutma etme yeteneği de göstermektedir. Öte yandan InBi, 2B ilingesel yalıtkan olarak bildiğimiz şekliyle Si (111) yüzeyinde deneysel olarak sentezlenmiştir ve bu nedenle de algılama cihazlarına uygulanabilir (Dang ve ark., 2019).

Bu çalışmamızda InBi ve DA molekülü ile etkileşim mekanizmasını göstermek için hesaplamalı bir çalışma gerçekleştirdik. DA molekülünün hassas ve seçici tespiti için InBi tek katmanlı tabakasının etkin bir şekilde kullanılabileceğini tespit ettik ve gösterdik. Ayrıca, sistemin toplam yükünü değiştirmenin etkisi sunulmuş ve tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

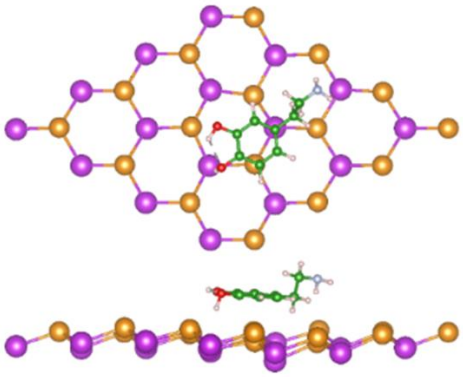
Tüm hesaplamalar Yoğunluk fonksiyonel kuramına dayalı Siesta programı ile gerçekleştirildi (Soler ve ark., 2002). Değiş tokuş potansiyeli olarak GGA-PBE yöntemi kullanıldı (Hohenberg ve Kohn, 1964; Kohn ve Sham, 1965). Ayrıca uzak mesafeli etkileşimleri tanımlamak için Grimme (vdw-D2) yöntemi kullanıldı (Grimme, 2006). 4x4'lük süper hücre kullanılan yapı CG yöntemi ile optimize edildi. Ters uzay integralini tanımlamak için 3x3x1 lik k noktalar grubu tanımlandı. Birbirine komşu hücrelerin birbirleri ile etkileşimini en aza indirmek için z yönünde yaklaşık 20 Å boşluk oluşturuldu. Elektronik transport özelliklerini hesaplamak için Green fonksiyonu yöntemi TranSiesta kodu ile gerçekleştirildi (Papior ve ark, 2017). Elektronik yük yoğunluğunun kesme enerjisi 250 Ry olarak alındı. Methfessel-Paxton (MP) yöntemi 300 K ile kullanıldı. Enerji yakınsama toleransı, iki ardışık yineleme arasında 10^{-6} eV olarak alındı. Sistemin elektronik bant yapısının hesaplanması için 60 k noktası kullanıldı.

3. SONUÇ

DA ile InBi yüzeyi etkileşiminin en kararlı durumunu bulmak adına DA molekülü farklı yönelimleri üzerinde çalışıldı. En kararlı durum ise Şekil 1'de gösterilmektedir. Etkileşim enerjisi bu kararlı durum için aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı.

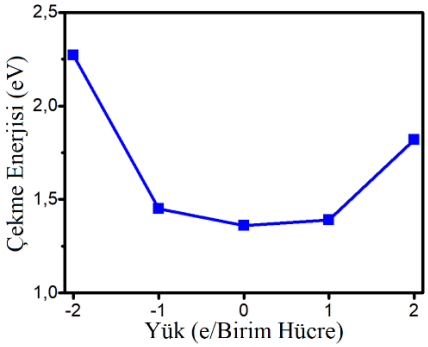
$$E_B = E_{(Toplam)} - E_{(Molek\ddot{u}l)} - E_{(InBi)} \quad (1)$$

Burada E_B, etkileşim enerjisi, $E_{(Toplam)}$ tüm sistemin enerjisi, $E_{(Molek\ddot{u}l)}$ sadece DA molekülünün enerjisi ve $E_{(InBi)}$ ise sadece InBi yüzeyinin toplam enerjisidir. Hesaplama sonucunda etkileşim enerjisi -1.36 eV olarak bulundu.



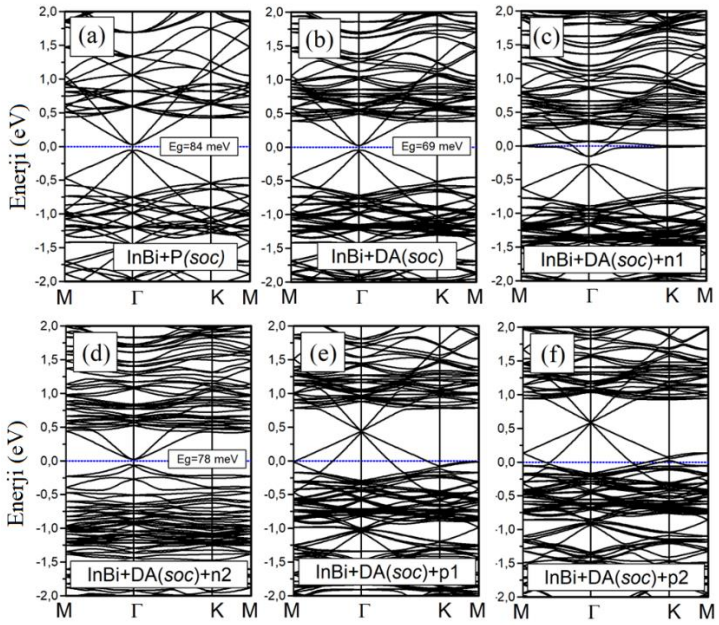
Şekil 16 InBi ile DA molekülünün en kararlı yapısını göstermektedir. Turuncu, mor, yeşil, mavi, pembe ve kırmızı renkler sırasıyla In, Bi, C, N, H ve O atomlarını temsil etmektedir.

En kararlı durum elde edildikten sonra sistemin yük ekleme ve çıkarma ile değişimi incelendi. Birim hücredeki net yük (-2) ile (+2) arasında değiştirildi ve farklılıklar hesaplandı. Etkileşim enerjisi, 'çekme' adı verilen bir yöntem ile bulundu. Bu yöntemde ilgili molekül adım adım yüzeyden uzaklaştırıldı (Gürel ve Salmankurt, 2017; Gürel ve Salmankurt, 2020; Gürel ve Salmankurt, 2021). Sistemin toplam enerjisindeki değişim sıfır olana kadar uzaklaştırma işlemine devam edildi. Son durum ile en kararlı durum arasındaki enerji farklı bizlere çekme enerjisini ya da etkileşim enerjisini vermektedir. Bu işlemlerin sonucunda çekme enerjisinde meydana gelen değişim Şekil 2'de gösterilmiştir.



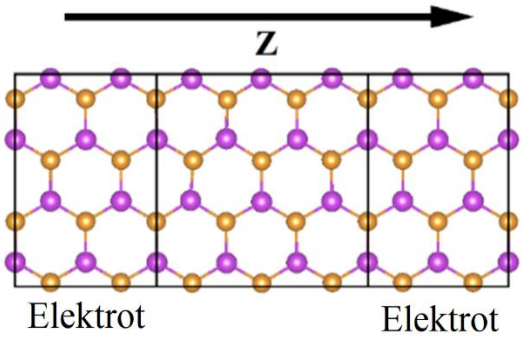
Şekil 17 Birim hücredeki net yük değişimine göre çekme enerjisinin değişimi

Net yükteki değişimin elektronik band yapılarına göre değişimi ise Şekil 3'de gösterilmiştir.



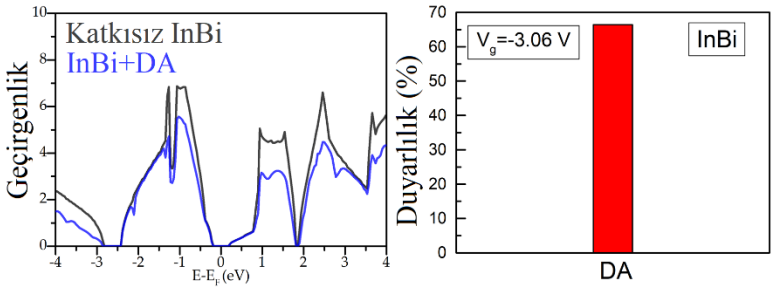
Şekil 18 Elektronik band yapısı. Spin-yörünge etkileşimi soc ile ifade edildi. p1 ve p2 sırasıyla birim hücrede net yükün (+1) ve (+2) olmasını ifade etmektedir. n1 ve n2 ise (-1) ve (-2)'yi ifade etmektedir. InBi+P sadece InBi yüzeyinin band yapısını göstermektedir.

Şekil 3-(a)'da görüldüğü üzere band yapıları incelendiğinde saf haldeki InBi'nin band aralığı 84 meV olarak hesaplanmıştır. InBi'nin DA molekülü etkileşiminde ise bu değer 69 meV'dur. Şekil 3-(c), (e) ve (f)'de görüldüğü üzere farklı düzeyde elektron ekleme ve çıkarma durumlarına göre InBi +DA sistemi iletken hale geçebilmektedir.
Son olarak sistemin transport özellikleri incelendi. Burada oluşturulan yapı Şekil 1'deki birim hücreden farklıdır. İki elektrot ve bir ara bölgeden oluşturulan bu yapıda elektrotlardan birinden diğerine elektronun geçme olasılığı üzerinde çalışılmaktadır. Bu olasılığa geçirgenlik ile belirlenir.



Şekil 19 İki elektrot ve bir ara bölgeden oluşturulan yapı

Geçirgenlikle ilgili elde edilen sonuç ise Şekil 5'de gösterilmektedir. Uygulanan farklı voltaj değerine karşılık farklı geçirgenlik değeri elde edilmiştir. Ayrıca karşılaştırma yapmak adına DA molekülünün bu yapı ile etkileşim sonucu da paylaşılmıştır. DA molekülü, iki elektrotun arasındaki ara bölge ile etkileştirilmiştir.



Şekil 20 Geçirgenlik ve duyarlılık durumları

Şekil 5'de gösterilen bir diğer ifade ise duyarlılıktıktır ve aynı gerilim altında molekülün geçirgenlikte ne gibi değişimlere neden olacağını göstermektedir.

4. TARTIŞMA

DA ile InBi'nin etkileşim enerjisi oldukça büyüktür ve dolayısıyla DA molekülünün tespiti için InBi yüzeyi faydalı olabilir. Yük ekleme ve çıkarma durumlarında çekme enerjisinin arttığı gözlemlendi, dolayısıyla sistemin net yükü değiştirilerek molekülün etkileşim enerjisinde farklılık yaratılabilir. Elde edilen band yapıları ise bize InBi yüzeyinin DA ile etkileşiminde band aralığının çok az bir şekilde değiştiğini göstermektedir. Birim hücredeki net yükün değişiminin band aralıklarını (N2 durumu hariç) değiştirdiği gözükmektedir. Bu önemli bir sonuçtur ve farklı elektronik uygulamalarda faydalanılabilir. Şekil 5'de InBi yüzeyinin DA ile etkileşiminin geçirgenliği önemli ölçüde değiştirdiği gözükmektedir. Özellikle gate gerilimi -3.06 V olduğunda bu fark %65'lere kadar çıkmaktadır. Dolayısıyla DA molekülünün tespiti bu farklılıktan yola çıkılarak sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Barr, H. J., Wall, E. M., & Woolley, S. C. 2021. Dopamine in the songbird auditory cortex shapes auditory preference. Current Biology, 31(20), 4547-4559

Geim, A. ve Novoselov, K. 2007. The rise of graphene. Nature Mater 6, 183–191.

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. 2021. Quantum Simulation of the Silicene and Germanene for Sensing and Sequencing of DNA/RNA Nucleobases. Biosensors, 11(3), 59.

Gürel, H. H. ve Salmankurt, B. 2020. Interaction between functionalized graphene with Ti/C and HISTIDINE/LEUCINE: effects of charging. Physics of the Solid State, 62(12), 2474-2481.

Grimme, S. 2006. Semiempirical GGA-type density functional constructed with a long-range dispersion correction. Journal of Computational Chemistry, 27 (15), 1787-1799

Khan, A. F., Brownson, D. A., Randviir, E. P., Smith, G. C., & Banks, C. E. 2016. 2D hexagonal boron nitride (2D-hBN) explored for the electrochemical sensing of dopamine. Analytical chemistry, 88(19), 9729-9737.

Lin, C. Y., Hsu, C. H., Huang, Y. Z., Hsieh, S. C., Chen, H. D., Huang, L. & Lin, D. S. 2019. Controlling the Polarity of the Molecular Beam Epitaxy Grown In-Bi Atomic Film on the Si (111) Surface. Scientific reports, 9(1), 1-10.

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

Su, H., Sun, B., Chen, L., Xu, Z., & Ai, S. 2012. Colorimetric sensing of dopamine based on the aggregation of gold nanoparticles induced by copper ions. Analytical Methods, 4(12), 3981-3986

Papior, N., Lorente, N., Frederiksen, T., García, A., & Brandbyge, M. 2017. Improvements on non-equilibrium and transport Green function techniques: The next-generation transiesta. Computer Physics Communications, 212, 8-24.

SUSURLUK İÇME SUYU ARITMA TESİSİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ: KİMYASAL KOAGÜLASYON İLE DEMİR VE MANGAN GİDERİMİ

Dilara AKTUĞ
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği
dilaraaktug@icloud.com , ORCID: 0000-0003-0930-1187

Esra CAN DOĞAN
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği AnabilimDalı
esracdogan@gmail.com

Özet
İçme suyunun, sağlıklı ve güvenilir şekilde son tüketiciye ulaşabilmesi için, tüm içme suyu kaynaklarından gelen kirleticilerin doğru tespit edilmesi, tespit edilen kirletici miktarları göz önüne alınarak uygun arıtma yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir.Susurluk İçme Suyu Arıtma tesisi ham su kaynağı olarak Çataldağ Göleti' ni kullanmaktadır. Çataldağ Göleti' nin yapısı, etrafında yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile havzanın jeolojik ve jeopolitik yapısı, mevsimsel olarak değişim gösteren su miktarı ve kalitesi gibi birçok unsur suyun karakteristik yapısını etkilemektedir. Bu tez çalışmasında mevcut Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi Performans değerlendirmesinin yapılması planlanmaktadır. Göletten yılın belirli aylarında çekilen suda zaman zaman demir (Fe) ve mangan (Mn) değerleri sırasıyla 5,5 mg/L ve 4,5 mg/L değerlerinin üzerine çıkmaktadır. Yüksek değerliklerde demir ve mangan içeren ham suyun içme suyu olarak kullanılabilmesi için "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" te belirtilen sınır değerlere (Fe= 0,200 mg/L, Mn= 0,050 mg/L) indirilmesi gerekmektedir.Sınır değerler dikkate alındığında, bu çalışmada Çataldağ Göleti' nden alınan ham suyun arıtımında farklı koagülantlar kullanılarak demir, mangan ve bulanıklık giderim performansları üzerinden değerlendirme yapılarak en uygun kimyasal koagülasyon prosesi tespit edilerek tesisteki kimyasal koagülasyon sürecinin iyileştirilmesi için ; laboratuvar ortamında koagülant olarak $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ ve Pac-s (poli alüminyum klorür sülfat); koagülant yardımcıları olarak anyonik polielektrolit ve klor kullanılarak alternatif bir çözüm önerisi sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: İçme Suyu Arıtma Tesisi, Kirletici, Sınır Değerler, Performans Değerlendirmesi, Giderim

PERFORMANCE ASSESSMENT AND IMPROVEMENT OF SUSURLUK DRINKING WATER TREATMENT PLANT : IRON AND MANGAN REMOVAL BY CHEMICAL COAGULATION

Abstract
Proper treatment methods must be applied to ensure correct identification of contaminants from all sources of drinking water, taking into account the amount of contaminants detected, so that drinking water can reach the final consumer in a healthy and reliable manner. Drinking Water Treatment Plant uses Çataldağ Pond as raw water source. The structure of the Çataldağ pond, the agricultural and animal activities around it, and the geological and geopolitical structure of the basin, the amount of water and quality that changes seasonally, affects the characteristic structure of the water. The current Susurluk drinking water Treatment Plant Performance Assessment is planned in this thesis study. In water drawn from the pond during certain months of the year, the values of iron (Fe) and manganese (MN) date from time to time above 5.5 mg/L and 4.5 mg/L respectively. In order to use raw water containing high values of iron and manganese as drinking water, it is necessary to lower the limit values (Fe = 0.200 mg/L, MN = 0.050 mg/L) specified in the "Regulation on Human consumption water". Given the limit values, in this study, I use different coagulants to evaluate the performance of iron, manganese and turbidity using different coagulants in the treatment of raw water from the Çataldağ pond to determine the most appropriate chemical coagulation process and improve the chemical coagulation process at the plant; In the laboratory environment, an alternative solution will be offered using anyonic polyelectrolyte and chlorine as coagulant assistants AL2 (SO4) 3, FeCl3 and PAC-s (poly aluminium chloride sulphate).

Keywords: Drinking Water Treatment Plant, Pollutant, Limit Values, Performance Evaluation, Removal

1. GİRİŞ

Son dönemlerde hızla artış gösteren endüstrileşme, nüfus ve değişen ihtiyaçlar nedeniyle içme ve kullanma suyuna duyulan ihtiyaç her gün geçen gün artmaktadır. Suyun kalitesi ve miktarı gelişmişliğin bir kriteri olarak görülmektedir. Dolayısıyla yaşamın devamlılığı için ihtiyaç duyduğumuz suyun bulunması, depolanması, taşınması ve kullanımın uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

İçme suyunun, sağlıklı ve güvenilir şekilde son tüketiciye ulaşabilmesi için, tüm içme suyu kaynaklarından gelen kirleticilerin doğru tespit edilmesi, tespit edilen kirletici miktarları göz önüne alınarak uygun arıtma yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, son yıllarda azalan su kaynakları ile birlikte sucul sistemlerde meydana gelen kirlenme seviyelerindeki artış mevcut arıtma tesislerinde iyileştirmelerin yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Susurluk İçme Suyu Arıtma tesisi ham su kaynağı olarak Çataldağ Göleti' ni kullanmaktadır. Çataldağ Göleti' nde su seviyesi mevsimsel olarak değişmekte olup özellikle son yıllarda yağışlardaki azalış ile birlikte su seviyesinde bir miktar düşüş gözlenmektedir. Bunun yanı sıra, Çataldağ Göleti' nin yapısı, etrafında yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile havzanın jeolojik ve jeopolitik yapısı gibi birçok unsur suyun karakteristik yapısını etkilemektedir.

Bu tez çalışmasında mevcut Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi Performans değerlendirmesinin yapılmıştır. Göletten yılın belirli aylarında çekilen suda zaman zaman demir (Fe) ve mangan (Mn) değerleri sırasıyla 5,5 mg/L ve 4,5 mg/L değerlerinin üzerine çıkmaktadır. Yüksek değerliklerde demir ve mangan içeren ham suyun içme suyu olarak kullanılabilmesi için "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" te belirtilen sınır değerlere (Fe= 0,200 mg/L, Mn= 0,050 mg/L) indirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, arıtılmış sudaki yüksek değerliklere sahip demir ve mangan, suda bulanıklığa da neden olmaktadır.

Tesiste mevcutta bulunan kaskatlı havalandırma sistemi demir ve mangan giderimi için yeterli olmamaktadır. İçme ve kullanım suyu olarak kullanılacak çıkış suyunda demir ve mangan konsantrasyonlarının yüksek olması tesiste problemlere neden olmakla birlikte, ilçe genelinde çamaşırlarda, duşa kabinlerde lekeler oluşmasına, plastik endüstrisi, kâğıt endüstrisi, meşrubat endüstrisi vb. endüstrilerde kullanılmasıyla renk, tat ve görüntüde değişikliklere neden olması ve insan sağlığı üzerinde olumsuzluklar oluşturmasıyla şikâyetlere de neden olmaktadır.

Bu nedenler dikkate alındığında, bu çalışmada Çataldağ Göleti' nden alınan ham suyun arıtımında farklı koagülantlar kullanılarak demir, mangan ve bulanıklık giderim performansları üzerinden değerlendirme yapılarak en uygun kimyasal koagülasyon prosesi tespit edilerek tesisteki kimyasal koagülasyon sürecinin iyileştirilmesi için alternatif bir çözüm önerisi sunulmuştur. Bu çalışmada tesis yetkililerinin proses işletme şartlarını değiştirmeye izin vermemesinden dolayı kullanılan kimyasal madde ve/veya maddelerin kombinasyon ve miktarları üzerinden deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Çataldağ Göleti'nden gelen, Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi girişinden alınan su numuneleri kullanılarak deneysel çalışmalar yürütülmüştür.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)' ne göre, Çataldağ Göleti sıcaklık (^{0}C), çözünmüş oksijen (mg/L), klorür (mg/L), sülfat (mg/L), amonyum azotu (mg/L), toplam çözünmüş katı (mg/L), demir (mg/L), mangan (mg/L), ve fekal koliform (CFU/100mL su) açısından I. Sınıf; nitrit azotu (mg/L), nitrat azotu (mg/L) ve fosfat (mg/L) açısından ise II. Sınıf Su Kalitesi' ne sahiptir. Kuşkusuz suyun bileşimi mevsimlere göre değişiklikler göstermekte olup Çataldağ Göleti' nden temin edilen su 2 km'lik isale hattı ile Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi girişine iletilmektedir. Çalışmada kullanılacak 6' lı jar testi düzeneği rpm ayarlanmıştır. Jar testi denemelerine başlamadan önce numunelerin pH, iletkenlik (µS), çözünmüş oksijen (mg/L), bulanıklık (NTU), demir (mg/L) ve mangan (mg/L) değerlerine bakılmıştır. Koagülant olarak $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ ve Pac-s (poli alüminyum klorür sülfat); koagülant yardımcıları

olarak anyonik polielektrolit ve oksitleme için hipokloröz ve klor kullanılmıştır. 6 adet 1 litrelik beher ve pedallı karıştırıcı ile jar testi denemeleri koagülant ilavesi ile tesisinde işletme süreleri olan 4 dakika 200 rpm' de 20 dakika 50 rpm' de RPM çalıştırıldıktan sonra karıştırıcı hızı 50 rpm de 5 dakika çalıştırılarak yürütülmüştür. Bu süre sonunda karıştırıcı durdurulacak 8 dakika boyunca numunelerdeki flokların büyüklükleri ve çökme hızları gözlenmiştir. Daha sonra 110 mm filtreden süzülen numunelerde demir, mangan ve bulanıklık değerlerine 17 dakika ve 24 saat sonunda bakılmış ve giderim verimleri karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. İçme Suyu Kaynakları Özellikleri

Sınırlı doğal kaynaklarımızdan biri olan su hem insan hayatının hem de doğal hayatın sürdürülmesi için temel bir ihtiyaçtır. Ekosisteminin işleyişi ve canlı yaşamının devamlılığı için suyun önemi çok fazladır. Canlıların yaşamını idame ettirmesi için yıkama, pişirme, kullanma, içme ve yıkanmada suya ihtiyaç duyulmaktadır. Su olmadan canlılığın sürdürülemeyeceği bariz ortadır. Gün geçtikçe artan nüfus, sanayileşmenin yanı sıra küresel ısınma ve kuraklık tehditleri su kaynaklarının da sonun olduğunu dolayısıyla yaşamımızı devam ettirmek için kullanmış olduğumuz suyun kullanımında dikkat etmemiz gerektiğini ortaya koymaktadır(İrdemez,2021).

Su, yaşamın devam edebilmesi için gerekli olan en temel bileşiktir (Kayhan, Gültekin ve Sesal,2018)Su, katı, sıvı ve gaz olarak maddenin üç halinde yeryüzünde bulunan tek bileşendir. Geniş bir yelpazeye sahip olan suyun ,içme ve kullanma suyu olarak tatlı su kaynakları olan deniz suyu ,akarsular,göl ve göletler,kaynak suları ve yer altı su kaynakları kullanılmaktadır (Sağır Kurt ve ark.,2021). Suyun güvenilirliğini ya da kalitesini belirlemek için kalite standartlarına bakılmaktadır. Sağlıklı ve kullanılabilir bir su elde etmek için kalite parametreleri dikkate alınmaktadır. İçme suyu kalite parametreleri suyun kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerine belirlenmektedir(Arslan, 2021). İçme suyu fiziksel özellikleri; sıcaklık, bulanıklık, tat ve koku, iletkenlik ve pH'dır(Arslan, 2021). İçme suyu kimyasal özellikleri ise; çözünmüş oksijen, demir, mangan, nitrit, nitrat, alüminyum, azot, amonyak, magnezyum ve kalsiyumdur (Yarma, 2017). İçme suyu mikrobiyolojik özellikleri ise 3 grupta değerlendirebiliriz bir doğal olarak suda bulunan mikroorganizmalar iki toprak kökenli mikroorganizmalar ve üçüncüsü hayvan ve insan kökenli mikroorganizmalardır(Fakir,2012).

2.2. Türkiye'deki İçme Suyu Sınır Değerleri

İçme suyu kaynaklarının gün geçtikçe azalması sebebiyle bu kaynakların denetlenmesi ve kirliliğinin kontrol edilmesi bütün insanlığı etkilemektedir. Dünya 'nın çeşitli yerlerin içme suyu içerisindeki kirletici maddelerin sınır değerleri farklılık gösterebilirken, ülkemizde üst sınır değerlerinde olağanüstü farklılıklar görülmese de bulunan yerin jeolojik konumu, suyun alındığı noktadan kaynaklı kirletici farklılıkları meydana çıkabilir. Ülkemizde içme suyu sınır değerleri İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte ve TS266 standardında belirtilmiştir (Yarma, 2017). Türkiye'de içme suyu olarak tüketilecek suyun sınır değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan iki tane parametre bulunmaktadır. Bu parametreler; İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte ve TS266 standardıdır.

2.3. Dünyadaki İçme Suyu Sınır Değerleri

Dünya'da da içme suyundaki kirletici miktarlarını kontrol edilmesi için belirlenmiş parametreler vardır. Dünya sağlık örgütünün belirlemiş olduğu sınır değerleri; Who, Türkiye 'de kabul edilen sınır değerleri; TSE, Avrupa'da kabul gören sınır değerleri; EC, Amerika'da kabul edilen sınır değerleri; USEPA olarak belirtilmektedir (Yarma, 2017).

2.4. Doğal Sulardaki Demir ve Mangan Formları

Demir ve mangan elementleri doğada bulca rastlanan iki elementtir. Demir ve manganez (mangan) doğada çözünen (Fe^{+2} ve $Mn^{+2)}$ ve çözünmeyen (Fe^{+3} ve Mn^{+4}) olmak üzere iki formda bulunmaktadır. İki değerlikle formda bulunan manganez ve demir, daha çok yer altı sularında bulunur. İki değerliğe sahip manganez oksijene maruz kaldığında dört değerliğe sahip manganeze, iki değerliğe sahip demir ise üç değerlikli demir formuna geçer(Yardımumar, 2001).Mangan, MnO_2 bileşiği olarak toprakta bulunur. MnO_2 bileşiğinin suda çözünürlüğü oldukça düşüktür. Hausmannit (Mn_3O_4), rodonit ($MnSiO_3$)

,mangan spat ($MnCO_3$) ,manganit ($Mn_2O_3H_2O$) ve piroluzit (MnO_2) başlıca bilinen mangan cevherleridir (Özgün, 2007). Mangan ve demir, FeCO3 ve $MnCO_3$ olarak kimi topraklarda varlığını göstermektedir. $FeCO_3$ ve $MnCO_3$ bileşiklerinin de suda çözünürlüğü oldukça azdır. Demir elementi ise suda, kayada ve toprakta farklı bileşik formları şeklinde bulunabilir. En fazla bulunan bileşikleri; Demir hidroksit ($Fe(OH)_3$) , demir sülfit (FeS_2) ve hematit (Fe_2O_3) bileşikleridir ve suda çözünmezler. Sarı ve kırmızı renklerini Fe $(OH)_3$ bileşiği kayalara ve toprağa verir(Akgiray, 2003).

Yüzeysel su kaynakları ve kuyularda genellikle manganeze rastlanır. Yüzeysel su kaynakları ve kuyulardaki suyun çözünmüş oksijen ve ph aralığına göre mangan üç formda bulunur ; partiküler (büyük oksitlenmiş katılar) ,koloidal (küçük oksitlenmiş katılar) ve çözünmüş (indirgenmiş , çözünebilir) olarak Mangan en sık mangan bikarbonat bileşiği halinde temiz ve berrak olarak yeraltı sularında bulunur, fakat havayla temas durumunda kahverengimsi siyah ve kırmızı renk oluşumu gözlenir (Yardımumar, 2001).Mangan sülfat formunda, demir sülfat barındıran asidik yüzeysel sularda ,koloidal organik manganez bileşikleri ise renkli doğal sularda bulunur(Özgün, 2007).

Demir elementi doğal sularda demir bikarbonat, demir sülfat ve hidroksit tanecikleri ve kolloid olarak dört bileşikte bir tanesi veya birkaç tanesi halinde bulunmaktadır(Yardımumar, 2001). Demir bikarbonat; berrak, temiz ve asidik olmayan yer altı sularında çözelti olarak varlığını gösteren renksiz tuzlardır. Bulundukları kaynaklardan alındıkları anda fazlasıyla temiz ve berrak olan bu sular bekleme esnasında hava ile temas etmesi neticesinde başta beyazımsı renk alırlar, daha sonra sarımsı ve ardından kırmızımsı kahverengini alırlar(Özgün, 2007).

2.5. Demir ve Manganın Sebep Olduğu Problemler

Demir ve mangan elementi doğal su kaynaklarında çeşitli konsantrasyon ve bileşikler halinde bulunurlar. Yer altı ve yerüstü su kaynaklarının kullanımı halinde demir ve mangan değerleri önem taşımaktadır. Yüzeysel sularda demir konsantrasyonu 0.05 – 0,2 mg/L aralığında, yer altı sularında 1,0-10,0 mg/L aralığında değişim göstermektedir. Mangan elementi ise yüzeysel sularda genel olarak 0,2 mg/L civarında, yer altı sularında ise 10mg/L ve daha fazla konsantrasyonlarda bulunmaktadır(Özgün, 2007). Demir ve manganez porselen eşya, duşa kabin, çamaşır, cam eşyalar ve kumaş üzerinde demir, kahverengimsi-sarı veya sarı karışımı lekeler, manganezin kırmızı ancak çamaşır suyuyla temas etmesi halindeyse gri-siyah lekeler bırakmaktadır(Yardımumar, 2001). Mangan ve demir içeren suların hammadde olarak kullanıldığı plastik endüstrisi, deri endüstrisi, kâğıt endüstrisi, tekstil endüstrisi, meşrubat imalatı vb. endüstriyel faaliyetlerde mangan ve demir değerlerinin yüksek olması ürünler renk, tat ve görüşünde ciddi sorunlar oluşturmaktadır(Akgiray, 2003)

2.6. Demir ve Mangan Gideriminde Koagülasyon-Flokülasyon Yöntemi

İçme ve kullanım sularındaki çözünmüş demir ve mangan formlarının çözünmeyen demir ve mangan oksit formlarına oksidasyonuyla oluşan oksitlerin giderimi için filtrasyon veya çöktürme işlemi uygulanmaktadır. Koagülasyon – flokülasyon yöntemiyle demir ve mangan giderimi yapılırken oksitlenmiş olan mangan ve demir partiküllerin yüzey yükleri azaltılarak yumaklaşması ardından yer çekimiyle çökmesi gerçekleşir. Bu işlem esnasında koagülant ve yardımcı koagülant lazım olmaktadır(Özgün, 2007).

Arıtma tesislerinde en çok kullanılan koagülant alümdur. Koagülasyon ve flokülasyon ile giderimde alüm enjekte edilmeden önce (10 dk) permanganat eklenmesiyle gerçekleşen oksidasyon sonunda pH'ın optimum 5.5-6,5 arasında belirlenmesi mangan giderim verimini yükseltmektedir. (Özgün, 2007). Yapılan bu çalışmada koagülasyon-flokülasyon ön arıtım yöntemi kullanılmıştır. Bu proses de koagülant olarak demir (III)klorür ($FeCl_3$), alüminyum sülfat, pac-s ve koagülant yardımcısı olarak polielektrolit kullanılmıştır.

2.7. Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi

Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi (İAT), Karaköy – Gürece yolu üzerinde şehir merkezinden 10 km uzaklıktadır. Arıtma tesisi 8.263 m^2 alan içerisinde, 402 m ile 398 m kotları arasında yer almaktadır. 2018 yılında faaliyete geçen tesisin ham suyu Susurluk Çataldağ Barajı'ndan sağlanmaktadır. Tesisin günlük maksimum debisi 8640 m^3/gün dür. Tesis fiziksel ve kimyasal arıtma prosesine göre dizayn

edilmiştir. 2 km uzaklıktaki Çataldağ göletinden 355mm çaplı borularla alınan ham su kendi cazibesiyle arıtma tesisine gelmekte ve arıtım sağlandıktan sonra depolara gönderilerek halkın kullanımına sunulmaktadır. Susurluk İçme Suyu Arıtma tesisi prosesi hızlı karıştırıcı(statik mikser), havalandırma, yavaş karıştırıcı, durultucu ve filtrasyon ünitesinden oluşmaktadır. Tesise alınan ham suyun, tesis girişinde debi ölçümü yapılmaktadır. Ardından alınan ham suyun pH, klor ve bulanık değerlerinin ölçümü yapılarak basınç kırıcıdan geçtikten sonra kimyasal dozlaması (pac-s ve klor) yapılarak 4 e ayrılır ve havalandırma ünitesinde polielektrolit ilavesi yapılır, durultucu tanklardan geçtikten sonra filtre tanklarına aktarılır ve ardından son klorlaması yapılarak tesis deposundan şebekeye verilir.

2.8. Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi Performans Değerlendirmesi

Susurluk İçme Suyu Arıtma Tesisi ham su kaynağı olarak Çataldağ Göletinden dip savaktan temin edilmektedir. Çataldağ Göleti' nin yapısı, etrafında yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile havzanın jeolojik ve jeopolitik yapısı, mevsimsel olarak değişim gösteren su miktarı ve kalitesi değişim göstermektedir. Suyun yağışlar sonrasında ve suyun çekilmeye başladığı zamanlarda yüksek konsantrasyona sahip su tesise alınmaktadır. Alınan ham suyun özellikle temmuz ayından itibaren başlayan ve eylül ayına kadar devam eden süreçte mangan değerleri 4,5 mg/L 'yi bulurken özellikler ağustos ve eylül aylarında demirinde 5,5 mg/L ve üzerinde ham su gelmesi tesis çıkış suyunun "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" te belirtilen sınır değerlerinin (Fe= 0,200 mg/L, Mn= 0,050 mg/L) zaman zaman sağlanamaması durumunda tesisten şebekeye su verilmesi durdurulmaktadır. Bu durumda şehir merkezinde insanların susuz kalmasına sebep olmaktadır. Standartları sağlanmayan su şebekeye verildiğinde ise ilçe genelinde çamaşırlarda, duşa kabinlerde lekeler oluşmasına, plastik endüstrisi, kâğıt endüstrisi, meşrubat endüstrisi vb. endüstrilerde kullanılmasıyla renk, tat ve görüntüde değişikliklere neden olması ve insan sağlığı üzerinde olumsuzluklar oluşturmasıyla şikayetlere de neden olmaktadır.

Kış aylarında ham su kalitesi standartlarda istenen değerlere çok yakın kalite de olsa yaz aylarında ham su kalitesi düşmektedir. Yaz aylarında yaşanan demir ve mangan problemi, tesise ham su girmesi ve tesisten suyun çıkması arasında geçen zamanın 17 dakika gibi kısa bir zaman olması sebebiyle kimyasalların etkileşim süresi ve bekletme süresi uygun arıtım için yetersiz kalmaktadır. Alınan ham su 4 üniteye ayrılırken arkalarında otomatik bir vana olmadığı için kaskatlardan dökülen suyun miktarına göre ayarlanmaktadır. Bu durultucu tanklarına ve ardından filtrasyon tanklarına gelen suyun eşit miktarda dağıtılamamasına neden olmaktadır. Arıtma tesisinden şebekeye su verilmesinin yanında belirli köylere su verilmektedir. Dolayısıyla tesis çıkışındaki klor seviyesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Ancak iletim hattında ve kimi kontrol noktalarında klor çıkmaması sebebiyle ara klorlamalar yapılmak zorunda kalınmaktadır.

2.9. Jar Testi (Jar Sistemi)

Çalışmada 6'lı jar testi düzeneği kullanılmıştır. Jar testinde kullanılacak ham suya oksitleme için klor ve hipokloröz reaktifi koagülant oluşturmak için demir (III)klorür ($FeCl_3$), alüminyum sülfat, pac-s ve koagülant yardımcısı olarak polielektrolit kullanılmıştır. 6 adet 1 litrelik beher ve karıştırıcı ile gerçekleştirilen jar testi denemelerine kimyasal enjeksiyonu yapıldıktan sonra karıştırıcı devri 200 RPM 'e ayarlandı. 4 dakika 200 RPM çalıştırıldıktan sonra karıştırıcı hızı 50 RPM'de 5 dakika çalışmaya devam ettirildi. Bu süre sonunda karıştırıcı durdurularak 8 dakika boyunca numunelerdeki flokların büyüklükleri, askıda katıları ve çökme hızları gözlendi. Optimum dozlama belirlemek için koagülant ve koagülant yardımcısı sabit dozlama yapıldı artan dozlarda oksitleyici dozlaması yapıldı. Bunun dışında birde oksitleyici olmadan koagülant ve koagülant yardımcısı dozlamaları yapılarak 17.dk ve 24 saat sonundaki demir, mangan ve bulanık değerlerine bakıldı.

2.10. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Jar testi yapıldıktan sonar uygun görülen dozlamalar tesis işletim süresi olan 17 dakika ve 24 saat bekletme süresinden sonra deneylerde DR 6000 spektrofometre cihazı, 2100N türbidimetre cihazı ve HQ40d ölçüm cihazları kullanılarak analizler yapılmıştır.

3. SONUÇ

İçme ve kullanma suyunun, sağlıklı ve güvenilir şekilde son tüketiciye ulaşabilmesi için, tüm içme suyu kaynaklarından gelen kirleticilerin doğru tespit edilmesi, tespit edilen kirletici miktarları göz önüne alınarak uygun arıtma yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. İçme ve kullanma suyu olarak tercih edilen Çataldağ Gölet'inden temin edilen ham suyun "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" te belirtilen sınır değerlerine uygun olacak şekilde arıtımı yapıldıktan sonra şebeke suyu olarak kullanılmaktadır. Yapılan kimyasal dozlamalar sonucunda Pac-s/ Cl dozlamasının birlikte yapılması sonucunda 17.dk da; bulanıklık için %98, demir %99 ve mangan gideriminde %72'ye varan giderim sağlanmıştır. 24 saat sonunda yapılan analizlerde ise bulanıklık için %99, demir %99 ve mangan gideriminde %78'e varan giderim sağlanmıştır. 17.dk ve 24 saat sonundaki verimlerin karşılaştırdığımızda zamanla daha yüksek giderim verimi sağladığı görülmüştür.

Pac-s ve hipokloröz ile yapılan deneylerde %100 giderim performansı göstermese de bulanıklık gideriminde %98, demir gideriminde %98 ve mangan gideriminde %86'ya varan giderim performansı elde edildiği görülmüştür. 24 saat sonunda yüzde giderim değerlerinde azalmalar görülmüştür. Klor ilavesi yapılmadan yalnızca pac dozlamasıyla yapılan analizlerde ise 17 dakika sonunda bulanık değerlerinin standarttın üstünde olması nedeniyle demir giderim %98,mangan gideriminde %79 a varan giderim sağlasa da kullanılamayacağı görülmüştür. Pac-s dozlamasının 24saat sonundaki giderim verimleri ise bulanıklık %97, demir %99 ve mangan %78 giderim sağlamıştır. Ancak tesiste suyun işleme alınması ve tesisten şebekeye verilmesi arasında geçen zamanın 17 dakika olması sebebiyle 24 saat sonunda standartlar düzeyinde bulanıklık, demir ve mangan gelse bile tek başına pac-s dozlaması sonuç vermeyeceği görülmüştür. Alüminyum sülfat/Cl dozlaması 17 dakika sonunda mangan sınır değerine (0,050 mg/L) çok yakın olsa da giderim sağlanmıştır. 17 dakika sonunda bulanıklık%97, demir %96 ve mangan %69 verimle giderimi sağlanmıştır. 24saat sonunda bulanıklık%97, demir %99 ve mangan %72 giderim sağlamıştır. Alüminyum Sülfat-Hipokloröz giderim verimini incelediğimizde alüminyum sülfat,hipokloröz ve polielektrolit ile yapılan giderim işleminde 17.dk da bulanık giderim veriminin %93 ile %96 aralığında değişirken 24 saatte %99, demir giderim veriminin 17.dk %94-98 ve 24 saatte %92-97, mangan giderim veriminin 17. dk %77-87 ve 24 saatte %75-83 aralığında giderim sağladığı görülmüştür.

Alüminyum sülfat dozlaması tek başına yapıldığında ise bulanıklık ve demir(0,200 mg/L) tesis çıkışında olması gereken standartları sağlarken mangan(0,050 mg/L) değeri 17 dakika sonunda ve24 saat sonunda da sınır değerlerinin üstünde kalmıştır. 17 dakika sonunda; bulanıklık%94, demir %99 ve mangan %66, 24 saat sonunda ise bulanıklık%97, demir %99 ve mangan %56 verimle giderim sağlanmıştır. Demir (III) klorür / Cl ilavesiyle yapılan analizlerde alüminyum sülfat dozlamasında olduğu gibi bulanıklık ve demir(0,200 mg/L) tesis çıkışında olması gereken standartları sağlarken mangan(0,050 mg/L) değeri 17 dakika sonunda ve 24 saat sonunda da sınır değerlerinin üstünde kalmıştır. Giderim verimlerini incelediğimizde 17 dakika sonunda bulanıklık%97, demir %95 ve mangan %59, 24 sonunda ise bulanıklık%96, demir %99 ve mangan %69 giderim verimine ulaşmıştır. Demir(III)klorür-Hipokloröz giderim verimini incelediğimizde demir(III)klorür,hipokloröz ve polielektrolit ile yapılan giderim işleminde 17.dk da bulanık giderim veriminin %67 ile %96 aralığında değişirken 24 saatte %72-98, demir giderim veriminin 17.dk % 0-87 ve 24 saatte %0-95, mangan giderim veriminin 17. dk %47-79 ve 24 saatte %23-73 aralığında giderim sağladığı görülmüştür. Demir (III) klorür enjekte edilmesiyle 17 dakika ve 24 saat sonunda; bulanıklık, demir(0,200 mg/L) ve mangan (0,050 mg/L) sınır değerlerini birlikte sağlayabildiği uygun bir dozlama olmamıştır. 17 dakika sonunda bulanıklık%69, demir %93 ve mangan %68, 24 sonunda ise bulanıklık%96, demir %74 ve mangan %55 giderim verimine ulaşsa da istenilen giderimi sağlayamamıştır.

4. TARTIŞMA

Yapılan analizler sonucunda bekleme süreleri arttığında pac-s ve klor gideriminde artış olsa bile oksitleme amacıyla kullanılan klor reaktifi yerine hipokloröz kullanılmasıyla mangan giderim veriminin %70'den %87'e çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla tesis prosesi değişmeden sadece kimyasal oynamalar yapılarak belirli dönemlerde yaşanan demir ve mangan tesis çıkış değerleri standartlara uygun olarak sağlanacaktır. Bir diğer alternatif ise dip savaktan alınan ham suyun dubalı bir sistemle suyun yüzeyinden alınması dip oluşan kirliliği ve çökmüş formadaki ağır metalleri almamasıyla hem

bulanıklık hem demir ve mangan giriş değerlerinin düşmesi sağlanmış olacaktır. Başka bir öneri de tesise cazibesiyle gelen ham suyun tesise direk alınmadan önce, baraj ve tesis arasında depoda ön klorlama yapılarak çöktürülmesi ve ardından tesise alınmasıyla ham su da yaşanan ve tesis içerisinde kimyasal etkileşim süresinin yetersiz kalması sebebiyle standartlara uygun üretim yapılamamasının önüne geçilmiş olacaktır.Tesise gelen ham suyun yılın belirli aylarında ≤10°C altına düştüğünde tek bir statik mikserin kimyasalları etkili bir şekilde karıştıramayacağından ek statik mikser eklenerek temas süresinin 1s -5s aralığında olması kimyasalların etkisinin artmasını sağlayacaktır.Tesis işleyen proses de kaskat havalandırıcıların 30 cm'lik 2 kademeli olması yerine daha fazla kademeli ve toplam yüksekliğinin arttırılmasıyla havalandırma verimi artacaktır.Lamellalı durultucu tasarım kriterlerine uygun (Yüksekliği 4,5 -5,5 m ve lamella altındaki su yüksekliğinin 0,6-1 m) olması gerekmektedir. Çöktürme tankının su derinliği az olduğu için flok kaçakları olacağından çöktürme tankı sonrasında adsorpsiyon durultucu ünitesi eklenerek filtrasyon ünitesinin yükü azaltılabilir.

KAYNAKLAR

AKGİRAY, Ö. İçme sularında Demir ve Manganez Problemi, Tesisat Dergisi, 2003

ALKAN U.,TEKSOY A.,BAŞKAYA H.S., (2006)Y.üzeysel Sulardaki Doğal Organik Maddelerin Gideriminde Uygun Koagülasyon Şartlarının Belirlenmesi , Ekoloji, 59,18-26

ARSLAN ,O.(2021).Ankara İli İçme Suyu Kalite Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ortamında Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Modellenmesi,Yüksek lisans tezi,Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Nevşehir

CARLSON, K.H., KNOCKE, W.R., (1999).Modeling manganese oxidation with KMnO4 for drinking water treatment, Journal of Environmental Engineering, 125, 892-896.

ÇAKMAKCI, M., (2006). Sulardaki Fe (II) konsantrasyonu ile filtre yük kayıpları arasındaki ilişkinin araştırılması, Doktora Tezi. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

DÖNDERİCİ Z.S., DÖNDERİCİ A.,BAŞARI F.,Kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri üzerine bir araştırma ,Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi ,201, 67 , 167 – 172

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2016.

Dünya Sağlık Örgütü ,(2008). İçme Suyu Kalitesi Kılavuzu, (3. baskı), Cenevre

FAKİR ,Y. (2012).Denizli İçme Suyu Şebekesindeki Su Kalitesi Parametrelerinden Zamana ve Konuma Göre Değişiminin İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi, Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği,Denizli

İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik , (6 Temmuz 2019). T.C. Resmi Gazate ,Tarım ve Orman Bakanlığı (30823)

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik,(7 Mart 2013). T.C. Resmi Gazate Sağlık Bakanlığı(28580)

İRDEMEZ,Ş. ÖZGER H. , EKMEKYAPAR TORUN F. , KUL S. (2021) ,Kars İli Sarıkamış İlçesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Su Kalitesinin Aylara Göre Değişiminin İncelenmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 10 (1), 235-248

KAYHAN,F.,GÜLTEKİN ,S., SESAL, C.,(2018).İstanbul İli Anadolu Yakası Doğal Kaynak Sularının Bakteriyolojik Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Su Ürünleri Dergisi, , 35(1) ,37-42

MERKLE, P.B., KNOCKE, W.R., GALLAGHER, D.L., (1997). Method for coating filter media with synthetic manganese oxide, Journal of Environmental Engineering, 123, 642-649.

ÖZGÜN, H.(2007) Oksidasyon ve filtrasyon aşamalarında sularda mangan giderimini etkileyen bazı faktörlerin araştırılması , İstanbul Teknik Üniversitesi , Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü,İstanbul , 501041711

SAĞIR KURT ,E.YAMAN BÜYÜKBÜBEROĞLU, B.,EYİT N., KİRAZ, O.,YILDIRIM ,Ç., ÇAKMAKCI, M., GÖRGÜN, E.,(2021).Pilot Ölçekli İçme Suyu Arıtma Tesisinde Hızlı Karıştırma Ünitesinin Matematiksel Modellenmesi ,Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 26, Sayı 2, 10.17482

TS 266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik, Türk Standartları Enstitüsü(2005).

USTAOĞLU, A. (2003). Ön ozonlamanın Mn(II) oksidasyonunun verimi üzerindeki etkinliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

YARDIMUMAR ,M.(2001).İstanbul su arıtma tesislerinde demir-mangan problemi üzerine bir çalışma , İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, , Çevre Mühendisliği Bölümü,İstanbul , 501981244

YARMA,Z.(2017). Balıkesir içme suyu arıtma tesisi performans değerlendirmesi ve iyileştirme önerileri , Uludağ Üniversitesi , Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa

DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER FEN ÖĞRENME BECERİSİNİ FARKLILAŞTIRIR MI?

Serpil ÖZKURT SİVRİKAYA
Kocaeli Üniversitesi, kocaeli meslekyüksekokulu, Kimya Teknolojisi
s_sivrikaya@yahoo.com

Özet
Bu çalışmada, lise öğrencilerinin fen becerilerinde farklılık yaratabilecek değişkenleri ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda anket formu oluşturulmuştur. Formda yer verilen ölçek Şenler (2014) tarafından geliştirilmiştir. Ölçek 26 maddeden oluşmaktadır. Katılımcılar basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Araştırma örneklemi 194 kişiden oluşmaktadır. Analizlerde SPSS21 programı kullanılmıştır. Araştırma sorusuna yönelik analizler yapılmıştır. İstatistiksel analizlerde kullanılan anlamlılık düzeyi 0,5 olarak kabul edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda verilerin normal dağılmış olduğu görülmüş olup, t-testi ve tek yönlü anova testi yapılmıştır. Araştırmada; cinsiyet, yaş, sınıf düzeyi ve ebeveynlerinin eğitim düzeyleri gibi demografik değişkenler ile fen öğrenme becerileri analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda cinsiyetin deney yapma ve veri toplama becerisini, sınıfın ifade etme becerisini farklılaştırdığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fen, Fen öğrenme becerisi, demografik değişkenler, lise öğrencileri.

Abstract
In this study, it is aimed to reveal the variables that can make a difference in the science skills of high school students. For this purpose, a questionnaire form was created. The scale included in the form was developed by Şenler (2014). The scale consists of 26 items. Participants were selected by simple random sampling method. The research sample consists of 194 people. SPSS21 program was used in the analysis. Analyzes were made for the research question. The significance level used in statistical analyzes was accepted as 0.5. As a result of the analysis, it was seen that the data were normally distributed, and t-test and one-way anova test were performed. In the research; Demographic variables such as gender, age, grade level and education level of their parents and science learning skills were analyzed. As a result of the analyzes, it was determined that gender differentiated the ability of experimenting and collecting data, and the ability of the class to express.

Keywords: Science, Learning science skill, demographic variables, high school students

GİRİŞ

Fen; dünyanın keşfedilmesini, anlamlandırılmasını, olayların analiz edilmesini ve sonuca ulaşılmasını sağlar (Kaptan ve Korkmaz, 1999). Doğayı anlayarak gündelik yaşamı rahatlatan bilgiyi üretmek, kullanmak ve dönüştürmek fen bilimi ile mümkündür (Hançer vd., 2003). Fen bilimleri biliş mekanizmasının kullanılmasıyla, eleştirme ve düşünme becerisinin kullanılmasını sağlayan bir sürece sahiptir (Özkurt-Sivrikaya, 2021). Belirtilen sürecin yönetimi, bilginin elde edilmesi ve tekrar üretilmesi eğitim sayesinde gerçekleştirilir (Sivrikaya, 2019). Bilimi anlamak, sorgulamak, çözüm yolları geliştirmek, eleştiri yapmak insanoğlunun yaşantısına ilişkin sürdürülebilirliğini sağlamaya yardımcı olarak hayat kalitesini artırır. Eğitimin odağında insan vardır. İnsan düşünsel, davranışsal becerilere sahiptir ve eğitim de insan davranışlarında olumlu yönde değişiklik yaratmayı kendine amaç edinir. Eğitim bu amacın gerçekleştirilmesine yönelik farkındalık düzeyini yükseltir. Bu nedenle fen eğitiminin bireylerin, araştırma, eleştirme, planlama yapma, sorun çözme yeteneklerinin geliştirilmesi fen eğitimi ile mümkün olmaktadır (Yiğit vd., 2002). Bu yönüyle eğitim, bireylerin bilgilerini, becerilerini ve deneyimlerini artırmalarını teşvik eder (Sarı ve Akınoğlu, 2009). Beceri, "yatkınlık gerektiren fakat öğrenme odaklı bir işin umulan sonucuna varmayı sağlayan yetenektir" (TDK, 2021). Eğitim; teorik kapsamda edinilen bilgilerin uygulamada sosyo-ekonomik yaşamda kullanılabilir hale getirilmesine yardımcı olur (Bedir, 2019). Peki, fen öğrenme becerisinin alınan eğitimle güçlendirilmesine başka faktörler etki edebilir mi? Literatür araştırması sonucunda; Acar (2014) bazı demografik değişkenlerin kendi kendine öğrenme becerisini farklılaştırmasına ilişkin araştırma yapmıştır. Debacker ve Nelson

(2000) ise cinsiyet ve sınıf düzeyinin fen öğrenme motivasyonuna etkisini değerlendirmişlerdir. Aydoğdu (2006) süreç becerileri ile gelir cinsiyet, başarı düzeyi anne ve baba mezuniyet durumu gibi çeşitli değişkenleri incelemiştir. Güngören ve Sungur (2009) ise sınıf düzeyinin ile cinsiyetin fen öğrenme motivasyonuna etkisini ele almışlardır. Uzun ve Keleş (2010) fen öğrenme motivasyonunun cinsiyet, sınıf ve anne-baba eğitim düzeyine göre farklılık gösterip göstermediğini incelemişlerdir. Araştırma sorusunun cevabına yönelik olarak bu araştırmada; demografik değişkenlerin fen öğrenme becerisini farklılaştırıp farklılaştırmadığının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

YÖNTEM

Araştırma Örneklemi

Bireysel farklılıkların konu edinildiği bu araştırma betimsel teknik kullanılmış, ilişkisel tarama deseni tercih edilmiştir. Literatür taraması sonucunda genelde ilköğretim öğrencilerinin konu edinildiği araştırmaların olduğu görülmekle birlikte, araştırma örnekleminin lise öğrencilerinden oluşturulmasına karar verilmiştir. Araştırma Körfez'de yer alan bir lisenin öğrencilerine uygulanmıştır. Öğrenciler kolayda örneklem yöntemine göre örnekleme dahil edilmiştir. 230 öğrencinin katıldığı araştırma sonucunda değerlendirme 194 öğrenci üzerinden yapılmıştır.

Veri Toplama Aracı ve Süreci

Fen öğrenme becerileri ölçeği; Şenler (2014) tarafından geliştirilen ölçeğin, fen öğrenme becerileri ölçeği kullanılmıştır. İlgili ölçek soru ve hipotez önerme, planlama, deney yapma ve veri toplama, veri analizi-sonuca varma, ifade etme, değerlendirme, etkileşim, müzakere boyutlarından oluşmaktadır. Ölçek boyutlarının güvenirlik kat sayıları .71-81 arasında değişmektedir. Ölçek sekiz alt boyut ve 29 maddeyle temsil edilmektedir. Ayrıca anket formunda cinsiyet, yaş, sınıf düzeyi, anne-baba eğitim düzeyi hakkında bilgi almaya yönelik demografik sorularda bulunmaktadır. Araştırmaya ilişkin anket formu, 1-15 Mart 2022 tarihlerinde elden dağıtılmıştır. Katılımcılara anket formunu öğle tatilinin 30 dakikası içinde doldurmalarına yönelik süre tanınmış ve formlar toplanmıştır. Anket formu beşli likert halinde düzenlenmiştir. Anket formunda yer alan ifadelere katılım seviyeleri "1 Kesinlikle katılmıyorum", "2 Katılmıyorum", "3 Ne katılıyorum ne katılmıyorum", "4 Katılıyorum", "5 Kesinlikle katılıyorum" şeklindedir. Anket formlarının bazıları boş bırakıldığı bazıları da eksik doldurulduğu için analize dahil edilmemiştir. Toplam 194 anket formu üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde SPSS programı kullanılmıştır.

BULGULAR

Öğrencilerin fen öğrenme becerilerine yönelik boyutlar; soru ve hipotez önerme, planlama, deney yapma ve veri toplama, veri analizi-sonuca varma, ifade etme, değerlendirme, etkileşim, müzakeredir. Öğrencilerin cinsiyet, gelir, anne-baba eğitim düzeyi ve yaş değişkenlerinin bu boyutlar üzerinde farklılık göstermesine ilişkin analizler yapılmıştır. Analizlerde anlamlılık düzeyi .05 kabul edilirken, t-testi, anova, korelasyon ve güvenirlik analizleri uygulanmıştır. Öğrencilerin demografik özelliklerine ait betimleyici istatistikler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1.Demografik Değişkenler

Cinsiyet	**n**	**f (%)**	**Anne eğitim durumu**	**n**	**f (%)**
Erkek	74	38.1	**İlköğretim**	36	18,6
Kadın	120	61.9	**Lise**	123	52,0
Sınıf			**Önlisans**	10	6,7
1	74	38.1	**Lisans ve Üstü**	15	7.7
2	61	31.4	**Cevapsız**	10	5.2
3	0	-	**Baba eğitim durumu**		
4	53	27.3	**İlköğretim**		14.4
Yaş			**Lise**	124	63.9
14	65	33,5	**Önlisans**	8	4.1
15	54	27.8	**Lisans ve Üstü**	24	12.4
16	18	9.3	**Cevapsız**	10	5.2
17	42	21.6			
18	11	7.8			

Öğrencilerin % 61.9 (n=120) kız, % 38.1' inin (n=74) erkek olduğu görülmüştür. Öğrencilerin % 33.5'inin (n=65) 14 yaşında; % 38.1'inin (n=74) birinci sınıfta olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin % 52'sının (123) anne eğitim düzeyinin lise, % 63.9'unun (n=124) baba eğitim düzeyinin lise olduğu da belirlenmiştir.

Tablo 2: Fen Öğrenme Becerisine Ait Boyutların Betimleyici İstatistikleri

Değişkenler	**Ort**	**S.hata**	**Çarpıklık**	**Basıklık**	**Cronbach Alfa**
Soru ve hipotez önerme	3.86	.053	-.825	1.068	.898
Planlama	3.52	.047	-.379	.760	.679
Deney yapma ve veri toplama	3.62	.059	-.510	.340	.671
Veri analizi-sonuca varma	3.54	.056	-.583	.502	.747
İfade etme	3,39	.057	-.334	.244	.731
Değerlendirme	3.83	.055	-.883	1.181	.698
Etkileşim	3.87	.061	-.,076	1.536	.765
Müzakere	3.87	.061	-.819	. 471	.750

Araştırma sorusuna yönelik analizlere geçilmeden önce verilerin normal dağılım göstermediğine bakılmıştır. Kline (2015) çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 3 aralığında olması gerektiğini ifade etmektedir. Verilerin normal dağıldığı kabul edilmektedir. Tablo 2'de çarpıklık ve basıklık değerleri, ortalama, standart sapma ve güvenirlik katsayı değerleri sunulmuştur.

Tablo 3. Değişkenlere İlişkin Korelasyon Tablosu

Değişkenler	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Soru ve hipotez önerme (1)	1	.587**	.470**	.561**	.491**	.488**	.407**	.492**
Planlama (2)		1	.584**	.685**	.609**	.597**	.339**	.461**
Deney yapma ve veri toplama (3)			1	.659**	.569**	.454**	.463**	.496**
Veri analizi-sonuca varma (4)				1	.676**	.639**	.420**	.572**
İfade etme (5)					1	.557**	.340**	.497**
Değerlendirme (6)						1	.498**	.629**
Etkileşim (7)							1	.596**
Müzakere (8)								1

**p<0.01

Değişkenlere korelasyon değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Korelasyon değerleri incelendiğinde fen öğrenme becerisine ait tüm alt boyutların birbirleriyle pozitif ilişki içinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4: Cinsiyet Fen Beceri Farklılaşmasına Yönelik t Tablosu

Değişkenler	Cinsiyet	N	ϰ	S.S	t	p
Soru ve hipotez önerme	Erkek	74	3,86	,800	,091	,928
	Kadın	120	3,85	,720		
Planlama	Erkek	74	3,49	,703	-,462	.645
	Kadın	120	3,53	,641		
Deney yapma ve veri toplama	Erkek	74	3,43	,886	-2,409	**.017**
	Kadın	120	3,73	,774		
Veri analizi-sonuca varma	Erkek	74	3,52	,805	-,270	.787
	Kadın	120	3,55	,779		
İfade etme	Erkek	74	3,29	,787	-1,340	.182
	Kadın	120	3,45	,800		
Değerlendirme	Erkek	74	3,70	,824	-1,780	.077
	Kadın	120	3,91	,737		
Etkileşim	Erkek	74	3,73	,941	-1,783	.077
	Kadın	120	3,97	,809		
Müzakere	Erkek	74	3,77	,918	-1,269	.206
	Kadın	120	3,94	,830		

Tablo 4'deki t testi sonucuna göre cinsiyetin deney yapma ve veri toplama üzerinde anlamlı bir farklılık yarattığı (p=.017) belirlenmiştir. Bu farkın ortalamalar incelendiğinde kızlar lehine olduğu (3.73>3.43) söylenebilir.

Tablo 5: Sınıf-Fen Beceri Farklılaşmasına Yönelik Anova Tablosu

Değişkenler	Sınıf		Sd	Karelerin Ort.	F	p
Soru ve hipotez önerme	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	,635 ,552	1,149	,319
Planlama	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	,628 ,410	1,531	,219
Deney yapma ve veri toplama	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	,701 ,681	1,029	,359
Veri analizi-sonuca varma	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	,258 ,609	,424	,655
İfade etme	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	1,868 ,594	3,146	**,045**
Değerlendirme	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	,787 ,589	1,337	,265
Etkileşim	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	1,401 ,727	1,926	,149
Müzakere	1 2 4	Gruplar arası Gruplar içi	2 185	1,190 ,741	1,606	,203

Tablo 5'de verilen sınıf değişkeninin sadece ifade etme becerisi üzerinde anlamlı farklılık (p=.045) yarattığı belirlenmiştir. Bu farkın hangi gruplar arasında olduğu da Tukey testi ile tespit edilmiştir.

Tablo 6: Gruplar Arası Farklılıklar Tablosu

Değişkenler	Sınıf	Gruplar arası fark	Ort. Farkı	Std. Hata	p
İfade etme	1	2 4	,289* ,287*	.133 .138	**.031** **.039**

Yapılan Tukey testine göre birinci sınıf ile ikinci sınıf arasındaki ortalama fark .289 iken; birinci sınıf ile dördüncü sınıf arasındaki fark .287'dir. Görüldüğü üzere sınıf düzeyi düştükçe ifade etme becerisi yükselmektedir.

Tablo 7: Yaş-Fen Beceri Farklılaşmasına Yönelik Anova Tablosu

Değişkenler	Sınıf		Sd	Karelerin Ort.	F	p
Soru ve hipotez önerme	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,218 ,547	,398	,810
Planlama	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,151 ,445	.338	,852
Deney yapma ve veri toplama	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,322 ,682	.472	.756
Veri analizi-sonuca varma	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,111 ,632	,176	.950
İfade etme	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,623 ,631	.986	,416
Değerlendirme	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,238 ,614	.387	.818
Etkileşim	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,851 ,745	1,142	.338
Müzakere	14 15 16 17 18	Gruplar arası Gruplar içi	4 185	,654 ,726	.900	.465

Tablo 7 incelendiğinde öğrencilerin yaşları ile fen öğrenme beceri boyutları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 8: Anne Eğitim Durumu-Fen Beceri Farklılaşmasına Yönelik Anova Tablosu

Değişkenler	Anne Eğitim		Sd	Karelerin Ort.	F	p
Soru ve hipotez önerme	İlköğretim	Gruplar arası	3	,083	,145	,933
	Lise	Gruplar içi	180	,571		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Planlama	İlköğretim	Gruplar arası	3	,143	,327	,806
	Lise	Gruplar içi	180	,439		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Deney yapma ve veri toplama	İlköğretim	Gruplar arası	3	,110	,161	,923
	Lise	Gruplar içi	180	,682		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Veri analizi-sonuca varma	İlköğretim	Gruplar arası	3	,141	,220	,883
	Lise	Gruplar içi	180	,641		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
İfade etme	İlköğretim	Gruplar arası	3	,651	1,046	,374
	Lise	Gruplar içi	180	,623		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Değerlendirme	İlköğretim	Gruplar arası	3	,415	,680	,565
	Lise	Gruplar içi	180	,609		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Etkileşim	İlköğretim	Gruplar arası	3	,565	,778	,508
	Lise	Gruplar içi	180	,726		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Müzakere	İlköğretim	Gruplar arası	3	1,175	1,584	,195
	Lise	Gruplar içi	180	,742		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					

Tablo 8 incelendiğinde öğrencilerin anne eğitim durumları ile fen öğrenme beceri boyutları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 9: Baba Eğitim Durumu-Fen Beceri Farklılaşmasına Yönelik Anova Tablosu

Değişkenler	Baba Eğitim		Sd	Karelerin Ort.	F	p
Soru ve hipotez önerme	İlköğretim	Gruplar arası	3	,243	,428	,733
	Lise	Gruplar içi	180	,569		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Planlama	İlköğretim	Gruplar arası	3	,173	,395	,757
	Lise	Gruplar içi	180	,438		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Deney yapma ve veri toplama	İlköğretim	Gruplar arası	3	,714	1,063	,366
	Lise	Gruplar içi	180	,672		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Veri analizi-sonuca varma	İlköğretim	Gruplar arası	3	.398	,624	,600
	Lise	Gruplar içi	180	.637		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
İfade etme	İlköğretim	Gruplar arası	3	,459	,733	,533
	Lise	Gruplar içi	180	,626		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Değerlendirme	İlköğretim	Gruplar arası	3	.996	1,661	,177
	Lise	Gruplar içi	180	.600		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Etkileşim	İlköğretim	Gruplar arası	3	,615	,848	,469
	Lise	Gruplar içi	180	,726		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					
Müzakere	İlköğretim	Gruplar arası	3	.512	,680	,565
	Lise	Gruplar içi	180	.753		
	Önlisans					
	Lisans ve üstü					

Tablo 9 incelendiğinde öğrencilerin baba eğitim durumları ile fen öğrenme beceri boyutları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Sonuç

Araştırma sonucuna göre öğrencilerin yaşının, anne-baba eğitim düzeyinin fen öğrenme becerilerinde farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir. Ancak cinsiyet değişkeninin deney yapma ve veri toplama becerilerinde farklılık yarattığı görülmüştür. Bu durum kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre deney yapma ve veri toplama becerilerinde daha becerikli olduğu şeklinde yorumlanabilir. Kız öğrencilerin daha sabırlı oldukları ve detaya önem verdikleri için bu beceride farklılık yarattıkları düşünülmektedir. Uzun ve Keleş (2010), kız öğrencilerin fen öğrenmeye ilişkin motivasyonlarının işbirlikli çalışma ve katılım gibi konularda erkeklere nazaran daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Ancak araştırma yapma motivasyonunun cinsiyet ekseninde farklılaşmadığını da ifade etmektedirler. Acar (2014)'ın araştırmasında kendi kendine öğrenmenin gelir düzeyi, cinsiyet ve sınıf düzeyiyle farklılaşmadığı tespit edilmiştir.

Ayrıca sınıf değişkenin ifade etme becerisi üzerinde farklılık yarattığı belirlenmiştir. Bu farklılık sınıf yükseldikçe ifade etme becerisinin düşmesi şeklindedir. Bu sonucun nedeni olarak sınıf arttıkça öğrencilerin algılarını ya da ilgilerini dağıtan farklı değişkenler olabileceği söylenebilir. Diğer taraftan lise bir öğrencisi okula yeni başlayan ve okulu tanıma fırsatı bulmaya çalışırken, lise son öğrencisi lise öğrenim hayatının son iki senesini pandemi nedeniyle okul dışında kalarak geçirdiğinden okula yabancılaşma, sosyal hayattan uzaklaşma gibi durumların ifade etme becerisini etkilediği

öngörülmektedir. Her bireyin kendi şahsına münhasırdır. Bireysel farklılıkların eğitim ve öğrenme açısından incelenmeye devam edilmesi sürdürülmesi gerekmektedir. Farklılıklar aynı zamanda benzersiz özellikleri de tarif etmektedir. Bu araştırma sonuçlarıyla diğer araştırma sonuçlarının karşılaştırılması yapıldığında sonuçlardaki farklılaşma nedenlerini ortaya çıkaracak daha kapsamlı araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Kaynakça

Acar, C. (2014). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının kendi kendine öğrenme becerilerinin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi Pamukkale Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Aydoğdu, B. (2006). *Fen ve teknoloji dersinde bilimsel süreç becerilerini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi*. Yüksek lisans tezi Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Bedir, H. (2019) Pre-service ELT teachers' beliefs and perceptions on the 21st century learning and innovation skills (4Cs). *Journal of Language and Linguistic Studies*, 15(1), 231-246.

Güngören, Ş., ve Sungur, S. (2009). The effect of grade level on elementary school students' motivational beliefs in science. *The International Journal of Learning*, 16(3), 495-506.

Debacker, T.K., ve Nelson, R.M. (2000). Motivation to learn science: Differences related to gender, class type, and ability. *The Journal of Educational Research*, 93(4), 245-254.

Hançer, A. H., Şensoy, Ö. ve Yıldırım, H. İ. (2003). İlköğretimde çağdaş fen bilgisi öğretiminin önemi ve nasıl olması gerektiği üzerine bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(13), 80-88.

Kaptan, F. ve Korkmaz, H. (1999). İlköğretimde fen bilgisi öğretimi. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.

Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford Publications

Özkurt-Sivrikaya, S. (2021). *Sürdürülebilir çevre eğitimi*. C. Filik İşçen (Ed.) Alan Eğitimi Çalışmaları (s. 126-142). Fransa: Livre de Lyon.

Sarı, K. (2018). Fen eğitiminde araştırmaya dayalı öğrenme stratejisinin öğrencilerin akademik başarılarına ve tutumlarına etkisi: Bir meta analiz çalışması (Yüksek Lisans Tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Sarı, A. ve Akınoğlu, O. (2009). Öz-düzenlemeli öğrenme: Modeller ve uygulamalar. *Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 29, 139-154.

Sivrikaya, Ö. S. (2019). Lise Öğrencilerinin STEM'e Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. OPUS–Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 11(18), 914-934. DOI: 10.26466/opus.547459

Şenler, B. (2014). Fen öğrenme becerisi ölçeği'nin Türkçe uyarlaması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 10(2), 393-407.

Uzun, N. ve Keleş, Ö. (2010). Fen öğrenmeye yönelik motivasyonun bazı demografik özelliklere göre değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(2), 1-16

Türk Dil Kurumu (TDK). Beceri, https://sozluk.gov.tr/ (erişim tarihi: 08.12.2021).

Yiğit, N., Devecioğlu, Y. ve Ayvacı, H.Ş. (2002). İlköğretim fen bilgisi öğrencilerinin günlük yaşamdaki olgu ve olaylarla ilişkilendirme düzeyleri. *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

POLİDİMETİLSİLOKSAN İLE YAPAY İRİS ÜRETİMİ

Ezgi ÇAVDAR
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği
cavdarezgi1@gmail.com

Tuba ÜNÜGÜL
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Kimya Mühendisliği
unugultuba@gmail.com

İbrahim MUTLU
Kocaeli Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Biyomedikal Mühendisliği
mutluibrahim@gmail.com

Bağdagül KARAAĞAÇ
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Kimya Mühendisliği
bagdagul.karaagac@gmail.com

Özet
İnsan irisi, göz rengi ve yüz simetrisi sağlarken, retinaya görsel girdiyi sürdürmede merkezi bir rol oynar. Doğuştan veya travmaya bağlı iris hasarı olan hastalarda ışığa maruz kalmanın verdiği bir tıbbi rahatsızlık olan fotofobi, parlak ışığın gözleri etkilemesine, hassasiyete ve zayıf görmeye neden olur. Yapay olarak hazırlanıp kişiye özel üretilen yapay iris lensleri, doğal irisin dinamik etkisini sağlamaz fakat kişiye estetik sağlar. Bu çalışmada, doğuştan veya travmalı hastalar için yeni bir tedavi seçeneği sağlayabilecek, doğal irisi kısmen taklit eden ve gözde uzun vadeli implant stabilitesine sahip olabilmesi amaçlanan bir oftalmik biyomalzeme oluşturmak için fotokromik ve polimer bileşenleri birleştiren yeni bir yapay iris üretilmesi amaçlanmaktadır. Mevcut iris kusuru tedavi seçeneklerindeki büyük bir sınırlamanın üstesinden gelmek için, sentetik ve biyouyumlu lens materyallerinin yanı sıra hızlı aktivasyon ve 60 saniyeden daha kısa geri dönüş süreleri tercih edilmiştir. Yerli bir üretim yapılması planlanan yapay iris UV ışınları içindeki elektromanyetik enerjiyi absorbe ederek optik özelliklerini değiştiren akıllı malzemeler kullanılarak biyouyumluluğu yüksek silikon bazlı katı ve sıvı polimerler ile kaplanarak elde edilmiştir. Üretimi yapılan prototip irisler ile kaplama öncesi mekanik test ile mekanik özellikleri, kaplama öncesi ve sonrası karşılaştırmalı olacak şekilde ışık geçirgenliği testi ile optik özellikleri incelenmiştir. Bu test sonuçlarına göre yapılan tasarım çalışmasının ışık hassasiyetinde anlamlı bir azalma sağlayıp sağlamadığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: yapay iris, polidimetilsiloksan, fotokromik malzeme, silikon bazlı biyopolimer, HTV, RTV

ARTIFICIAL IRIS PRODUCTION WITH POLYDIMETHYLSILOXANE

Abstract
The human iris take part a central role in maintaining visual input to the retina while providing eye color and facial symmetry. Photophobia, a medical condition caused by exposure to light in patients with congenital or traumatic iris damage, causes bright light to affect the eyes, sensitivity and poor vision. Artificial iris lenses, which are artificially prepared and produced for the person, do not provide the dynamic effect of the natural iris, but provide aesthetics to the person. In this study, it is aimed to produce a new artificial iris that combines photochromic and polymer components to create an ophthalmic biomaterial that partially mimics the natural iris and is intended to have long-term implant stability in the eye, which could provide a new treatment option for congenital or trauma patients. To overcome a major limitation in available iris defect treatment options, rapid activation and turnaround times of less than 60 seconds have been preferred, along with synthetic and biocompatible lens materials. The artificial iris, which is planned to be produced locally, has been obtained by using smart materials that change their optical properties by absorbing the electromagnetic energy in UV rays, and coated with silicon-based solid and liquid polymers with high biocompatibility. The optical properties of the

prototype irises were examined with the pre-coating mechanical test and the light transmittance test in a comparative way before and after the coating. According to these test results, it was evaluated whether the design study provided a significant reduction in light sensitivity.

Keywords: artificial iris, polydimethylsiloxane, photochromic material, silicon-based biopolymer, HTV, RTV

1. GİRİŞ

İnsan irisi, göz rengi ve yüz simetrisi sağlarken, retinaya görsel girdiyi sürdürmede merkezi bir rol oynar. Sfinkter ve dilatör kasları kullanarak doğal iris, göz bebeğinin boyutunu hızlı ve dinamik bir şekilde değiştirerek retinaya ışık geçişinde 30 kat değişiklik sağlar. Azalan göz bebeği daralması ile ilişkili aşırı ışığa maruz kalma, retina fotoreseptör hücrelerinin hasar görmesine ve zamanla görmede düşüşe neden olabilir. Aniridia veya iris kolobomu gibi konjenital iris kusurlarının yanı sıra travmaya bağlı iris kusurları, en önemli iki faktördür. Hastaların doğal irise opaklık sağlayan melanin pigmentinden yoksun olduğu albinizm, ayrıca aşırı ışığın göze girebileceği daha geniş bir alan yaratabilir. İrisin ışığa olan adaptif yanıtının azalması fotofobi, parlama ve haleler, çift görme ve azalmış görme keskinliği ile sonuçlanabilir. İris hasarının olumsuz etkilerini hafifletmek için tedavi seçenekleri güneş gözlüğü, renkli kontakt lensler veya yapay iris göz içi implantları ile sınırlıdır [1].

Fotokromik malzemeler UV ışınları içindeki elektromanyetik enerjiyi absorbe ederek optik özelliklerini değiştiren akıllı malzemelerdir. UV ışını etkisi ortadan kalktığında malzeme özgün optik özelliklerine geri dönmektedir. Tipik bir fotokromik film güneş ışığı ile karşılaşmadan önce saydam ve renksizdir. Işığın dalga boyuna, güneş ışığına maruz kalma düzeyine göre ışığı absorbe etme ve yansıtma özelliklerine bağlı olarak rengi de değişmektedir. Güneş ışığı ortadan kalktığında malzeme renksiz özgün haline geri dönmektedir [2]. Ek olarak, bu malzemelerin geçiş lensleri gibi harici oftalmik cihazlar kadar güvenli ve etkili olduğu kanıtlanmıştır. Sızıntı olmaksızın, uyumsuz atıl polimer içine yerleştirilmiş ışığa duyarlı bir malzemenin dahil edilmesi, tasarım kriterlerini karşılamanın gelişmiş bir yolunu sağlar.

Bu çalışmada, doğuştan veya travmalı hastalar için yeni bir tedavi seçeneği sağlayabilecek, doğal irisi kısmen taklit eden ve gözde uzun vadeli implant stabilitesine sahip olabilen bir oftalmik cihaz oluşturmak için fotokromik ve polimer bileşenleri birleştiren yeni bir yapay iris üretilmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Yapay İris Üretimi

Yapay iris implantı, bir polimer matrisi içine yerleştirilmiş ışığa duyarlı bir fotokromik malzeme kullanılarak üretilmiştir. Polimer matris olarak biyouyumlu olduğu kanıtlanan ve doku mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan polidimetil siloksilan (PDMS) seçilmiştir. PDMS çeşitleri olarak iki farklı grupta karşılaştırmalı çalışmak amacı ile oda koşullarında vulkanize olabilen (RTV-room tempurature volkanizing) ve yüksek sıcaklıklarda vulkanize (HTV-high tempurature volkanizing) olabilen iki çeşit silikon üzerinden çalışma gerçekleştirilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda vulkanize olabilen (HTV) katı halde bulunan silikon için pişirici olarak dimükil peroksit (DCP) kullanılmıştır. Reometri testi sonucunda belirlenen pişirme sıcaklığı ve süresi ile karışım hazırlanarak numuneler istenilen ağırlıklara göre kümelendirilirek ayrılmıştır. Numuneler sırası ile 170 °C'de 10 dakika boyunca iki teflon levha arasına konularak vulkanize edilmiştir. Vulkanizasyonu tamamlanan numuneler spatula yardımı ile teflon levhalar arasından kaldırılarak istenilen yuvarlak şekillerde kalıplanmıştır. Elde edilen numune kalınlıkları ortalama 0.20 milimetre kalınlığındadır.

Oda sıcaklığında vulkanize olabilen (RTV) sıvı halde bulunan silikon kürlemesi için tedarikçi firmanın sağladığı bilgiler referans alınmıştır. Ürün teknik veri sayfasında belirlenen yüzdelikler ile Catalyst CX katalizör olarak kullanılarak karışım aşağıdaki (1) denklemine göre yapıldıktan sonra magnetik karıştırıcı üzerinde 1500 rpm'de 10 dakika karıştırılmıştır.

$$V = r^2 h \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

Tedarikçinin sağladığı teknik bilgi dokümanında yazan bilgi referans alınarak elde edilen karışım petri kaplarına dökülerek 6 saat boyunca vulkanizasyona bırakılmıştır. 6 saat sonrasında vulkanizasyonu tamamlanan numuneler spatular yardımı ile cam petri kapları içerisinden cımbız ile kaldırılarak yuvarlak şekillerde kalıplanmıştır. Elde edilen numune kalınlıkları ortalam 0.63 milimetre kalınlığındadır. Biyouyumlu polidimetilsiloksan çeşitlerinden elde edilen numuneleri bir polimer matrisi içinde kapatarak yapay irisi oluşturmak için Photopia boyası kullanılarak numunelerin içerisine gömülmesi ve sertleştirilmesi gerekmektedir. Elde edilen numuneler boya ile kaplanmadan önce yüzey temizliği sağlanması ve boyanın daha iyi gömülmesi amacı ile diklorometan (CH_2Cl_2) ile yüzey temizliğine tabi tutulmuştur. Numunelerin diklorometan ile etkileşimi sonucu numunelerden diklorometanın tamamen buharlaşması için numuneler etüv içerisinde 37°C' de 1 saat boyunca bekletilmiştir.

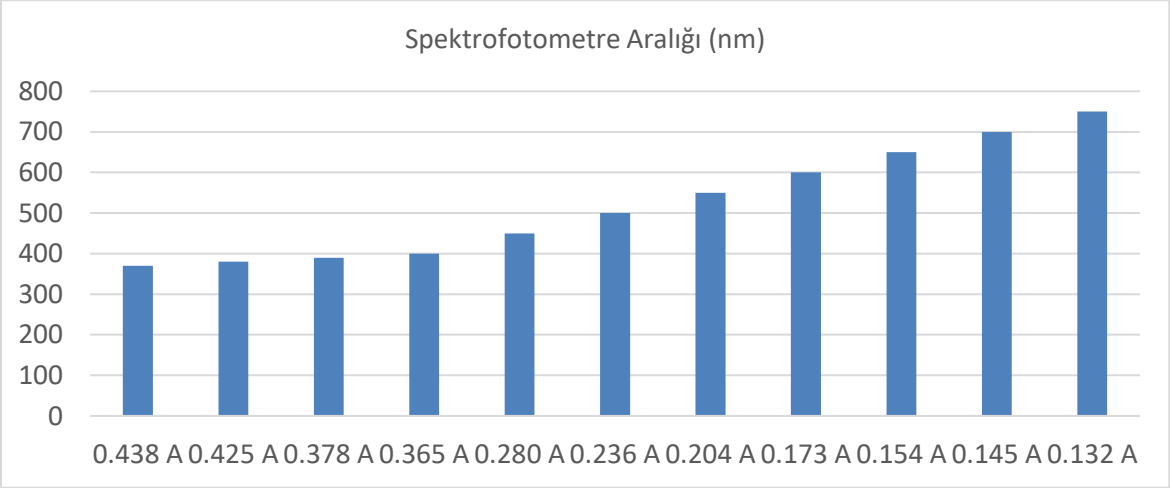
Belirlenen ölçülerde ve ve spesifikasyonlarda pipet içerisinde su, su bazlı boya ve diklorometan karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan karışım cam petri içerisine dizilen numunelerin üzerine damlatılarak petrinin ağzı kapatılıp, hava girişi olmaması için parafin ile sarılmıştır. Numuneler 70°C' de 24 saat boyunca etüvde bekletilerek boyanmış numunelerin diklorometan ile şişerek içlerine boyanın nüfuz etmesini, etüv sayesinde diklorometanın buharlaşmasını, numunelerin içerisinde gömülü boya partiküllerinin kalması sağlanmıştır. Yüzeyde kalan boya kalıntılarının temizlenmesi için numuneler diklorometan ve su karışımı ile yüzey temizliği yapılmıştır. Numunelerin diklorometan ile etkileşimi sonucu numunelerden diklorometanın tamamen buharlaşması için numuneler etüv içerisinde 37°C' de 1 saat boyunca bekletilmiştir.

2.2. Mekanik Karakterizasyon

ASTM D882-12 numaralı "İnce Plastik Kaplamanın Çekme Özellikleri için Standart Test Yöntemi" standardına göre oda sıcaklığında vulkanize olan silikon çeşidinden 8 adet, yüksek sıcaklıkta vulkanize olan silikon adetinden 8'er adet dog-bone numune şeklinde hazırlanmıştır.(en:15 santimetre, boy: 35 santimetre, yükseklik:0.20 milimetre) Numuneler 500 milimetre/dakika süre ile devotrans cihazında çekme-kopma testine tabi tutulmuştur.

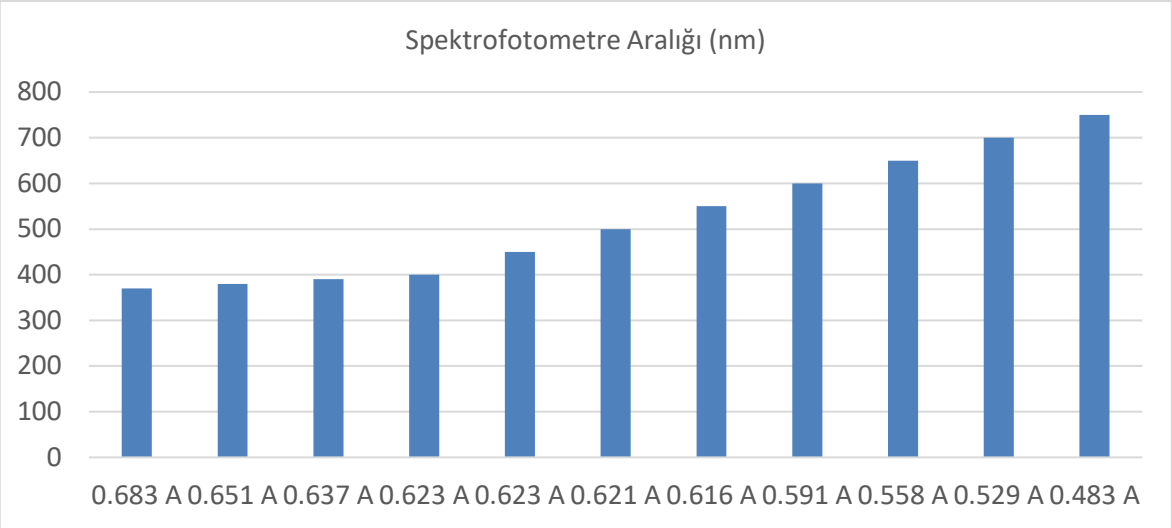
2.3. Optik Karakterizasyon

Gelen ışığı zayıflatmada yapay irisin optik işlevselliği bir UV spektrofotometre ile belirlenmiştir. UV ışığı ile aktivasyonlu ve aktivasyonsuz yapay iristen iletilen ışığın yüzdesi, bir dizi dalga boyunda ölçülmüştür. Dalgaboyu taramasının 370 ila 750 nm'ye ayarlanması, ilgilenilen iki ana bölge göz önünde bulunarak seçilmiştir. (UV (300-400 nm) ve görünür ışık spektrumu (400-700 nm)). HTV numuneleri photopia ile kaplanmadan önce 370-750 nm dalga boyları arasında 5 farklı numune üzerinden UV ışık altında absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre dalga boyu arttıkça absorbe edilen miktarın azaldığı görülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1: HTV numunelerinin kaplanmadan önce değişen spektrofotometre aralığında UV altındaki absorbans değerleri

RTV numuneleri photopia ile kaplanmadan önce 370-750 nm dalga boyları arasında 5 farklı numune üzerinden UV ışık altında absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre dalga boyu arttıkça absorbe edilen miktarın azaldığı görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2: RTV numunelerinin kaplanmadan önce değişen spektrofotometre aralığında UV altındaki absorbans değerleri

2.4. Fiziksel Karakterizasyon

Max:220 gram , d=1 miligram özelliklerine sahip Arşimet prensibine göre aşağıdaki (2) denklemine göre çalışan sıvı yoğunluk ölçer üzerinde Photopia ile kaplanmamış RTV ve HTV numuneleri yoğunluk tayini ölçümüne tabi tutulmuştur.

$$d = \frac{m}{v} \tag{2}$$

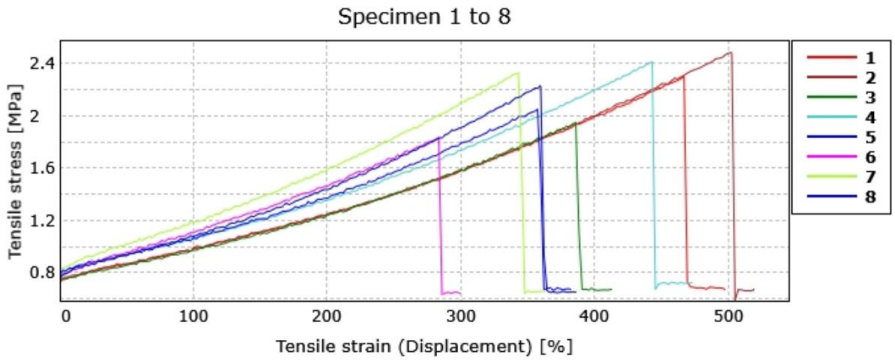
Elde edilen 3 farklı ortalama değeri aşağıdaki (3) denklemine göre ortalama değer bulunarak piyasa verileri ile kıyaslanmıştır.

$$ort = \frac{x1+x2+x3}{3} \tag{3}$$

3. SONUÇ

3.1. Mekanik Karakterizasyon

Yapay irisin uzun süre göz içerisinde kalması planlanıp stabilitesini, dayanıklılığını koruması açısından uygulanan mekanik testler önem arz etmektedir. 8 farklı HTV bog bone numunesi üzerinden uygulanan testler sonucunda çekme-kopma cihazında elde edilen grafik görüntüleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3: Çekme-kopma cihazı programı HTV numune grafikleri görüntüsü

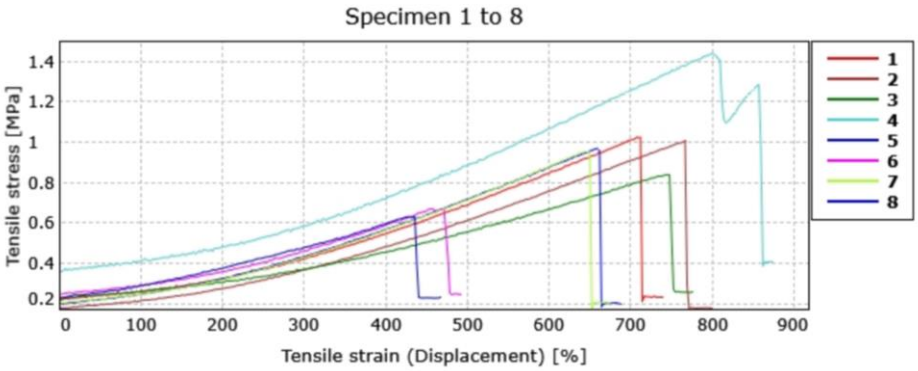
5 adet dog bone numunesi için ortalama çekme gerilimi aşağıdaki (4) denklemine göre ortalama alınarak 2.263 MPa olarak hesaplanmıştır. 2,3,6 numaralı numuneler ortalamaya katılmamıştır.

$$ort = \frac{x1+x2+x3+x4+x5}{5} \quad (4)$$

Tablo 1: HTV numuneleri çekme kopma testi sonuçları

	Kopma Dayanımı [MPa]	**Kopmada Uzama [%]**
1	2.302	466.713
4	2.412	442.904
5	2.048	357.190
7	2.325	342.904
8	2.231	359.572
ORTALAMA	2.263	393,856

8 farklı RTV bog bone numunesi üzerinden uygulanan testler sonucunda çekme-kopma cihazında elde edilen grafik görüntüleri Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4: Çekme-kopma cihazı programı RTV numune grafikleri görüntüsü

5 adet dog bone numunesi için ortalama çekme gerilimi yukarıdaki (4) denklemine göre ortalama alınarak 0.924 MPa olarak hesaplanmıştır. 3,4,8 numaralı numuneler ortalamaya katılmamıştır.

Tablo 2: RTV numuneleri çekme kopma testi sonuçları

	Kopma Dayanımı [MPa]	**Kopmada Uzama [%]**
1	1.023	709.571
2	1.005	766.714
5	0.968	659.571
6	0.672	459.571
7	0.952	647.666
ORTALAMA	0.924	648.618

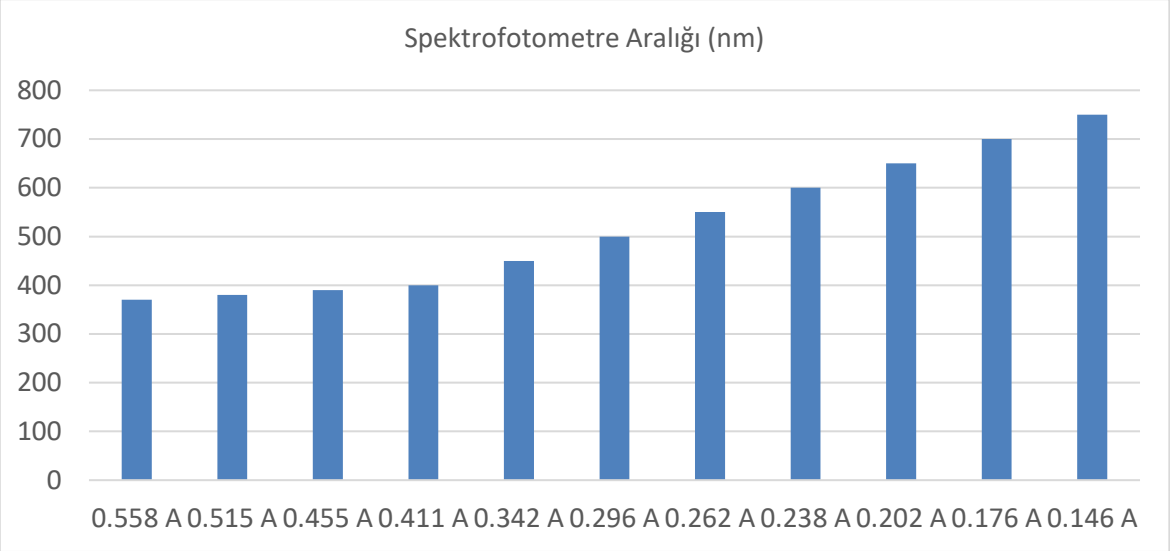
Mekanik test sonuçları göz önüne alındığından implantasyon dayanıklılığı ve stabilizasyonu için polidimetilsiloksilan çeşitlerinden yüksek sıcaklıklarda vulkanize olabilen (HTV) çeşidi, oda sıcaklığında vulkanize olabilen (RTV) çeşidine göre daha dayanıklı bulunmuştur.

3.2. Optik Karakterizasyon

Photopia aktivasyonu ve gelen ışığın zayıflatılması ilk olarak, UV maruziyetine yanıt olarak berraktan morumsu farklı renk değişiminin gözlemlenmesi yoluyla oluşturulmuştur. Benzer şekilde, yapay iris, ışık uyarıcısının kaldırılmasından hemen sonra başlayan ve 1 dakika içinde orijinal durumuna geri dönen

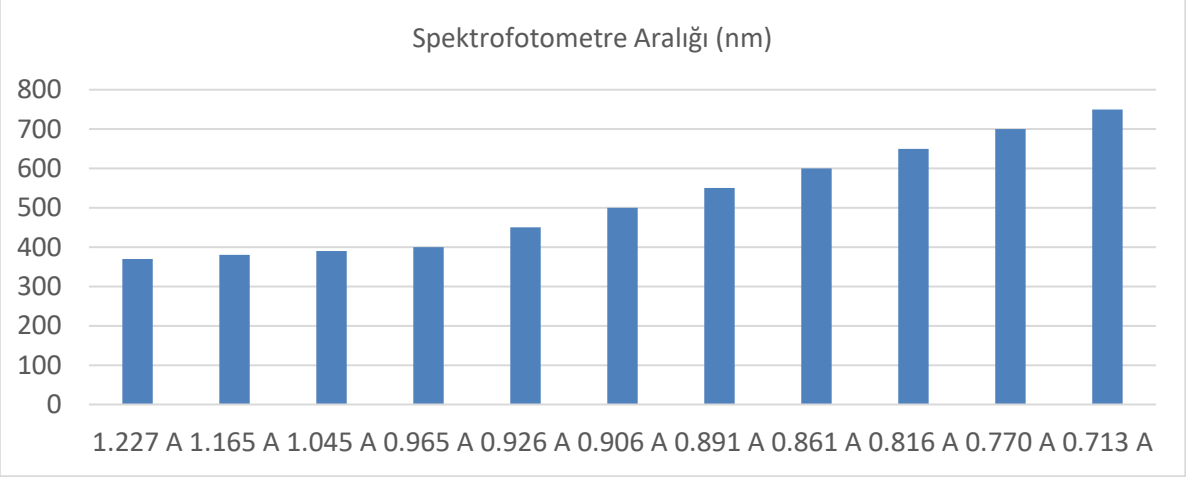
kademeli tersine dönme göstermiştir. Absorbans, numune üzerine gönderilen ışığın ne kadarının absorplandığının ölçüsüdür [3].

HTV numuneleri photopia ile kaplandıktan sonra 370-750 nm dalga boyları arasında 5 farklı numune üzerinden UV ışık altında absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre dalga boyu arttıkça absorbe edilen miktarın azaldığı görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5: HTV numunelerinin kaplandıktan sonra değişen spektrofotometre aralığında UV altındaki absorbans değerleri

RTV numuneleri photopia ile kaplandıktan sonra 370-750 nm dalga boyları arasında 5 farklı numune üzerinden UV ışık altında absorbans değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre dalga boyu arttıkça absorbe edilen miktarın azaldığı görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6: RTV numunelerinin kaplandıktan sonra değişen spektrofotometre aralığında UV altındaki absorbans değerleri

Photopia ile kaplanmadan önce UV spektrofotometrede RTV ve HTV numuneleri karşılaştırıldığında, RTV numunelerinin en düşük dalga boyundan en büyük dalga boyuna kadar daha fazla UV ışığı absorbe ettiği gözlenmiştir. Photopia ile kaplandıktan sonra UV spektrofotometrede RTV ve HTV numuneleri karşılaştırıldığında, RTV numunelerinin en düşük dalga boyundan en büyük dalga boyuna kadar daha fazla UV ışığı absorbe ettiği gözlenmiştir.

3.3. Fiziksel Karakterizasyon

Metter Toeldo Excellence XS204 FACT markalı max:220 g , d=1 miligram özelliklerine sahip Arşimet prensibine göre çalışan sıvı yopunluk ölçer üzerinde RTV numunelerine yukarıdaki (3) denklemi kullanılarak ortalama yoğunluk tayini yapılmıştır. Önce boş ağırlık ölçülerek daha sonra cihaz içerisinde bulunan saf su ile dolu olan haznede numunenin zemine yapışması sağlanarak 3 farklı numuıne üzerinden ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre elde edilen HTV numunesine ait değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 3: HTV numunelerine ait yoğunluk tayini sonuçları

	Yoğunluk (g/ cm^3)	**Standart Sapma**
ORTALAMA	1.070	0,055

Yapılan ölçüm sonuçlarına göre elde edilen RTV numunesine ait değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 4: RTV numunelerine ait yoğunluk tayini sonuçları

RTV	**Yoğunluk (g/cm^3)**	**Standart Sapma**
ORTALAMA	1.095	0,007

Piyasada satışı bulunan Referans olarak kullanılan piyasada satışı bulunan OPHTEC markalı yapay iris modellerinin 1.12 g/cm^3 yoğunluğuna sahiptir [4]. Bu değer göz önünde bulundurularak RTV çeşidi silikonun bu değere yakınlaştığı gözlenmiştir.

4. TARTIŞMA

Bu proje kapsamında göze giren ışık yoğunluğunu azaltan yapay iris elde edilmiştir. Kullanılan sert polimerlerin aksine, tasarımı planlanan yerli üretim yapay iris lensi, daha küçük bir kesi yerine izin veren esnek, biyouyumlu, oksijen geçirgenliği yüksek bir silikon polimer (PDMS) seçilerek yapılmıştır. Hidrofobik bir yüzey olan silikonun içerisine hidrofilik madde gömülmüştür. Temel olarak optik özellikler ve yoğunluk göz önünde bulundurularak RTV çeşit PDMS silikonun yapay iris üretimi için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Tasarımın sonuçlanması sağlanarak başta hastanın fiziksel ve psikolojik yıpranmasının minimumda tutulması olmak üzere; hastanın hayat kalitesinin yükseltilmesi, kozmetik görünümün iyileştirilmesi, ışık hassasiyetinin azalması ve yerli üretim ile fiyat performansı karşılayarak maliyetin azaltılması sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Azar D, Cho M., Shareef FJ, Sun S, Kassem I, Kotecha M, Engineering a light-attenuating artificial iris, *Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016;57:2195– 2202.* DOI:10.1167/iovs.15-17310

[2] PERKER, S. 2022, *Optik Özelliği ve Rengi Değişebilen Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanım Olanakları,* 19.05.2022 tarihinde Mimarlık Tasarım Kültür Sanat Dergisi: https://yapidergisi.com/optik-ozelligi-ve-rengi-degisebilen-akilli-malzemelerin-mimarlikta-kullanim-olanaklari/

[3] MERCK 2022, *Absorbans* 18.05.2022 tarihinde Kimyaevi sitesi: http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0C78A84C0A88D75FE

[4] WORST E. 2022, *IRIS PROSTHESIS* 18.05.2022 tarihinde Ophtec sitesi: https://www.ophtec.com/products/trauma-surgery/implants/iris-prosthesis

GEMİ PERVANELERİNİN 3B MODELLENMESİ İÇİN TERSİNE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMININ KULLANIMI

Betül Yılmaz Karadeniz
Afyon Kocatepe Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
betul.yilmaz-karadeniz@usr.aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8573-748X

Ramazan Taşkın
Afyon Kocatepe Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
ramazan.taskin@usr.aku.edu.tr, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Özgür Verim
Afyon Kocatepe Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
ozgurverim@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1575-2630

Özet
Tersine mühendislik; verileri olmayan, hasar gören parçaların tekrar üretilmesi veya tamir edilmesi süreçlerini içeren bir tekniktir. Son yıllarda, CAD verileri olmasına rağmen parçalar üzerinde düzeltmeler yapılarak yeni bir parça elde edilmesi, seri üretim, prototipleme, kalite kontrol vb. amaçlarla da sıklıkla kullanılır. Bu teknik endüstri, tıp, sanat, arkeoloji gibi birçok alanda ilgi görmektedir. Tersine mühendislik bazı parçaların karmaşık yüzey modelleme tasarımı ve üretimi için geleneksel tasarım yöntemlerine nispeten işleme ve üretim sürecini kısaltarak ürün geliştirmeyi hızlandırır. Üretim sürecinin hızlı olması maliyet ve zaman açısından kazanç sağlar. Bu çalışmada, bir gemi pervanesinin tersine mühendislik tekniği ile 3B katı modeli oluşturulmuştur. İlk olarak, gemi pervanesinin nokta bulutu verisi, 3B tarayıcı kullanılarak elde edilmiştir. Sonrasında, bu parçanın modelini belirlemek için veriler toplanarak yazılıma (Geomagic Design X) aktarılmıştır. CAD programının tersine mühendislik uygulamasında toplanan veriler düzenlendi ve parçanın katı modeli oluşturulmuştur. Katı modeli oluşturulan parçanın prototip modeli 3B yazıcı kullanılarak üretilmiştir. Parça modelinin ölçülerinin sapma analizi yapılmıştır. Ayrıca tersine mühendislik tekniği ile ilgili literatür çalışmaları incelendi ve farklı geometriye sahip parçaların modellendiği örneklerden bahsedilmiştir. Bu makalede, gemi pervanesinin katı modelinin oluşturulması süreci detaylı bir şekilde anlatılarak tersine mühendislik tekniği uygulamasından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tersine Mühendislik, 3B Lazer Tarama, Gemi Pervanesi, Yüzey Rekonstrüksiyonu

USING OF REVERSE ENGINEERING APPROACH FOR 3D MODELING OF SHIP PROPELLERS

Abstract
Reverse engineering; It is a technique that includes the processes of reproducing or repairing damaged parts without data. In recent years, although there is CAD data, it is possible to obtain a new part by making corrections on the parts, mass production, prototyping, quality control, etc. It is also often used for other purposes. This technique attracts attention in many fields such as industry, medicine, art, archeology. Reverse engineering speeds up product development by shortening the machining and manufacturing time compared to traditional design methods for the complex surface modeling design and fabrication of some parts. The rapidity of the production process provides savings in terms of cost and time. In this study, a 3D solid model of a ship propeller was created by reverse engineering technique. First, point cloud data of the ship propeller was obtained using a 3D scanner. Afterwards, the data was collected and transferred to the software (Geomagic Design X) to determine the model of this part. The data collected in the reverse engineering application of the CAD program was organized and the solid model of the part was created. The prototype model of the solid model of the part was produced using a 3D printer. Deviation analysis of the dimensions of the part model was made. In addition, literature studies on reverse engineering technique were examined and examples of models with

different geometries were mentioned. In this article, the process of creating the solid model of the ship propeller is explained in detail and the application of reverse engineering technique is mentioned.

Keywords: Reverse Engineering, 3D Laser Scan, Ship Propeller, Surface Reconstruction

1. GİRİŞ

Son zamanlarda tersine mühendislik, tasarımda ters yöntemleri, tümdengelim ve keşifleri ön plana çıkaran ürün tasarım sürecinde önemli bir konu olarak kabul edilmektedir. Tersine mühendislik, teknik ürün verilerini ve manuel yeniden tasarım prosedürünü başlatırken, verimli eşzamanlılık kıyaslama sağlayarak gelişmiş hesaplama modelleri ve modern sayısallaştırma teknolojilerine dayalı daha ayrıntılı bir sürece dönüşmüştür (Ciocănea et al., 2017). Günümüzde tersine mühendislik uygulaması, çeşitli mekanik aşınmış veya kırılmış parçaların 3B dijital modellerinin üretilmesidir. Tersine mühendislik prosedüründeki ana adımlar şunlardır: mevcut parçanın geometrisini algılamak, 3B model oluşturmak, uygun bir CAD/CAM sistemi kullanarak üretim (Anwer & Mathieu, 2016; Chintala & Gudimetla, 2014; Gameros et al., 2015). Tersine mühendislik için mevcut yaklaşımlar, temel olarak geometrik ilkellerin yeniden yapılandırılmasına ve bunların yerel yüzey özelliklerine odaklanırken, parça işlevi ve temeldeki tasarım amacı keşfedilmeden kalmaktadır. Bununla birlikte, üretilen parçaların yalnızca geometrisini değil, aynı zamanda amaçlanan işlevlerini de tanımak ve böylece temeldeki tasarım kararlarını değerlendirmek, daha yüksek otomasyon dereceleri ve gelişmiş dijital süreç verimliliğinin elde edilmesine yönelik açık ve paylaşılabilir bilginin üretilmesi için büyük potansiyeller taşımaktadır (Qie et al., 2021).

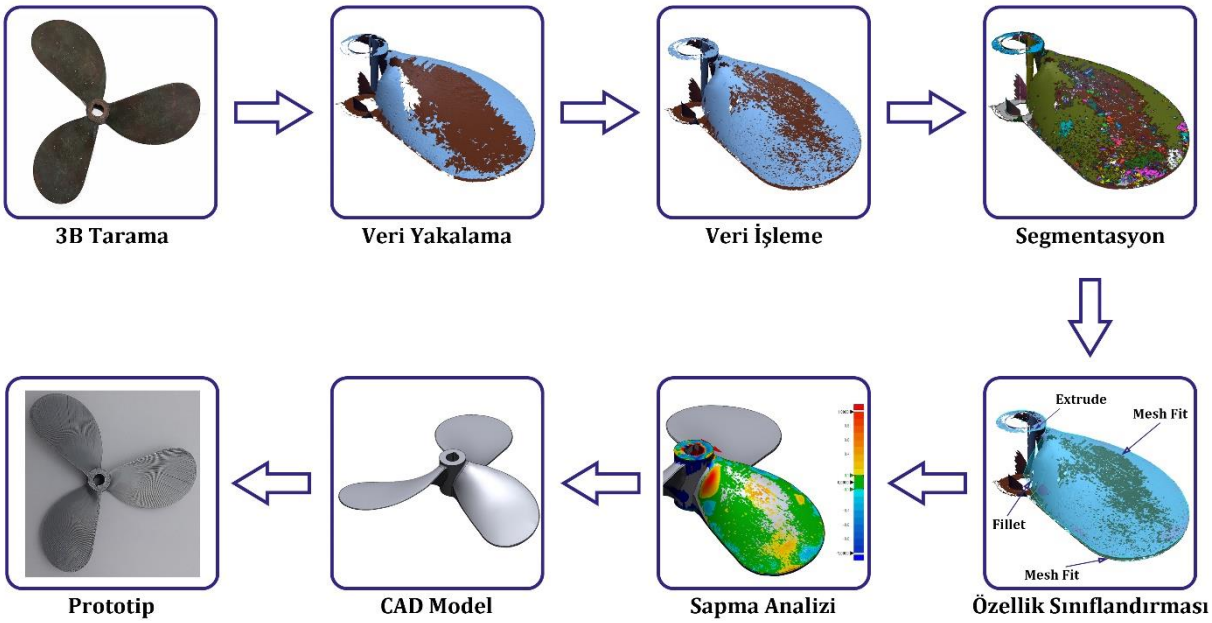
Tersine mühendislik ve 3B baskı teknolojisini etkili bir şekilde birleştirmek ve bunları yeni ürün geliştirme sürecine uygulamak özellikle önemlidir. (Baronio et al., 2016), özelleştirilmiş el ortezleri üretimine ulaşmak için 3B baskı ve 3B tarama teknolojilerini birleştirdi. Önkol verilerini elde etmek için tersine mühendislik ve el ortez modellerinin çıktısını almak için 3B baskı teknolojisini kullanarak, ürünlerin hafif tasarımını gerçekleştirdiler ve üretim maliyetlerini düşürürken, verilerin doğruluğunu sağlamaya devam ettiler. (Zhang et al., 2016), yeni ürünleri geliştirme verimliliği üzerine çalışmalar yaparak, ürün modelinin çıktısını almak için model optimizasyon tasarımını, sonlu eleman analizi ve 3B baskı teknolojisi ile birleştirilen tersine mühendislik teknolojisi yoluyla ürünün 3B dijital modelini hızlı ve doğru bir şekilde elde etti ve böylece ürün modelini geliştirdi. (Lei M et al., 2015), ürünün yeniden tasarımının uygulanabilirliğini ve üstünlüğünü etkin bir şekilde doğrulamak için ürünün yeniden tasarımı ve birleştirilmiş tersine mühendislik ve hızlı prototipleme teknolojisi üzerine araştırmalar yaptı. (Zhong G, 2019), tersine mühendislik ve hızlı prototipleme teknolojisinin birleşimine dayalı olarak Yeni Çağ'dan geleneksel mobilyaların yenilikçi tasarımını inceledi. Ayrıca (Li Z et al., 2007), tasarım kalitesini ve üretim doğruluğunu artırmak için modern ürün tasarımında tersine mühendislik ve hızlı prototipleme teknolojisini kullandı. (Tian W & Li Y, 2014), tarafından yürütülen araştırmada, femur protezlerini insan vücudu ile hızlı bir şekilde eşleştirmek için, üretim döngüsünü ustaca kısaltmak ve hastalara yönelik maliyetleri azaltmak için tersine mühendislik ve prototipleme teknikleri kullanıldı. Bu literatür analizleri, tersine mühendislik ve hızlı prototipleme teknolojisinin yeni ürünlerin geliştirilmesinde hayati uygulama beklentilerini karşıladığını göstermektedir.

Yeni tasarım fikri, hem tersine mühendislik ve ileri modellemenin hibrit modelleme sürecini hem de modern teknolojinin güçlü yönlerinden tam olarak yararlanabilen modern üretimin model tasarım sürecini içerir. Amaç sadece ürün tasarım döngüsünü kısaltmak ve modern pazarın hızlı değişikliklerini karşılamak için değil, aynı zamanda önceki başarılı tasarım durumlarının fikirlerini etkin bir şekilde devralmak ve ürün tasarımının güvenilirliğini artırmaktır (Wang et al., 2021). Bu çalışmanın temel amacı, düzenli forma sahip olmayan gemi pervanesinin hasar görmesi, işlevini yitirmesi veya kullanılamıyor olma durumunda, gemi pervanesinin tersine mühendislik yaklaşımı ile tekrar modellenebilmesi ve üretilebilmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

Tersine mühendislikte fonksiyon odaklı yüzey rekonstrüksiyonunu ele alma ihtiyacından motive olan bu makale, tersine mühendislik sürecine gömülü bilgiyi zenginleştirmek için bir çerçeve önermektedir. Bir gemi pervanesi çalışması, bu yaklaşımın geçerliliğini ve uygunluğunu göstermektedir. Mevcut

hasarlı parça; bir gemi pervanesi tersine mühendislik tekniğiyle yeniden 3B olarak modellenmiş ve hızlı prototipleme proseslerinden birisi olan FDM (Eriyik Biriktirme Modelleme) yöntemiyle üretilmiştir. Bu üretim süreci; parçanın 3D tarayıcı ile taranması, veri toplama, nokta bulutunun segmentasyonu, segmentasyon adımında tanımlanan bölgelerin özellik sınıflandırılması, sınıflandırılmış yüzeylere uygulanmış yüzeylerin modellenmesi, modelin CAD yazılımıyla yeniden oluşturulması ve prototip üretimi. Tersine mühendislik ve 3B baskı teknolojisine dayalı yeni ürünlerin hızlı gelişimini detaylandıran bu genel akış şeması Şekil 1'de gösterilmektedir.

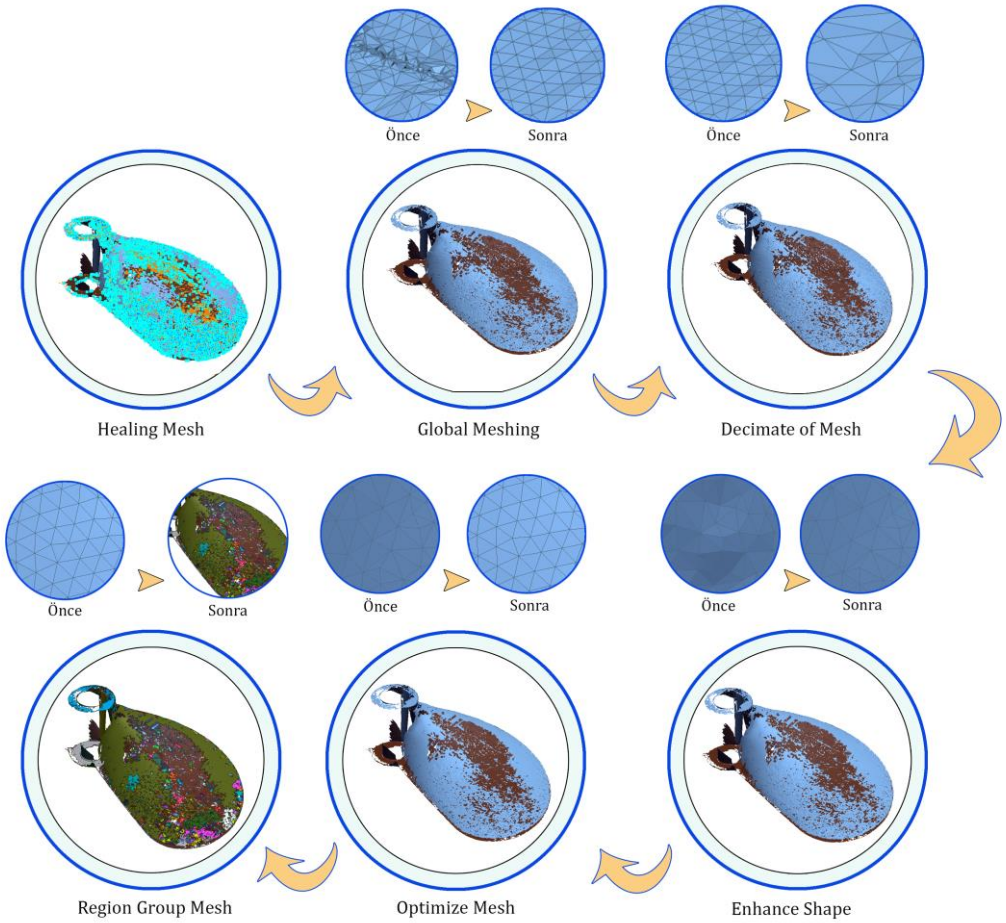


Şekil 1. Tersine mühendislik tekniğinin genel akış şeması

Hareketini motordan alan pervane, geminin hareketini sağlamaktadır. Bir parçası kırık olan pervane 3B olarak modelleme ile yeniden üretilerek maliyet ve zaman tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Öncelikle pervane tersine mühendislik prosesiyle belli bir plan çerçevesinde 3B olarak modellemesi gerçekleştirilmiştir. İlk önce parça sıvı solüsyon ve yardımcı aparatlar ile temizleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra parça tarama için mat yüzey elde edilmesi için pudralama işlemi ile yüzey matlaştırma işlemi yapılmıştır ve parça üzerine belli noktalara markerlar konmuştur.

Parça yüzeyinin temizlenmesinin amacı, 3B tarama sırasında parça yüzeyince fazlalık olan toz ve kirlerin modellemede yanlış veri elde edilmemesi gereklidir. Parça yüzeyine yapılan markerlama işlemi birden fazla tarama işlemi yapıldığında tarama verilerin birbirleri ile örtüşmesi gereklidir. 3B tarama cihazı yüzeye lazer ışınları yansıtarak veri elde etmektedir bu lazer ışınları parlak yüzeyde yansıma yapmaktadır bu yansımayı önlemek için yüzey üzerinde matlaştırma işlemi yapılmaktadır. Matlaştırma işlemi kişiye ve oluşacak tarama verilerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu işlemlerden sonra pervane tarama cihazında belli bir uzaklıkta sabit şekilde konumlandırılmıştır. Tarama işlemi başlangıcında iyi bir strateji belirlenmelidir. Çok fazla tarama yapmak avantaj gibi görünse de veri fazlalığından dolayı bilgisayarın işlem hızının düşmesi söz konusudur. Biz çalışmamızda hasarlı olan pervanenin taramış olduğumuz yüzeylerini en az üç nokta belirlenerek eşleştirme yaptık. Eşleştirme sonucunda gerçek tarama verisi elde edilmiş oldu. Çalışmamızda Geomeagic Design X (3D Systems, Inc) yazılımı üzerinden alınan verilerin içerisinde gürültü olarak kabul edilen kısımlar mesh iyileştirme kısmında düzeltilmiştir. Bu düzeltmeler eksik kalmış ise sonraki adımlarda tekrar düzeltilebilir. Global yeniden mesh atama bölümünde belirlenen mevcut üçgen kenar uzunluğu değiştirilebilir ve açık görülen kafes boşlukları kapatılabilir. Bu bölümde üçgen kenar uzunluğu mevcut uzunluk değerinin altında olması yüzey özelliklerinin daha belirgin olması için istenilebilir. Bu işlem sırasında mesh sayısının fazla artması bilgisayarı yavaşlatabilir. Mesh seyreltme işlemi çok artan mesh sayısını düşürmek için içerisinde çoklu yüzey sayısı veya izin verilen sapma parametrelerini barındıran algoritmalar kullanmaktadır. Boşlukları doldurma işlemi parçanın mesh yüzey bölümlerinde mevcut olan boşlukların

doldurulmasını sağlamaktadır. Bu boşluklar düz veya eğri formunda olabilir. Boşlukların doldurulmasında boşluk eğrisellikleri dikkate alınarak sağlıklı bir proses gerçekleştirilebilir. Şeklin geliştirilmesi işlemi mesh yapısının genel düzgünlüğünü ve netliğini artırmak için kullanılmaktadır. Mesh optimizasyon kısmında parça üzerinde istenilen boyut ve düzgünlükteki ağ yapısının oluşturulması sağlanmaktadır. Bu kısım iyi analiz edilmeli ve parça için en ideal mesh yapısının oluşturulması sağlanmalıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Tersine mühendislik yaklaşımında veri işleme akış şeması

Yüzeyde olan hatalı, ters dönmüş ve birbirini takip etmeyen formdaki yüzeylerde iyileştirme yapılarak onarılmıştır. Çalışmamızda modelleme özelliklerinin belirlenmesinde düzlem ve 2D çizimler oluşturulmuş ve modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda tersine mühendislik yöntemiyle 3B modeli oluşturulan gemi pervanesini prototip modeli FDM metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Bu yöntemde birçok parametre parçanın yüzey pürüzlülüğünü ve mekanik karakteristiğini etkilemektedir.

3. SONUÇ

Bu makale, tersine mühendislik için 3B tarama teknolojisinin olanaklarını ve zorluklarını araştırmak amacıyla yazıldı. Gemi pervanesinin prototipini tersine mühendislik tekniği ile üretme süreci üç bölüme ayrılmıştır: veri toplama ve işleme, ileriye dönük modelleme ve model üretimi. Gemi pervanesi karmaşık geometrili bir parça olduğu için ve CAD verilerinin olmamasından dolayı en pratik üretim tekniği tersine mühendisliktir. Karmaşık geometrili parçaları modellemede yüzeyleri ayrıntılı bir şekilde tanımlamak için eleman sayısının fazla olması gerekmektedir. Bu tür düzensiz yüzeyleri detaylı tanımlamak için kullanılan NURBS (Düzgün olmayan rasyonel temelli eğri) yüzey elemanlarının kullanılması uygundur. Hedef yüzeyin NURBS yüzey verilerini elde etmek için nokta verilerinin basitleştirilmesi ve nokta bulutu verilerinin nokta işleme için toplanan veri tabanı, 3B yazılımın içine

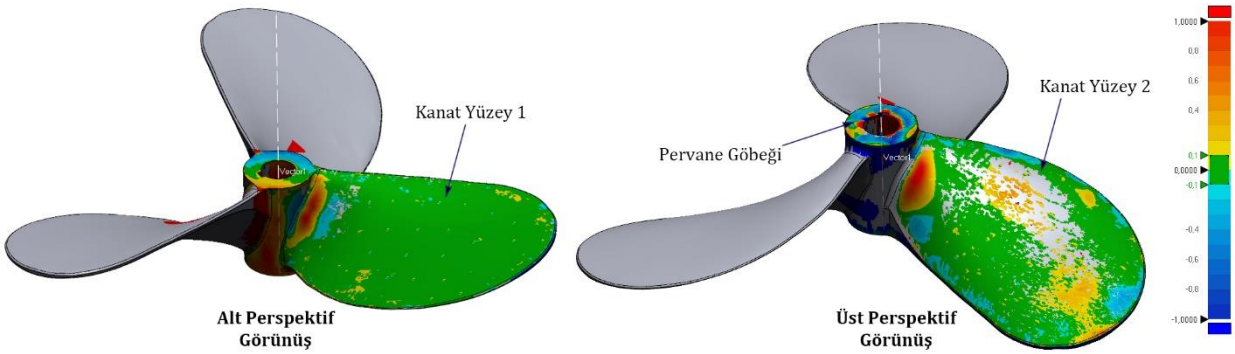
aktarılmıştır. Parçanın mesh modeli ve katı modeli oluşturulmuştur. Mesh oluşturma sonucunda gemi pervanesinin orijinal parçaya en yakın modeli elde edildi. Modeli elde edilen parçanın prototipi 3B yazıcı ile üretilmiştir. Son olarak da mesh modelin ve katı modelin ölçülerinin doğruluğunun kıyaslanması için sapma analizi yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Gemi pervanesinin tersine mühendislik prosesleri

4. TARTIŞMA

Gemi pervanesinin 3B modellenmesi işleminden sonra, hızlı prototipleme cihazında FDM yöntemi kullanılarak parça 1/3 ölçekte üretilmiştir. Biz bu çalışmada modellenmiş herhangi bir parçanın hızlı prototipleme yöntemiyle üretilebilirliğini belirlemeye çalıştık. Çalışmada FDM yönteminin seçilmesi ve termoplastik PLA malzemenin kullanılması, modellenmiş yüzeyler üzerinde gözle görülebilir hataların olup olmadığının belirlenmesi sürecinde uygun görülmüştür. Mesh model ve katı model arasında gerçekleştirilen sapma analizi sonuçları şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Gemi pervanesinin sapma analizi

Kanat yüzey 1 ve 2 değerlendirildiğinde yüzey alanının istenilen sapma aralığında olduğu (Yeşil) görülmektedir. Kanat yüzey 2'de küçükte olsa bölgesel sarı renkler bulunmakta ve buda bu bölgelerin pozitif yönde gerçek mesh yüzeyinden verilen sapma kadar büyük olduğu görülmüştür. Göbek kısmında bazı bölgelerin negatif yönde bazı bölgelerin ise pozitif yönde sapma değerlerinin fazla olduğu görülmektedir. Bu görüntü gerçek modelin mesh modelden biraz ıraksadığı anlamına gelmektedir. Göbek kısmına ait mesh verilerinin çok olmamasından dolayı buradaki modelin zayıf olduğu anlaşılmıştır. Fakat sonuçlar değerlendirilince farkın çokta fazla olmadığı bulunmuştur. Gemi pervanesi karmaşık geometrili bir parça olduğu için ve CAD verilerinin olmamasından dolayı en pratik 3B modelleme tekniği tersine mühendisliktir. Yeni tasarım düşüncesi, hem tersine mühendislik ve ileri modellemenin hibrit modelleme sürecini hem de modern imalatın model tasarım sürecini içerir. Yüzey modelleme tekniklerinin tarama verimliliğinin ve doğruluğunun artırılması için bu yönde yapılan çalışmalar geliştirilmek üzere devam edecektir.

KAYNAKLAR

Anwer, N., & Mathieu, L. (2016). From reverse engineering to shape engineering in mechanical design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *65*(1), 165–168. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.052

Baronio, G., Harran, S., & Signoroni, A. (2016). A Critical Analysis of a Hand Orthosis Reverse Engineering and 3D Printing Process. *Applied Bionics and Biomechanics*, *2016*. https://doi.org/10.1155/2016/8347478

Chintala, G., & Gudimetla, P. (2014). Optimum material evaluation for gas turbine blade using Reverse Engineering (RE) and FEA. *Procedia Engineering*, *97*, 1332–1340. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.413

Ciocănea, A., Nicolaie, S., & Băbuţanu, C. (2017). Reverse Engineering for the Rotor Blades of a Horizontal Axis Micro-hydrokinetic Turbine. *Energy Procedia*, *112*, 35–42. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1056

Gameros, A., de Chiffre, L., Siller, H. R., Hiller, J., & Genta, G. (2015). A reverse engineering methodology for nickel alloy turbine blades with internal features. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *9*, 116–124. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2014.12.001

Lei M, Lv J, Liu Z, & Pan W. (2015). Protection and development of handicraft based on reverse engineering and 3D print. *Manufacturing Automation*, *36*(9), 141–144.

Li Z, Qi W, Sun W, & Liu B. (2007). Application of the integration of reverse engineering and rapid prototyping in modern product design. *Machine Tool & Hydraulics*, *36*(12), 52–54, 73.

Qie, Y., Bickel, S., Wartzack, S., Schleich, B., & Anwer, N. (2021). A function-oriented surface reconstruction framework for reverse engineering. *CIRP Annals*, *70*(1), 135–138. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.04.016

Tian W, & Li Y. (2014). Application of reverse engineering and rapid manufacturing technology in artifical prostheses. *Manufacturing Automation*, *14*(10), 19–23.

Wang, P., Yang, J., Hu, Y., Huo, J., & Feng, X. (2021). Innovative design of a helmet based on reverse engineering and 3D printing. *Alexandria Engineering Journal*, *60*(3), 3445–3453. https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.02.006

Zhang, J., Wang, Y., Si, C., Bai, Q., Ma, W., Gao, H., & Zhang, Z. (2016). Electrochemical actuation behaviors of bulk nanoporous palladium in acid and alkaline solutions. *Electrochimica Acta*, *220*, 91–97. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.10.091

Zhong G. (2019). Application of reverse engineering and rapid prototyping technology in New Chinese furniture. *Packaging Eng.*, *14*(10), 167–173.

KONUT TİPİ TÜKETİCİLER İÇİN TALEP TARAFI YÖNETİMİ UYGULAMASI VE ENERJİ OPTİMİZASYONU

Çağla YAMAN
Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. / İstanbul Uluslararası Eğitim ve Sertifikasyon Merkezi, İstanbul, Türkiye
caglayamann@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2621-830X

Gül KURT
Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
gul.kurt@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9212-5465

İbrahim Gürsu TEKDEMİR
Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye
ibrahim.tekdemir@btu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1381-3513

Özet
Sanayi ve konutlarda elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın gün geçtikçe artması elektrik enerjisi üretiminin de artışını zorunlu hale getirmiştir. Hem artan enerji ihtiyacını karşılamak hem de gün içi tüketim değişkenliğini dengelemek amacıyla talep tarafı yönetimi uygulamaları gündeme gelmektedir. Bu uygulamalar sayesinde gün içi tüketim değişkenliği azaltılabilir, enerji verimliliği ve maliyet açısından daha uygun işletme koşulları oluşturulabilir. Bu çalışmada konut tipi tüketicilerde elektrik enerjisinin tüketim karakteristiği tespit edilerek gün içindeki talep güç miktarındaki değişkenliğin azaltılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda tüketimin yüksek olduğu saatlerde azaltma, düşük olduğu saatlerde artırma yapılması, ayrıca enerji verimliliği ve maliyetler açısından da bir batarya sisteminin kullanılması planlanmıştır. MATLAB programı kullanılarak İç Nokta Algoritması Yöntemi (Interior Point Method) ile bataryanın şarj ve deşarj durumları için optimum zaman ve süre belirlenmiştir. Bataryanın kapasitesi, şarj durumu ve maksimum şarj/deşarj gücü değiştirilerek farklı senaryolar oluşturulmuş, her senaryoda talep tarafı yönetimi açısından optimum işletme koşulları elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem ile konut tipi tüketiciler için talep tarafı yönetimi ve enerji verimliliği açısından optimum sonuçların elde edilebildiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji depolama sistemleri, güç sistemlerinde optimizasyon, talep tarafı yönetimi

APPLICATION OF DEMAND SIDE MANAGEMENT AND ENERGY OPTIMIZATION FOR RESIDENTIAL CUSTOMERS

Abstract
The increase in the demand for electrical energy in industry and residences has made it necessary to increase the production of electrical energy. Demand side management applications become popular in order to both meet the increasing energy demand and minimize the variability of consumption during the day. Thanks to these applications, the variability of consumption during the day can be reduced and more suitable operating conditions can be created in terms of energy efficiency and cost. In this study, it is aimed to minimize the variation in the demand power amount during the day by determining the consumption characteristics of electrical energy in residential consumers. In this context, it is planned to reduce the consumption during peak hours, to increase it during off-peak hours, and to use a battery system. By using the MATLAB software, the optimum time and duration for the charge and discharge state of the battery have been determined with the Interior Point Method. Different scenarios have been created by changing the capacity, state of charge, maximum charge/discharge power of the battery, and optimum operating conditions have been obtained. With the method used in the study, it has been shown that optimum results can be obtained in terms of demand-side management and energy efficiency for residential consumers.

Keywords: Demand side management, energy storage systems, optimization in power systems

1. GİRİŞ

Talep Tarafı Yönetimi (TTY) elektrik enerjisi şebeke yönetim sistemi olarak şebeke gereksinimlerinin ve teknik koşulların sağlanması şartı ile tüketici yükünün (konut, ticari, endüstri tipi) izlenmesi, denetlenmesi ve kontrol edilmesi için gerçekleştirilen eylemlerin tümüdür (Evangelopoulos ve ark, 2016). TTY için gerçek zamanlı ölçümlere ve veri toplanmasına gereksinim vardır (Evangelopoulos ve ark, 2016). TTY prosedürlerinin hızlı yanıtı, akıllı dağıtım şebekeleri (Smart Grid) için bir zorluk gibi görünse de en genel haliyle iki kısım amacı olduğu görülür. Bunlardan birincisi enerji tüketiminin azaltılması için teşvik olarak verilen daha yüksek bir enerji fiyatlandırması stratejisi olurken ikinci kısmın amacı ise şebeke yüklenmelerinin yüksek olduğu durumlarda elektrik yükünün kaldırılması için tazminat/teşvik olarak tüketicilere verilen bir ödeme türü veya fatura indirim stratejisidir.

Literatürde yapılan diğer çalışmalar genellikle bu iki strateji üzerinden ilerlemiş olup şebeke tarafını rahatlatmaya çalışırken tüketici davranışlarında da birtakım değişiklikler barındırmaktadır. Tüm bunlardan farklı olarak ilk kez çalışmasında "happy costumer" -mutlu tüketici- ifadesi yer alır (Poyrazoglu ve ark, 2021). Bu bağlamda ideal olan şebeke yüklenmelerini azaltırken tüketici tarafı alışkanlıklarını en az ölçüde değiştirmeye çalışmak ve tüm stratejilerin en az maliyetle gerçekleşmesini sağlamaktır. Fakat bu değişkenlerin bir araya gelmesi problemin çözümünü zor kılmaktadır. Bu çalışmada bu problemin olası en uygun çözümüne gidilmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada ABD'de bulunan ortalama büyüklükte bir konut yükünün 24 saatlik verileri kullanılmıştır. Veriler Open EI veri tabanından elde edilmiştir. Mevsim gözetmeksizin bir evin 24 saat içerisindeki tüm tüketim verisi çekilmiştir. 24 sata boyunca azalan ve artan tüketim değerleri bulunan bu mesken abonesinin bir batarya yardımı ile şebekeden çektiği güç miktarı sabit hale getirilmeye çalışılmıştır. Bu amaç için bu çalışmada enerji sistemine Enerji Depolama Sisteminin entegre edilmesi düşünülmüştür. Ancak hiçbir enerji depolama sistemi sonsuz güç ve enerjiye sahip olmadığından günlük tüketim eğirişini gerektiği yerde destekleyeceği gerektiği yerde depolama sisteminin de bir yük gibi tüketim yapacağı göz ardı edilmemelidir. Bu durum da problem çözümünü daha karmaşık hale getirmiş olup bir optimizasyon çözümüne gereksinim duyulmasına sebep olmuştur. Enerji depolama sisteminin günün hangi zamanlarında devreye gireceği; şarj/deşarj durumu birtakım kısıtlamalarla sınırlandırılmaya çalışılmıştır. Ve son durumda mesken abonenin günlük tüketim ihtiyacı dengesiz olmayan bir güç talebi haline getirilmiştir. Buradaki amaç tüketicinin tüketim karakteristiğini değiştirmeden şebekeden çekilen yükün tepe değerinin azaltılmasıdır. Bu da problem çözümünde Varyans Minimize etme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Problem çözümünde MATLAB Programında bulunan Optimizasyon Toolbox'ı kullanılıp içerisindeki algoritmada varyans minimizasyonu yapılmıştır. Ayrıca ilgili tool optizmizasyon çözümünü Interior Point Metodu ile gerçekleştirmektedir.

2.1. Elektrik Şebekesinde Optimizasyonun Yöntemleri

Elektrik şebeke optimizasyonu günümüz araştırma alanlarındaki önemli ve zorlu hedeflerden biridir. Elektrik tüketimini ve maliyeti azaltmaya çalışırken tüketici tarafı alışkanlıklarını değiştirmeden ve de şebekeye olan yüklenmeleri en aza indirmek amacı ile en uygun koşulu belirlemek için yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki birçok çalışma elektrik şebeke optimizasyonunun farklı algoritmalarla çözüme ulaştığını göstermiştir (Gao ve ark, 2021). Elektrik şebeke optimizasyon probleminin çözümünde literatürde yapılan çalışmalarda birkaç yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler üç geniş kategoriye ayrılabilir; nümerik /matematiksel, meta-sezgisel ve stokastik yöntemler olarak ele alınabilir (Evangelopoulos ve ark, 2016). Bu çalışmada MATLAB Programının içerisindeki Optimizasyon Toolbox'ı kullanılmıştır. İlgili tool optimizasyon problemini Matematiksel bir yöntem olan Interior Point (IP) Metodu ile çözmektedir.

2.2. Talep Tarafı Yönetimi

Talep tarafı yönetimi (TTY), elektrik enerjisi sistemlerinde daha yüksek verimlilik ve daha iyi çalışma koşulları sağlamak için enerji tüketim modelinde yapılan değişiklikler olarak tanımlanabilir (Behrangrad ve ark, 2015). Faturalanan tüketimin tüketici türüne göre dağılımı sanayi tüketimi %42,74 ile en yüksek paya sahiptir. Mesken tüketimi %25,76 ile ikinci sırada, ticarethane tüketimi ise %24,69 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Aydınlatma ve tarımsal sulamada kullanılan elektrik tüketimi toplamı

ise %6,81 olmuştur (EPDK, 2021). Mesken tüketimi ikinci en yüksek sırada olup bu da bir mesken aboneden yola çıkarak tüm mesken abonelerin yüklerinin bir araya geldiğinde aynı saatlerde şebekeye olan yüklenmelerine işaret eder. Belli saatlerde elektrik dağıtım şebekesinde olan yüklenmelerin azaltılması üretim tarafından değil de tüketici tarafından yapılan birtakım değişimler/müdahaleler sonucunda elde edilen çözüm hem daha az maliyetlidir hem de daha hızlı ve kolay sonuçlar vermektedir. TTY stratejilerini genel haliyle; Puant Talebi Azaltma, Talep Tasarrufu, Stratejik Talep Büyümesi, Düşük Talep Zamanlarını Doldurma (Valley Filling), Esnek Yük Şekillendirme, Yük Öteleme şeklinde sıralanabilir (Ayan ve Turkay, 2017). Bu çalışmada Düşük Talep Zamanlarını Doldurma (Valley Filling) ve Puant Talebi Azaltma (Peak Clipping/Reduction) stratejileri birlikte çalışılmıştır. Her iki stratejinin birlikte çözümde kullanılması batarya kullanımı yardımıyla gerçekleşmiştir. Konut tipi tüketicinin şebekeden olan talebi batarya sistemi ile desteklenmiş olup bataryanın şarj ve deşarj zamanları optimize edilmeye çalışılmıştır.

2.3. Varyans Minimizasyonu

Varyans, bir veri seti içerisindeki değerlerin, aritmetik ortalamadan, ortalama olarak ne kadar uzaklaştığını ifade eden merkezi dağılım ölçülerinden biridir. Burada amaç tüm veri merkezi dağılım ölçülerinde olduğu gibi verilerin dağılımı ile ilgili bilgi vermektir. Varyans minimizasyonu ise veri seti içerisindeki tüm noktaların o veri seti ortalamasına çekilmesi durumudur (Xia, 2018).
Evren için varyans:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(Xi-\mu)^2}{N} \quad (1)$$

Burada σ evren için varyansını, xi veri seti değerlerini, μ evren için aritmetik ortalamayı, N=eleman sayısını ifade etmektedir. Örneklem için varyans:

$$s^2 = \frac{\sum(Xi-\bar{x})^2}{n-1} \quad (2)$$

Burada S örneklem için varyansı, xi veri seti değerlerini, x̄ örneklem için aritmetik ortalamayı ifade etmektedir.

2.4. Batarya Şarj Durumu (State of Charge)

State of Charge (SOC) bir bataryanın belirli bir zaman dilimi içerisindeki doluluk durumunu ifade eder. Belitli bir t anında bataryanın şarj miktarının bataryanın tam şarj doluluğunda olduğu andaki miktarına oranını ifade eder. Batarya birden fazla hücrelerden oluşuyorsa eğer hem her bir hücrenin hem de toplam bataryanın ayrı ayrı SOC değerleri vardır (Sezen, 2020). SOC ifadesi aşağıda gösterilmiştir.

$$SOC(t+1) = SOC(t) + \eta\frac{P(t+1)\,\Delta T}{E_{kap}} \quad (3)$$

Burada η verimi, P batarya gücünü, ΔT zamana göre değişimi, E_{kap} ise bataryanın kapasitesini ifade etmektedir (Purohit ve ark, 2021).

3. PROBLEMİN TANITILMASI

Bu çalışmada bir mesken abonenin bir gün içerisindeki tüketim verileri ele alınarak şebekeden çekilen güç sabit ve minimum hale getirilmeye çalışılmıştır. Bunu yapabilmek için şebekeye olan yüklenmeyi azaltmak için enerji depolama sistemi; batarya entegre edilmiştir. Bataryanın ne zaman devreye gireceği kendini ne zaman şarj ya da deşarj edeceği amaç fonksiyonunu minimize edecek şekilde tanımlanmıştır. Belirlenen amaç fonksiyonu varyans minimize etme yöntemi ile tasarlanmış olup çeşitli kısıtlarla çerçevelenmiştir. Batarya gücünün sınırsız olmadığı göz önüne alındığında kısıtlar asıl istenen çözüm için belirleyici ve olmazsa olmaz kalmaktadır.

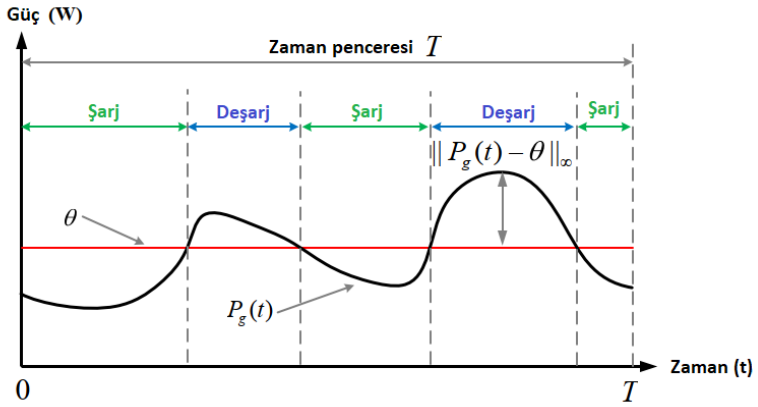
3.1 Amaç Fonksiyonu

$P_{bat}(t)$ enerji depolama sisteminin toplam şarj ve deşarj güç durumunu göstermektedir. $P_{yük}(t)$ Varsayılan toplam yük profilini göstermektedir. Denklemlerde tüm kayıplar ihmal edilmiştir. Şebekeden çekilecek olan güç ve batarya ifadeleri aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$P(t) = P_{yük}(t) + P_{bat}(t) \quad (4)$$

Burada $P_{bat}(t)$ bataryanın hem şarj olma hem de deşarj olma durumunu barındırmaktadır. Amaç tepe vadi açığını en aza indirmektir. Optimum durumu keşfetmek amacıyla ideal durum Şekil 1'de kırmızı çizgi ile gösterilen hiçbir tepe boşluğunun olmadığı hedef eğri olarak belirlenir. Amaç fonksiyonu varyans minimizasyonu olarak ifade edileceği anlamına gelir. Bu ifade aşağıda verilen denklemde gösterilmiştir.

$$\min \left[P(t) - \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} P(t)\right]^2 \quad (5)$$



Şekil 1. Varyans Minimizasyonunun Grafiksel Gösterimi (Zhang ve ark, 2018)

3.2. Birinci Kısıt

Batarya enerjisinin belirli bir zamandaki belli bir doluluğun altında düşmemesini ve belli bir doluluğun da üzerine çıkmamasının belirlendiği kısıttır. Denklem 6'da bu değerler sırası ile a ve b ifadeleri olarak gösterilmektedir. Batarya enerjileri belirli bir yüzdeliğin altında kaldıklarında ve aynı şekilde belirli bir yüzdeliğin üzerinde sürekli kaldıklarında batarya kullanım ömrü azalmaktadır. İfadesi aşağıda gösterilmektedir.

$$a \leq SOC(t) \leq b \quad (6)$$

3.3. İkinci Kısıt

Enerji depolama sisteminin belirli bir anda (t+1) ve bir önceki (t) anı ile deşarj olan kısmının toplamına eşit olduğunu öğrendiği kısım olarak ele alınmaktadır. Bu koşulda (t+1) anındaki doluluğun (t) anındaki doluluk ile geçen süredeki batarya deşarj enerjisinin farkına denk gelmektedir. Bir diğer taraftan ise (t+1) anındaki batarya doluluğu (t) anındaki enerji miktarı ve gecen zamandaki şarj olan enerjinin toplamına denk gelmektedir. Bu kısıtın matematiksel gösterimi Denklem 3'te gösterilmiştir.

3.4. Üçüncü ve Dördüncü Kısıtlar

Enerji depolama sistemi optimum durumlarda şarj deşarj dengesini bulmaya çalışırken güne belli bir enerji doluluğu ile başlayıp günü belirli bir doluluk yüzdeki ile bitirmelidir. Bu değerler sırası ile Denklem 7 ve Denklem 8'de c ve d ifadeleri olarak gösterilmektedir. Bu kısıtlama güne belirli bir şarj ile başlanması gerektiğini ifade etmektedir.

$$SOC(1) = c \quad (7)$$
$$SOC(T) \geq d \quad (8)$$

3.5.Beşinci Kısıt

Yükün şebekeden çekeceği gücün ve bataryanın gücünün toplamının her zaman sıfırın üzerinde olması gerektiğini ifade eden kısıtlamadır. Bunun sebebi yük tüketiminin az olduğu durumlarda batarya gücü talep edilen tüm yükten daha fazla depo halindeyse yük talebini karşılarken arta kalan gücü ile şebekeyi beslememesi için koyulmuş bir kısıttır. Formülü aşağıda gösterildiği gibidir.

$$0 \leq P_{load}(t) + P_{bat}(t) \leq P_{max} \quad (9)$$

3.6. Altıncı Kısıt

Enerji depolama sistemi tüm enerjisini bitirdiği koşulda, yük talebi boş durumda ve yük de maksimunda olduğu senaryoda hem yük şebekeden güç çekmeye çalışır hem de batarya kendisini şarj etmek için şebekeden güç çekmeye çalışırsa ikisinin toplamı şebekenin maximum gücünden daha fazla olmaması için koyulmuş bir kısıttır. Bu durumda batarya dolmayı bırakmalı

Batarya için

$$-Pmax_{bat} \leq P_{bat}(t) \leq Pmax_{bat} \quad (10)$$

4. ÖRNEK OLAY

Bu bölümde amaç fonksiyonu ve kısıtları belirlenen bir problemin farklı senaryolar için sonuçları incelenecektir. Tüm senaryoların toplu gösterimi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Senaryoların Toplu Gösterimi

	1. Senaryo	**2. Senaryo**	**3. Senaryo**
Batarya Gücü	50 kW	50 kW	50 kW
Batarya Enerjisi	150 kWh	150 kWh	750 kWh
Şebekeden Çekilecek Max. Güç	75 kW	75 kW	75 kW
Birinci Kısıt	**var**	yok	**var**
İkinci Kısıt	**var**	**var**	**var**
Üçüncü Kısıt	**var**	yok	**var**
Dördüncü Kısıt	**var**	yok	**var**
Beşinci Kısıt	**var**	yok	**var**
Altıncı Kısıt	**var**	yok	**var**

4.1. Birinci Senaryo

Varsayılan güç ve enerji değerleri ile optimizasyon yapıldığında, bataryanın şebekeden çekilen yük toplamını ortalama sabit bir seviyeye getiremediği görülmektedir. Bu senaryoda tüm kısıtlar aktif edilmiştir. Tüm kısıtların kullanıldığı durumda batarya pik anlarında güç talebini azaltmayı başarmış ancak gün içerisindeki talebi sabit yük tüketimi seviyesine çekememiştir. O halde kısıtlardan sırası ile devreden çıkarma işlemi yapılarak son durum gözlenmelidir. Buradan sonraki senaryolardan sırası ile kısıtlar devre dışı bırakılıp sonuçlar alınacaktır.



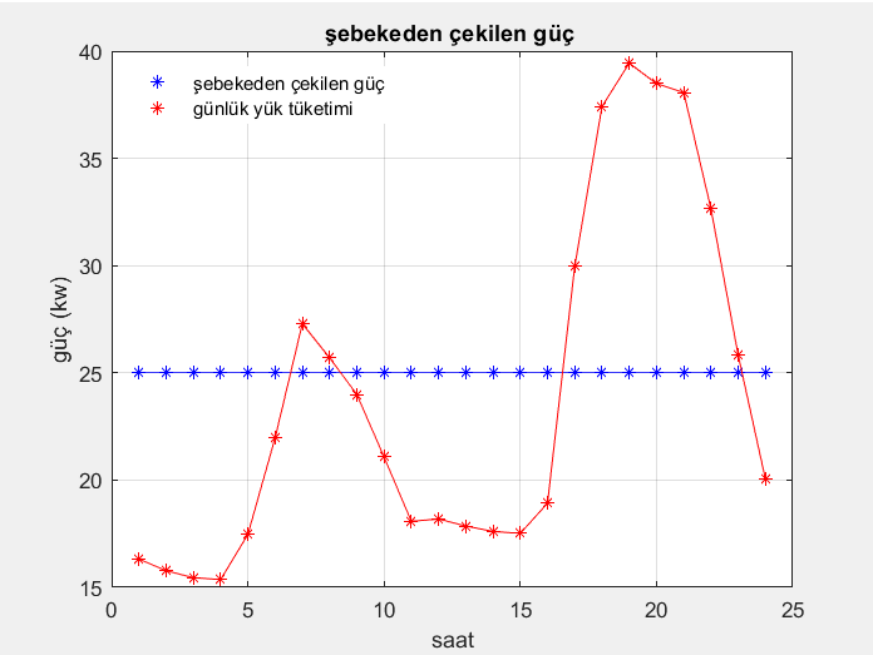
Şekil 2. Tüm Kısıtların Devrede Olduğu Durumda Şebekeden Çekilen Güç Ve Günlük Yük Tüketiminin Gösterimi

4.2. İkinci Senaryo

Bu senaryoda ise tüm kısıtların kaldırıldığı senaryo uygulanmıştır. Yalnızca ikinci kısıt kaldırılmamış olup o da programın sistemi öğrenmesine yönelik bir koşuldur. Bu durumda istenilen sonuca tam olarak ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Ancak yukarıda bahsedilen hiçbir kısıt eklenmediği için istenilen sonuca ulaşılmış gibi çıktılar elde edilmiş olsa da

- Batarya ömrünün azalmasına engel olacak koşul,
- Bataryanın güne başlarken kendini dengelediği koşul,
- Şebekeyi beslemeye engel olunduğu koşul,
- Şebeke maksimum gücünün aşıldığı koşullar

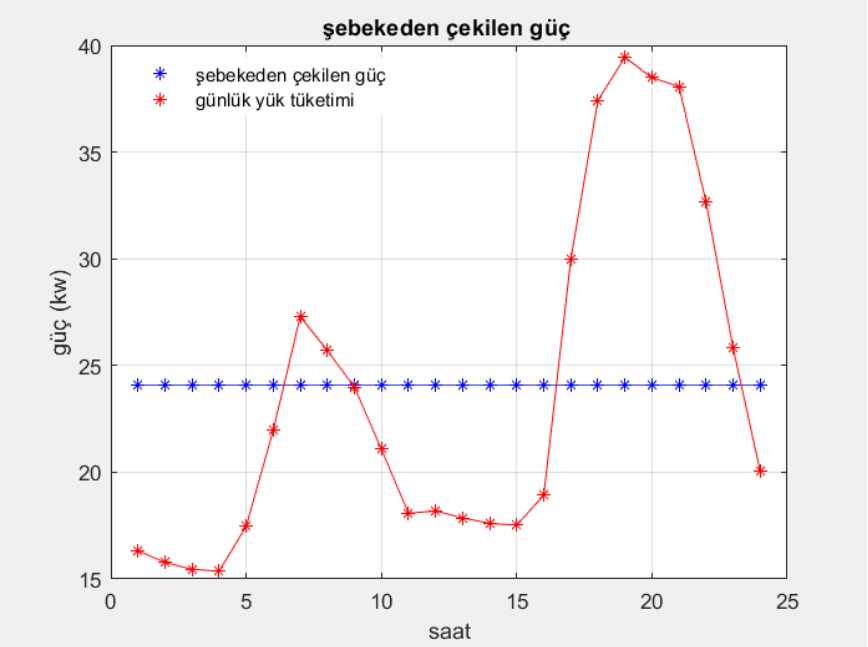
Yok sayıldığından sonuca optimum yoldan ulaşılmadığı görülmüştür.



Şekil 3. Tüm Kısıtların Devre Dışı Bırakıldığı Durumda Şebekeden Çekilen Güç Ve Günlük Yük Tüketiminin Gösterimi

4.3. Üçüncü Senaryo

Tüm kısıtların uygulandığı ancak istenen hedefe ulaşılan koşul sağlanmaya çalışıldığında ise batarya enerjisinin arttırılarak ende edilebileceği görülmüştür. Tüm senaryoların başında belirlenen batarya gücü 50kW, şebekeden çekilecek maksimum güç 75kW ve batarya enerjisi 150kWh varsayılan durumda batarya enerjisi 750kWh'e çıkartıldığında istenilen sonuca ulaşılmıştır. Bu durumda tüm kısıtlar devrede iken şebekeden çekilen güç gün boyu sabit değerde kalıp pik zamanlarında dahi şebekeye ek yüklenme yapmamıştır.



Şekil 4. Tüm Kısıtların Devrede Olduğu Durumda Ve En Uygun Batarya Enerjisi Ve Gücü Saptandığında Şebekeden Çekilen Güç Ve Günlük Yük Tüketiminin Gösterimi

5.TARTIŞMA

Bu çalışmada mesken bir abonenin bir günlük yük tüketimi ele alınmıştır. Şebekeden çekilen güç, gün içerisinde sabit ve düşük tüketimde tutulmaya çalışılmıştır. Bu da optimizasyon problemindeki amaç fonksiyonunu varyans minimizasyonu yaptırılarak sağlanmıştır. Bu amaç için ise şebekeye batarya entegre edilerek talep tarafı yönetilmeye çalışılmıştır. Talep tarafı yönetimi yapılırken en uygun koşulun bulunması için MATLAB Optimizasyon Toolbox'ı kullanılmıştır ve 3 farklı senaryoda problem çözümüne gidilmeye çalışılmıştır. İlk durumda tüm kısıtlar aktif edilmiştir ancak günlük tüketimin sabit ve minimum hale gelmediği görülmüştür. İkinci senaryoda tüm kısıtlar devre dışı bırakılmış ve şebekeden çekilen gücün sabit hale geldiği görülmüştür. Ancak herhangi bir kısıt olmadığı için sağlıklı çalışma koşulları sağlanamayacağından bu senaryo sağlıklı bulunmamıştır. Son senaryoda ise hem kısıtların tümü aktif edilmiş işletme koşullarına uygun hale getirilmiş hem de en uygun batarya enerjisi bulunmaya çalışılmıştır. En uygun batarya enerjisi 750 kWh olarak saptanmıştır. Bu hali ile bir mesken abonenin batarya entegrasyonu ile gün içerisinde optimum koşullarda talep tarafı yönetiminin gerçekleşeceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Ayan, O., & Turkay, B. E. (2017), Smart home energy management technologies based on demand side management and a review of smart plugs with smart thermostats. In 2017 10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO) (pp. 1247-1252). IEEE.

Behrangrad, M. (2015), A review of demand side management business models in the electricity market, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 47, 270-283.

EPDK. (2021), Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. TC Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.

Evangelopoulos, V. A., Georgilakis, P. S., & Hatziargyriou, N. D. (2016), Optimal operation of smart distribution networks: A review of models, methods and future research, Electric Power Systems Research, 140, 95-106.

Gao, K., Wang, T., Han, C., Xie, J., Ma, Y., & Peng, R. (2021), A Review of Optimization of Microgrid Operation, Energies, 14(10), 2842.

Poyrazoglu, G., & Coban, E. (2021), A stochastic value estimation tool for electric vehicle charging points, Energy, 227, 120335.

Purohit, K., Srivastava, S., Nookala, V., Joshi, V., Shah, P., Sekhar, R., ... & Shum, C. (2021), Soft sensors for state of charge, state of energy and power loss in formula student electric vehicle, Applied System Innovation, 4(4), 78.

Sezen, G. F. (2020), Talep tarafı yönetimi kullanılarak konutlar için merkezi batarya veya elektrikli araç bataryası ile desteklenen PV güç sisteminin boyutlandırılması, enerji yönetimi ve ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Zhang, Y., Melin, A., Olama, M., Djouadi, S., Dong, J., & Tomsovic, K. (2018, February), Battery energy storage scheduling for optimal load variance minimization, In 2018 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT) (pp. 1-5). IEEE.

Xia, L. (2018), Variance minimization of parameterized Markov decision processes, Discrete Event Dynamic Systems, 28(1), 63-81.

YAYA GÜVENLİĞİNİ ÖNCELEYEN VE DÜŞÜK ENERJİ TÜKETİMİNE SAHİP YAYA BUTONU TASARIMI

Ahmet Faruk Karakebelioğlu
İsbak A.Ş.
afkarakebelioglu@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0001-9077-9414

Cem Tutkal
İsbak A.Ş.
ctutkal@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0002-6089-5948

Hüseyin Alp
İsbak A.Ş. / KTO Karatay Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu / Pilotaj Bölümü
alp@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0003-4272-8449

Özet
Günümüzde küresel ısınma ve sera gazları salınımlarının artmasıyla birlikte, akıllı şehirlerde düşük enerji tüketimine sahip elektronik cihazların kullanımı, giderek önemini artırmaktadır. Bununla beraber akıllı şehir teknolojilerinin ana hedeflerinden birisi de yaya güvenliğini maksimum seviyeye çıkarmaktır. Mevcut yaya butonları incelendiğinde görülmüştür ki bu yaya butonları, enerji ihtiyacını yaya lambalarından 230VAC olarak temin etmektedir. 230VAC gerilimin yaya butonunun içerisine girmesi, yayaların can güvenliği açısından tehlike arz etmektedir. Yaya butonunun dış kasasında oluşabilecek bir çatlaklık veya cihazın içerisinde bulunan enerji kablolarında oluşabilecek herhangi bir elektrik kaçağı durumunda, yayaların 230VAC gerilime kapılma riski bulunmaktadır. Yapılan fizibilite çalışmaları sonucu elde edilen veriler doğrultusunda elektronik ve mekanik tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Elektronik tasarım çalışmaları; şematik tasarım ve PCB (printed circuit board) tasarımı olmak üzere iki ana başlık altında yapılmış, daha sonra prototip PCB bastırılmıştır. Yaya butonunun çalışmasını sorunsuz bir şekilde sürdürebilmesi için gerekli gömülü yazılım çalışmaları yapılmıştır. Prototip yaya butonu kartına, elektronik laboratuvarında fonksiyonel testler uygulanmış ve gerekli geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu geliştirme çalışmaları sonrasında 230VAC gerilime gerek kalmadan 12–36V DC, 9-27V AC gerilim aralıklarında çalışabilen ve 40uA gibi çok az akım tüketen bir yaya butonu elde edilmiştir. Elektronik tasarım çalışmalarına paralel olarak yaya butonunun dış ortam şartlarına dayanıklı kasa tasarım çalışmaları yapılmıştır. Tasarımı tamamlanan yaya butonuna; çevre şartları, IP, EMC, ESD ve uzun ömürlülük testleri gibi bir dizi test çalışmaları uygulanmıştır. Tasarlanan yaya butonu, uygulanan bu testlerden başarıyla geçmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaya Butonu, Yaya Güvenliği, Akıllı Şehirler, Sürdürülebilir Çevre Yönetimi, Enerji Verimliliği.

PEDESTRİAN BUTTON DESİGN WHİCH PRİORİTİZE PEDESTRİAN SAFETY AND HAS LOW ENERGY CONSUMPTİON

Abstract
Today, with the increase in global warming and greenhouse gas emissions, the use of electronic devices with low energy consumption in smart cities is becoming increasingly important. Furthermore, one of the main goals of smart city technologies is to maximize pedestrian safety. When existing pedestrian buttons are examined, it has been seen that these pedestrian buttons supply their energy needs from pedestrian lamps as 230VAC. The penetration of 230VAC voltage into the pedestrian button poses a danger to the life safety of pedestrians. In case of a crack that may occur in the outer casing of the pedestrian button or any electrical leakage that may occur in the energy cables inside the device, there is a risk of 230VAC voltage for pedestrians. In line with the data obtained as a result of the feasibility studies, electronic and mechanical design studies were started. Electronic design studies; It was made under two main headings as schematic design and PCB (printed circuit board) design, then the prototype PCB was printed. In order for the pedestrian button to operate smoothly, the necessary embedded software studies were carried out. Functional tests were applied to the prototype pedestrian button board

in the electronics laboratory and necessary development studies were carried out. After these development studies, a pedestrian button operating with 12–36V DC, 9-27V AC voltage range without the need for 230VAC voltage and consuming very little current such as 40uA was obtained. In parallel with the electronic design studies, the mechanical design studies of the pedestrian button resistant to external environmental conditions were carried out. A series of test studies such as environmental conditions, IP, EMC, ESD and longevity tests were applied to the pedestrian button. The designed pedestrian button has passed these tests successfully.

Keywords: Pedestrian Button, Pedestrian Safety, Smart Cities, Sustainable Environment Management, Energy Efficiency.

1. GİRİŞ

Sinyalize kavşaklarda yayaların yolun karşısına geçme isteğini alıp bu bilgiyi trafik sinyal denetleyicisine ileten cihaza yaya butonu denir. Literatür incelemesine göre sesli ve görsel geri bildirimde bulunabilen yaya butonlarının birçoğu, çalışmaları için gerekli enerjiyi yaya lambalarından 230VAC olarak temin etmektedirler. Bu 230VAC gerilimin yaya butonunun içerisine girmesi, yayaların can güvenliği açısından tehlike arz etmektedir. Butonun dış kasasında oluşacak bir çatlaklık veya cihazın içerisinde oluşabilecek herhangi bir elektrik kaçağı durumunda, yayaların 230VAC gerilime kapılıp çarpılma riski bulunmaktadır. Sıfır Enerji Yaya Butonu; bahsedilen bu tehlikeleri bertaraf etmek, sürdürülebilir çevre yönetimine katkıda bulunmak adına tasarlanmıştır. Bu çalışmalar kapsamında ilk olarak fizibilite çalışmaları yapılmış ve kullanıcı beklentileri tespit edilmiştir. Daha sonra tasarım aşamasına geçilmiş; şematik tasarım, PCB tasarım, mekanik tasarım, EMC ve çevre şartları testleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında saha testleriyle test aşaması tamamlanmıştır. Yapılan testlerden başarı ile geçen ürünümüz, sinyalize kavşaklarda yerini alarak halkın hizmetine sunulmuştur.

Sinyalize kavşaklarda hizmet düzeyi; A, B, C, D, E ve F olarak 6 harf ile sınıflandırılmıştır. A sınıfı en konforlu yolu tarif ederken harf sırasına göre konfor düzeyi azalmakta ve F sınıfı en zor ve konforsuz yolu tarif etmektedir.(Demirkıran, 2020) Yaya güvenliği odaklı tasarlanan yaya butonunun sinyalize kavşaklarda kullanımı ile yaya yolunun hizmet düzeyinin artırılması hedeflenmiştir. Adaptif trafik kontrol sistemi, kavşaklarda bulunan çeşitli sensörlerden ve yaya butonlarından topladığı veriye göre trafik lambalarının kırmızı ve yeşil ışık süresini aktif bir şekilde ayarlayan sistemdir.(Bodur, 2013) Tasarladığımız yaya butonuna talep geldiğinde, buton bu bilgiyi Trafik Sinyal Denetleyicisine ileterek adaptif trafik kontrol sisteminin bir parçası olmaktadır. Yaya geçitlerindeki devre süresi kavşakların ve yolun durumuna göre farklılık göstermektedir.(Utku, 2008) Adaptif trafik kontrol sisteminin kullanıldığı kavşaklarda yaya geçitlerindeki devre süreleri optimum hale getirilmektedir.

Literatürde yayaların karşılaştığı tehlikeli durumların sebeplerinin başında yaya dikkatsizliği ve kontrolsüz yaya geçitlerinin gelmekte olduğu tespit edilmiştir.(Serin ve ark., 2018) Bu çalışmayla yayaların karşıdan karşıya geçişlerini güvenli bir şekilde yapmaları sağlanmıştır. Yayaların yaya geçitlerini kullanımını zorlaştıran faktörler, olumsuzluk puanını oluşturmaktadır.(Hepcan ve ark., 2006) Tasarladığımız yaya butonunun kullanımıyla yaya geçitlerindeki olumsuzluk puanının iyileştirilmesine katkıda bulunulmuştur.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Neden Sıfır Enerji

Bilindiği üzere az enerji tüketimi ile bilinen basit bir LED lamba, çalışması esnasında yaklaşık 20mA akım tüketmektedir. Yeni tasarlanan yaya butonu, enerji verimliliği bakımından optimum yapıda tasarlandığından dolayı 40uA gibi çok düşük bir akım ile ekstra bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan çalışabilmektedir. Çok düşük enerji tüketimi nedeniyle cihaza isim olarak “Sıfır Enerji Yaya Butonu” ismi tercih edilmiştir.

2.2. Düşük Enerji Tüketiminin Sağlanması

Şematik tasarım aşamasında düşük enerji (low power) özellikli mikro denetleyici ve EMC açısından gürültü üretmeyen, düşük enerji tüketen regülatör tercih edilmiştir. Elektronik devrede bulunan akım depolama birimleri, ses ve ışık bildirim katları gibi birimler yüksek akım tüketmedir. Yaya butonu, Trafik Sinyal Denetleyicisinden gelen talep algılama kablolarına ilk bağlandığında ve yaya butonuna her talep geldiğinde cihazın elektronik devresinin güç depolama birimlerinde bulunan elektrolitik kapasitörler boş durumdadır. Boş kapasitörlere enerji verildiğinde, sahip oldukları ESR (equivalent series resistance) değeri çok düşük olduğundan dolayı kısa devre etkisine sebep olacak ve talep kablolarından yüksek akım çekilmesine sebep olacaktır. Çekilen bu yüksek akım değerleri kontrol altına alınmış ve pasif elemanlarla sınırlandırılmıştır. Örneğin ses devresinin enerji depolama biriminde bulunan elektrolitik kondansatörlerin şarj süresi 520ms iken uygulanan akım sınırlandırılmasının ardından 564ms olarak ölçülmüştür. Kondansatör şarj akımlarının azaltılması ve kondansatörlerin şarj sürelerinin artırılması için oluşturulan devre, diğer enerji depolama katmanlarında da uygulanmış ve cihazın bağlı olduğu hattan çektiği akım büyük oranda kontrol altına alınmıştır.

2.3. EMC Filtre Tasarımı

Yaya butonu kavşak ortamında çalıştığından dolayı kablo üzerinden yayılan gürültü (conducted emissions) kaynaklı bozucu etkiler, ani yüksek gerilimler gibi devrenin sağlıklı çalışmasını etkileyebilecek bozucu sinyallerle çoğunlukla karşı karşıya kalabilmektedir. Elektronik devreyi bu bozucu etkilerden koruyabilmek amacıyla elektronik devrenin girişine pasif koruma amaçlı filtre devresi oluşturulmuştur. Yaya butonunun elektronik devre girişine ilk olarak varistörler yerleştirilmiş ve devreye zarar verebilecek yüksek gerilimler bertaraf edilmiştir. Varistörlerden sonra Y kapasiteleri yerleştirilmiş ve kablo üzerinden yayılan gürültüden kaynaklı bozucu etkiler ortadan kaldırılmıştır. Kavşakta bulunan Trafik Sinyal Lambası, Trafik Sinyal Denetleyicisi gibi cihazların devreye alınması esnasında ani voltaj dalgalanmaları meydana gelebilmektedir. Bu ani gerilimlerin önüne geçebilmek amacıyla çift yönlü TVS diyot, filtre devresine eklenmiştir. Bu filtre devresinden çıkan gerilim, herhangi bir bozucu etki içermeyen kararlı bir şekilde devrenin geri kalan kısmına dağıldığı görülmüştür.

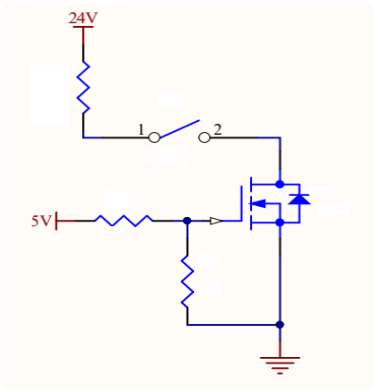
2.4. Yaya Güvenliği Devreleri

2.4.1. İşlemci Çalışma Hatası Durumu

Elektronik devrenin kontrolünü sağlayan mikro denetleyicinin arızalanması durumunda, bu bilgiyi Trafik Sinyal Denetleyicisine iletebilecek devre tasarımı yapılmıştır. Buna göre işlemci normal bir şekilde çalıştığı esnada koruma devresine sürekli olarak bir (1) bilgisi göndermektedir. İşlemci düzgün çalışmadığı durumda koruma devresine bir (1) bilgisi gitmeyecek ve yaya butonu sürekli olarak talep gönderme durumunda kalacaktır. Bu sayede hata durumu Trafik Sinyal Denetleyicisine iletilmiş olacaktır.

2.4.2. Regülatör Çalışma Hatası Durumu

İsbak tarafından üretilen Trafik Sinyal Denetleyicisinde buton talep hatlarında hat sonlandırma dirençleri kullanılmaktadır. Direk içlerinde bulunmakta olan sonlandırma dirençleri yaya butonu tasarımı aşamasında buton içerisine dahil edilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere bir mosfet ile kontrol edilmektedir. Hat sonlandırma direnci regülatör arızası durumunda devre dışı kalarak butonun sürekli talep durumuna geçmesini sağlar. Bu sayede yaya butonu regülatör arıza bilgisi Trafik Sinyal Denetleyicisine iletilmiş ve yaya güvenliğine katkı sağlanmış olur.



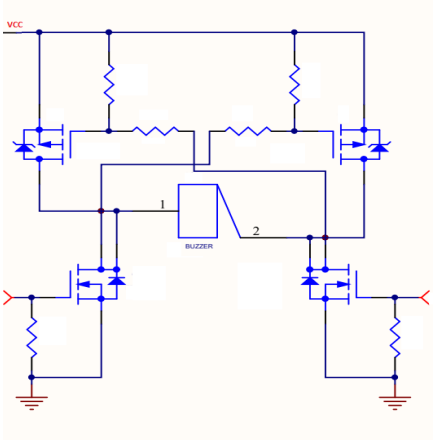
Şekil 1. Regülatör arıza koruma devresi

2.5. Yaya Butonu Gömülü Yazılım Algoritması

Yaya butonu dış ortamda çalıştığından dolayı algılama sensörünün önünden yağmur damlası, dolu tanesi, kar tanesi gibi maddeler geçebilmektedir. Bu durumda buton yanlış talep üretebilmektedir. Bu problemin önüne geçebilmek için buton algoritmasının talep algılama kısmına talep tekrar sorgulama ve doğrulama adımları eklenmiştir. Bu adımların tamamlanma süresi yaklaşık 300ms sürmektedir. Yaya butonuna 300ms'den fazla talep verildiğinde, bu talebin yaya tarafından verildiği anlaşılmaktadır.

2.6. Ses Çıkış Devresi

Tasarlanan yaya butonuna yaya tarafından talep geldiğinde sesli geri bildirim için iki tonlu ses çıkaran bir buzzer devresi oluşturulma ihtiyacı doğmuştur. Yaya butonunda düşük akım tüketen bir devre tasarımı yapılmak istendiğinden dolayı, ses çıkış devresinde yüksek akım (20ma - 50ma) tüketen aktif buzzer tercih edilmemiştir. Bunun yerine pasif buzzer tercih edilmiştir. Bu pasif buzzer bilimsel literatürde çoğunlukla motor sürme devrelerinde kullanılan H köprü devresi ile sürülmüştür. Ses çıkışı için tasarlanan devre Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Ses çıkış devresi için H köprüsü kullanımı

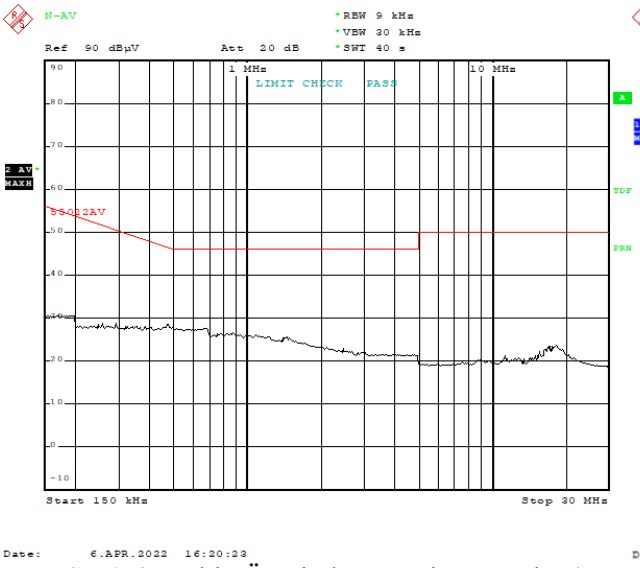
2.7. Tasarım Sonrası Yapılan Test Çalışmaları

Yaya butonunun elektriksel ve mekanik tasarım çalışmalarının tamamlanmasının ardından kalite süreçleri kapsamında bir dizi teste tabi tutulmuştur. Bu testler; EMC testleri, ESD testleri, IP testleri, uzun ömürlülük testleri, çevre şartları testleri olarak sıralanabilir.

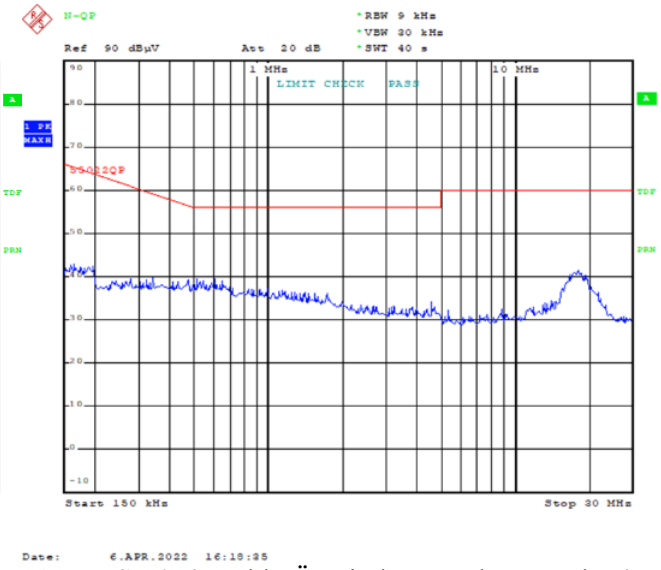
2.7.1. EMC ve ESD Testleri

Elektronik devrelerin çalışması esnasında güç tarafının bağlı bulunduğu kablo üzerinden diğer cihazlara yaydığı bozucu etkiler, kablo üzerinden yayılan gürültü olarak isimlendirilir. Yaya butonu, kablo ile Trafik Sinyal Denetleyicisine bağlı olduğundan dolayı kablo üzerinden yayılan gürültü (conducted

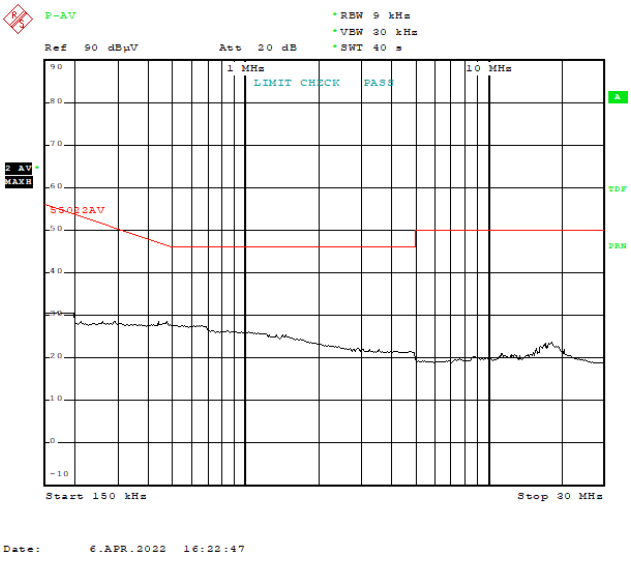
emissions) değerlerinin TSE'nin belirlediği aralıklarda olması büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda yapılan kablo üzerinden yayılan gürültü testlerinin sonuçları Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6'daki gibidir.



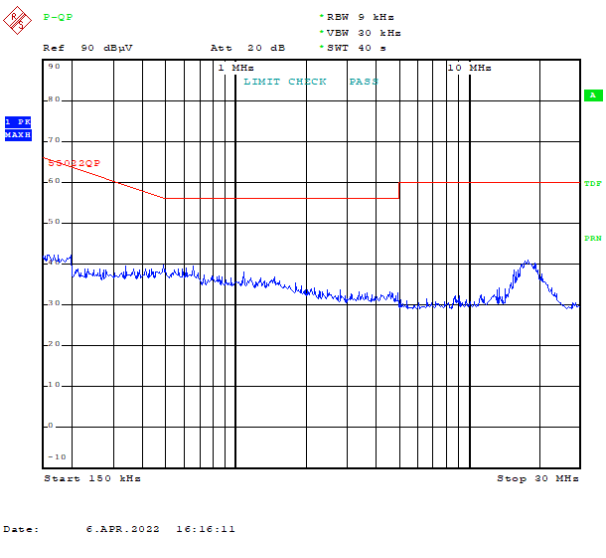
Şekil 3. Kablo Üzerinden Yayılan Gürültü (N-AV)



Şekil 4. Kablo Üzerinden Yayılan Gürültü (N-QP)



Şekil 5. Kablo Üzerinden Yayılan Gürültü (P-AV)



Şekil 6. Kablo Üzerinden Yayılan Gürültü (P-QP)

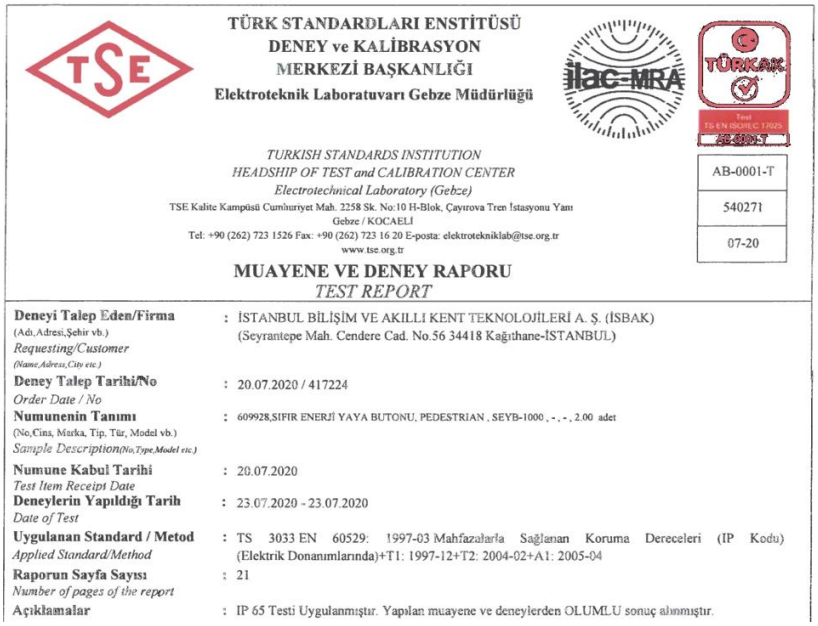
Elektronik cihazlara uygulanan ESD testleri, cihaz üzerinden elektrostatik olarak yük deşarjı durumunda cihazın dayanımını gözlemlemek amacıyla yapılan testlerdir. Bu kapsamda ESD tabancasıyla temaslı olarak 4KV, havadan 8KV ani yüksek voltaj boşaltımı yapılmıştır ve cihaz Tablo 1'de görüldüğü gibi testten geçmiştir.

Tablo 1. ESD Test Sonucu

Specification Özellikler	Result/ Sonuç	Remark/ Yorumlar
Level 2 = ±4KV Contact	PASSED/ Geçti	IEC 61000-4-2 / Kriter A
Level 3 = ±8KV Air	PASSED/ Geçti	IEC 61000-4-2 / Kriter A

2.7.2. IP, Çevre Şartları ve Uzun Ömürlülük Testleri

TSE standartlarında belirtildiği üzere cihazın IP standartına uygun olup olmadığını tespit etmek amacıyla IP testi uygulanmıştır. Bu testler sonucunda cihaz, Resim 1'de görüldüğü gibi IP65 belgesini almıştır. Cihaza çevre şartları testleri kapsamında yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık ve nemli ortamlarda çalışma testleri uygulanmıştır. Çevre şartları testleri sonucunda cihaz Tablo 2'de görüldüğü gibi testlerden geçmiştir. Cihazın uzun ömürlü olması, dayanıklı bir mekanik yapıya sahip olmasıyla doğru orantılıdır. Cihazın mekanik dayanımının tespiti amacıyla, cihaza darbe (vandalizm) testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda, cihazın dış kasası hasar görse dahi cihazın çalışmaya devam ettiği görülmüştür. Cihazın uzun ömürlüğünün test edilmesi amacıyla, Resim 2'de görüldüğü gibi üç saniyede bir olacak şekilde cihaza talep verebilen test mekanizması tasarlanmıştır. Tasarlanan bu mekanizma sayesinde, cihaz bir milyonun üzerinde hiç durmaksızın çalıştırılmış ve herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Tüm bu testlerin ardından cihazın kararlı çalıştığı görülmüş ve sahada çeşitli noktalara takılarak gösterdiği performans izlenmiştir.



TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
DENEY ve KALİBRASYON
MERKEZİ BAŞKANLIĞI
Elektroteknik Laboratuvarı Gebze Müdürlüğü

TURKISH STANDARDS INSTITUTION
HEADSHIP OF TEST and CALIBRATION CENTER
Electrotechnical Laboratory (Gebze)

TSE Kalite Kampüsü Cumhuriyet Mah. 2258 Sk. No:10 H-Blok, Çayırova Tren İstasyonu Yanı
Gebze / KOCAELİ
Tel: +90 (262) 723 1526 Fax: +90 (262) 723 16 20 E-posta: elektrotekniklab@tse.org.tr
www.tse.org.tr

AB-0001-T
540271
07-20

MUAYENE VE DENEY RAPORU
TEST REPORT

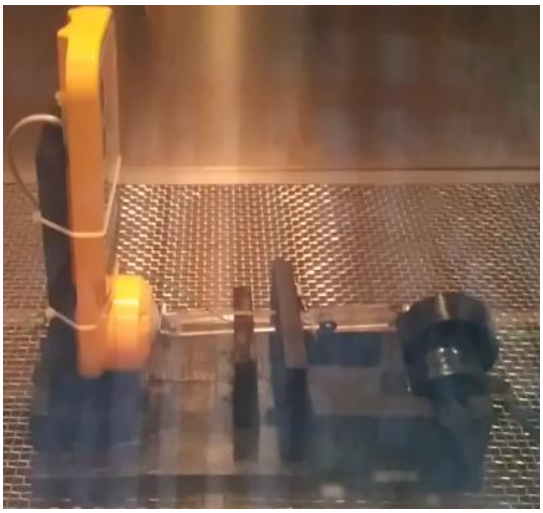
Deneyi Talep Eden/Firma (Adı,Adresi,Şehir vb.) *Requesting/Customer* (Name,Adress,City etc.)	:	İSTANBUL BİLİŞİM VE AKILLI KENT TEKNOLOJİLERİ A. Ş. (İSBAK) (Seyrantepe Mah. Cendere Cad. No.56 34418 Kağıthane-İSTANBUL)
Deney Talep Tarihi/No *Order Date / No*	:	20.07.2020 / 417224
Numunenin Tanımı (No,Cinsi, Marka, Tip, Tür, Model vb.) *Sample Description*(No,Type,Model etc.)	:	609928,SIFIR ENERJİ YAYA BUTONU, PEDESTRIAN , SEYB-1000 , - , - , 2.00 adet
Numune Kabul Tarihi *Test Item Receipt Date*	:	20.07.2020
Deneylerin Yapıldığı Tarih *Date of Test*	:	23.07.2020 - 23.07.2020
Uygulanan Standard / Metod *Applied Standard/Method*	:	TS 3033 EN 60529: 1997-03 Mahfazalarla Sağlanan Koruma Dereceleri (IP Kodu) (Elektrik Donanımlarında)+T1: 1997-12+T2: 2004-02+A1: 2005-04
Raporun Sayfa Sayısı *Number of pages of the report*	:	21
Açıklamalar	:	IP 65 Testi Uygulanmıştır. Yapılan muayene ve deneylerden OLUMLU sonuç alınmıştır.

Resim 1. IP65 Testi Sonuç Raporu

1.4. DENEY SONUÇLARI (TEST RESULTS)

Uygulanan Deney (Applied Test)	Sonuç (Result)	Deneyi Yapan (By Tested)	İmza (Signature)
TS EN 60068-2-1 Çevre Şartlarına Dayanıklılık Deneyleri - Bölüm 2-1: Deneyler - Deney A: Soğuk (16 SAAT Besleme : Güç Kaynağı)	OLUMLU (Passed)	Serdar ERDOĞAN	
TS EN 60068-2-2 Çevre Şartlarına Dayanıklılık Deneyleri Bölüm 2-2: Deneyler – Deney B : KURU SICAKLIK (16 saat Besleme : Güç Kaynağı)	OLUMLU (Passed)	Serdar ERDOĞAN	
TS EN 60068-2-30 Çevre Şartlarına Dayanıklılık Deneyleri Bölüm 2-30: Deneyler – deney db: Yaş sıcaklık, çevrimli (12 saat + 12 saat çevrimi)	OLUMLU (Passed)	Serdar ERDOĞAN	

Tablo 2. Çevre Şartları Testleri Sonucu



Resim 2. Uzun Ömürlülük Testi

3. SONUÇ

Yapılan tasarım sonucunda 230VAC şebeke gerilimi cihaz içerisine girmediğinden dolayı yaya güvenliğini maksimize eden bir yaya butonu ortaya konmuştur. Tasarım aşamalarında çevre hassasiyeti göz önünde bulundurulmuş, çok düşük akımda (40uA) ve çok düşük güçte (0,00096W) çalışma verimliliği elde edilmiştir. Yaya butonunun tasarımının tamamlanmasının ardından cihaza EMC, ESD, IP, çevre şartları, uzun ömürlülük testleri uygulanmış ve cihaz tüm bu testleri başarıyla geçmiştir. Bu sayede enerji verimliliğini ve yaya güvenliğini önceleyen, zorlu saha şartlarında kararlı çalışabilen bir ürün elde edilmiştir.

4. TARTIŞMA

Tasarım hedeflerine ulaşılması ile birlikte tasarlanan yaya butonu, yaya güvenliliğini öncelemesi ve enerji verimliliğini sağlayan çalışma ortaya koymasıyla benzer yaya butonlarına karşı üstünlük sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Sıfır Enerji Yaya Butonu'nun tasarımı esnasında gerekli araştırma, geliştirme ve test faaliyetlerine katkıda bulunan tüm İSBAK Ar-Ge çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

BODUR, M. A. (2013), Akıllı Ulaşım Sistemleri, *İstanbul: T.C. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi*, 5-6.

UTKU, B. S. (2008), Sinyalize Kavşaklarda Yaya Hareketliliğinin Ve Güvenliğinin İrdelenmesi, *İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 28-45.

DEMİRKIRAN, E. (2020), Sürücü Ve Yaya Davranışlarının Kavşak Kapasitesine Etkisi, *İstanbul: T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* 34-37.

HEPCAN, Ş., ÖZKAN, M. B., KAPLAN, A., KÜÇÜKERBAŞ, E. V., KARA, B., DENİZ, B., HEPCAN, Ç. C., ALTUĞ, İ. (2006), Yaya Erişiminde Süreklilik Sorunu ve Çözüm Olanaklarının Bornova Kent Merkezi Örneğinde Araştırılması, *İzmir: Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 126-127.

SERİN. G., ÖZ. C., ÖZ. B., LAJUNEN. T., (2018), Türkiye'de Yaya Tutumları ve Yaya Davranışları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, *Ankara: Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi,* 54-68.

(2014), *Türk Standardları Enstitüsü Belgelendirme Yönergesi*. Ankara.

TAŞIT KLİMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ

Hikmet BÜKER
Kocaeli Üni./Fen Bil. Ens./Mak. Müh Prog
hikmetbuker@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0483-9108

Canan CİMŞİT
Kocaeli Üni./Gölcük MYO/Motorlu Araçlar Ve Ulaştırma Teknolojileri
ccimsit@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1569-3180

Arzu KEVEN
Kocaeli Üni./Gölcük MYO/Motorlu Araçlar Ve Ulaştırma Teknolojileri
arzu.keven@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0040-9167

Özet
Bu çalışmada, taşıt klima sistemlerinin verimliliğini artırmak için temel ve yardımcı elemanlar olan kondenser, evaporatör, genellikle taşıt klima sistemlerinde kullanılan sallantı plakalı kompresör, genleşme valfleri ve nem tutucu filtreleranaliz edilmiştir. Taşıt klima sistemlerinde farklı soğutucu akışkanları kullanılarak sistemin birinci yasa analizi yapılmıştır. Çalışmada analizi yapılacak olan soğutucu akışkanların ozon tahrip potansiyeli (ODP), küresel ısınma potansiyeli (GWP), yanıcılık sınıfı gibi özellikler tablolar halinde verilmiş olup, R-134A, R290 ve R152A soğutucu akışkanların farklı evaporatör ve kondenser sıcaklıklarında analizi yapılarak klima sisteminin soğutma etkinlik katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. R-290 akışkanının diğer akışkanlara göre çevresel açıdan değerlendirilmesinde kullanılabilecek en uygun akışkan olduğu görülmüştür. Ancak bu akışkanın yanıcılığından dolayı gerekli güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Soğutucu akışkanlar, Taşıt klima sistemleri, COP

ENERGY EFFICIENCY METHODS IN VEHICLE AIR CONDITIONING SYSTEMS

Abstract
In this study, condenser, evaporator, oscillating plate compressor, expansion valves and moisture trap filters, which are basic and auxiliary elements, have been analyzed to increase the efficiency of vehicle air conditioning systems. The first law analysis of the system has been made by using different refrigerants in vehicle air conditioning systems. Properties such as ozone destruction potential (ODP), global warming potential (GWP), flammability class of the refrigerants to be analyzed in the study have been given in tables. R-134A, R290 and R152A refrigerants have been analyzed at different evaporator and condenser temperatures, and the effect of the air conditioning system on the cooling efficiency coefficient has been investigated. It has been observed that R-290 fluid are most suitable fluid for the environmental evaluation according to other fluids. However, this fluid need safety precautions, owing to their flammability.

Keywords: Refrigerants, Vehicle air conditioning systems, COP

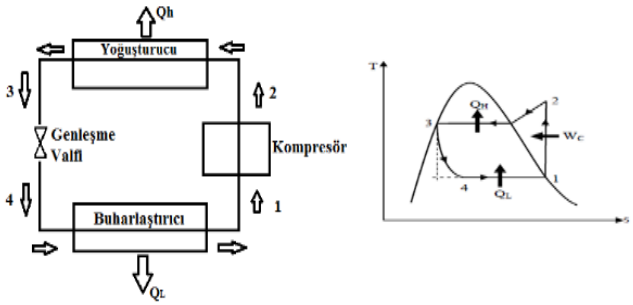
1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle günümüzde üretilen otomobillerde akla ilk gelen işlev klima sistemleridir. Bu işlev günümüzdeki yapısına ulaşması uzun zaman almıştır. 1939 yıllarında ABD merkezli eski bir lüks otomobil şirketi olan Packard, bir arabada ilk klimayı kullanan şirket oldu. Otomobillerde klimaların yaygınlaşması 1960'larda başladı. Klima başlangıçta bazı otomobillerde opsiyonel bazı otomobillerde ise standart donanım olarak ülkemize sunuldu [1]. Soğutma sistemlerinde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama aktarılmasında aracı maddeler olarak soğutucu akışkanlar kullanılır. Soğutma sistemlerinin özellikleri dikkate alındığında kullanımı yasaklanan veya kısıtlama getirilen soğutucu akışkanlar yerine ozon tabakasına zarar vermeyen ve küresel ısınmaya olumsuz etkisi olmayan soğutucu akışkanların geliştirilmesi için bilim çevreleri ve firmalarca birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmaların temelini enerjinin etkin kullanılması oluşturmuştur [2].

Doğada tek ve harika bir soğutucu akışkan yoktur. Bazıları yüksek sıcaklıkta soğutmalar için müsait olabileceği gibi, bazıları düşük ısı uygulamaları için elverişlidir. Belli bir tatbik için seçilecek soğutucu akışkanın, ancak ısıyı taşıyıcı yeterliliği haricinde toksitite, tutuşurluk, yoğunluk, viskozite, elde edilebilirliği ve en önemlisi çevresel tesirleri göz önüne alınmalıdır. Bu yüzden doğaya olumsuz etkisi olan gazlara alternatif gazlar geliştirilmiştir [3]. Bu çalışmada taşıt klima sistemlerinin verimliğini artırmak için öncelikli olarak temel ve yardımcı elemanlar analiz edilmiş olup, taşıt klima sistemlerinde R134 A, R290 ve R152 A soğutucu akışkan kullanımı durumunda soğutma etkinlik katsayısına (COP) etkisi araştırılmış ve sonuçlar grafikler halinde verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Enerji verimliliği; ürün kalitesini düşürmeden, gerekliliklerden ödün vermeden ürün başına tüketilen enerjiyi en aza indirme sürecidir. Soğutma sisteminde enerji verimliliği her bir soğutma sistem elemanları bazında veya soğutma sisteminde kullanılan soğutucu akışkanlara göre ele alınabilir. Taşıt klima sistemleri temel buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi mantığı ile çalışmaktadır. İdeal bir buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma çevriminin akış şeması ve T-s diyagramı Şekil 1.' de verilmiştir.



Şekil 1. İdeal buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin düzeni (a), T-s diyagramı

İdeal buhar sıkıştırmalı bir mekanik soğutma çevrimi, temelde 5 elemandan meydana gelmektedir; kondenser, kompresör, evaporatör, genleşme valfi ve soğutucu akışkandır. Kompresöre doymuş buhar olarak 1 durumunda giren soğutucu akışkan burada izantropik olarak yoğuşturucu basıncına kadar sıkıştırılır. Soğutucu akışkan 2 durumunda kızgın buhar olarak yoğuşturucuya gider ve çevreye ısı vererek 3 durumunda doymuş buhar olarak yoğuşturucudan çıkar. Sıcaklığı çevre sıcaklığının üzerinde olan soğutucu akışkan doymuş sıvı olarak 3 durumunda, genleşme valfinden geçer ve evaporatör basıncına kadar kısılır.

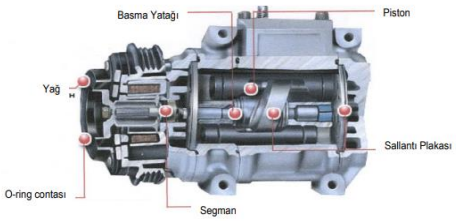
Soğutucu akışkan 4 durumunda kuruluk derecesinde evaporatöre girer ve soğutulan ortamdan ısı emerek buharlaşır. Soğutucu akışkan evaporatörden doymuş buhar halinde çıkarak ve kompresöre tekrar gider ve böylelikle çevrim tamamlanmış olur.

2.1 Buhar Sıkıştırmalı Mekanik Soğutma Sistemleri Temel Elemanları

Buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemleri kondenser, kompresör, evaporatör ve genleşme valfi olmak üzere 4 ana elemandan oluşmaktadır. Sıkıştırmalı soğutma sistemlerinde en önemli eleman kompresördür. Taşıt klima sistemlerinde genelde sallantı plakalı (eksenel) kompresörler kullanılmaktadır.

- **Sallantı plakalı kompresör**

Taşıt klima sisteminde en çok tercih edilen kompresör tipidir. Sallantı plakalı kompresör diye de adlandırılır. Gazın veya çalışma akışkanının esas olarak dönme eksenine paralel veya eksenel olarak aktığı, dönen kanat tabanlı bir kompresördür. Milin üzerinde açılı olarak yer alan sallantı plakası iki pistonun emme ve sıkıştırma stroklarında tahrik mili olarak görev alır. Sallantı plakası milin dönmesi ile döner ve böylelikle pistonların hareketini sağlar. Pistonların kanal içindeki konumunu sallantı plakasının konumu belirler. Böylelikle kompresör sonunda çıkan akışkanın miktarı ayarlanır[1].



Şekil 2. Sallantı plakalı kompresör düzeni [1]

- **Kondenser**

Kompresörden 2 durumunda kızgın buhar olarak çıkan soğutucu akışkanın çevreye ısı vererek kızgınlığının alındığı, yoğuştuğu kısımdır. Bu kısımda evaporatörlerde alınan ısı ile kompresör yoluyla sisteme verilen enerji toplamı dışarı atılır.



Şekil 3. Kondenser düzeni [4]

- **Evaporatör**

4 durumunda genleşme valfinden geçerek basıncı düşen ve düşük sıcaklıklarda gaz haline geçen, ortamdan ısı emerek soğumanın gerçekleştiği sistem elemanıdır. Diğer bir ifadeyle, evaporatör bir soğutucu elemandır. Sıvı-buhar karışımında 4 durumunda evaporatöre gelen soğutucu akışkanın 1 durumunda evaporatör çıkışında buhar halde olması istenir. Bu ise akışkanın evaporatörde ortamdan ısı çekmesi ile olur.



Şekil 4. Evaporatör düzeni [5]

- **Genleşme valfi**

Temel görevi 3 durumunda kondenserden gelen sıvı haldeki ve yüksek basınçtaki soğutucu akışkanın basıncını 4 durumuna yani evaporatör basıncına düşürmektedir. Genleşme valfi, soğutma sisteminin yük ihtiyacına göre, soğutucu akışkanın akmasını başlatan, durduran ve düzenleyen soğutma kontrol elemanlarıdır.



Şekil 5. Genleşme valfi düzeni [6]

Taşıt klima sistemlerinde buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemlerine ek olarak nem tutucu filtre elemanı bulunmaktadır. Nem tutucu filtre, 3 durumunda yoğuşturucudan (kondenserden) çıkan soğutucu akışkan genleşme valfine gitmeden önce nem tutucu filtreden geçer. Görevi temel olarak kondenserden gelen soğutucu akışkanın içinde bulunabilecek yabancı maddeleri ve su buharını süzme görevi görür [7].



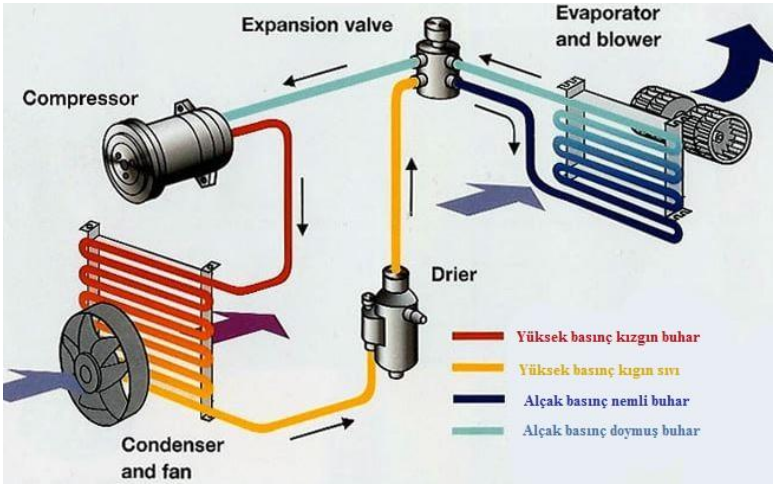
Şekil 6. Nem tutucu filtre [8]

2. 2. Taşıt Klima Sistemleri

Klima, araç kabininde ferah bir ortam sağlayacak sıcaklıkta ve rutubette olmasını sağlayan sistemlerdir. Taşıt klimaları:

- Kabin iç sıcaklık kontrolü
- Hava dolaşım kontrolü
- Nem kontrolü
- Temiz hava girişinin sağlanması

gibi işlevlere sahiptir [1].



Şekil 7. Taşıt klima sistemleri düzeneği [9]

- **Taşıt klima sisemlerinin çalışma prensipleri**

Kabin içinde en elverişli ortam sağlanması için dizayn edilen taşıt klimaları kabin içindeki havayı soğutma, tazeleme ve su buharı (nem) seviyesini sağlamak amacıyla günümüz teknolojisinde taşıtlarda klima sistemi standart hale gelmiştir.

1 durumunda buharlaştırıcıdan gaz halinde gelen ve kompresör tarafından emilerek yüksek sıcaklık ve basınçta 2 durumuyla gaz halinde yoğuşturucuya gönderilir. Taşıtın radyatör kısmından gelen soğuk hava soğutucu akışı yoğuşturucuda soğutur ve soğutucu akışkan yoğuşturucuda sıvı hale gelerek ortama ısı verir. Daha sonra 3 durumunda soğutucu akışkan sıvı fazda ve yüksek basınçta nem tutucu filtreden geçerek genleşme valfine gelir. Genleşme valfinde evaporatör basıncına kadar kısılan soğutucu akışkan 4 durumunda genleşme valfinden çıkarak buharlaştırıcıya gider. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıda tekrar hal değiştirerek gaz haline dönerek ortamdan ısı emer böylelikle soğutma işlemi tamamlanmış olur. Bir fan vasıtasıyla ısısını buharlaştırıcı yüzeyine bırakarak burada soğuyan hava iç kabine üflenir. Çalışma prensibi olarak en basit anlatımıyla soğutucu akışkanın hal değişimleri sırasında ortamdan ısı emmesi veya ortama ısı vermesi prensibine dayanır. Soğutucu akışkanın sıvı halden gaz haline yani buhar haline geçerken ortamdan ısı çeker, buhar halinden sıvı hala geçerken ise ortama ısı verir. Taşıt klima sistemlerinde kabin içinde dolaşımda bulunan hava ve dış ortamdaki hava sistemdeki buharlaştırıcıdan geçirilerek bir fan yardımı ile tekrar kabin içine üflenmesi sonucu soğutma işlemi gerçekleşmiş olur [7].

2.3. Taşıt İçi Isıtma Ve Havalandırma

Taşıtlarda iç kısmı ısıtma ve havalandırma sistemi sayesinde sürüş yorgunluğu azalırken ve emniyetli bir sürüş ve fizyolojik rahatlığın sürdürülmesine olanak sunar. Devamlı iç hava dolaşımı ile havadaki su buharı oranı gerekli rahatlık seviyesini sağlayacak şekilde absorbe edilir. Taşıt kabinindeki havada karbondioksit oranında artış olması sürücünün dikkat ve tepki seviyesinin azalmasına sebep olmaktadır. Bunun için iç kabindeki havanın yenilenmesi için bulunan hava hacmi kadar içeriye hava girişinin olması gerekir. Burada iç hacmin miktarı ve mevcut yolcu sayısı bu oranın değişmesinde ana faktördür [1].

Isıtma sistemleri, taşıtlarda dışarıdan alınan havayı veya içerideki havayı ısıtarak istenilen huzur seviyesine çıkarmaya yarayan sistemlerdir. Isınan hava, hava kanalları aracılığıyla dış ortamdan çekilen hava ile karıştırılarak kabin içerisine aktarılır. Motorlarda yanma olayı sonucu açığa çıkan enerji, bu alanda dolaştırılan dolaşım suyuna aktarılarak havanın ısıtılmasında kullanılır. Yanma odasına gelen su ısınır, yeniden ısı değiştiriciye gönderilerek orada bulunan bir üfleyiciden gelen havanın ısıtmasını sağlar. Isı değiştiriciler, birbirine karışmaları engellenen sıcaklıkları değişik iki akışkan arasında sıcaklık değişimini sağlayan aygıtlardır. Bu sistemdeki sıcaklık kontrolü kabin arasında bulunan klima kontrol paneli ile sağlanır [1]. Havalandırma sistemi; araç içi havasının değişimini ve dolaşımını veya havanın ısıtılmasını, soğutulmasını sağlayan sistemlerdir.

- Havalandırma Sistemi,
- Hava Yönlendirme Klapeleri,
- Klape Motorları,
- Hava Yönlendirme Kanalları,
- Vantilatörler,
- Kumanda Paneli Ve
- Bunlara Hava Veren Isıtma / Soğutma Sistemi Elemanlarında Oluşur.

Kumanda panelinden havalandırma düğmesi çalıştırıldığında vantilatör tarafından dışarıdan alınan hava kalorifer radyatöründen geçirilerek kabin içerisine aracın hava kanalları ile değişik kısımlarına üflenir [10], [1]. Kalorifer (doğal vantilatör) temel prensip, aracın ileriye doğru ilerlemesinde dolayı oluşan hava akışından yararlanmaktır. Bu hareket sonucunda aracın aerodinamik şeklinden dolayı pozitif ve negatif basınç bölgeleri oluşmaktadır. Pozitif basınç genellikle ön camın altında oluştuğu için hava ventilleri bu bölgede konumlandırılabilir. Bu bölge statik basıncın en yüksek seviyeye ulaştığı noktadır. Bu bölgede, dışarıdan herhangi bir toz ve kir gibi kabin içine girmesi istenmeyen maddeleri engellemek için polen filtresi kullanılır. Kirli hava çıkışı ise negatif basıncı oluştuğu bölge olan arka çamurlukların bulunduğu kısımda yer alan hava kanallarından çıkmaktadır [10]. Zorlayıcı akışlı sistemlerde elektrikli fanın kullanıldığı bir sistemlerdir. Bu durum genellikle araç düşük hızlarda seyrederken ya da yüksek seviyelerde rahatlık seviyesinin sağlanması için kullanılır. Fan, havayı ısı değiştiricisine göndererek havanın ısınmasını ve kabin içine taşınmasını sağlamaktadır [10].

2. 4. Taşıt İçi Soğutma

Soğutma sistemi; sistemde kullanılan soğutucu akışkanın, ortamdan ısı alarak ortam ısısını düşürür ve sıvı halden gaz hazline geçer. Soğutucu akışkan şartlara göre sıvı ve gaz halini alır. Klima sistemi, soğutucu akışkanın kapalı bir sistemdeki hal değişimlerinin sonunda ortaya çıkan soğutma çevrimleridir. Soğutucu akışkan sıvı halden gaz haline geçmesi için ortamdan ısı emer ve böylelikle soğutucu akışkan buharlaşmış olur. Daha sonra soğutucu buhar sıkıştırılır ve ardından daha yüksek bir sıcaklığa yükseltilir. Sıcaklığı daha düşük olan ortam havası ısıyı emer ve soğutucu buharı tekrar sıvı halinde yoğuşturur. Soğutucu akışkan başlangıçtaki çıkış noktasına geri gelir ve döngü bu şekilde tamamlanmış olur. Klima soğutma sistemini etkileyen birçok faktör vardır [10]:

- Araç Hızı,
- Havalandırma Sistemine Isı Girişi,
- Kabin İçine Giren Güneş Işınların Etkisi,
- Hava Sıcaklığı,
- Araç İçinde Seyahat Eden Yolcu Sayısı,
- Kapı ve Camların Yalıtımı.

2. 5. Termodinamik Analiz

Termodinamiğin 1. Yasası olan enerji korunumu yasasına göre enerji var iken yok, yok iken var edilemez ancak bir halden bir hale çevrilir. Çevrim için genel kütle dengesi ve enerji dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\Sigma \dot{m}_{giren} = \Sigma \dot{m}_{çıkan} \quad (1)$$

$$Q\text{-}W = \sum H_ç - \sum H_g \quad (2)$$

$$W_{komp} = m_t (h_2 - h_1) \quad (3)$$

$$Q_{kon} = m_t (h_1 - h_4) \quad (4)$$

$$Q_{evap} = m_t (h_4 - h_1) \quad (5)$$

Burada m_t soğutucu akışkan kütlesini h ise entalpiyi belirtir [11]. Teorik olarak ısı pompasının teorik ısıtma (COP_I) ve soğutma (COP_S) etkinlik katsayıları Eş. 6 ve 7 ile gösterilmiştir [12].

$$COP_I = \frac{Q_{kond}}{W_{komp}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (6)$$

$$COP_S = \frac{Q_{evap}}{W_{komp}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (7)$$

2. 6. Taşıt Klima Sistemlerinde R134a Yerine R152 A Ve R290 Soğutucu Akışkan Kullanımının Teorik Olarak Analizi

Taşıt klima sistemleri gibi iklimlendirme sistemlerinde bir ortamda bulunan ısının başka bir ortama atılmasında soğutucu akışkanın özelliklerinden faydalanılır. Soğutucu akışkanlar bu işlemi sıvı halden gaz haline gaz halinden sıvı hale geçerek yapmaktadır. Soğutucu akışkanlar ısı transferi özelliğinin yanında kullanma şartlarındaki kimyasal kararlılık, maliyet, kolay erişebilme, kompresör yağları ve soğutma tesisatındaki malzemeler ile uyumlu olması gibi gerekli şartları da sağlamalıdır. Aynı zamanda bir iklimlendirme sisteminde kullanılan soğutucu akışkanın çevreye olumsuz etkisi olmamalı veya kabul edilebilir düzeyde olmalıdır.

2. 6. 1. R134 A (Tetra-flor-etan) Soğutucu Akışkan

R134 A soğutucu akışkan 1990'lı yıllarda ozon tabakasına zararlı olduğu için birçok ülkede kullanımı yasaklanan R12 (diklor-di-flor-metan) gazının yerine kullanılmak üzere üretilmiştir. Moleküler CH_2FCF_3 şeklinde olan R134 A termodinamik ve fiziksel özellikleri R12 gazına en yakın olan soğutucu gazdır [13].

Tablo 1. R134 A soğutucu akışkan özellikleri [13]

ODP (Ozon Tahrip Potansiyeli)	0
GWP (Küresel Isınma Potansiyeli)	1430
Kritik sıcaklık (K)	374,21
Kritik basınç (kPa)	4059,3
Buhar yoğunluğu (kg/m3, 25°C'de)	32,35
Sıvı yoğunluğu (kg/m3, 0°C'de)	1294,8
Gizli buharlaşma ısısı (kJ/kg, 25°Cde)	177,78
Yanıcılık sınıfı	A1

R134a soğutucu akışkanının ozon tahrip potansiyel değeri 0 olmasına rağmen küresel ısınma potansiyel değerinin 1430 olması sonucu küresel ısınmaya olumsuz etki yapmaktadır. Bu sebepten ötürü akışkanda kısıtlamaya gidilmiş ve alternatif soğutucu akışkanlar kullanılmaya, geliştirilmeye başlanmıştır [13].

2. 6. 2. R152 A (Di-flor-etan)Soğutucu Akışkan

ODP ve GWP değerleri çok düşük olan bir gazdır.

- Yanıcı ve
- Kokusuz
- Zehirsiz

bir gazdır. 2007 yılında Montreal' de yapılan Montreal Protokolüne göre yasaklanan gazların (R11, R12, R13B1) yerine kullanılabilmesi için, teknik özelliklerinin, istenen seviyede olması gerekmektedir. Moleküler formülü $C_2H_4F_2$ şeklindedir.

Tablo 2. R152 A soğutucu akışkan özellikleri [14]

Yanıcılık Sınıfı	A2
Yanması için gerekli Limitleri (Havada) (UFL-LFL)	%16.9 - %3.9
Kaynama Noktası @ 101,325 kPa	-24.7°C
Yoğunluk	0.90 g/cc 25°C – Sıvı
Buhar basıncı	87 psi 25°C
Moleküler Ağırlığı	66.05 kg/kmol
ODP	O
GWP	140
Zehirleme Etkisi (ATEL)	50 000 ppm
Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı	454 °C
Gaz sabiti	125.882 j/(kg.K)
Isı iletim katsayısı (25°C)	0.0113 (w/m2k)

2. 6. 3. R290 (Propan) Soğutucu Akışkan

Hidrokarbonlar topraktaki madde dönüşümü sonucunda ortaya çıktıkları için doğal soğutucu akışkan olarak isimlendirilirler. Özellikle R290 ve R600 sağladığı avantajlardan dolayı son yıllarda soğutucu akışkan olarak tercih edilen doğal hidrokarbonlardır. Moleküler formülü $CH_3\,CH_2\,CH_3$ şeklindedir [15].

Tablo 3. R290 soğutucu akışkan özellikleri [15]

ODP	0
GWP	3
Güvenlik	A3
Kritik Basınç, kPa	4248
Kritik Sıcaklık, °C	96,70
Molekül Kütlesi	44,10
Kaynama Noktası, 101,325 kPa, °C	-42,09

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Taşıt klima sisteminde R134A, R290 ve R152A soğutucu akışkanlar sabit soğutma yükü 3.5 kW, kompresör izantropik verimi 0,80 alınarak ve Cool Pack programı kullanılarak COP değişimleri incelenmiştir. Analizde kullanılacak olan üç soğutucu akışkanın ozon delme potansiyeli (ODP), küresel

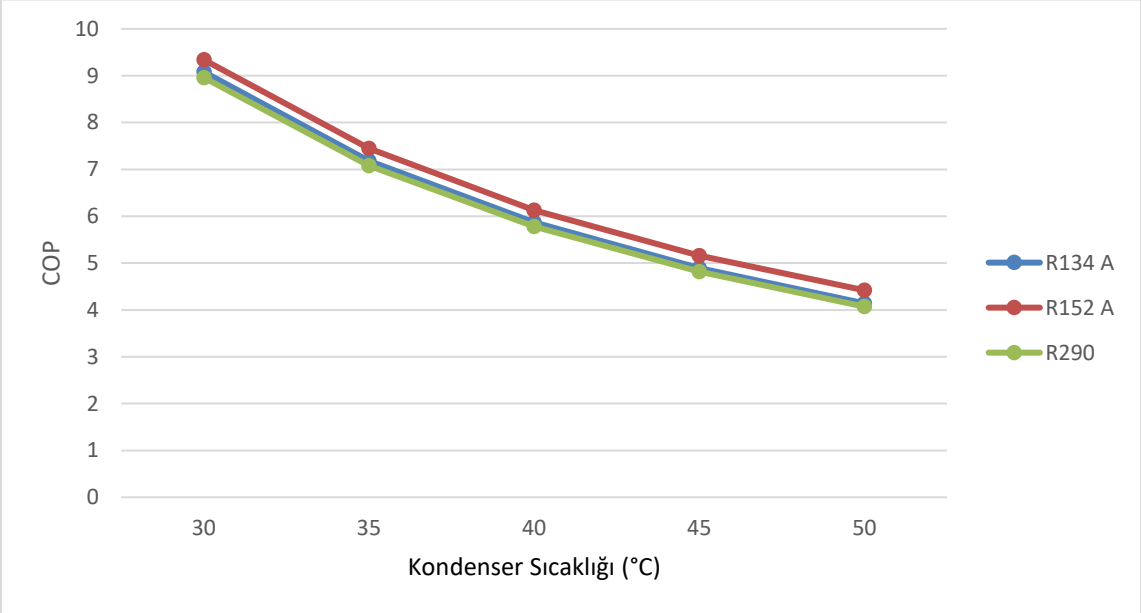
ısınma potansiyeli (GWP), yangın emniyet grubu ve atmosferik ömürlerine ait değerler Tablo 4'te üç akışkanla birlikte belirtilmiştir [16].

Tablo 4. Analizde kullanılacak olan akışkanlara ait değerler

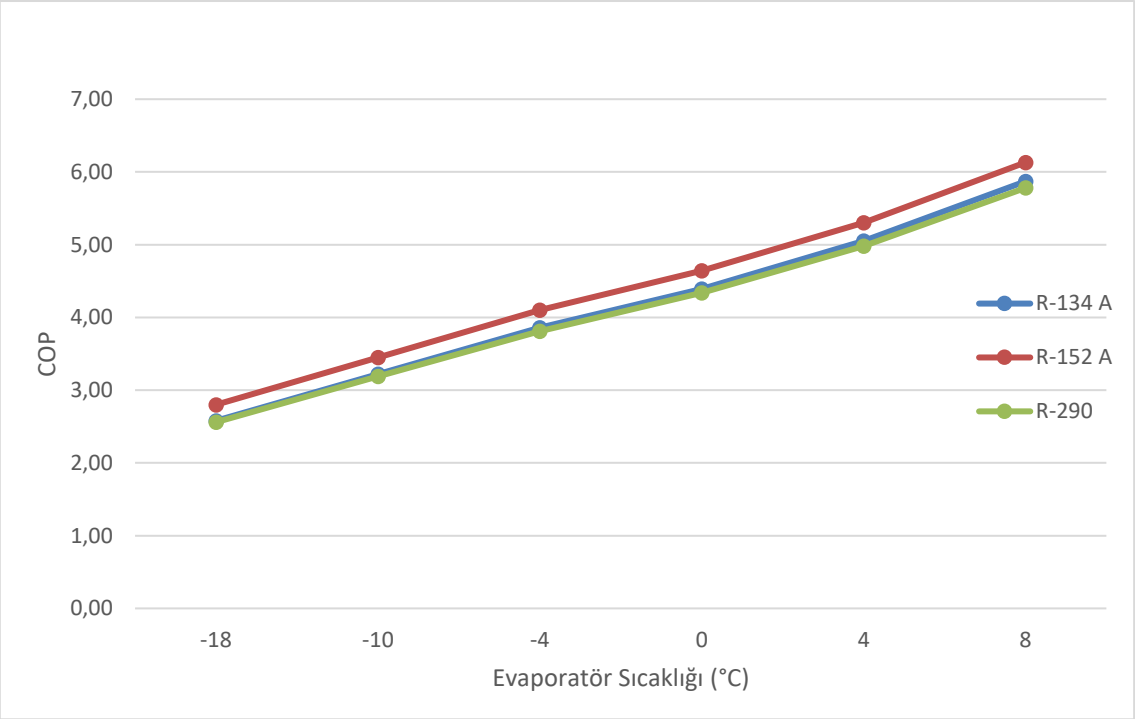
Soğutucu akışkanlar	ODP	GWP	Yangın emniyet grubu	Atmosferik ömür, yıl
R134 A	0	1430	A1	13,4
R152 A	0	124	A2	1,5
R290	0	3	A3	-

Şekil 8'de sistem elemanlarından farklı yoğuşturucu sıcaklıklarındaki analiz sonucunu görülmektedir (T_{evap}=8°C). Buna göre yoğuşturucu sıcaklığı arttıkça COP değerinin azaldığı görülmektedir. En yüksek soğutma tesir katsayısı R152a soğutucu akışkan en düşük ise R290 akışkanın kullanıldığının kabulünde görülmektedir.

Şekil 9, evaporatör sıcaklığına bağlı olarak COP değerinin değişimini göstermektedir(T_{kon} =40°C). Evaporatör sıcaklığının artması durumunda COP değerlerinin arttığı Şekil 9'da görülmektedir. Sistemin COP değeri en yüksek R152a soğutucu akışkan, en düşük ise R290 soğutucu akışkanda görülmektedir. R-290 akışkanının diğer akışkanlara göre çevresel açıdan değerlendirilmesinde kullanılabilecek en uygun akışkan olduğu görülmüştür. Ancak bu akışkanın yanıcılığından dolayı gerekli güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 8. Kondenser sıcaklığı-COP değeri değişimi



Şekil 9. Evaporatör sıcaklığı-COP değeri değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, taşıt klima sistemlerin dahil olduğu mekanik buhar sıkıştırmalı soğuma sistemleri, verimliğini artırmak için öncelikli olarak temel ve yardımcı elemanlar olan kondenser, evaporatör, genellikle taşıt klima sistemlerinde kullanılan sallantı plakalı kompresör ve genleşme valfleri analiz edilmiştir. Çalışmada analizi yapılacak olan soğutucu akışkanların ozon tahrip potansiyeli (ODP), küresel ısınma potansiyeli (GWP), yanıcılık sınıfı gibi özellikler tablolar halinde verilmiş olup, R134A, R290 ve R152A soğutucu akışkan kullanımı durumunda soğutma etkinlik katsayısına (COP) etkisi araştırılmış ve sonuçlar grafikler halinde verilmiştir. Taşıt klima sisteminin soğutma sistemi tasarımında, sistemin performansını doğrudan etkileyen çalışma sıcaklıkları ve parametrelerinin en iyi değerlerinin tespit edilmesinin yanında, soğutucu akışkan seçiminin de büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

[1] OK, S., (2008) *"Otomobil Klima Sistemi ve Klima Sisteminin Motor Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi"* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] ALPSOY, H., (2009) *"R134a/R152a Soğutucu Akışkan Karışımlarının Isı Pompasında Deneysel İncelenmesi"* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[3] GURLER, S., (2006) *"R134a Ve R600a Soğutucu Akışkanlı Ev Tipi Buzdolaplarında Ekserji Analizi"* Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

[4] ERC AIR CONDITONING, (2022), *Kondenser Ford Focus*, Nisan 2022 tarihinde ercklima.com sitesi: https://www.ercklima.com/urun/kondenser-ford-focus-erc00005250 adresinden alındı.

[5] *For Ford Focus 2008 2009 2010 2011 New A/C AC Evaporator - BuyAutoParts 60-50780AN New*, Nisan 2022 tarihinde amozon.com sitesi: https://www.amazon.com/Evaporator-Ford-Focus-2008-2009/dp/B07L47VRHF adresinden alındı.

[6] Aliexpress, Nisan 2022 tarihinde, traliexpress.com sitesi: https://tr.aliexpress.com/item/1005003149270080 adresinden alındı.

[7] HEPERKAN , A.,H., SAPCI, B., (2018) *"Araç İklimlendirme Sistemlerinin Çalışma Prensiplerinin ve Verimliliğinin Araştırılması"* İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, Temmuz 2018 Cilt 10 Sayı 3 (37-56).

[8] Cimri.com, *Sparmax MF8 Tahliye Vanalı Nem Tutucu*, Nisan 2022 tarihinde, cimri.com sitesi: https://cdn.cimri.io/image(/240x240/sparmax-mf8-tahliye-vanali-nem-tutucu_301139059.jpg adresinden alındı.

[9] CoolCar, *Maıntaın Your Car Aırcon System,* Nisan 2022 tarihinde www.coolcaraircon.co.uk sitesi: https://www.coolcaraircon.co.uk/wp-content/uploads/2014/03/acdiagram.jpg adresinden alındı.

[10] Milli Eğitim Bakanlığı (2013) *"Motorlu Araçlar Teknolojisi, Araç Isıtma Ve Havalandırma Sistemleri"* Ankara.

[11] ALKAN R., (2014) *"Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Termoekonomik Analizi"* Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
[12] KARAÇAYLI İ., MUTLU İ., ŞİMŞEK E., (2018) *"Farklı Koşullardaki Hava–Su–Hava Kaynaklı Isı Pompasının Farklı Soğutucu Akışkanlarla Termodinamik Analizi"* Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1), 174-185.
[13] GUNGOR, U., (2021) *"R134a Ve R1234yf Soğutucu Akışkanlı Bir Otomobil İklimlendirme Sisteminde İç Isı Değiştirici Kullanımının Sistem Performansına Etkilerinin Deneysel Analizi''* Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
[14] KALKIŞIM, A.,T., (2015) *"Otomobil Klima Sistemleri İçin Alternatif R152a Gaz Kullanımı ve Anfis Modellemesi"* Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
[15] ResarchGate, *Physical properties of R22 and R290*, Nisan 2022 tarihinde, www.researchgate.net sitesi: https://www.researchgate.net/figure/Physical-properties-of-R22-and-R290_tbl1_328763515 adresinden alındı.
[16] ARDA, U., BUZDEMIR, H., OZDEMIR, F., GUNGOR, A., (Nisan 2019) *"Soğutma Çevrimlerinin Enerji Verimliliği Yönünden İrdelenmesi"* 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, sf. 575-596, 17-20.

SEMBOLLER

COP	Soğutma çevrimi performans katsayısı
h	Entalpi [kj/kg]
m	Kütlesel debi [kg/s]
Q	Isıl kapasitesi [kW]
W	Kompresöre verilen net güç [kW]

Altindis

evap	buharlaştırıcı
komp	kompresör
kon	yoğuşturucu

YEŞİL KAHVE İÇEREN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL KATKILI BİYOPLASTİKLERİN ÜRETİMİ, KARAKTERİZASYONU VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Elif İNANÇ
Selçuk Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
elifinanc42@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6854-1629

İlkay Hilal GÜBBÜK
Selçuk Üniversitesi / Fen Fakültesi / Kimya Bölümü
ihilalg@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7061-2588

Özet
Plastikler, hafiflik, ucuzluk ve dayanıklılık gibi özelliklerinden dolayı metallere, kağıtlara ve diğer malzemelere göre daha kullanışlıdır. Bu nedenle hemen hemen her endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Geniş uygulamalarda kullanılması nedeni ile oluşan plastik atık miktarı da fazla olmaktadır. Plastiklerin doğada çözünme sürelerinin belirsizliği, üretim ve yakma prosesleri esnasında açığa çıkan toksik gazların çevreye olan olumsuz etkileri, plastiğin yapımında kullanılan fosil yakıt fiyatlarındaki artış ve gelişmiş toplumlarda yükselen çevre bilinciyle plastiklere alternatif malzemelerin gelişmesi tetiklenmiştir. Biyoplastikler; mısır, patates ve şeker gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerdir. Günümüzde biyoplastikler ambalaj malzemesi, çatal-tabak vb. tek kullanımlık ürünler, çocuk bezi ve diş protezi gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Bu nedenle gelecekte biyoplastiklerin teknoloji ile uyumlu hale gelerek tamamen plastiklerin yerini alacağı öngörülmektedir. Biyoplastiğin günümüzde birçok uygulama alanı bulunmasına rağmen gıda ambalajı olarak kullanılan bazı biyopolimerler düşük bariyer, mekanik ve termal özellikler göstererek paketlenmiş üründe kalite bozulmasına ve hızlı mikrobiyal kontaminasyona neden olmaktadır. Bu çalışmada; nişasta, doğal kil ve yeşil kahve içeren nanopartikülleri ile antibakteriyel özellikte biyoplastik üretilmiş, karakterizasyonu ve antibakteriyel etkisi çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyoplastik, antibakteriyel biyoplastik, yeşil kahve

PRODUCTION, CHARACTERIZATION AND INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SILVER NANOPARTICLES DOPED BIOPLASTICS CONTAINING GREEN COFFEE

Abstract
Plastics are more useful than metals, papers and other materials due to their lightness, cheapness and durability. Therefore, they are used in almost every industrial field. Due to its use in wide applications, the amount of plastic waste generated is also high. The uncertainty of the dissolution time of plastic in nature, the negative effects of toxic gases released during production and combustion processes, the increase in fossil fuel prices used in plastic production and the increasing environmental awareness in developed societies have led to the development of alternative materials to plastics. Bioplastics are materials derived from renewable resources such as corn, potatoes and sugar. Today, bioplastics are used in many industrial areas such as packaging material, cutlery, diapers and dental prosthesis. For this reason, it is predicted that in the future, bioplastics will become compatible with technology and completely replace plastics. Although bioplastics have many applications today, some polymers used as food packaging show low barrier, mechanical and thermal properties, causing quality deterioration and rapid microbial contamination in the packaged product. In this study, antibacterial bioplastic was produced with nanoparticles containing starch, natural clay and green coffee, its characterization and antibacterial effect were studied.

Keywords: Bioplastic, antibacterial bioplastic, green coffee

1. GİRİŞ

Petrol ya da kimyasal bazlı, yüksek moleküler ağırlığa sahip organik moleküllerden ya da polimerlerden elde edilen sentetik ya da yarı sentetik materyaller olarak tanımlanan plastikler, ağırlıkça hafif olması, kimyasal etkilere karşı dayanıklılık, yalıtkanlık, esneklik, darbe mukavemeti, şeffaflık, kolay işlenebilirlik, düşük maliyet ve atmosferik koşullara dayanım gibi özellikleri sayesinde ambalaj ve paketleme, mutfak malzemeleri, laboratuvar malzemeleri, otomotiv ve uçak malzemeleri üretimi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılarak modern yaşamın vazgeçilemez parçası haline gelmiştir. Plastiklerin yaygın olarak tüketilmesi, petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar ve artan çevre bilincinin neden olduğu sürekli artan çevresel baskı biyoplastik gibi çevresel olarak kabul edilebilir malzemelerin geliştirilmesini hızlandırmıştır.

Birkaç tanım olmasına ragmen genel olarak biyoplastikler, patates, şeker, mısır vb. yenilenebilir kaynaklardan üretilen plastikler olarak tanımlanır. Ayrıca, çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilir. Fotobozunur, kompostlanabilir, biyobazlı ve biyolojik olarak parçalanabilir biyoplastikler, biyoplastik türleridir. Fotobozunur biyoplastikler katkı maddeleri nedeniyle ışığa duyarlı bir gruptur ve UV ışınları polimerik yapılarılarını bozabilir. Ancak güneş ışığı olmadığında parçalanamazlar. Biyobazlı biyoplastikler nişasta, şeker kamışı ve selüloz vb. yenilenebilir kaynaklardan elde edilir. En bilinen biyobazlı biyoplastik PLA (polilaktik asittir). Kompostlanabilir biyoplastikler kompostlama prosesleriyle biyolojik olarak parçalanabilir. Biyolojik olarak parçalanabilen biyoplastikler, çevrede bulunan mikroorganizmalar sayesinde katkı maddesi gerekmeden biyolojik olarak parçalanabilen biyoplastiklerdir.

Biyoplastiklerin geleceğinin büyük bir potansiyel gösterdiği düşünülmektedir. Ancak mikrobiyal kaynaklardan üretilen biyoplastiklerin maliyeti yüksektir. Bu nedenle biyoplastik üreticilerinin çoğu yenilenebilir kaynaklardan üretime odaklanmıştır. Yenilenebilir kaynaklar arasında nişasta, ucuz olması ve kolay bulunması nedeniyle biyoplastikler için kullanışlı bir malzemedir. Nişasta tam olarak termoplastik bir malzeme değildir. Yüksek sıcaklıklarda (90-180°C), su, gliserin vb. plastikleştirici eklenmesi ile akışkan hale getirilebilir ve böylelikle geleneksel olarak termoplastik polimerlerde uygulanan ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemiyle işlenebilirler.

Gıda ürünleri öncelikle depolama ve nakliye esansında oksijen, nem, sıcaklık ve mikroorganizma gibi çeşitli bozulma faktörlerinden korunmak ve duyusal özelliklerini korumak için paketlenir. Sentetik polimerler ve biyopolimerler, gıda ürünleri için paketleme ve kaplama malzemeleri olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu polimerlerin bazıları düşük bariyer, mekanik ve termal özellikler göstererek paketlenmiş ürünü hızlı mikrobiyal kontaminasyona ve kalite bozulmasına karşı duyarlı hale getirir. Bu tür polimerlerin malzeme özellikleri, nanomalzemeler ile birleştirilerek güçlendirilebilir. Nanomalzemeler daha küçük boyutlarından dolayı daha büyük bir yüzey alanına sahiptir. Nanopartiküller, manyetik malzemeler, seramik malzemeler, algılama elemanları, yarı iletkenler, katalizörler ve hatta biyotıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanomalzemelerin gıda endüstrisinde uygulanması, kozmetik ve diğer kişisel bakım ürünlerine kıyasla nispeten yenidir. Ancak, gıda endüstrisinde nanomalzemelerin kullanılması fikri zamanla artmaktadır. Ayrıca nanomalzemeler, gıda kalitesi, güvenlik ve biyoaktif bileşik dağıtımındaki artışa da katkıda bulunur.

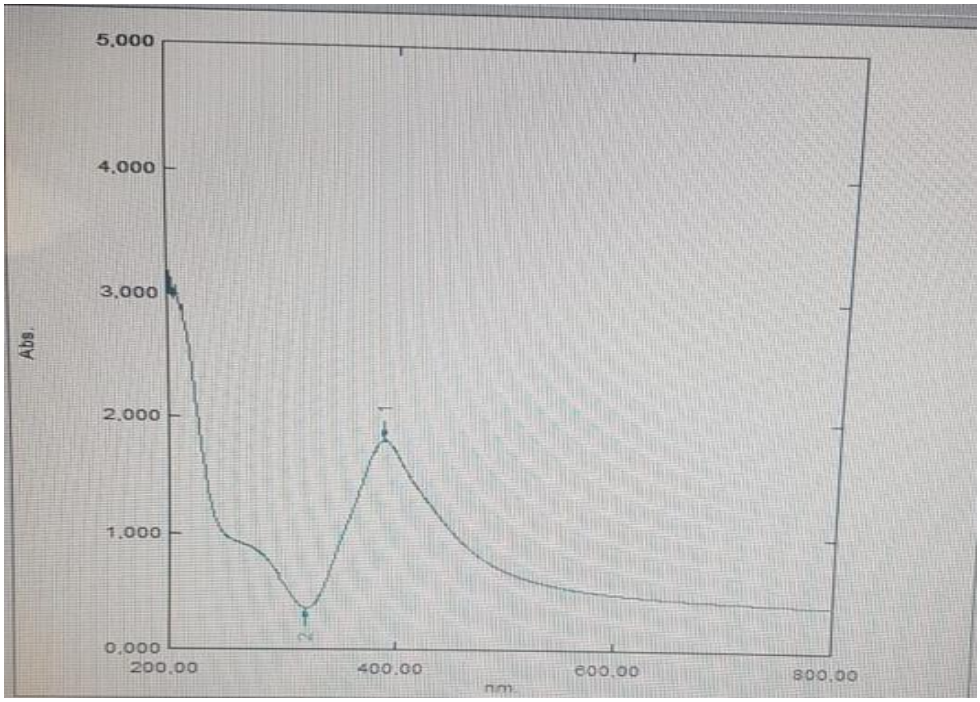
Üstün performansa sahip mükemmel bir metal olarak gümüş nanopartiküller (AgNPs), katalizde, biyotıpta, antimikrobiyal bir ajan olarak kimyasal ve biyolojik algılamalarda ve kanser tedavisinde geniş uygulamalar sergiler. Gümüş tuzunun kimyasal indirgenmesine dayanan gümüş nanoparçacıklarının sentezlenmesi için geleneksel yöntem etkili ve basittir, ama kullanılan ajanların uzaklaştırılması hem maliyetli hem de zaman alıcı bir işlemdir. Ayrıca kalıntı ajanlar biyolojik toksitite gösterir. Bu nedenle, gümüş nanopartikülleri sentezlemek için biyolojik olarak parçalanabilen ve biyolojik olarak uyumlu indirgeyici ajanların kullanımına artan bir ilgi vardır. Nanoboyutlu metal katalizörler kimya endüstrilerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bunlar arasında gümüş nanopartiküller benzersiz elektronik özellikleri ve yüksek yüzey/hacim oranı sebebiyle büyük ilgi görmüştür. Gümüş nanopartiküllerinin sentezi için kimyasal indirgeme, elektrokimyasal işlem, mikroemülsiyon yöntemi, lazer ablasyon ve hidrotermal yöntem gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Kimyasal indirgeme yöntemi hala en yaygın yöntemdir. Son zamanlarda, yeşil kimya kavramından yola çıkılarak, gümüş

nanopartikülleri (AgNPs) sentezlemek için yeni çevre dostu indirgeyici ajanların geliştirilmesine odaklanan bazı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bazılarında bitki özütü, bakteri, virüs, DNA ve peptitlerden elde edilenlerde dahil olmak üzere birçok ilginç biyomolekül kullanılmıştır. Bu çalışmada, gümüş nanopartikülleri sentezlemek için biyolojik indirgeyici olarak yeşil kahve kullanılmıştır. Yeşil kahve çekirdeği özütü içerdiği klorojenik asit nedeniyle doğal bir antioksidan olduğundan ve kan basıncını düşürebildiğinden uzun süredir sağlıklı bir gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi

İndirgeyici bitki özütünü elde etmek için, yeşil kahve çekirdekleri oda sıcaklığında saf su içerisinde 5 saat boyunca karıştırıldı ve süzüldü. Elde edilen süzüntü oda sıcaklığında saklandı. 0.2 g gümüş nitrat saf su içerisinde çözündü ve 25 mL yeşil kahve ekstraktı damla damla çözeltiye ilave edildi. 5 dakika boyunca hızlıca karıştırıldı. Çöken gümüş nanopartikülleri süzüldü ve kurutuldu. Oluşan gümüş nanopartiküllerinin UV-visible spektrum analizi yapıldı **Şekil 1**.



Şekil 1. Yeşil kahve içeren gümüş nanopartiküllerin UV-visible spektrumu

2.2. Antibakteriyel Biyoplastik Filmlerin Sentezi

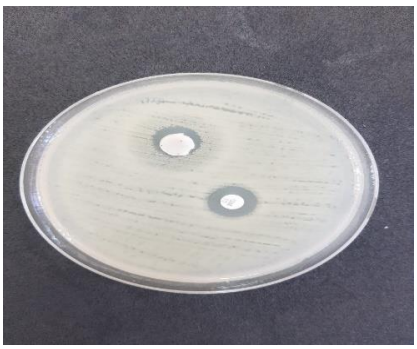
100 mL saf su içerisine 5 gram nişasta karıştırıldı. Ardından 2 mL gliserol ve asetik asit ilave edildi ve karışım oda sıcaklığında 5 dakika hızlıca karıştırıldı. Daha sonra, süspansiyon 30 dakika boyunca 90°C su banyosu içerisinde çalkalandı. Montmorilonit saf su içerisinde oda sıcaklığında 10 dakika sonikasyonla dağıtıldı. Kil dispersiyonu ve Gümüş nanopartiküller sırayla nişasta çözeltisine ilave edildi. Çözelti 75°C'de 10 dakika karıştırıldı. 40°C'ye soğutuldu ve hava kabarcıklarını gidermek için 20 dakika hafifçe karıştırıldı. Daha sonra çözelti petri kaplarına döküldü ve kurutuldu. İnce şeffaf biyoplastikler elde edildi **Şekil 2**.



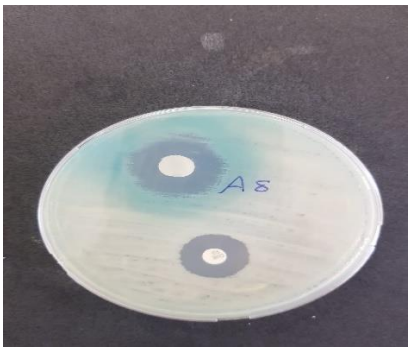
Şekil 2. Antibakteriyel biyoplastik filmler

3. SONUÇ

Oluşan filmlerin XRD analizi yapıldı Şekil. 10 ve Antibakteriyel özellikleri disk difüzyon yöntemiyle analiz edildi ve zon çapları ölçüldü. Analiz sonuçlarına göre, Sindirim sistemi hastalıkları, ürogenital hastalıklar ve menenjit gibi rahatsızlıklara neden olan E.coli bakterisine (Şekil 3.) karşı 9mm, insanlarda ve hayvanlarda görülen, ürogenital hastalıklara neden olan ve bazı durumlarda ölümcül olabilen Psudomonas Aeruginosa bakterisine (Şekil 4.) karşı 16mm, Akciğer hastalıklarına neden olan ve kalıcı hasar bırakabilen Klebsilla pneumoniae bakterisine karşı (Şekil 5.) 14mm, antibiyotik direnci gösteren Sarcina Lutea bakterisine karşı (Şekil 7.) 10mm, ciddi gıda zehirlenmelerine yol açan Bacillus Cereus bakterisine (Şekil 8.) karşı 13mm, aynı isimli mantar hastalığına neden olan Candida Albicans bakterisine (Şekil 9.) karşı 12mm çapında etki görülmüştür. Penisilin gibi antibiyotiklere karşı direnç gösteren Metisiline karşı dirençli S.aureus bakterisine (Şekil 6.) karşı bir etki gözlenmemiştir. Sonuçlar aşağıdaki tabloda listelenmiştir.



Şekil 3. E.Coli



Şekil 4. Psudomonas Aeruginosa



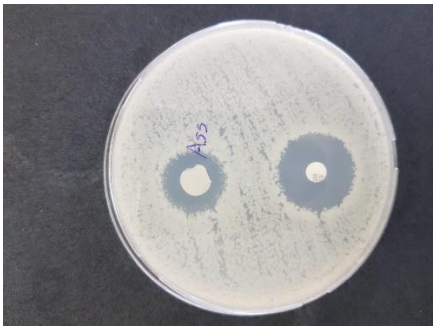
Şekil 5. Klebsilla pneumoniae



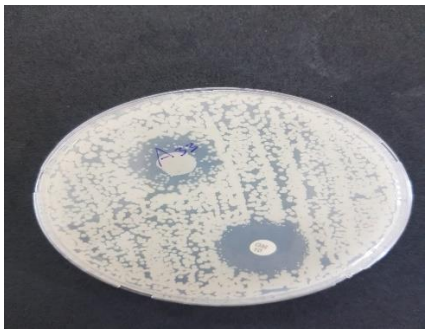
Şekil 6. Metisiline dirençli S.aereus



Şekil 7. Sarcina Lutea



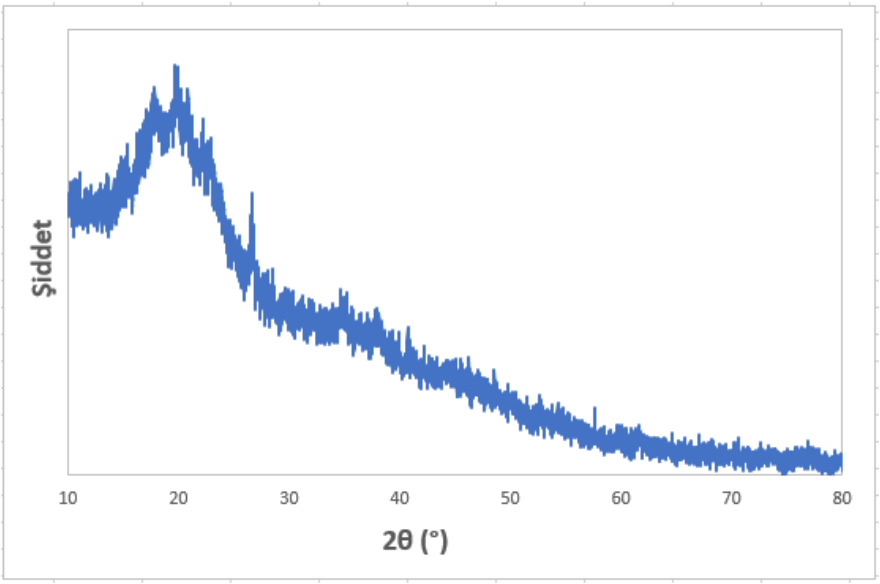
Şekil 8. Bacillus cereus



Şekil 9. Candida albicans

Bakteri Adı	Zon Çapı
E.Coli ATCC25922	9 mm
P.aeruginosa ATCC27853	16 mm
Sarcina Lutea	10 mm
Klebsilla Pneumoniae	14 mm
Bacillus Cereus	13 mm
Candida Albicans	12 mm
Metisiline Dirençli S.aureus	-

Tablo 1. Antibakteriyel Analiz Sonuçları



Şekil 10. Antibakteriyel filmlerin XRD sonuç grafiği

Kil ilavesiyle filmlerin sadece nişasta içeren filmlere göre daha dayanıklı olduğu gözlendi. Biyopolimerdeki kil tabakalarının ara tabaka mesafesindeki artış bir XRD kırınımı gözlendi (Şekil 10.) Ve kil moleküllerinin tam bir eksfoliasyona ulaşmadan nişasta molekülleriyle interkalasyonlu bir yapı oluşturduğu gözlendi.

KAYNAKLAR

- Anjum, A., M. Zuber, K.M. Zia, A. Noreen, M. Naveed, Anjum, S. Tabasum, Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. International Journal of Biological Macromolecules, 2016. 89: p.161–174.
- García-Quiles, L., Fernandez Cuello, A., ´ & Castell, P. (2019). Sustainable materials with enhanced mechanical properties based on industrial polyhydroxyalkanoates reinforced with organomodified sepiolite and montmorillonite. Polymers, 11(4), 696.

- Garcia, C. V., Shin, G. H., & Kim, J. T. (2018). Metal oxide-based nanocomposites in food packaging: Applications, migration, and regulations. Trends in Food Science & Technology, 82, 21–31.
- El Kadi, S., Bioplastic production form inexpensive sources bacterial biosynthesis, cultivation system, production and biodegrability. 2010, USA: VDM Publishing House
- F. Hua, T. H. Cui and Y. M. Lvov, Nano Lett., 2004, 4, 823–825.
- H. Lin, R. R. Zhang and Q. W. Chen, Nanoscale, 2014, 6, 14064–14105.
- Kaith, B.S., R. Jindal, A.K. Jana, M. Maiti, Development of corn starch based green composites reinforced with Saccharum spontaneum L fiber and graft copolymers –Evaluation of thermal, physico-chemical and mechanical properties. Bioresource Technology, 2009. 101(17): p. 6843–6851.
- Karana, E., Characterization of 'natural' and 'highquality' materials to improve perception of bioplastics. Journal of Cleaner Production, 2012. 37: p. 316-325.
- L. Sintubin, W. D. Windt, J. Dick, J. Mast, D. vanderHa, W. Verstraete and N. Boon, Appl. Microbiol. Biotechnol., 2009, 84, 741–749
- Luengo, J. M., B. Garcia, A. Sandoval, G. Naharro, E. R. Olivera, Bioplastics from microorganisms. Current Opinion in Microbiology, 2003. 6(3): p.251–260.
- Ma, X., P. R. Chang, J. Yu, M. Stumborg, Properties of biodegradable citric acid-modified granular starch/thermoplastic pea starch composites. Carbohydrate Polymers, 2008. 75(1): p.1–8
- M. Feng, M. Zhang, J. M. Song, X. G. Li and S. H. Yu, ACS Nano, 2011, 5, 6726–6735.
- Mekonnen, T., P. Mussone, H. Khalil, D. Bressler, Progress in bio-based plastics and plasticizing modifications. Journal of Material Chemistry A, 2013. 43(1): p.13379-13398.
- Mengmeng Wang, Wenjing Zhang, Xuesong Zheng and Peizhi Zhu, Antibacterial and catalytic activities of biosynthesized silver nanoparticles prepared by using an aqueous extract of green coffee bean as a reducing agent, 2017, 7, 12144
- P. Ginzburg, N. Berkovitch, A. Nevet, I. Shor and M. Orenstein, Nano Lett., 2011, 11, 2329–2333.
- Pinto, L., Bonifacio, M. A., De Giglio, E., Santovito, E., Cometa, S., Bevilacqua, A., & Baruzzi, F. (2021). Biopolymer hybrid materials: Development, characterization, and food packaging applications. Food Packaging and Shelf Life, 28, Article 100676.
- P. R. Rathi Sre, M. Reka, R. Poovazhagi, M. Arul Kumar and K. Murugesan, Spectrochim. Acta, Part A, 2015, 135, 1137–1144.
- P. Sanpui, A. Chattopadhyay and S. S. Ghosh, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2011, 3, 218–228
- Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N. R., & Sanches-Silva, A. (2017). Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. Trends in Food Science & Technology, 61, 132–140.
- Roldán-Carrillo, T., R. Rodríguez-Vazqáuez, D. DíazCervantes, H. Vázquez-Torres, A. Manzur-Guzmán, A. Torres-Domínguez, Starch-based plastic polymer degradation by the white rot fungus Phanerochaete chrysosporium grown on sugarcane bagasse pith: enzyme production. Bioresource Technology, 2003. 86(1): p.1-5.
- Sarasa, J., J. M. Gracia, C. Javierre, Study of the biodisintegration of a bioplastic material waste. Bioresource Technology, 2008. 100(15): p.3764-3768
- Schulze, C., M. Juraschek, C. Herrmann, S. Thiede, Energy Analysis of Bioplastics Processing. Procedia CIRP 2017. 61: p. 600-605.
- W. Wang, T. Y. Chiang, D. Velego and T. E. Mallouk, J. Am. Chem. Soc., 2013, 135, 10557–10565
- X. L. Hu, G. S. Li and J. C. Yu, Langmuir, 2010, 26, 3031–3039.
- Y. Yang, T. Liu, L. Cheng, G. S. Song, Z. Liu and M. W. Chen, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2015, 7, 7526–7533.

GRAFENLİ VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ KARBON FİBERLİ POLİMER KOMPOZİT MALZEMENİN ÜRETİLEREK MEKANİK DENEY ÇUBUKLARININ ÜRETİMİ VE İNCELENMESİ

Aybüke Yağmur ARAT
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği, Plascam Plastik Oto Cam san. Tic. A.Ş
aybuke.arat@hotmail.com

Hasan KAYA
Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Metalurji Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Emine BAŞ ÇEP
Plascam Plastik Oto Cam san. Tic. A.Ş
ebas@plascam.com

Özet
Bu çalışmada kompozit malzemenin geri dönüştürülebilirliğinin araştırılması hedeflenmektedir. Çalışmanın geri dönüşüm malzemeleri ile yapılacak olması zaman, enerji, maliyet gibi parametrelerin minimum düzeyde tutulabilmesi adına oldukça büyük önem göstermektedir. Çalışmalar kapsamında 1:1 oranında karbon fiber katkılı polyamid6 matrisli kompozit malzeme kullanılmıştır. Numuneler üretilirken çift vidalı ekstrüder kullanılarak elde edilen granüllerden enjeksiyon makinası ile test çubuğu baskıları alınmıştır. Test çubukları için üç nokta eğme ve çekme testlerinde kullanılacak kalıplama prosesleri tercih edilmiştir. Geri dönüştürülmüş karbon fiberli polimer kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan sıcaklık parametreleri presleme kuvvetleri, grafen katkılı geri dönüştürülmüş karbon fiberli polimer kompozit yapımı aşamasında kullanılanlara göre farklılıklar göstermiştir. Elde edilen deney çubukları incelendiğinde, grafen katkılı olanlarının daha mat renkli ve gevrek karakterli olduğu dikkati çekmiştir. Matris malzemesinin değiştirilerek farklı kompozit malzemeler elde edilmesi, planlanan yeni özelliklerdeki kompozit malzeme için yeni bir yaklaşım kazandırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompotiz malzeme, Karbonfiber, Polyamid6, Ekstrüder, Enjeksiyon, Grafen

PRODUCTION AND INVESTIGATION OF MECHANICAL EXPERIMENTAL RODS BY PRODUCING GRAPHENE AND RECYCLED CARBON FIBER POLYMER COMPOSITE MATERIAL

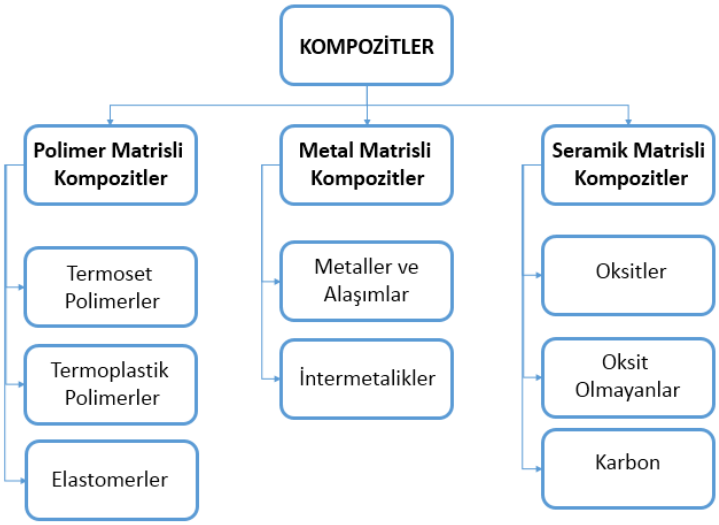
Abstract
In this study, it is aimed to investigate the recyclability of the composite material. The fact that the work will be done with recycled materials is very important in order to keep parameters such as time, energy and cost at a minimum. Within the scope of the studies, 1:1 carbon fiber reinforced polyamide6 matrix composite material was used. While the samples were being produced, granules were obtained using a twin screw extruder. After that, the test rod was obtained by using the granules in injection molding machine. Molding processes to be used in three-point bending and tensile tests were preferred for test rods. The temperature parameters and pressing forces used in the production of recycled carbon fiber polymer composite materials, showed differences compared to those used in the production of graphene-doped recycled carbon fiber polymer composites. When the obtained test rods were examined, it was noted that the graphene-doped ones had duller in color and brittle in character. Obtaining different composite materials by changing the matrix material, it has taken a new approach for the planned composite material with new properties.

Keywords: Composite Material, Carbonfiber, Poliamid6, Extruder, Injection, Graphene

1.GİRİŞ

Kompozit malzemeler, fiziksel form veya kimyasal bileşim bakımından farklılık gösteren iki veya daha fazla mikro bileşenin bir kombinasyonu olarak tanımlanır [1]. Kompozit malzemeler, yüksek mukavemet ve düşük ağırlık nedeniyle birçok yapısal uygulama için yaygın olarak kullanılan mühendislik malzemeleridir. Kompozit malzemeler matris adı verilen ana bileşen ve matris içerisinde ki takviye elemanından meydana gelir. Uygun özellikte matris ve takviye elemanı seçildiği müddetçe istenilen özellikte kompozit malzeme elde edilmesi mümkündür [2]. Matris fazı ile çevrili takviye fazından oluşan kompozit malzemelerin iki fazlı yapısı, her iki malzemenin de üstün özelliklerinden faydalanılmasını sağlar [3].

Kompozit malzemeler sınıflandırılmak istendiğinde matris fazına veya takviye fazına göre iki ayrı sınıflandırma yapabilmektedir. Matrisler metalik, polimer veya seramik malzemeleri içerirken, takviyeler lifler, parçacıklar veya kristal filamanlar (whikers) şeklindedir [1]. Takviyeli kompozit malzemelerin matrisi farklı reçine türleri (epoksi, fenolik, polyester, vinil ester vb.) arasından seçilirken, takviye cam, karbon veya aramid (kevlar) arasından seçilir.



Polimer malzemeler düşük yoğunlukludur bundan dolayı hafiflerdir, iyi kimyasal dirence sahiptir, ancak termal stabiliteden yoksundur. Zayıf mekanik özelliklere sahiptirler, ancak kolayca üretilir ve birleştirilirler. Çevresel bozulmaya karşı dirençleri orta düzeydedir [4]. Termoplastik polimerler arasında matris malzeme olarak poliamid 6 (PA6), iyi termal kararlılığı, düşük dielektrik sabiti ve yüksek gerilme mukavemeti sayesinde güçlü bir rakip matris haline gelmiştir ve bundan dolayı sıklıkla kullanımına rastlanmaktadır [5]. Genel olarak, matrisler lifler arasında yük transfer elemanları olarak görev yapar ve yapıyı yüksek sıcaklık ve nem gibi zorlu çevre koşullarına karşı korurken takviyeler ana yük taşıyıcı eleman olarak hareket ederler. Cam, karbon ve fiber takviyeli kompozit malzemeler medikal, inşaat, elektronik, tarım, spor, endüstriyel aletler, havacılık, otomotiv gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmakta ve her geçen gün kullanım alanları artmaktadır [6].

Otomotiv sektöründe karbon fiberli kompozit kullanımı her geçen gün artmaktadır. Karbon fiber kompozitler yüksek mukavemet, sertlik, daha düşük ağırlık ve olağanüstü yorulma özelliklerinin kritik gereksinimler olduğu yerlerdeki uygulamalar için uygundur. Karbon fiberler ayrıca iyi elektriksel iletkenliğe, termal iletkenliğe ve düşük doğrusal termal genleşme katsayısına sahiptirler [7]. ABD'de ve Avrupa Birliği'nde daha sıkı kurumsal ortalama yakıt ekonomisi (CAFE) standartları, yeni CO2 emisyon kısıtlamaları, günümüzde 130 g CO2/km olan binek otomobil emisyon limitlerini 2020'de 95 g CO2/km'ye düşürmüştür ve bu standartlar otomotiv üreticilerini daha düşük ağırlıkta araç üretmeye itmişlerdir. Bu durum otomotiv sektörünün karbon fiberlere olan ilgisini açıklamaktadır [8].

Geri dönüşüm, sınırlı kaynakların kullanımının sınırlandırılması ve atık bertarafını yönetme ihtiyacı açısından çok önemli bir konu haline gelmiştir [9]. Avrupa Birliği (AB) ömrünü tamamlamış araç

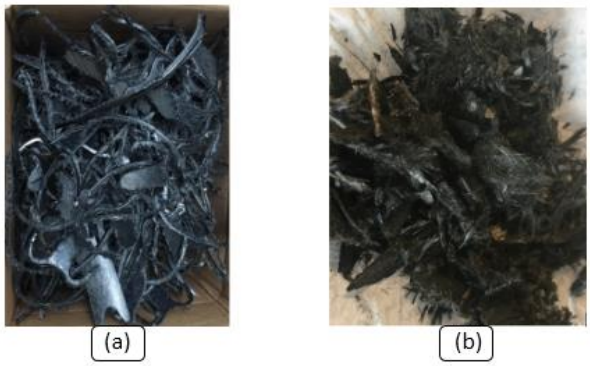
yönergesine göre, 2015 model yılı ve sonrası için üretilen her bir otomobil ve hafif kamyonda kullanılan malzemelerin ağırlıkça %85'inin, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir olması şartı getirmiştir. Günümüzde ve gelecekte tamamen geri dönüştürülebilir kompozitlere bu nedenle ihtiyaç duyulmaktadır. Termoplastikler ısıtılarak eritilebilir ve soğutularak katılaştırılabilir. Bu özelliğinden dolayı termoplastikler yeniden şekillendirilebildiğinden geri dönüşüm için büyük önem taşımaktadır. Bunun yerine termoset malzemeler, polimerize edildikten sonra yeniden eritilemez veya yeniden şekillendirilemezler [10]. Ömrünü tamamlamış bileşenlerden ve üretim hurdalarından karbon fiberlerin geri kazanımı için mevcut süreçler mekanik geri dönüşüm, termal geri dönüşüm ve kimyasal geri dönüşüm süreçleri olarak kategorize edilebilir. Karbon fiberlerin mekanik özelliklerini geri dönüşüm süreçleri aracılığıyla korumak, ticari bir geri kazanım süreci geliştirmede üstesinden gelinmesi gereken önemli bir zorluktur [8]. İki boyutlu tek atom kalınlığındaki yapısı ve sıra dışı elektrik, ısıl, mekanik özellikleri ve hafifliğinden dolayı grafen son yıllarda yaygın olarak çalışılmaktadır. [9] Aynı zamanda grafen, çok düşük miktarda yüklemede bile polimer katkılı kompozitlerin özelliklerini önemli ölçüde iyileştirebilen potansiyel bir nano dolgu maddesidir.[10] Literatürde şimdiye kadar bildirilen sonuçlar, grafen katkılı polimer kompozitlerin, çekme mukavemeti, elastik modülü, elektriksel ve termal iletkenliği vb. özelliklerinde önemli ölçüde iyileşme sağladığını göstermektedir. [11]

Ekstrüzyonla birleştirme ve enjeksiyonla kalıplama gibi işleme teknikleri, karbon fiber takviyeli polimer kompozitleri hazırlamak için sıklıkla kullanılır. [12] Ekstrüzyon işlemi, plastik endüstrisinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Plastik ekstrüzyon işlemi, ham plastiğin eritildiği ve sürekli bir profil haline getirildiği yüksek hacimli bir üretim sürecidir. Ekstrüzyon, döngüsel bir süreç olan kalıplamanın aksine sürekli bir süreçtir [13] Ekstrüder makinalarının tek vidalı ve çift vidalı olmak üzere iki tipi mevcuttur. Tek vidalı bir ekstrüder makinası, temel olarak sabit bir kovanın içine yerleştirilmiş bir döner vidadan oluşur. Daha gelişmiş versiyonu olan çift vidalı sistemlerde ise, malzemelerin ekstrüzyonu, aynı yönde ya da ters yönde dönen çift vida ile gerçekleştirilir. [14]

Enjeksiyon kalıplama işlemi, bir kalıba eriyik ham maddenin enjeksiyonunu içerir, burada eriyik malzeme soğuduğunda ve katılaştığında bir plastik ürün oluşturur. Genellikle doldurma, basma ve soğutma aşamalarından oluşan üç aşamalı bir işlemdir. Bu çalışmada geri dönüştürmesi hedeflenen malzeme ekstrüzyon işlemi ile granül forma getirilerek uygun boyutlar elde edilmiş ardından enjeksiyon işlemi ile test çubuğu baskılarının alınması sağlamıştır.

2.MATERYAL VE METOT

Deneysel çalışma için geri dönüşümü hedeflenen malzeme 1:1 oranında karbonfiberli poliamid6 kompozit atık malzeme seçilmiştir (şekil1 (a)). Kaba kırma işlemi uygulanan ve parça boyutları küçültülen atık kompozit malzeme (şekil1 (b)) bir sonra ki işlem basamağı olan ince kırma işlemine hazırlanmıştır.



Şekil 1: (a) Atık malzeme, (b) Kaba kırma işlemi sonucu atık malzeme

Kaba kırma işlemi uygulanan atık malzemeye daha ince boyutlara getirmek için ince kırma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem için Fristh marka kırma makinası kullanılmış (şekil2 (a)) ve parça boyutları %80 azaltılarak 3 mm ile 4mm arasında değerlere getirilmiştir (şekil2 (b)).



(a) (b)

Şekil2: (a) Fristh marka ince kırma makinası, (b) İnce kırma işlemi sonucu atık malzeme

İstenilen boyutlara getirilen malzeme bir sonra ki adım olan granül form kazanabilmesi için ekstrüzyon işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem öncesinde malzeme içerisinde ki nemin tamamen uzaklaştırılabilmesi adına kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma işlemi Discovery marka makinada, 85 derece sıcaklıkta ve 4 saat boyunca yapılmış ardından malzemelere kurutma makinasından çıkar çıkmaz ekstrüzyon işlemi uygulanmıştır. Ekstrüzyon işlemi için çift vidalı ekstrüder makinası kullanılmış ve vida boyunca sıcaklık parameterleri giriş ağzından çıkış ağzına doğru sıralı olarak; 80 º C - 255 º C -280 º C - 280 º C - 280 º C - 285 º C -290 º C - 280 º C şeklinde ayarlanmıştır.

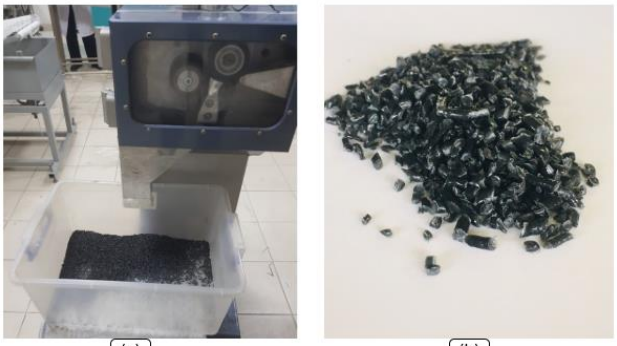
Ekstrüzyon işlemi sonrası eriyik halde ki sürekli forma getirilen malzeme oda sıcaklığında bulunan su banyosunda sertleştirilerek filamentler elde edilmiştir. Bu işlem için vida hızı; 10,5 Rpm ve Tork; 17 Nm olarak belirlenmiştir. Besleme hızı belirlenememiş olup işlem boyunca besleme manuel şekilde gerçekleştirilmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 3: (a) kurutma makinası, (b) çift vidalı ekstrüder makinası , (c) su banyosu içerisinde ki sürekli formda eriyik malzeme

Sürekli forma getirilen uzun filament halde malzemeler kırma işlemine tabi tutularak 2 mm boyutlarında granüller elde edilmiştir. Bu işlem sonucunda atık malzeme istenilen forma getirilmiştir. (şekil (4))



(a) (b)

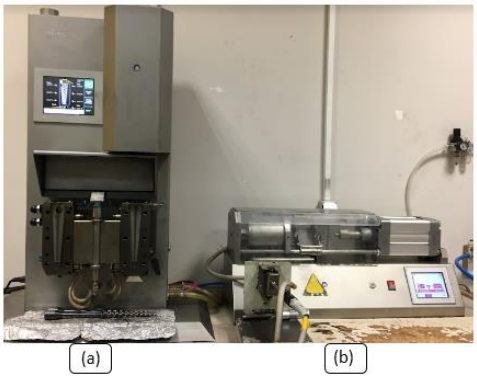
Şekil 4 : (a) Filament kırma makinası , (b) Granül forma getirilen atık malzeme

Granül forma getirilen malzemeden enjeksiyon makinasında çekme, eğme ve darbe çubukları alınmıştır. Enjeksiyon işlemi öncesi malzemeler Discovery marka kurutma makinasında 85 º C derecede 4 saat kurutma işlemine tabi tutulmuş ve içerisinde ki nemin tamamen uzaklaştırılması sağlanmıştır. Enjeksiyon işlemi için Tianjian marka enjekiyon makinası (şekil 5 (a)) kullanılmış ve aşağıda ki tabloda gösterilen standartlarda çekme ve eğme numuneleri baskıları alınmıştır.



Şekil 5: (a) Plastik enjeksiyon makinası , (b) plastik enjeksiyon kalıbı

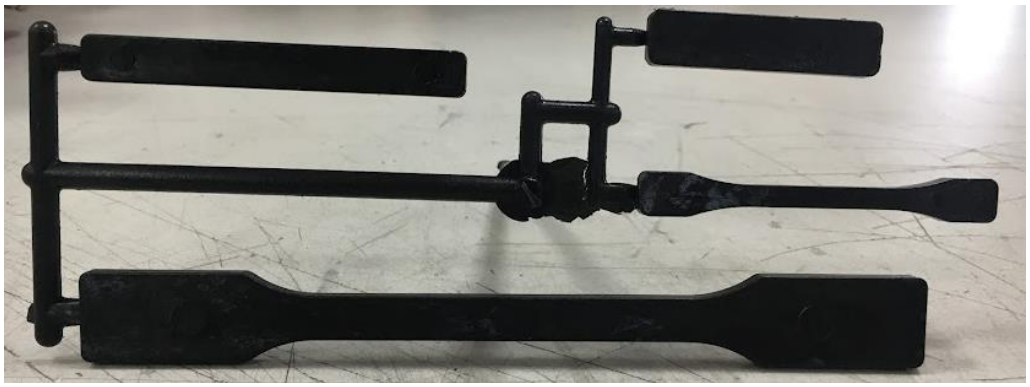
Granül halde elde edilen malzemeye (şekil 4 (b)) %0,5 oranında grafen eklenmiş ve dikey ektrüzyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlem için çift vidalı ekstrüder makinası (Şekil 6 (b)) kullanılmış olup işlem sıcaklığı 250 º C, vida hızı 100 Rpm olarak belirlenmiştir ve malzeme besleme işlemi elle manuel olarak yapılmıştır. İşlem boyunca toplam 60 gram granül malzeme (şekil 4 (b)) ve 0,3 gram grafen kullanılmıştır. Enjeksiyon makinası sıcaklığı (şekil 6 (b)) 250 º C ve basıncı 10 Bar olarak belirlenmiştir. İşlem sonucunda çekme ve darbe çubuğu baskıları alınmış ve grafenli baskı ile grafensiz baskının karşılaştırılması yapılmıştır.



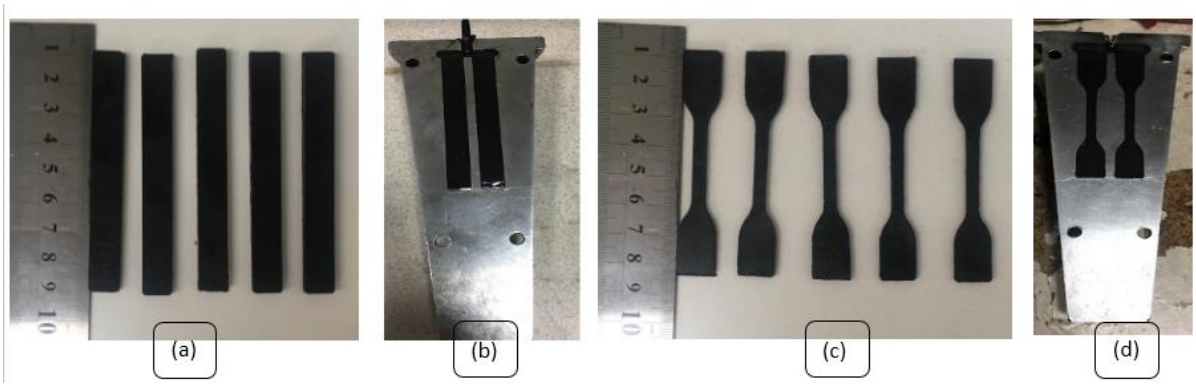
Şekil 6: (a) Çift vidalı ekstrüder makinası , (b) Mikro enjeksiyon makinası

3.SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada karbon fiber katkılı kompozit malzemenin geri dönüştürülmesi sırasında lifli karbon yapı enjeksiyon ve ekstrüder makinalarının besleme ağzında tıkanmalara yol açmıştır. Ayrıca karbon iplikler ekstrüder besleme ağzında yalnızca manuel beslemeye olanak vermiştir, bu durum proses hızının düşmesine neden olmuştur. Bu tıkanmaların giderilebilmesi ve işlem hızının arttırılabilmesi adına karbon iplik yapısının olabildiğince küçük boyutlara getirilmesi çalışma sırasında kolaylık sağlamıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda grafen eklenmemiş ve grafen eklenmiş kompozit malzemelerden ISO 6892-1 standartlında 5'er adet çekme, darbe ve eğme deney çubukları elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde grafen eklenen çubukların daha mat renkli olduğu tespit edilmiştir. Çubukların rijitliklerinin her ikisinde de yaklaşık aynı olduğu ancak grafen ile yapılan çalışmalar [15,16,17] incelendiğinde mukavemet değerinin arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7 : Grafen eklenmemiş karbonfiberli kompozit malzeme deney çubukları



Şekil 8: Grafen eklenmiş karbon fiberli kompozit malzeme (a - b) darbe, (c-d) çekme deney çubukları

TEŞEKKÜR
PLASCAM A.Ş. ‘ ye, bu çalışmayı yürütmek için verdikleri destek ve imkânlardan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

[1] S. Mazumdar , Composites Manufacturing Materials, Product, and Process Engineering Book, CRC Press ,New York, 2001.
[2] M. Balasubramanian, Composite Materials and Processing Book, CRC Press,New York, 7, 2013.
[3] Machinability study of carbon fiber reinforced composite Author links open overlay panel M. Rahman, S. Ramakrishna, J.R.SPrakash, D.C.G. Tan, 292-297, 1999.
[4] H. Altenbach et al.. Mechanics of Composite Structural Elements, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2004.
[5] E.C. Botelho , L.Figiel , M.C.Rezende , B. Lauke . Mechanical behavior of carbon fiber reinforced polyamide composites. Compos Sci Technol 55-63, 2003.
[6] F. Ahmadijokani, A. Shojaei, S.Dordanihaghighi, E.Jafarpour, S. Mohmmadi, M.Arjmand, Effects of hybrid carbon-aramid fiber on performance of non-asbestos organic brake friction composites, Wear 2020.
[7] J. B. Donnet, R. C. Bansal, Carbon Fibers review, Marcel Dekker, Inc. New York, 1990.
[8] S. J. Pickering, Recycling technologies for thermoset composite materials current status composites, Part A, 1206− 1215, 2006.
[9] L. Gong, B. Yin, L. P. Li and M. B. Yang, Compos: Part B., 2015, 73, 49-56.
[10] S. Stankovich , D. A. Dikin , G. H. B. Dommett , K. M. Kohlhaas , E. J. Zimney , E. A. Stach , R. D. Piner , S. T. Nguyen , R. S. Ruoff , Nature 2006 , 442 , 282
[11] S. Y.Fu , B. Lauke , E. Mäder , X. Hu , C.Y.Yue . Fracture resistance of short-glass–fiberreinforced and short-carbon-fiber-reinforced polypropylene under Charpy impact load and its dependence on processing, J Mater Process Technol, 89-90, 1999.
[12] Rosato, Domic, Donald, Plastics Engineering Manufacturing and Data Book, Boston, Kluwer Academic Pub., 2001.

[13] A.D. La Rosa, D.R. Banatao, S.J. Pastine, A. Latteri, G. Cicala, Recycling treatment of carbon fibre/epoxy composite Materials recovery and characterization and environmental impacts through life cycle assessment, 17, 2016.
[14] J. Breitenbach, Melt extrusion from process to drug delivery technology, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, vol. 54, no. 2, pp. 107–117, 2002.
[15] Xubing Fu, Chenguang Yao and Guisheng Yang, Recent advances in graphene/polyamide 6 composites: a review, School of Chemistry and Chemical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui , 2015
[16] L. Gong, B. Yin, L. P. Li and M. B. Yang, Nylon-6/Graphene composites modified through polymeric modification of graphene , 2016
[17] Xiaoqing Zhang, Xinyu Fan, Hongzhou Li and Chun Yan, Facile preparation route for graphene oxide reinforced polyamide 6 composites via in situ anionic ring-opening polymerization , 2012

AŞIRI PLASTİK DEFORMASYON YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN AA6082 MALZEMESİNİN KOROZYON ÖZELLİKLERİ

Soner YAZGI
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
soner_yazgi@hotmail.com

Mehmet UÇAR
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
ucarm@kocaeli.edu.tr

Hasan KAYA
Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Metalurji Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Hakan ATAPEK
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
hatapek@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmada, aşırı plastik deformasyon (APD) ve yaşlandırma işlemleri uygulanarak AA6082 malzemenin korozyon direnci incelenmiştir. Malzemede APD'yi sağlamak için Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) yöntemi kullanılmaktadır. EKAP, malzemenin katı halde iken pres yardımıyla kalıp kanallarından geçerek tane yapılarında yönelmelerini ve tanecikler arası mesafelerin azalmasını sağlamaktadır. Bu durum malzemenin mekanik özelliklerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Prosesler sonucunda malzemenin mekanik özelliklerinin yanı sıra elde edilen iş parçalarının birbirlerine göre korozif etkisi ve mikro yapı değişimleri de gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında; numuneler EKAP ile 1 geçiş, 2 geçiş, 3 geçiş 4 geçiş ve 1 geçiş + yaşlandırma işlem parametrelerinde malzeme deformasyona uğratılmıştır. EKAP yapılan numunelerin geçiş sayılarının artması ile birlikte 1. geçişte ortalama 120 vickers sertliğine sahip olan numunenin 2. geçişte %10, 3. geçişte %35, 4. geçişte %40 artış yaptığı görülmüştür. Korozyon dayanımları ise %3,5 NaCl içeren çözelti ortamında potensiyodinamik polarizasyon yöntem kullanılarak incelenmiştir. Korozyona uğramış yüzeyler incelendiğinde EKAP işlemleri ile birlikte sertlik gibi mekanik özellikler artış gösterirken, azalan Mg tane boyutları Mg2Si oluşumu ile birlikte korozyon direncini azalttığı görülmüştür. Mekanik özelliklerde elde edilen bu artışın korozyon özellikleri incelendiğinde yüzdelik oranların tam tersi nitelikte etki ettiği ölçülmüştür. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzeme en düşük korozyon direncine sahipken 3 geçiş, 2 geçiş ve 1 geçişlerde düzenli aralıklarda yüzde ikilik olumlu bir direnç kazanmıştır. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzemeye göre en yüksek korozyon direnci ise yüzde 20 artış oranıyla homojenize numunede görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: AA6082, Aşırı Plastik Deformasyon, EKAP, Korozyon, Yaşlandırma

CORROSION PROPERTIES OF AA6082 MATERIAL PRODUCED BY SEVERE PLASTIC DEFORMATION METHOD

Abstract
In this study, the corrosion resistance of AA6082 material was investigated by applying severe plastic deformation (SPD) and aging processes. Equal Channel Angular Pressing (ECAP) method is used to provide SPD in the material. ECAP ensures that the material is oriented in the grain structures by passing through the mold channels with the help of the press while it is in solid state and the distances between the particles are reduced. This helps to improve the mechanical properties of the material. As a result of the processes, besides the mechanical properties of the material, the corrosive effect and microstructure

changes of the obtained workpieces relative to each other were also observed. This scope of work; The samples were subjected to material deformation with ECAP in 1 pass, 2 pass, 3 pass 4 pass and 1 pass + aging process parameters. With the increase in the number of passes of the ECAP-treated samples, it was observed that the sample, which had an average of 120 Vickers hardness in the 1st pass, increased 10% in the 2nd pass, 35% in the 3rd pass, and 40% in the 4th pass. Corrosion resistance was investigated using a potentiodynamic polarization method in a solution containing 3.5% NaCl. When the corroded surfaces were examined, it was observed that mechanical properties such as hardness increased with ECAP processes, while the decreasing Mg grain sizes decreased the corrosion resistance with the formation of Mg2Si. When the corrosion properties of this increase obtained in mechanical properties were examined, it was measured that the percentages had the opposite effect. While the material that has been made 4 passes with ECAP has the lowest corrosion resistance, it has gained a positive resistance of 2 percent at regular intervals in 3 passes, 2 passes and 1 passes. The highest corrosion resistance was observed in the homogenized sample, with an increase of 20 percent, compared to the material that was made 4 passes with ECAP.

Keywords: AA6082, Severe Plastic Deformation, ECAP, Corrosion, Aging

1.Giriş

Malzemede istenilen mekanik özellikler, korozyon gibi tercih edilen uygulamaları daha iyi hale getirebilmek için 1970'li yıllarda Rusya'da bilim adamları tarafından APD (Aşırı Plastik Deformasyon) yöntemi literatüre sunulmuştur. Kullanılan bu yöntemde asıl istenilen malzemede bulunan tanecik yapılarını daha ufak hale getirerek ve bununla birlikte taneciklere yönelmeler vererek mekanik özelliklerini daha da artırmaktır (Valiev et al. 2006). Bununla birlikte APD seçerken ekonomik sebepler, malzemenin alanları, şekil kısıtlamasının olup olmadığı gibi farklı birçok yöntemler denenmiştir. Bunların içinde en çok kullanılan Eşit Kanallı Açısal Presleme (EKAP) yöntemidir. (Segal et al. 1981).

EKAP işlemi; kalıp açıları, presleme hareketi, uygulama rotaları, presleme öncesi sıcaklıklar, geri presleme (karşı basınç), preslenecek malzeme şekli ve paso sayısı olmak üzere belli işlem değişkenlerini içermektedir. EKAP'ın en karakteristik özelliği uygulaması kolay olması ve uygulamadan sonra malzemenin kesit alanını değiştirmiyor olmasıdır (Develioğlu et al. 1981). Dolayısıyla kesit değişikliği olmaksızın yüksek gerilmelerle plastik deformasyon mümkündür. Bir numune plastik gerilmeyi artırmak için birden fazla geçişle ciddi deformasyona maruz kalabilmektedir (Kaya 2013). EKAP'ta geçişle birlikte oluşan gerilme numunenin kanal açısıyla ilişkilidir. Yapılan çalışmalar sonucunda en uygun olarak elde edilen açı 90° olduğudur (Valiev 2000).

EKAP işlem rotaları birbirinden farklıdır. Bunlar numunenin döndürülmeden veya belli açılarla döndürülmesiyle elde edilen farklılıklardır. Bunlar genellikle;

Numune döndürülmeden yapılan işlem (Rota A)
Numune ±90° döndürülerek yapılan işlem (Rota Bᴀ)
Numune +90° döndürülerek yapılan işlem (Rota Bc)
Numune +180° döndürülerek yapılan işlem (Rota C) (Werenskiold 2000).

EKAP uygulanacak Alüminyum malzemenin mekanik özellikleri, korozyon dayanımı, yüksek elektrik iletimi ve hafiflik gibi özelliklerinden dolayı gelişen teknolojik dünyamızda çok önemli bir yer tutmaktadır (Demirci et al. 2004). Günümüzde üst düzey teknolojik çalışmalarda kullanıldığı gibi en alt düzeyde bile yaygın olarak kullanılan malzeme olarak karşımıza çıkmakta ve giderek talep artmaktadır (Demirci 2005). Mukavemet değerlerinin diğer metallere göre az oluşu bu alanda kullanımını sınırlı bırakmaktadır. Bundan dolayı mekanik özelliklerini daha iyi hale getirmek için alaşım yapılmaktadır (Baydur 1989). Alüminyum alaşımları dövme ve döküm olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. Mikroyapı ve kimyasal bileşenler açısından birbirlerinden çok farklı bir yapıya sahiptirler (Henry et al. 2002).

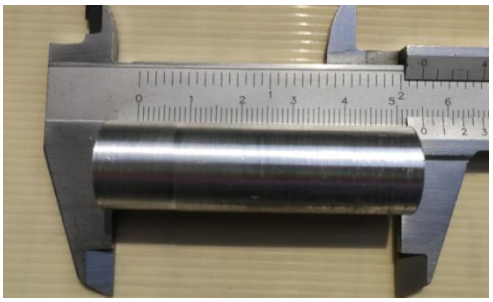
Kullanılan bu alaşımların içerisinde AA6082-T6 alaşımı içeriğindeki Mg ve Si elementleri ile mekanik özelliklerinin yanı sıra yüksek derecede korozyon direnci sebebiyle otomotiv sektöründe, havacılıkta, savunma sanayinde, inşaat sektörü ve raylı ulaşım araçlarında sıklıkla tercih edilmektedir (Özbeyaz et al. 2020), (Yağmur et al. 2021). AA6082 malzemesi emniyet, konfor ve güvenilirlik açısından baktığımızda da ihtiyaçların hepsine cevap vererek ağırlığın azaltılması noktasında otomotiv ve havacılık sektörlerinde çok fazla tercih edilmektedir. Özellikle yakıt tasarrufu açısından kullanılan malzemeler hafif olmalıdır.

Alüminyumun korozyona dayanıklılığı (paslanmaz çeliklerde olduğu gibi) yüzeyin koruyucu ve sıkı bir oksit tabakasıyla (Al2O3) kaplanmasından ileri gelir. Özellikle korozyon dayanımının arandığı durumlarda, alüminyumun saflığının %99,5'un altında olmaması gereklidir. Fakat genellikle alüminyumun mekanik özelliklerini geliştirebilmek için alaşımlama yapıldığından dolayı, alüminyum alaşımlarının korozyon direnci, saf alüminyumdan daha düşüktür. Alüminyumun birçok Korozif ortama karsı gösterdiği direnç, mevcut koşullara bağlı olarak yüzeyinde oluşan, amorf veya kristalin alüminyum oksit tabakasından dolayıdır. Atmosferde oluşan yüzey filmi daha çok amorftur, su ve su buharı içerisinde ise daha çok kristalin yapıda yüzey filmi oluşur. Oluşan tabaka ne kadar homojen ise, aynı koşullarda korozyon dayanımı da o kadar iyidir (Temel 2001).

Bu çalışmada APD yöntemi olan EKAP ile 1 paso, 2 paso, 3 paso, 4 paso, 1paso + yaşlandırma, homojenize yapılmış AA6082 ve T6 olarak birbirleri arasındaki mikro yapıları korozyon özellikleri ile birlikte karşılaştırılarak mekanik özelliklerdeki değişimler incelenmiştir.

2.MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında 6082 Alüminyum alaşımı T6 malzemesi Seykoç alüminyum fabrikasından 55 mm boyunda 20 adet çıkacak şekilde malzeme tedarik edilmiştir. 20 adet AA 6082-T6 malzemeyi 55 mm boyunda 19,8 mm çapında ölçülerine tornalanmıştır. (Şekil 1). Bu malzemelerden 5 adedi T6 olarak bırakılmış ve 15 adedi 510 ◦C'de önceden ısıtılan fırında 90 dakika fırınlama süresi olacak şekilde ısıl işlem uygulanarak homojenize edilmiştir (Şekil 2).

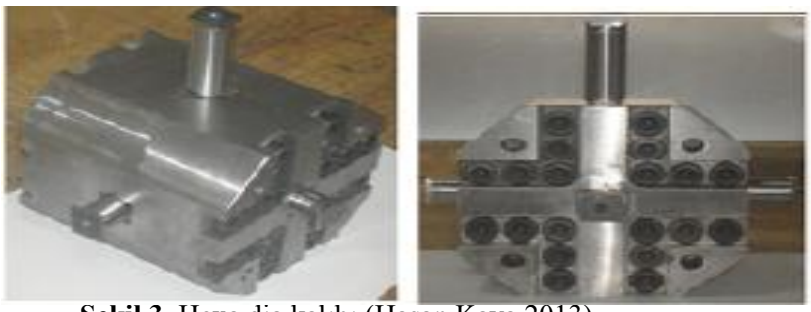


Şekil 1. AA 6082 Numune



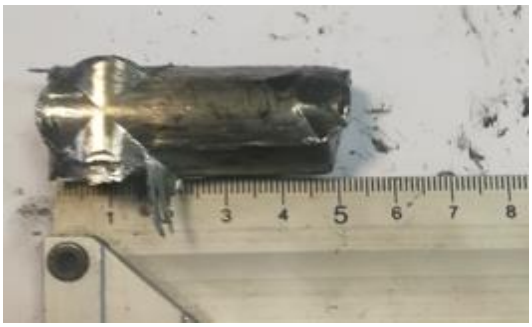
Şekil 2. Isıl İşlem Fırını

Homojenize edilen 10 adet numune önceden ısıtılmış 215 C' ısıl işlem fırınında 2 saat bekletilmiştir. Bu işlemin ardından 90 derece dönüş açısına sahip Hexa dia kalıbında 1, 2, 3 ve 4 geçiş yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Hexa dia kalıbı (Hasan Kaya 2013)

EKAP işlemlerinde 2mm/s presleme hızı kullanılmış olup yağlayıcı olarak MOS2 kullanılmıştır. Bu şekilde 5 adet T6, 5 adet EKAP1 geçiş, 5 adet EKAP2 geçiş, 5 adet EKAP3 geçiş, 5 adet EKAP4 geçiş ve 5 adet EKAP1 geçiş + yaşlandırılmış parça elde edilmiştir (Şekil 4). Yapılan EKAP sonucunda numunelerin tanecik yapılarındaki değişim, optik mikroskop yardımıyla görüntülenmesi için numuneler hassas kesim makinesiyle kesilerek hazır hale getirildi (Şekil 5).



Şekil 4.EKAP1 Pas Yapılmış Numune



Şekil 5. Hassas kesimle hazır hale getirilmiş numuneler

Kesilen numuneler optik mikroskop yardımıyla taneciklerin yapılarında oluşan değişimler izlenmiştir. Bunun için ön hazırlık olarak sırayla 120-240-320-400-800-1000 SiC zımparalama yapıldı (Şekil 6). Daha sonra elmas pasta ile parlatma yapılarak işlem tamamlanmıştır (Şekil 7). Mikroskopta yapının daha iyi gözlemlenmesi için bu numunelerin hepsi dağlama yapılarak merkez ile kenar arasında optik mikroskop görüntüleri alınmıştır.

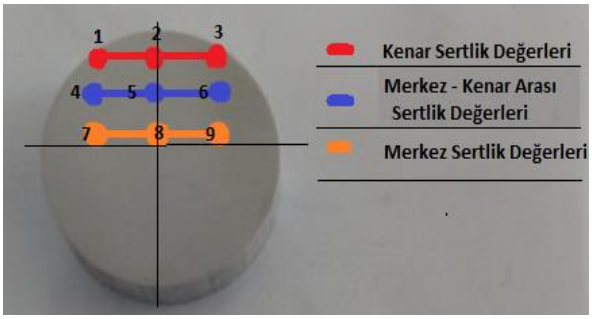


Şekil 6. Zımpara Makinesi



Şekil 7. Elmas parlatma makinesi

Optik mikroskop ile bakıldıktan sonra sertlik değerli incelendi. Numunelerden merkezde 3 adet, Merkez ile kenar arasında 3 adet ve kenar tarafında 3 tane olmak üzere toplamda 9 adet değer alındı ve bunların ortalama değerleri çıkartıldı (Şekil 8). Ölçümler "Microhardness Tester Future-Tech FM-700" cihazında deney aşamasında numunelere 10 saniye boyunca 1000g kuvvet uygulanmış, sonuçlar Hardness Vickers olarak hesaplanmıştır.

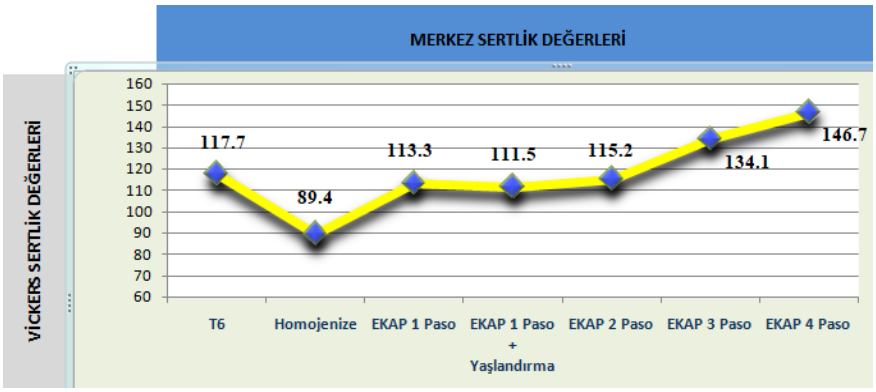


Şekil 8. Numune Üzerinden Alınan Sertlik Değerlerinin Yerleri

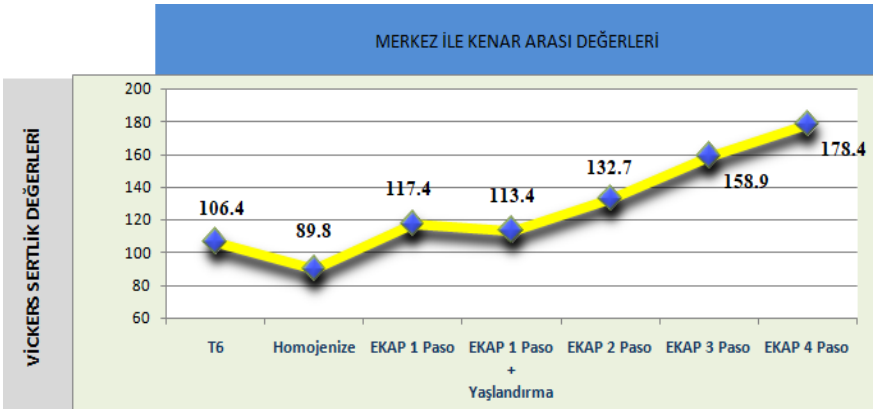
APD işlemeleri tamamlanan numunelerin korozyon dayanımları ise %3,5 NaCl içeren çözelti ortamında potensiyodinamik polarizasyon yöntem kullanılarak incelenmiş ve Tafel eğrileri çıkarılmıştır.

3.SONUÇ ve TARTIŞMA

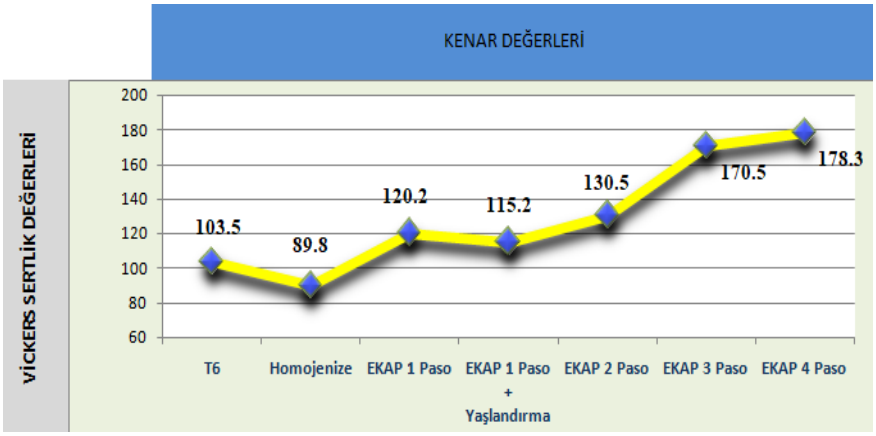
Sertlik analizi için alınan 9 ölçü değerinin en büyük ve en küçük değerler çıkartılmış geriye kalan ölçü değerlerinin aritmetik ortalamasına göre değerler oluşturulmuştur. Şekil 9. (a), (b) ve (c)' de geçiş sayısına ve sertlik değerlerinin alındığı bölgeye bağlı olarak parçaların sertlik sonuçları grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 9. (a) Merkez Bölgeye Göre Alınan Sertlik Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

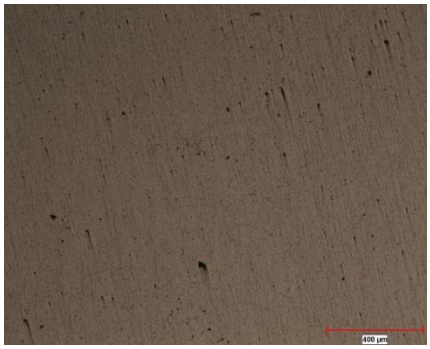


Şekil 9. (b) Merkez ile Kenar Arası Bölgeye Göre Alınan Sertlik Değerlerinin Grafiksel Gösterimi



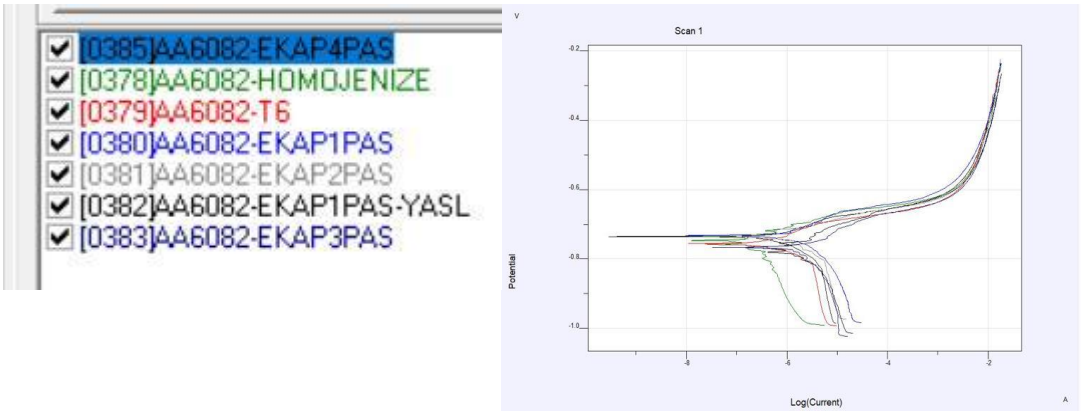
Şekil 9. (c) Kenar Bölgeye Göre Alınan Sertlik Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

Yukarıdaki grafikleri incelediğimizde, EKAP sayısı artan numunelerin sertlik değerlerinde de artış görülmektedir. Bu bağlamda EKAP yapılmış numunenin optik mikroskopla incelenen görüntüsünde eğilimler açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 10). Bu eğilimler daha çok merkezden kenara doğru oluşmaktadır. Buda mekanik değerleri daha iyi hale getirmektedir.



Şekil 10. (a) EKAP1 Pas Yapılmış Numunenin Mikroyapı incelemesi

APD'ye tabi tutulan AA6082 numunelerin korozyon özellikleri hakkındaki literatürü gözden geçirdiğimizde özellikle EKAP işlemi uygulanmış yazılarda, ultra tanecikli yapıya sahip alüminyum alaşımları için korozyon direncinde bir azalma görüldüğü sonucuna varılmıştır. Bu, ikincil fazların veya intermetalik partiküllerin boyutunun küçültülmesi ile ilgili olduğu görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Numunelerin Tefal Eğrileri

Korozyona uğramış yüzeyler incelendiğinde EKAP işlemleri ile birlikte sertlik gibi mekanik özellikler artış gösterirken, azalan Mg tane boyutları Mg2Si oluşumu ile birlikte korozyon direncini azalttığı görülmüştür.

Mekanik özelliklerde elde edilen bu artışın korozyon özellikleri incelendiğinde yüzdelik oranların tam tersi nitelikte etki ettiği ölçülmüştür. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzeme en düşük korozyon direncine sahipken 3 geçiş, 2 geçiş ve 1 geçişlerde düzenli aralıklarda yüzde ikilik olumlu bir direnç kazanmıştır. EKAP ile 4 geçiş yapılmış malzemeye göre en yüksek korozyon direnci ise yüzde 20 artış oranıyla homojenize numunede görülmüştür. Malzeme geçişleri arttıkça hem dislokasyon yoğunluğu yüksek hem de çökelti miktarı yüksek alanlar oluşuyor. Buda korozyon özelliklerini tersine çevirmiş oluyoruz.

Literatür taramasında (Annamaria Viceré 2019) yaptığı çalışmada korozif özelliklerin düştüğü ama belirgin bir düşmenin görülmemiş olduğu sonucu bulunmuş. Yine başka bir çalışma olan (Matthias Hockauf 2008)' a göre EKAP'lı malzemelerinin korozyon hasarının sonuçlarıyla işlenmemiş malzemenin korozyon hasarına kıyasla daha yüksek oyuk korozyon direnci gösterdiğini görülmüştür. Bu sonucu göre bizim korozyon sonuçlarının düşük çıkmasının sebebinin, numunenin ısıtılmadan yani oda sıcaklığında geçişlerin yapılmasından dolayı, çökelti miktarları ön ısıtılmış şekilde yapılan geçişlere göre daha dayanımı yüksek çıkabileceği yönünde düşünülmektedir.

Sonuç olarak korozif ortamlarda EKAP yapılacak olan AA6082 malzemenin geçiş sayısının artışı korozyon özellik değerlerini düşürdüğünden önerilmemektedir.

KAYNAKLAR

Baydur, G. Malzeme, MEB Türk Hava Kurumu Basımevi, 7. Basım, Ankara, 1989

Demirci,A.H., Yiğit, K., Aydın, H. (2004). Mg partikülleri içeren Al-Cu alaşımının verilen bir tribosistem ve yaşlandırma şartlarında aşınma davranışlarının belirlenmesi. 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi Konferansı, Denizli, Türkiye, 187-193.

Demirci, A.H. (2005). Mühendislik Malzemeleri, Alfa Yayınevi.

Develioğlu Ş., Eş Kanallı Açısal Presleme (Ekap) Yönteminin 6063 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, İstanbul Aydın Üniv. Dergi 36, (2017) (41-50)

Dündar, M., Güngör. G. 2002. "Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği ile Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları,

Furuno, K., Akamatsu, H., Oh-ishi, K., Furukawa, M., Horita, Z., Langdon, T. G. (2004). Microstructural Development İn Equal-Channel Angular Pressing Using A 60° Die, Acta Materialia, 52, 2497–2507

Hagen E, "The aluminium market at the beginning of a new century," (Cannes, France: 6th International Secondary Aluminium Congress of the OEA, 6-7 March 2001)

Henry R. Clauser, John A. Vaccari,Materials Handbook by George Stuart Brady, 15. baskı,40-59 2002

Kaya H. Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) ve Yarı Katı İşlemle Üretilen AA7075 Alaşımının Mikroyapı, Sertlik ve Yorulma Davranışının İncelenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 348739.

Segal V. M., Reznikov V. I., Drobyshevskiy A. E., Kopylov V. I., Plastic working of metals by simple shear, Russian Metall., 1981, **1**, 99-105.

Özbeyaz, K. Kaya, H. Kentli, A. Eş Kanallı Açısal Presleme (Ekap) Yapılan AA6082 Alaşımının 4 İşlenebilirliğinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi, International Marmara Sciences Congress (Autumn), 423-429, 2020

Temel, Ahmet, Dizmetal Üretim Müdürü, Korozyonun Tanımı ve Alüminyumun Korozyonu , Makina&Metal Haziran 2001/Sayı 114.

Valiev R. Z., Langdon T. G., Principles of equal channel angular pressing as a processing tool for grain rafinement, Prog. Mater. Sci., 2006, **51**, 881-981.

Valiev, R.Z., Islamgaliev, R.K,. Alexandrov, I.V. (2000). Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation, Prog. Mater. Sci., 45:103-189.

Werenskiold, J. C. (2004). Equal Channel Angular Pressing (ECAP) of AA6082: Mechanical Properties, Texture and Microstructural Development, Doctoral Theses, Norwegian University, Trondheim.

Yağmur S , Kaya M. K, and Şeker U, "Investigation of the Effects of Chip Breaker Forms Applied to Polycrystalline Diamond (PCD) Tools on Cutting Forces in Turning AA-6082 T4 Alloy", Gazi Journal of Engineering Sciences, vol.7, no.1, pp. 51-57, 2021. doi:10.30855/gmbd.202.01.06

SİVAS İLİ *QUERCUS MACRANTHERA* SUBSP. *SYSPİRENSİS* ÜZERİNDEKİ GAL ARILARI

Betül Fatih
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD
batoulswied@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-7368-9601

Lütfiye Gençer
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
gencer@cumhuriyet.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-0314-8858

Özet
Quercus macranthera subsp. *syspirensis* Türkiye'ye özgü endemik meşe alttürüdür. 2019-2020 yıllarında Sivas ili ve ilçelerindeki *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* üzerinde gal yapan arıları tespit etmek amacı ile yapılmış olan bu çalışmada Cynipidae familyasından 5 cinse ait 27 tür tespit edilmiştir. Bu türler; *Andricus amenti* Giraud 1859, *Andricus caputmedusae* (Hartig , 1843), *Andricus coriarius* (Hartig, 1843), *Andricus coronatus* (Giraud, 1859), *Andricus foecundatrix* (Hartig, 1840), *Andricus grossulariae* Giraud, 1859, *Andricus infectorius* (Hartig, 1843), *Andricus inflator* (Hartig, 1840), *Andricus kollari* (Hartig, 1843), *Andricus lucidus* (Hartig, 1843), *Andricus megalucidus* (Melika, Stone, Sadeghi and Pujade-Villar, 2004), *Andricus moreae* (Graeffe, 1905), *Andricus quercuscalicis* (Burgsdorf, 1783), *Andricus quercustozae* (Bosc, 1792), *Andricus sternlichti* (Bellido, Pujade-Villar & Melika, 2003), *Andricus tomentosus* (Trotter, 1901), *Aphelonyx persica* Melika Stone Sadeghi & Pujade-Villar 2004, *Cynips agama* Hartig, 1840, *Cynips disticha* Hartig, 1840, *Cynips divisa* Hartig, 1840, *Cynips quercusfolii* (Linnaeus, 1758), *Cynips quercus* (Fourcroy, 1785), *Cynips longiventris* Hartig, 1840, *Neuroterus albipes* (Schenck,1863), *Neuroterus numismalis* (Geoffroy, 1785), *Neuroterus quercusbaccarum* (Linnaeus, 1758), *Trigonaspis megaptera* (Panzer, 1801). Tespit edilen tüm galler aseksüel nesildir. Tespit edilen 16 tür için *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* türü yeni konukçu bitki olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler; Gal Arıları, *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis*, Sivas

GALL WASPS ON *QUERCUS MACRANTHERA* SUBSP. *SYSPİRENSİS* İN SİVAS PROVİNCE

Abstract
Quercus macranthera subsp. *syspirensis* is an endemic oak subspecies native to Turkey. In this study was carried out in 2019-2020 in order to determine the gall wasps on *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis*, 27 species in 5 genera belonging to family Cynipidae (Hymenoptera)were determined. These species; *Andricus amenti* Giraud 1859, *Andricus caputmedusae* (Hartig , 1843), *Andricus coriarius* (Hartig, 1843), *Andricus coronatus* (Giraud, 1859), *Andricus foecundatrix* (Hartig, 1840), *Andricus grossulariae* Giraud, 1859, *Andricus infectorius* (Hartig, 1843), *Andricus inflator* (Hartig, 1840), *Andricus kollari* (Hartig, 1843), *Andricus lucidus* (Hartig, 1843), *Andricus megalucidus* (Melika, Stone, Sadeghi and Pujade-Villar, 2004), *Andricus moreae* (Graeffe, 1905), *Andricus quercuscalicis* (Burgsdorf, 1783), *Andricus quercustozae* (Bosc, 1792), *Andricus sternlichti* (Bellido, Pujade-Villar & Melika, 2003), *Andricus tomentosus* (Trotter, 1901), *Aphelonyx persica* Melika Stone Sadeghi & Pujade-Villar 2004, *Cynips agama* Hartig, 1840, *Cynips disticha* Hartig, 1840, *Cynips divisa* Hartig, 1840, *Cynips quercusfolii* (Linnaeus, 1758), *Cynips quercus* (Fourcroy, 1785), *Cynips longiventris* Hartig, 1840, *Neuroterus albipes* (Schenck,1863), *Neuroterus numismalis* (Geoffroy, 1785), *Neuroterus quercusbaccarum* (Linnaeus, 1758), *Trigonaspis megaptera* (Panzer, 1801). All the galls detected are the asexual generation. For the 16 species, *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* was determined as a new host plant.

Keywords: Gall Wasps, *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis*, Sivas

1. GİRİŞ

Dünyanın hemen her yerinde yayılan böcekler, yaşayan canlıların gerek tür sayısı, gerekse birey sayısı bakımından büyük bir kısmını oluşturur. Böcekler, kaydedilen tüm hayvan türlerinin %75'i oluşturmakta olup hemen hemen tüm ekosistemlerde bulunabilirler (Ikawa ve ark., 2002). Bu biyolojik başarılarında vücut yapıları, çiftleşme stratejileri ve beslenme alışkanlıkları gibi özellikleri etkili olmaktadır. Bu nedenle böceklerin teşhişleri her zaman önemli olmaktadır. Meşe (*Quercus*), Fagaceae familyasına ait olup dünya çapında yaklaşık 500 kadar ile tür ile temsil edilmektedir (Nixon,1993). Kuzey Yarımküre'nin ılıman bölgelerinden, güneyde Endonezya ve Ekvador'a kadar yayılan türlere sahiptir. Nearktik bölgede yaklaşık 300 tür, Palaearktik bölgede ise yaklaşık 175 meşe türü bulunmaktadır (Nixon,1993; Manos ve ark., 1999). Batı Palearktikteki meşe türleri doğu Palearktiğe göre daha azdır (Docters Van Leuwen, 1926). Ekonomik öneme sahip olan meşe bitkisinin farklı zararlıları bulunmaktadır. Böceklerin neden olduğu gal bu zararlıların birisidir. Özellikle meşelerde çok sayıda gal oluşumu görülmektedir. Galler bitkilerde böcek, akar, nematod,, bakteri, mantar ve virüs gibi çeşitli organizmalarla oluşan tümör benzeri büyüme veya şişliklerdir (Ston ve cook, 1998; Hayward ve Ston, 2006). Genel olarak böceklerin neden olduğu galler en yaygındır (Buss, 2003). Gal yapanın uyarmasıyla bitki hücreleri anormal şekilde büyür ve gal yapısı karakteristik şekiller alır (Mani ve ark., 1964). Gal şekli, bitki türüne ve gali oluşturan etkene bağlı olarak büyük bir çeşitlilik göstermektedir. Gal yapan böcekler 20 böcek familyasına ait olup, özellikle Hymenoptera, Diptera ve Hemiptera türlerin sayısı daha fazla olmakla birlikte Coleoptera, Thysanoptera ve Lepidoptera'nın da gal yapan türleri bulunmaktadır. Hymenoptera takımının Cynipoidea üstfamilyasına ait Cynipidae familyası, Fagaceae familyası türleri üzerinde gal oluştururlar (Fergusson 1990, 1995; Ronquist, 1999; Schweger, 2016). Cynipidae'nin dünyada yaklaşık 1450 kadar türü tanımlamıştır ve bunlardan yaklaşık 1000 türü meşelerde gal oluşturan ve buna dayanarak Cecidomyiidae'den sonra ikinci en zengin gal yapan gruptur (Liljeblad ve Ronquist 1998; Ronquist, 1999; Ronquist ve Liljeblad 2001; Csoka ve ark., 2005). Dünyanın hemen her yerinde yayılış gösterir (Liljeblad ve Ronquist 1998; Ronquist,1999; Ronquist ve Liljeblad, 2001; Stone ve ark., 2002a, 2007, 2009; Csóka ve ark., 2005; Melika 2006; Abe ve ark., 2007a; Kıyak ve Katılmış, 2008; Liljeblad ve ark., 2008; Ide ve ark., 2010; Schweger 2016). Cynipidae familyanın gal oluşturan türlerinin yanında inkülin türlerde bulunmaktadır. Bu nedenle Cynipinae, gal oluşturanlar ve inkülin olarak iki ana gruba ayrılır (Csoka ve ark., 2005; Azmaz 2015). Meşe gal yapan 41 cins ve 1000 den fazla tür tanımlanmıştır (Stone ve ark., 2002a; 2007; Csóka ve ark., 2004; Abe ve ark., 2007b; Melika ve ark., 2010, 2013; Medianero ve Nieves-Aldrey, 2013; Azmaz 2015). Meşenin en zengin olduğu ülke Meksika'dır (Manos ve ark., 1999). Gal arılarının en zengin olduğu bölgede bölgede özellikle Meksika'dır (Ronqist 1999) ve Meksika'da 29 cinste 700 türün olduğu tahmin edilmektedir. Genel olarak Cynipidae'nin tür zenginliğini tahmin etmek zordur, çünkü Cynipini türlerin çoğu partenogenetik döngüye sahip olup seksüel döl ile aseksüel döllerin gal yapıları (Askew 1984), ergin boyutu, fenolojisi ve morfolojisi farklıdır. Son yıllarda Cynipini tür sayısının arttığı gözlenmekte ve doğu Palearktik bölgeden 3 yeni cins (*Latuspina* Monzen, *Cyclocynips* Melika, Tang & Sinclair ve *Cycloneuroterus* Melika & Tang) tanımlanmıştır (Tang ve ark., 2009, 2011a, b, 2012a; Ide ve ark., 2010, 2012, 2013; Melika ve ark., 2010, 2011b, 2013).

Türkiye'de meşe gal arıları üzerinde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Fahringer (1922) 5 cinse ait 7 tür, Bodenheimer (1941) 5 cinse ait 21 tür kaydetmişlerdir. Alpaut (1942) tarafından Ankara'nın Pamuklu bölgesinden 6 tür teşhis edilmiştir. Acatay (1943) Cynipini tribusuna ait 23 tür ve Synergini tribusuna ait 1 tür ve Schimitschek (1944) 5 cinsiden 22 tür kaydetmiştir. Alkan (1952) tarafından yapılan çalışma, Türkiye gal arıları hakkında yapılan önemli çalışmalardan olup 6 cinse ait 32 tür kaydedilmiştir. 2000'li yıllardan sonra Türkiye Cynipidae'nin faunası hakkında faunistik ve taksonomik çalışmalar hız kazanmıştır. Yabancı ve yerli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda yeni türler ve yeni kayıtlar dünya ve Türkiye Cynipidae faunasına kazandırılmıştır. Katılmış ve Kıyak (2008) tarafından yapılan çalışmada, yeni bir cinsin *Dryocosmus cerriphilus* kaydıyla birlikte Türkiye'nin Cynipidae gal arıları listesi verilmiş olup, 16 cinste 81 tür listelenmiştir ve bunların 77'sinin konukçu olarak meşe türlerini seçtiği bildirilmiştir. Bu türler Anadolu'da çok yüksek bir genetik çeşitlilik göstermektedir (Mutun 2011). Kıyak ve ark. (2008) *Cynips agama, C.quercus* ve *C.quercusfolii* türlerini Burdur, Denizli, Aydın ve Isparta'da yeni kayıt olarak belirlemişlerdir. Kıyak ve Katılmış (2010) tarafından Cynipini tribusuna ait 65 tür tespit edilmiştir. Kemal ve Koçak (2010) Cynipidae'ye ait 87 tür listenip 2 tür yeni tür olarak kaydedilmiştir. Van Gölü bölgesinden Cynipidae'ye

ait yeni kayıtlarla birlikte toplam 87 tür tespit edilmiştir (Koçak ve Kemal 2012). Mete (2012) Kemaliye ve çevresinde bulunan meşe gal arılarını incelemiş ve çalışma sonucunda 4 cinse ait 20 tür tespit etmiştir. Dinç ve ark, (2014) meşe'de yaptıkları çalışmada yeni tür *Andricus shuhuti*'yi tanımlamışlardır. Yine Mutun ve ark., (2014) Türkiye'den *Andricus* cinsine ait 4 yeni türü *A.anatolicus, A.bakachus, A.ahmeti* ve *A.turcicus* 'u tanımlamışlardır. Mutun ve Dinç (2015) Türkiye faunasına meşelerde gal oluşturan 12 yeni cynipid türü kaydetmiştir ve bunlardan bir tanesinin Sivas'tan toplandığı belirtilmiştir. Azmaz ve Katılmış (2017) Türkiye'den Cynipidae familyasına ait 148 tür listelemiştir. Bayrak ve Avcı (2019) tarafından Isparta'dan Cynipidae'ye ait 51 tür listelenmiş, bunlardan 29 tür Türkiye için yeni kayıt olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de yapılan çalışmalar ile Cynipidae faunasının tür sayısı artmaya devam etmektedir, ve bununla birlikte çalışmalar yetersiz ve fauna tam olarak tespit edilememiştir, çünkü Türkiye yüksek tür potansiyeline sahiptir. Ayrıca literatür özetinden de anlaşıldığı üzere Sivas ilinde meşelerdeki cynipid galleri ile ilgili yapılan özel bir çalışma mevcut değildir. Bu nedenle özelde Sivas iline ait genelde Türkiye faunasına katkı sağlamak amacı ile Sivas ilinde yaygın olarak bulunan Türkiye endemik meşe türü *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* üzerindeki gal arılarının tespiti amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma arazi ve laboratuvar olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları, Sivas Orman Müdürlüğünden temin edilen ve aşağıdaki haritada (şekil 1) belirtilen bölgelerde gerçekleştirildi. Arazi çalışmaları sırasında özellikle gallerin toplanması makas, bıçak vb. gibi aletler kullanılarak elle yapıldı. Toplama esnasında gallerin şekilleri bozulmadan fotoğrafları çekildi. Örnekler, hava koşulları da dikkate alınarak, 2019-2020 yıllarında, Mayıs-Temmuz ve Eylül-Kasım aylarında toplanmıştır. Toplanılan gallerle birlikte, meşelerin teşhisinde gerekli olan bitki kısımları da (yaprak, meyve, çiçek vs.) toplanılarak poşetler içerisinde laboratuvara getirildi.



Şekil 1. Arazi Yapılan Bölgeler

Meşe türlerin teşhisi Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hüseyin Aşkın Akpulat tarafından yapılmıştır. Laboratuvara getirilen galler, türlerin ergin çıkışları için teker teker üzerlerine etiket bilgileri yazılmış olan cam kavanozlara konularak ağızları tülbent ile kapatılıp oda sıcaklığında tutuldu. İki günde bir kontrolleri yapılarak, çıkan erginler galden çıkış tarihleri kaydedilerek daha sonra 5X5 mm lik kartonlara sağ taraflarına yatık şekilde yapıştırılarak, teşhis edilmek üzere koleksiyon materyali haline getirildi. Teşhişler özellikle palearktik bölgeye ait teşhis anahtarları (Eady ve Quinlan,1963; Richard, 1977; Quinlan, 1979; Melika, 2006; Zerova ve Seryogina,

2006; Williams, 2010; Liljeblad, J. ve ark., 2011; Marti-Vazquez , 2014; Schweger ve ark., 2015; Hackston, 2019; Buffington ve ark., 2020) kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mayıs 2019- Kasım 2020 tarihleri arasında Sivas ve ilçeleri *Q. macranthetra* subsp. *syspirensis* üzerinde tespit edilen Cynipidae familyası türlerine ait bulgular aşağıda verilmiştir. Çalışmamızın sonucunda Sivas ve ilçeleri meşe üzerinde Cynipini tribusuna ait 5 cinste 27 tür tespit edilmiştir. Bunlardan *Andricus* cinsine ait 16 tür, *Aphelonyx* cinsine ait bir tür, *Cynips* cinsine ait 6 tür, *Neuroterus* cinsine ait 3 tür, ve *Trigonaspis* cinsine ait bir tür tespit edilmiştir. Sivas'ta tüm gallerin aseksüel nesli tespit edilmiştir. Bu türlerden 16 tanesi için meşe *Q. macranthetra* subsp. *syspirensis* yeni konukçu bitki olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen türler; *Andricus* Hartig, 1840 cinsinden, *Andricus amenti* Giraud, 1859, *Andricus caputmedusae* (Hartig, 1843), *Andricus coriarius* (Hartig, 1843), *Andricus coronatus* (Giraud, 1859), *Andricus foecundatrix* (Hartig, 1840), *Andricus grossulariae* Giraud, 1859, *Andricus infectorius* (Hartig, 1843 *Andricus inflator* Hartig, 1840, *Andricus kollari* (Hartig, 1843), *Andricus lucidus* (Hartig, 1843), *Andricus megalucidus* Melika, Stone, Sadeghi ve Pujade-Villar, 2004, *Andricus moreae* (Graeffe, 1905) , *Andricus quercuscalicis* (Burgsdorf 1783), *Andricus quercustozae* (Bosc, 1792) , *Andricus sternlichti* Bellido, Pujade-Villar et Melika, 2003, *Andricus tomentosus* (Trotter, 1901), *Aphelonyx* Mayr, 1881 cinsinden, *Aphelonyx persica* Melika, Stone, Sadeghi & Pujade-Villar, 2004, *Cynips* Linnaeus, 1758 cinsinden, *Cynips agama* Hartig, 1840, *Cynips disticha* Hartig, 1840,*Cynips divisa* Hartig, 1840,*Cynips longiventris* Hartig, 1840 ,*Cynips quercus* (Fourcroy, 1785), *Cynips quercusfolii* (Linnaeus, 1758), *Neuroterus* Hartig, 1840 cinsinden, *Neuroterus albipes* (Schenck, 1863), *Neuroterus numismalis* (Geoffroy in Fourcroy, 1785) ve *Neuroterus quercusbaccarum* (Linnaeus, 1758) ve *Trigonaspis* Hartig, 1840 cinsinden, *Trigonaspis synaspis* (Hartig, 1841) türleridir. Bu türlerden bazılarına ait gal şekilleri aşağıda verilmiştir (Şekil 2-8)



Şekil 2. *Andricus amenti* Giraud, 1859



Şekil 3. *Andricus caputmedusae*



Şekil 4. *Andricus tomentosus*



Şekil 5. *Aphelonyx persica*



Şekil 6. *Cynips longiventris*



Şekil 7. *Neuroterus albipes*



Şekil 8. *Trigonaspis megaptera*

Tespit edilen bu türlerden, *Andricus foecundatrix , Andricus grossulariae, Andricus kollari, Andricus lucidus, Andricus quercuscalicis, Cynips agama, Cynips disticha, Cynips divisia, Cynips quercusfolii, Cynips quercus, Cynips longiventris* ve *Trigonaspis megaptera* tespit edilen ergin bireylerden teşhis edilmiş olup diğer bütün türler oluşturdukları gal şekillerinden teşhis edilmiştir. Gal şekillerinden teşhis edilen gal arılarının ergin bireylerinin çıkmamasının nedeni parazitoitler tarafından parazitlenmesi sonucu bireylerin erginleşememesidir. Bu çalışmanın önemli sonuçlarından biride tespit edilen 16 tür, *Andricus amenti, A. caputmedusae, A .coronatus, A. foecundatrix, A. infectorius, A. kollari, A .lucidus, A. megalucidus, A. moreae, A. quercuscalicis, A.sternlichti, A. tomentosus, Aphelonyx persica, Cynips disticha, C. longiventris,* ve *Trigonaspis megaptera* türleri için *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* türü yeni konukçu bitki olarak belirlenmiştir.

Çalışmamız sonucunda elde edilen türler genel olarak meşelerde gal oluşturan türlerle ilgili literatür verileri ile uygunluk göstermesine rağmen çalışmamızda çok sayıda Cynipidae tespit edilmemiştir, bunun sebebi Sivas ilinin sert karasal iklime sahip olması ve sıcaklığın sıfırın altına düşüyor olmasıdır. Çünkü Cynipinae'nin familyasına ait türler ılık ve subtropikal bölgelerle çok daha uyumludur (Goulet ve Huber, 1993). Ayrıca Cynipinae dağılımları konukçu dağılımları ile ilişkisinin bulunması nedeni ile zengin meşe türlerinin olması Cynipidae türleri açısından zengin olan bölgelerdir (Stone ve ark., 2002b; Melika 2006).Çalışma bölgesinden en fazla tür *Andricus* cinsinden tür tespit edilmiştir. *Aphelonyx* ve *Trigonaspis* cinslerin sadece birer tür tespit edilmiştir. Tüm türler aseksüel nesilden ve *Q.macranthetra* subsp. *syspirensis* türü üzerinde tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda da gal arılarının bazı türlerinde sadece asekseüel nesil tespit edilmiştir (Melika ve ark., 2000; Nieves- Aldrey 1987). Doğu Asya'da *Andricus targionii* türünde seksüel nesli bulunmamaktadır (Abe 1986). Wolbachia bakteri varlığında seksüel nesli kaybettiği düşünülmektedir (Rokas ve ark., 2001; Stone ve ark., 2002b).Türkiye cynipid faunasına baktığımızda bugüne kadar yapılan çalışmalarda cinslere ait çok sayıda tür tespit edilmiş olmakla birlikte tüm bölgeler için daha detaylı araştırmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamıza mali destek sağlayan Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Başkanlığına teşekkür ederiz. (F-618 nolu proje)

KAYNAKLAR

Abe, Y., Melika, G. ve Stone, G. N. (2007a). The Diversity and Phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the Oriental and Eastern Palearctic regions, and their associated communities, *Oriental Insects*, 41, 169-212.

Acatay, A. (1943). *İstanbul ve çevresi ve bilhassa Belgrad ormanındaki zararlı orman böcekleri, mücadeleleri ve işletme üzerine tesirleri*, Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Rektörlüğü Basımevi,

Alkan, B. (1952). *Türkiye'nin Zoosesid (Zoocecid) leri (kökeni hayvansal bitki urları) üzerinde çalışmalar* . A. Ü. Ziraat Fakültesi 1952 yıllığı, Ankara.

Alpaut, A. (1942). *Über die einige Gallen aus der Pamuklu - Tal bei* Ankara, Collegium.

Askew, R. R. (1984). *The biology of gall wasps,* (ed: T. N. Ananthakrischan), Biology of Gall Insects, 362, New Delhi, Bombay, Calcutta: Oxford.

Azmaz, M. (2015). *İstanbul ili ve yakın çevresini Cynipidae (insecta: Hymenoptera) faunasının araştırması*. Pamukkale üniversitesi , Fen bilimleri enstitüsü, Biyoloji anabilim dalı tezi.

Azmaz, M., ve Katılmış, Y., (2017). Updated species list of Cynipidae (Hymenoptera) from Turkey. *Zootaxa*, 4303 (3): 361–378.

Bayrak, S. ve Avcı, M. (2019). Gall forming Cynipini (Hymenoptera: Cynipidae) species in Isparta Oak Forests. *Munis Entomology & Zoology*, 14 (2): 552-564.

Bodenheimer, F,S. (1941). Türkiye'de ziraat ve ağaçlara zararlı olan böcekler ve bunlarla savaş hakkında bir etüt. Bayur matbaası, Ankara.

Buss, E.A. (2003).*Insecta galls*. Department of Entomology and Nematology. University of Florida.

Csóka, G., Stone, G. N. and Melika, G**.** (2005). Biology, Ecology and Evolution of gall-inducing Cynipidae. Raman A, Schaefer C.W., Wither, T.M. *Biology, Ecology and Evolution of Gall-inducing Arthropods*,Science Publisher, UK.

Csóka, G., Stone, G. N., Melika, G., (2004). Biology, Ecology and Evolution of gall-inducing Cynipidae, 569-636. In: Raman, A., Schaefer, C. W., Withers, T. M. (Eds.*) Biology, ecology and evolution of gall-inducing arthropods,* Science Publishers, Enfield, New Hampshire, USA.

Dinç, S. Mutun, S. ve Melika, G. (2014). A new species of *Andricus* Harting oak gall wasp from Turkey (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipini). *North –Western Journal of Zoology*, 10,122-127.

Docters van Leuwen-Reijnvaan J., Docters van Leuwen W.M. (1926). *The Zoocecidia of the Netherlands East Indies*. Jakarta,

Eady, R ve Quınlan, J. (1963). *Handbooks for the identification of british insects*. Royal intomological society. London.

Fahringer, J. (1922). Hymenopterologische Ergebnisse einer wissenschaftlichen Studienreise nach der Türkei und Kleinasien (mit Ausschluß des Amanusgebirges), *Arc. für Naturgesch* , 88, 149-222.

Fergusson, N. D. M. (1990). *A phylogenetic study of the Cynipoidea* (Hymenoptera, Ph.D Thesis, Council for National Academic Awards, U.K.

Fergusson, N. D. M., (1995). The cynipoid families, (eds: P. E. Hanson and I. D. Gauld), *The Hymenoptera of Costa Rica*, Oxford: Oxford University Press,

Hayward, A. and Stone, G. (2006). Comparative phylogeography across two trophic levels: the oak gall wasp *Andricus kollari* and its chalcid parasitoid *Megastigmus stigmatizans*. *Molecular Ecology* 15, 479-489.

Ide, T., Wachi N. ve Abe, Y. (2010). Discovery of a new *Plagiotrochus* species (Hymenoptera: Cynipidae) inducing galls on the evergreen oak in Japan. *Annals of the Entomological Society of America*, 103, 838 - 843.

Ide, T., Wachi, N. and Abe, Y (2012). Three new species and a new record of *Cycloneuroterus* (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) inducing galls on *Cyclobalanopsis*in Japan. *Annals of the Entomological Society of America*, 105, 539 -549.

Ide, T., Wachi, N. and Abe, Y., (2013). Description of Two New Species of *Dryocosmus* (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) Inducing Galls on the Strictly Asian Subgenus *Cyclobalanopsis* of the Genus *Quercus*, With a Key to Species of *Dryocosmus* in East Asia, *Annals of the Entomological Society of America*, 106 (1), 18- 25.

Ikawa, T., Okabe, H., Hoshizaki, S. (2002). Species composition and distribution of ocean skaters Halobates (Hemiptera: Gerridae) in the western Pacific Ocean. *Entomological Science*, 5, 1–6.

Katılmış, Y., ve Kıyak, S. (2008). Checklist of Cynipidae of Turkey, with a new genus record. *Journal of Natural History*, 42(31–32), 2161–2167.

Katılmış, Y. and Kıyak, S. (2010) Distribution, Phenology and Effects of *Diplolepis* spp. (Hymenoptera, Cynipidae) on *Rosa canina* in the Inland Western Anatolian, *Journal of Entomological Research Society*, 12 (2), 31-36.

Kıyak S., Kılıç, T.,- ve Katılmış,Y. (2008). A contribution to the knowledge of the Cynipini fauna of Turkey (Hymenoptera: Cynipidae). *Munis Entomology & Zoology*,3(1),523-535.

Liljeblad, J. and Ronquist, F. (1998). A phylogenetic analysis of higher-level gall wasp relationships (Hymenoptera: Cynipidae). *Systematic Entomology*, 23, 229-252.

Liljeblad, J., Ronquist, F., Nieves- Aldrey, J., Fontal- Cazalla, F. Ros- Farre, P. Gaitros, D. ve Pujade- Villar, J. (2008). A fully web- illustrated morphological phylogenetic study of relationship among oak gall wasps and their closest relatives (Hymenoptera: Cynipidae). *Zootaxa*, 1796, 1-73.

Mani, M.S. (1964). *Ecology of plant galls*. Dr. W.Junk, publishers,

Manos, PS, Doyle J.J., Nixon K.C. (1999). Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus* subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics and Evollution*, 12, 333-349.

Melika, G. ve Gharaei, B. (2006). New species of aylacine gall wasps from Iran (Hymenoptera: Cynipidae: Aylacini), *Acta Zoologica Hungarica*, 52 (4), 385-399.

Melika, G., Pujade-Villar, J., Abe, Y., Tang, C. T., Nicholls, J., Wachi, N., Ide, T., Yang, M. M., Pénzes, Z., Csóka, G. ve Stone, G. N. (2010). Palaearctic oak gallwasps galling oaks (*Quercus*) in the section Cerris: re-appraisal of generic limits, with descriptions of new genera and species (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), *Zootaxa*, 2470, 1-79.

Melika, G., Tang, C. T., Nicholls, J. A., Yang, M. M. and Stone, G. N. (2011b). Four new species of *Dryocosmus* gallwasps from Taiwan (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), *ISRN Zoology*. 2011, 1-17.

Melika, G., Tang, C. T., Sinclair, F., Yang, M., Lohse, K., Hearn, J., Nicholls, J. A. ve Stone, G. N., (2013). A new genus of oak gallwasp, *Cyclocynips* Melika, Tang & Sinclair (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), with descriptions of two new species from Taiwan, *Zootaxa*, 3630 (3), 534-548.

Mete, Ö. ve Demirsoy, A. (2012). A Preliminary Study on The Gallwasp Fauna of Kemaliye (Erzincan, Turkey) and A New Record for Turkey, *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, Special Issue: 351-363.

Mutun, S. Dinç, S. Bozso, M ve Melika, G. (2014). Four new species of *Andricus* Hartig oak gallwasp from Turkey (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipini). *Zootaxa* ,3760 (2), 241–259.

Mutun, S. ve Dinç, S. (2015). Twelve oak gall wasps spices (Hymenoptera: Cynipidae) new to the Turkish fauna. *Turkish Journal of Zoology*, 39, 962- 964.

Mutun, S., (2011). Intraspecific genetic diversity of oak gall wasp *Andricus lucidus* (Hymenoptera: Cynipidae) populations in Anatolia. *Turkish Journal of Zoology*, 35(4): 559-570.

Nixon, K,C. (1993). Infrageneric classifification of *Quercus* (Fagaceae) and typifification of sectional names. *Annals of Forets Science,* Suppl. 50, 25–34.

Quinlan, J. (1979). A revisionary classification of the Cynipoidea (Hymenoptera) of the Ethiopian Zoogeographical Region. *Bulletin of the British Museum (Natural History)* 39(2):90.

Richard, O. (1977). *Hymenoptera. Introduction and key to families.* Second edition. Department of Zoology and Applied Entomology Royal Entomological Society of London.

Ronquist, F. (1999). Phylogeny, classification and evolution of the Cynipoidea, *Zoologica Scripta*, 28, 139-164.

Ronquist, F. ve Liljebld, J. (2001). Evolution of the gall wasp-host plant association. Evolution A new subfamily of Figitidae (Hymenoptera, Cynipoidea). *Evolution*, 55(12), 2503–2522.

Stone, G. N., Challis, R. J., Atkinson, R. J., Csóka, G., Hayward, A., Mutun, S., Preuss, S., Rokas, A., Sadeghi, E. ve Schönrogge, K. (2007). The phylogeographic clade trade: tracing the impact of human-mediated dispersal on the colonization of northern Europe by the oak gallwasp *Andricus kollari* , *Molecular Ecology*, 16, 2768-2781.

Stone, G. N., Hernandez-Lopes, A., Nicholls, J. A., E. di Pierro, Pujade-Villar, J., Melika, G. and Cook, J. M. (2009). Extreme host plant conservatism during at least 20 million years of host plant pursuit by oak gallwasps. *Evolution* 63, 854 - 869.

Stone, G.N ve Cook, J.M., (1998). The structure of cynipid oak galls: patterns in the evolution of an extended phenotype. *The Royal Society*, 265, 967-988.

Stone, G.N., Schönrogge, K., Atkinson, R.J., Bellido, D. and Pujade-Villar (2002a). The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual Review Entomology*, 47,633- 668.

Tang, C. T., Melika, G., Nicholls, J. A., Yang, M. M. ve Stone, G. N. (2011a). A new genus of oak gallwasps, *Cycloneuroterus* Melika & Tang, with the description of five new species from Taiwan (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), *Zootaxa,* 3008, 33-62.

Tang, C. T., Melika, G., Yang, M. M., Nicholls, J. A., Csóka, G. and Stone, G. N. (2009). First record of an oak gallwasp from the Oriental Region: new species of *Andricus* (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) from Taiwan, *Zootaxa*, 2175, 57-65.

Tang, C. T., Sinclair, F., Yang, M. M. and Melika, G. (2012a), A new *Andricus* Hartig oak gallwasp species from China (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15, 601-605.

SİVAS İLİ *QUERCUS MACRANTHERA* SUBSP. *SYSPİRENSİS* ÜZERİNDEKİ GAL ARILARININ PARAZİTOİTLERİ VE PARAZİTOİTLİK İLİŞKİLERİ

Betül Fatih
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD
batoulswied@gmail.com ORCID ID: 0000-0001-7368-9601

Lütfiye Gençer
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
gencer@cumhuriyet.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-0314-8858

Özet
2019-2020 yıllarında Sivas ili ve ilçelerindeki *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* üzerinde gal yapan arıların parazitoitlerini ve parazitoitlik ilişkilerini tespit etmek amacı ile yapılmış olan bu çalışmada Chalcidoidea üstfamilyasına ait 6 familyadan 18 tür tespit edilmiştir. Bu türler; *Aulogymnus gallarum* (Linnaeus, 1761), *Baryscapus pallidae* Graham 1991 (Eulophidae), *Eupelmus urozonus* Dalman, 1820, *Eupelmus annulatus* Nees 1834 (Eupelmidae), *Eurytoma brunniventris* Ratzeburg 1852, *Sycophila biguttata* (Swederus, 1795), *Sycophila flavicollis* (Walker, 1834), *Sycophila variegata* (Curtis, 1831) (Eurytomidae), *Ormyrus pomaceus* (Geoffroy, 1785), *Ormyrus nitidulus* (Fabricius, 1804) (Ormyridae), *Ormocerus latus* Walker 1834, *Ormocerus vernalis* Walker 1834, *Cecidostiba fungosa* (Geoffroy, 1785) (Pteromalidae), *Megastigmus dorsalis* (Fabricius,1798), *Megastigmus stigmatizans* (Fabricius,1798), *Torymus auratus* (Müller, 1764), *Torymus cyaneus* Walker, 1847, *Torymus geranii* (Walker, 1833) (Torymidae). Bu parazitoitlerin hepsinin koinobiont olduğu ve ayrıca *Sycophila biguttata* hariç hepsinin ektoparazitoit olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler; Gal Arıları, Parazitoit, Chalcidoidea, *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis*

PARASİTOİDS OF GALL WASPS VE PARASİTOİD RELATİONSHİPS ON *QUERCUS MACRANTHERA* SUBSP. *SYSPİRENSİS* İN SİVAS

Absrtact
In this study was carried out in 2019-2020 in order to determine parasitoids and parasitoid relationship of the gall wasps on *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis*, 18 species from 6 families belonging to superfamily Chalcidoidea (Hymenoptera) were determined. These species; *Aulogymnus gallarum* (Linnaeus, 1761), *Baryscapus pallidae* Graham 1991 (Eulophidae), *Eupelmus urozonus* Dalman, 1820, *Eupelmus annulatus* Nees 1834 (Eupelmidae), *Eurytoma brunniventris* Ratzeburg 1852, *Sycophila biguttata* (Swederus, 1795), *Sycophila flavicollis* (Walker, 1834), *Sycophila variegata* (Curtis, 1831) (Eurytomidae), *Ormyrus pomaceus* (Geoffroy, 1785), *Ormyrus nitidulus* (Fabricius, 1804) (Ormyridae), *Ormocerus latus* Walker 1834, *Ormocerus vernalis* Walker 1834, *Cecidostiba fungosa* (Geoffroy, 1785) (Pteromalidae), *Megastigmus dorsalis* (Fabricius,1798), *Megastigmus stigmatizans* (Fabricius,1798), *Torymus auratus* (Müller, 1764), *Torymus cyaneus* Walker, 1847, *Torymus geranii* (Walker, 1833) (Torymidae). It has been determined that all of these parasitoids are koinobiont, and all of them are ectoparasitoids except for *Sycophila biguttata*.

Key words: Gall Wasps, Parasitoid, Chalcidoidea, *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis*

GİRİŞ

Parazitoit terimi entomoloji ile ilişkili pek çok literatürde özellikle daha eski literatürde parazit anlamında kullanılmaktadır. Fakat, parazitoitlerin konukçuları ile beslenerek konukçusunu öldürürken, parazitler ise konukçuları ile beslenirken konukçusunu öldürmez. Ayrıca parazitoitlerin ergin öncesi dönemleri sadece tek bir konukçu ile beslenir, beslendiği konukçudan ayrılmaz ve aynı zamanda o konukçuyu yaşama yeri olarak kullanır. Aynı zamanda parazitoitler konukçularından daha küçüktür ve konukçularının belli bir dönemini parazitlerler. Parazitoitler ektoparazitoit ve endoparazitoit olabilirler. Parazitoit gali oluşturan türlerin kontrolünde önemli olmaktadırlar.Parazitoitler yumurtalarını konukçusunun herhangi dönemine bırakır ve sonraki döneminden ergin olarak dışarı çıkar. Başka

ifadeyle, yumurta, konukçusunun larva dönemine bırakıldığı zaman, parazitoit yetişkini konukçunun pupa döneminde ortaya çıkar. Bunu gibi parazitoitlere larva-pupa parazitoitleri adı vermektedir. Aynı galden farklı parazitoitler çıkabilmektedir (Zerova ve Dyakonchuk, 1976). Galdeki besin zinciri farklık gösterir. Besin zincirinde gal yapan, ektoparazitoit, endoparazitoit, inkülin ve predatör kommüniteler bulunmaktadır (Godfray 1994).

Doğada sayılamayacak kadar çok türü bulunan parazitoitlerin, yaklaşık %78 kadar Hymenoptera takımının ve fazlaca olan diğer türler Diptera takımının üyeleridir. Parazitoitler, genel olarak diğer böcek populasyonlarını sınırlayan canlılardır (Lasalle 1994). Parazitoitlerin büyük kısmı konukçu spesifikliğine sahip oldukları için zararlılara karşı biyolojik mücadelede kontrol ajanı olarak kullanılmaktadır (Gauld ve Bolton, 1988). Gal arılarının oluşturdukları gallerin içinde görülen parazitoitlere bakıldığında, bunları çoğunlukla Hymenoptera takımına ait türlerin oluşturduğu görülmektedir. Gal arılarının populasyonlarını sınırlamaya yardımcı olan parazitoitlerdir. Bu parazitoitler gal arıların doğal düşmanlarını temsil eder ve genel olarak parazitoitler Chalcidoidea ve Ichneumonoidea üst familyalarına aittir (Zerova ve Dyakonchuk, 1976). Chalcidoidea üstfamilyadan 6 familya (Eurytomidae, Torymidae, Ormyridae, Pteromalidae, Eupelmidae ve Eulophidae) kayıt edilmiştir (Askew, 1984; Csóka ve ark., 2005). Parazitoitler konukçunun içinde yada dışında yaşadıklar yerlere göre endoparazitoit ve ektoparazitoit olarak üzere ayrılırlar. Konukçunun içinde yaşayan endoparazitoit dışında yaşayanlar ise ektoparazitoittirler. Konukçusunun gelişmesine engel olan konukçusunun aniden ölmesini sağlayan parazitoilere idiobiont parazitoit denir (Askew ve Shaw, 1986), ve genellikle endoparazitoittirler. Yumurtalarını bıraktıktan sonra konukçusunun gelişiminin bir süre daha devam etmesine izin verirse, bu tür parazitoitlere de koinobiont parazitoit denir (Askew ve Shaw, 1986). Literatüre göre tüm cynipoid parazitoitler koinobionttirler (Askew ve Shaw, 1986; Quicke 1997; Vardal 2004).

Avrupa'da Hymenoptera'ya ait yaklaşık 200 tür Cynipidae'nin parazitoiti olarak saptanmıştır (Askew, 1961a, 1984; Fulmek 1968). Palearktik bölgede çok sayıda parazitoit tür tespit edilmiştir (Abe ve ark., 2007; Askew, 1961b, 1984; Askew ve ark., 2006; Csóka ve ark., 2005; Schönrogge ve ark., 1994, 1996a, b; Nieves-Aldrey , 2001; No Stone ve ark., 2002; Ito ve Hijii, 2002, 2004a; Gómez ve ark., 2006; Zerova 1995) Batı Palearktik bölgede cynipid galleri üzerinde chalcidlere ait 200 tür kaydedilmiş olup Eurytomidae türleri en yaygın olan türlerdir. Askew ve ark. (2013) Palearktik bölge için, gallerde Cynipidae'nin parazitoitini içeren bir katalog hazırlamışlar ve bu katalogda Cynipidae gallerinden 6 familyaya ait 100 Chalcidoid parazitoit türü belirtmişlerdir. Bu tespit edilen familyalardan 4 familya (Tormyidae, Eurytomidae, Eupelmidae ve Ormyridae) Chalcidoidea üstfamilyasına ait familyalardır.
Türkiye'de cynipid gallerinin parazitoitleri ile ilgili bazı çalışmalar bulunmakla (Öncüer, 1991; Rohfritsch, 1992; Ston ve ark., 1995; Schönrogge ve ark., 2000; Ston ve ark., 2002; Askew ve ark., 2004, 2006; Csoka ve ark., 2005; Mete ve Mergen, 2017) birlikte bu çalışmaların çoğunluğu meşe galleri dışındaki bitkilerde bulunan cyinipid galleri ile ilgili çalışmalardır. Mete ve ark., 2018)'nın çalışmalarında İstanbul'da 5 familyaya ait 11 parazitoit türü saptanmıştır ve bunlardan *Torymus cerri* ve *T.notatus* Türkiye için yeni kayıt olarak belirtilmiştir. Her ne kadar ülkemizde meşe gallerinin parazitoitleri hakkında bazı çalışmalar bulunmakla birlikte henüz tamamlandığını ve parazitoitlik durumlarının belirlenmesi için yeterli olmadığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışma, meşe gal arısı parazitoleri ve parazitoitlik durumu hakkında bilgi edinmek için bu amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışma arazi ve laboratuvar olmak üzere iki aşamada gerçekleştirildi. Arazi çalışmaları, Sivas Orman Müdürlüğünden temin edilen ve aşağıdaki haritada (şekil) belirtilen bölgelerde gerçekleştirildi.



Şekil. Arazi Yapılan Bölgeler

Galler, hava koşulları da dikkate alınarak, 2019-2020 yıllarında, Mayıs-Temmuz ve Eylül-Kasım aylarında toplanmıştır. Toplanılan gallerle birlikte, meşelerin teşhisinde gerekli olan bitki kısımları da (yaprak, meyve, çiçek vs.) toplanılarak poşetler içerisinde laboratuvara getirildi. Meşe türlerin teşhisi Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü öğretmen üyesi Prof. Dr. Hüseyin Aşkın Akpulat tarafından yapılmıştır. Laboratuvara getirilen galler iki gruba ayrıldı. Gruplardan ilkinde galler, parazitoit ergin çıkışları için teker teker üzerlerine etiket bilgileri yazılmış olan cam kavanozlara konularak ağızları tülbent ile kapatılıp oda sıcaklığında tutuldu. İki günde bir kontrolleri yapılarak, çıkan erginler %70 lik alkole alınıp galden çıkış tarihleri kaydedildi daha sonra 5X5 mm lik kartonlara sağ taraflarına yatık şekilde yapıştırılarak, teşhis edilmek üzere kolleksiyon materyali haline getirildi. Çıkan parazitoit erginleri özellikle Paleartik bölgeye ait teşhis anahtarları (Askew, 1961,1968; Graham, 1969, 1987, 1991; William ve Graham,1969; Quinlan, 1979; Goulet ve Huber, 1993; Nieves-Aldrey ,2001; Pujade-Villar ve ark., 2003; Zerova ve Seryogina , 2006; Williams, 2010) kullanılarak teşhis edilmiştir. İkinci grup galler ise, özellikle parazitoitlik durumları belirlenmek üzere açılarak binoküler stereo mikroskop (Nikon SMZ 1500) altında incelenmeye alınarak gözlemler yapıldı. Bu amaçla, her bir gal binoküler stereo mikroskop altında teker teker açılarak ve içerisindeki oda sayısı, gal içerisindeki böcekler ve bu böcekler arasındaki ilişkiler gözlemlendi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

2019-2020 yıllarında Sivas ili ve ilçelerindeki *Quercus macranthera* subsp. *syspirensis* üzerinde gal yapan arıların parazitoitlerini ve parazitoitlik ilişkilerini tespit etmek amacı ile yapılmış olan bu çalışmada Chalcidoidea üstfamilyasına ait 6 familyadan 18 tür tespit edilmiştir. Bu türler; *Aulogymnus gallarum* (Linnaeus, 1761), *Baryscapus pallidae* Graham 1991 (Eulophidae), *Eupelmus urozonus* Dalman, 1820, *Eupelmus annulatus* Nees 1834 (Eupelmidae), *Eurytoma brunniventris* Ratzeburg 1852, *Sycophila biguttata* (Swederus, 1795), *Sycophila flavicollis* (Walker, 1834), *Sycophila variegata* (Curtis, 1831) (Eurytomidae), *Ormyrus pomaceus* (Geoffroy, 1785), *Ormyrus nitidulus* (Fabricius, 1804) (Ormyridae), *Ormocerus latus* Walker 1834, *Ormocerus vernalis* Walker 1834, *Cecidostiba fungosa* (Geoffroy, 1785) (Pteromalidae), *Megastigmus dorsalis* (Fabricius,1798), *Megastigmus stigmatizans* (Fabricius,1798), *Torymus auratus* (Müller, 1764), *Torymus cyaneus* Walker, 1847, *Torymus geranii* (Walker, 1833) (Torymidae).

***Aulogymnus gallarum* (Linnaeus, 1761)**

İncelenen Materyal: 1♂,27.07.2020, Büyükakoren; 1♀,27.07.2020, Çulhalı; 1 ♂, 27.07.2020, Altınoluk.
Konukçu: *Andricus captusmedusae* , *A.kollari*

***Baryscapus pallidae* Graham, 1999**

İncelenen Materyal: 1 ♂, 27.07.2020, Bayat; 1 ♀, 25.10.2019, Bayat; 1 ♂, 2.11.2019, Besinli; 1 ♀, 2.11.2019, Besinli; 1 ♂, 2.11.2019, Avşar.
Konukçu: *Andricus coriarious* , *A.grossulariae* , *A.quercuscalicis* , *A.strenlichti*

***Eupelmus annulatus* Nees 1834**
İncelenen Materyal: 1 ♀,5.11.2019, Kozlu; 1 ♀,5.11.2019, Koştedere; 1 ♀, 3.11.2019, Nevruz; 1♀,3.11.2019, Sarısuvat; 1 ♀,1.04.2020, Nevruz; 1 ♀, 5.02.2020, Faraşderesi; 1 ♂,1.04.2020, Çorak; 1♀,5.02.2020, Görünüm; 1 ♀, 5.02.2020, Görünüm; 1 ♀,5.02.2020, Bağlararası; 1 ♀,5.04.2020, Bağlararası.
Konukçu: *Andricus kollari* , *A.quercuscalicis* , *Cynips divisia* .

***Eupelmus urozonus* Dalman 1820**
İncelenen Materyal: 1♀,1.04.2020, Bağlararası; 1 ♀,4.08.2020, Büyükakoren.
Konukçu: *Andricus caputmedusae* , *A.quercuscalicis* .

***Eurytoma brunniventris* Ratzeburg 1852**
İncelenen Materyal: 1♀,3.08.2020, Görünüm; 1♂,3.08.2020, Büyükakoren; 1 ♂,3.08.2020, Sarısuvat; 1 ♀,3.08.2020, Sarısuvat; 1 ♀,3.08.2020, Kıvşak; 1 ♀,3.08.2020, Büyükakoren; 1♂, 3.08.2020, Düzceli; 1 ♂, 3.08.2020, Düzceli; 1 ♂,10.08.2020, Sarısuvat; 1 ♂,10.08.2020, Görünüm; 1 ♂,17.08.2020, Çulhalı; 1 ♀,17.08.2020, Kıvşak; 1 ♀,17.08.2020, Üngör; 1♀,10.08.2020, Üngör; 1 ♀, 10.08.2020, Görünüm; 1 ♀, 12.09.2020, Hıdırnalı; 1 ♀, 12.09.2020, Besinli; 1♂, 12.09.2020, Düzceli; 1♀, 12.09.2020, Görünüm; 1 ♀, 12.09.2020, Bektaş; 1 ♀, 12.09.2020, Bayat; 1♀, 31.10.2019, Kıvşak; 1 ♀, 31.10.2019, Köklüce; 1♀, 2.11.2019, Hıdırnalı; 1♂, 7.08.2020, Görünüm; 1♀,15.08.2020, Görünüm; 1♀, 23.08.2020, Olukman; 1♀, 20.10.2019, Kozlu; 1 ♂, 23.08.2020, Emirhan; 1 ♀, 1.04.2020, Kalekoy; 1♂, 1.04.2020, Bağlararası; 1♀, 1.04.2020, Bağlararası; 1♀, 4.08.2020, Büyükakoren.
Konukçu: *Andricus amenti* , *A.coriarious* , *A.lucidus* , *A.quercuscalicis* , *A.tomentosus* , *Cynips disticha, C.divisia* , *C.quercus* , *C.quercusfolii* , *Neuroterus quercusbaccarum* .

***Sycophila bigutatta* (Swederus 1795)**
İncelenen Materyal: 1♀, 27.07.2020, Kıvşak; 1 ♀,17.08.2020, Kiremetli; 1 ♀,28.07.2019, Ardıçalan; 1 ♀,28.07.2019, Sarısuvat; 1 ♀,8.10.2019, Görünüm; 1♂,15.10.2019, Besinli; 1♀,1.04.2020, Bağlararası; 1♂,1.04.2020, Biktaş; 1♀,5.02.2020, Nevruz; 1 ♀,5.02.2020, Çulhalı; 1 ♀,1.04.2020, Düzceli;1 ♀,4.05.2020, Hıdırnalı.
Konukçu: *Andricus grossulariae* , *A.kollari* , *A.lucidus* , *A.quercuscalicis* , *Cynips divisa* , *C.quercusfolii* .

***Sycophila flavicollis* (Walker 1834)**
İncelenen Materyal: 1♀, 3.04.2020, Kiremitli.
Konukçu: *Andricus polycerus* .

***Sycophila variegata* (Curtis 1831)**
İncelenen Materyal: 1♀,10.08.2020, Çeltek; 1♀,10.08.2020, Kozlu; 1 ♂,1.04.2020, Doğanşar; 1 ♀, 5.02.2020, Faraşderasi; 1 ♀, 5.02.2020, Olukman; 1 ♀, 17.02.2020, Kiremitli; 1♀, 29.11.2019, Nevruz; 1 ♀, 4.05.2020, Emirhan.
Konukçu: *Andricus caputmedusae* , *A.coriarious* , *A.infectorius* , *A.grossulariae* , *A.lucidus* , *Cynips quercusfolii* .

***Ormyrus nitidulus* (Fabricius 1804)**
İncelenen Materyal: 1♂, 17.08.2020, Doğanşar; 1♂,10.08.2020, Sarısuvat; 1 ♀,10.08.2020, Görünüm; 1♂,10.10.2019, Emirhan; 1♂,12.08.2020, Doğanşar; 1♀,15.10.2019, Çeltek; 1♂,30.11.2019, Üngör; 1♂,2.11.2019, Köklüce; 1♂,7.07.2020, Sarısuvat; 1♂,23.05.2020, Sarısuvat; 1♂,25.04.2020, Kozlu; 1♂,1.06.2020, Faraşderesi; 1♂,1.06.2020, Doğanlı; 1 ♂,1.10.2019, Doğanşar; 1♀,10.10.2019, Bağlararası; 1 ♂,13.10.2019, Düzceli; 1 ♂, 17.10.2019, Sarısuvat; 1 ♂, 1.04.2020, Hıdırnalı; 1♂, 16.02.2020, Kumoğlu; 295 ♂,1.04.2020, Kalekoy; 1♀, 26.05.2020, Doğanlı; 1♂,14.05.2020, Koştedere; 1♀, 23.05.2020, Kiremitli.

Konukçu: *Andricus coriarious* , *A.grossulariae* , *A.moreae* , *A.quercuscalicis* , *Cynips disticha* ,*C.divisia, C.quercusfolii* .

***Ormyrus pomaceus* (Geoffroy in Fourcroy 1785)**
İncelenen Materyal:1♀,3.03.2019, Ardıçalan; 1♂, 1.06.2020, Bağlararası; 1♂,5.02.2020, Ardıçalan; 1♂,1.04.2020, Görünüm; 1♀,4.05.2020, Çulhalı; 1♂,1.04.2020, Doğanşar; 1♀,4.05.2020, Çöte.
Konukçu: *Andricus caputmedusae* , *A.coriarious* , *Cynips disticha* .

***Cecidostiba fungosa* (Geoffroy , 1785)**
İncelenen Materyal:1♀,3.03.2019, Çulhalı; 1♀,27.07.2020, Alazlı;1♀, 27.07.2020, Bektaş; 1♀,12.09.2020, Çeltek; 1♀,12.09.2020, Bayat.
Konukçu:*Andricus grossulariae* , *A.kollari* , *A.quercuscalicis* , *Cynips divisia* .

***Ormocerus latus* Walker 1834**
İncelenen Materyal: 1♂,1.10.2019, Besinli; 1♂,15.10.2019, Bağlararası; 1 ♂,25.09.2020, Konaközü; 1♂,17.09.2020, Kalekoy; 1 ♂,27.11.2019, Hıdırnalı; 1 ♂,23.08.2020, Bağlararası; 1♂,5.02.2020, Kıvşak; 1 ♂,5.02.2020, Görünüm; 1 ♂,1.03.2020, Kıvşak; 1 ♂,7.02.2020, Sarısuvat; 1 ♂,6.04.2020, Çeltek; 1♂,6.04.2020, Görünüm; 1 ♂,4.04.2020, Kıvşak; 1 ♂,9.09.2020, Kaleköy; 1♀,21.08.2020, Görünüm,
Konukçu: *Andricus grossulariae,, Cynips divisia* , *Neuroterus albipes* .

***Ormocerus vernalis* Walker 1834**
İncelenen Materyal: 1♀,16.02.2020, Besinli; 1 ♀,16.02.2020, Görünüm; 1♀,6.04.2020, Hıdırnalı; 1 ♀,6.04.2020 ,Kiremitli; 1♀,6.04.2020, Kiremetli; 1 ♂,6.04.2020, Kaleköy; 1 ♂,4.04.2020, Koşutdere; 1 ♂,4.04.2020, Üngör; 1 ♀,4.04.2020, Sarısuvat; 1 ♂,4.04.2020, Kıvşak; 1 ♀,4.04.2020, Olukman; 1♀,4.04.2020, Hıdırnalı; 1 ♀,4.04.2020, Sarısuvat.
Konukçu: *Andricus quercuscalicis* , *Cynips disticha* , *C.divisia* , *Neuroterus albipes*.

***Megastigmus dorsalis* (Fabricius, 1798)**
İncelenen Materyal: 1 ♂, 1.06.2020, Besinli; 1 ♂, 1.04.2020, Altınoluk.
Konukçu *Andricus kollari* , *A.quercuscalicis* .

***Megastigmus stigmatizans* (Fabricius 1798)**
İncelenen Materyal: 1♀, 2.11.2019, Üngör; 1 ♂, 1.04.2020, Çulhalı; 1 ♀,25.09.2020, Düzceli.
Konukçu: *Andricus quercustozae* , *Cynips quercusfolii*.

***Torymus auratus* (Mueller 1764)**
İncelenen Materyal: 1 ♂, 27.07.2020, Çöte; 1 ♀,10.08.2020, Hıdırnalı; 1 ♂,10.11.2019, Alazı; 1 ♂, 30.07.2020, Bağlararası; 1 ♀,5.08.2020, Düzceli; 1 ♂,15.11.2019, Konaközü; 1 ♀,1.04.2020, Kaleköy; 1♂,5.02.2020, Kiremetli; 1 ♂,5.02.2020, Faraşderasi; 1 ♂, 5.02.2020, Sarısuvat; 1 ♂,5.02.2020, Üngör.
Konukçu: *Andricus lucidus*, *Cynips divisia* , *C. quercusfolii* .

***Torymus cyaneus* Walker 1847**
İncelenen Materyal: 1♂,1.06.2020, Görünüm ; 1♀,4.05.2020, Büyükakore ; 1♀,4.08.2020, Közlü; 1♀,4.08.2020, Faraşderasi; 1 ♂,14.05.2020, Bağlararası; 1 ♀, 23.05.2020, Kiremetli; 1 ♂,4.05.2020, Hıdırnalı; 1 ♀, 3.05.2020, Doğanşar.
Konukçu: *Andricus coriarious* , *Cynips disticha* , *C.divisia* , C. *quercusfolii*.

***Torymus geranii* (Walker 1833)**
İncelenen Materyal: 1♀, 3.03.2019, Faraşderesi.
Konukçu: *Cynips divisia*.

Bu parazitoitlerin hepsinin koinobiont olduğu ve ayrıca *Sycophila biguttata* hariç hepsinin ektoparazitoit olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bütün parazitoitler ve parazitoitlik durumlarının verileri literatür ile uyuşmaktadır.

TEŞEKKÜR
Çalışmamıza mali destek sağlayan Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Başkanlığına teşekkür ederiz. (F-618 nolu proje)

KAYNAKLAR

Abe, Y., Melika, G. and Stone, G. N. (2007). The Diversity and Phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the Oriental and Eastern Palearctic regions, and their associated communities, *Orient. Insects*, 41, 169-212.

Askew, R,R. (1961a). On the biology of the inhabitants of oak galls of Cynipidae (Hymenoptera) in Britain. *Transactions of the Society for British Entomology*, 14, 237-268.

Askew, R,R. (1961b). A study of the biology of the species of the genus *Mesopolobus* Westwood (Hymenoptera: Pteromalidae) associated with cynipid galls on oak. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 113, 155-73.

Askew, R. (1968). Handbooks for the Identification of British Insects. *Royal Entomological Society of London.* 8 (2),1-44

Askew, R. R., Plantard, O., Gómez, J. F., Nieves, M. H. and Nieves-Aldrey, J. L., (2006). Catalogue of parasitoids and inquilines in galls of Aylacini, Diplolepidini and Pediaspidini (Hym., Cynipidae) in the West Palaearctic, *Zootaxa*, 1301, 1-60.

Askew, R. R. (1984). *The biology of gall wasps*, (ed: T. N. Ananthakrischan), Biology of Gall Insects, 362, New Delhi, Bombay, Calcutta: Oxford and IBH Publishing Co.

Askew R. R, Shaw M. R. (1986). Parasitoid communities: their size, structure and development; Insect parasitoids. *Symposia of Royal Entomological Society 13*, Academic Press. London, p. 225–264.

Askew R.R, Gómez J.F, ve Nieves-Aldrey J.L. (2004). Species of Microdontomerini (Hymenoptera: Chalcidoidea: Torymidae) associated with galls of Cynipidae (Hymenoptera) in Europe. *Journal of Hymenoptera Research* 13: 214–222.

Askew, R. R., Sadeghi, S. E., Tavakoli, M., (2006). Chalcidoidea (Hym.) in galls of *Diplolepis mayri* (Hym., Cynipidae) in Iran, with the description of a new species of *Pseudotorymus Masi* (Hym., Torymidae). *Entomologist's Monthly Magazine*, 142: 1–6.

Csóka, G., Stone, G. N. and Melika, G**.** (2005). Biology, Ecology and Evolution of gall-inducing Cynipidae. Raman A, Schaefer C.W., Wither, T.M. *Biology, Ecology and Evolution of Galli-nducing Arthropods*,573-642.

Führer, E. ve Kılınçer, N. (1972). Motorische aktivitat der endoparasitischen larven von Pimpla turionellae L.UND Pimpla flavicoxis Ths (Hym., Ichneum.) in der Wirtspuppe. *Entomophaga***.** 17 (2), 149-163.

Fulmek, L. (1968). Parasiteninsekten der Insektengllen Euopas. *Beiträge zur Entomologie*, 18, 719– 952.

Gauld, I. and Bolton, B. (1988). *The Hymenoptera*. Oxford university press in assocation with british museum (Natural history), London.

Godfray, H.C.J. (1994). *Parasitoids: Behavioural and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Gomez J. F., Hernandez Nieves M., Garrido Tarrido. M., Askew R. R. ve Nieves-Aldrey J. L. (2006). Los Chalcidoidea (Hymenoptera) asociados con agallas de cinípidos (Hymenoptera, Cynipidae) en la Comunidad de Madrid. *Graellsia* 62, 293-331.

Goulet, H ve Huber J. (1993). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Center of land and biological resources research, Agriculture Canada. Ottawa,

Graham, M. (1969). The Pteromalidae of north-western Europe (Hymenoptera: Chalcdoidea). Bullentin of the british museum (natural history). *Entomology.* Oxford. London.

Graham, M. (1987). A Reclassification Of the European Tetrastichinae (Hymenoptera:Eulophidae), with a revision of certain genera. *Bulletin of the British Museum (Natural History). Entomology series*. 55(1).

Graham, M. (1991). A Reclassification Of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae): Revision Of The Reaining Genera. *The American Entomological Institute.* Florida, USA.

Ito, M. and Hijii, N. (2002). Factors affecting refuge from parasitoid attack in a cynipid wasp, *Aphelonyx glanduliferae*. *Population Ecology* 44, 23-32.

Ito, M. ve Hijii, N., (2004a). Roles of gall morphology in determining potential fecundity and avoidance of parasitoid attack in *Aphelonyx glanduliferae*. *Journal of Forest Research*, 9, 93-100.

Lasalle, J. (1994). North american genera of Tetrastichinae (Hymenoptera, Eulophidae). *Journal of Natural History* ,28, 109- 236.

Mete, Ö., Mergen, O. (2017). The community components associated with two common rose gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae: Diplolepidini) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 41 (4), 696-701

Mete, Ö., Azmaz, M., Lotfalizadeh, H. ve Katılmış, Y. (2018). Some records of parasitoid wasps associated with gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Istanbul, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 13 (2), 542-547.

Öncüer, C., (1991). *A catalogue of the parasites and predators of insect pests of Turkey*. İzmir. Ofset Basımevi.

Pujade-Villar, J., Melika, G., Ros-Farré, P., Ács, Z. and Csóka, G. (2003). Cynipid inquiline wasps of Hungary, with taxonomic notes on the Western Palaearctic fauna (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipinae, Synergini) , *Folia Entomol. Hungarica*, 64, 121-170

Quicke, D.L.J. (1997). *Parasitic wasps*.London. Chapman and Hall. London.

Quinlan, J. (1979). A revisionary classification of the Cynipoidea (Hymenoptera) of the Ethiopian Zoogeographical Region. *Bulletin of the British Museum (Natural History)* 39(2),85-133.

Rohfritsch, O. (1992). *Patterns in gall development. In: Biology of insect induced galls* (eds J.D. Shorthouse and O.Rohfritsch), New York, oxford university press.

Schönrogge, K., Stone, G. N. ve Crawley, M. J. (1996a). Alien herbivores and native parasitoids: rapid development of guild structure in an invading gall wasp, *Andricus quercuscalicis* (Hymenoptera: Cynipidae). *Ecological Entomology* 21, 71-80.

Schönrogge, K., Stone, G. N. and Crawley, M. J. (1996b). Abundance patterns and species richness of the parasitoids and inquilines of the alien gall former Andricus quercuscalis (Hymenoptera: Cynipidae). *Oikos*, 77,507-518.

Schönrogge, K., Walker, P. and Crawley, M. J. (1994). The distribution and abundance of alien, host-alternating *Andricus* spp. (Hymenoptera: Cynipidae) on *Quercus* spp. (oak) in Ireland , *Biology and Environment* ,3, 265-274.

Nieves-Aldrey, J. L. (2001). *Fauna Iberica Hymenoptera Cynipidae*, Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, Madrid.

Stone, G.N., Schönrogge, K., Atkinson, R.J., Bellido, D and Pujade-Villar (2002). The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual Review of Entomology*, 47,633- 668.

Stone, G. N., Schönrogge, K., Crawley, M. J. and Fraser, S., (1995). Geographic and between generation variation in the parasitoid communities associated with an invading gallwasp, *Andricus quercuscalicis* (Hymenoptera: Cynipidae), *Oecologia*, 104, 207-217.

Schönrogge, K., Walker, P. and Crawley, M.J. (2000). Parasitoid and inquiline attack in the galls of four alien, cynipid gall wasps: host switches and the effect on parasitoid sex ratios. *Ecological Entomology*, 25, 208-219.

Vinson, S.B. and Iwantsch, G.F. (1980). Host regulation by insect parasitoids. *Quarterly review of Biology*, 55 (2),143- 165.

William, M ., Graham, V. (1969). The Pteromalidae of north westeren Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea). Hope Dept. of Entomology, University Museum, Oxford. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. Entomology. Supplement 16.

Zerova, M.D. and Dyakonchuk, L.A. (1976). Gall wasp *Diplolepis mayri* Schlecht. And its parasites from the superfamily Chalcidoidea of the fauna of the fauna of the USSR. *Entomological review*, 55(1), 181-183.

Zerova, M. D. (1995). *Parasitic Eurytominae and Eudecatominae hymenopterans of the Palaeartics*. Naukova Dumka, Kiev.

Zerova, M. and Seryogina L. (2006). A review of Palearctic species of the genus Eurytoma of robusta species group (Hymenoptera, Eurytomidae Walker, 1832) with a description of two new species. *Zoologicheskiy Zhurnal*, 85 (9),1096-1106.

EŞİT KANAL AÇISAL PRESLEME(EKAP) TEKNİĞİ KULLANILARAK ÜRETİLEN AA6082 MALZEMENİN SÜRTÜNME KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMESİ

Gözde Mutlu
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
gozde.mutlu@outlook.com

Hasan Kaya
Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Metalurji Programı
hasan.kaya@kocaeli.edu.tr

Mehmet Uçar
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
ucarm@kocaeli.edu.tr

Abdulkadir Cengiz
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
akcengiz@kocaeli.edu.tr

Soner Yazgı
Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
soner_yazgi@hotmail.com

Özet
Bu çalışmada AA6082 alüminyum alaşımı malzemeler, aşırı plastik deformasyon yöntemlerinden biri olan Eşit Kanal Açısal Presleme (EKAP) işlemine tabi tutulmuştur. Deformasyon işleminin ardından katı hal kaynak yöntemi olarak değerlendirilen sürtünme kaynağı ile birleştirilmesi sağlanmıştır. AA6082 alüminyum alaşımları iyi kaynaklanabilir özellikleri, iyi korozyon direnci ve mekanik mukavemet özellikleri sebebiyle endüstrinin birçok alanında kullanım alanı bulmaktadır. AA6082 serisinin uygulama yerleri olarak köprüler, kamyon korkulukları, gemi inşaat sektörü, bisiklet imalatı, perçin, maden ekipmanları verilebilir. Deneysel çalışmada aşırı plastik deformasyon prosesinde önce, AA6082 T6 lı numunelere, 510 °C de 2 saat boyunca homojenizasyon tavlaması uygulanarak numuneler, homojenize olmuş bir iç yapıya getirildi. Ardından bir grup numuneye 1 paso aşırı plastik deformasyon, diğer gruba ise 2 paso aşırı plastik deformasyon uygulandı. Çalışmada kalıp açısı 90 ° olan altı kanallı "Hexa Die" EKAP kalıbı ve Bc rotası kullanılmıştır. EKAP işlemlerinin presleme hızı 1,5 mm/sn, sıcaklık ise 210°C olarak seçilmiş olup, yağlayıcı olarak ise MoS2 kullanılmıştır. Sonrasında sürtünme kaynak yöntemi kullanılarak parçaların birleştirilmesi sağlanmıştır. Sürtünme kaynak yönteminde sürekli tahrikli(klasik) yöntem kullanılmış olup dönme hızı 2000 devir/dk, yığma basıncı 150 MPa ve sürtünme basıncı 50 MPa olarak seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA6082, Aşırı Plastik Deformasyon, EKAP, Sürtünme Kaynağı, Yaşlandırma, Katı Hal Kaynak Yöntemleri

COMBINATION OF AA6082 MATERIAL WITH FRICTION WELDING USING EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING (ECAP) METHOD

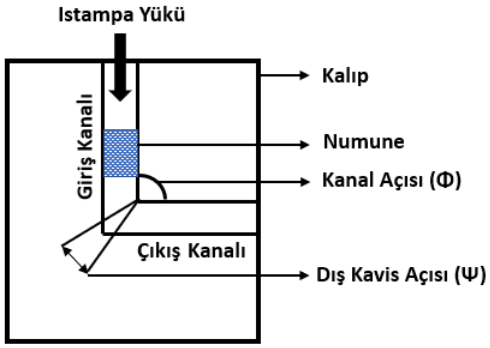
Abstract
In this study, AA6082 aluminum alloy materials were subjected to equal channel angular pressing (ECAP), which is one of the extreme plastic deformation methods. After the deformation process, it was joined with friction welding, which is one of the solid state welding methods. AA6082 aluminum alloys have found use in many areas of industry due to their good weldable properties, good corrosion resistance and mechanical strength properties. Bridges, truck guardrails, shipbuilding industry, bicycle manufacturing, rivets, mining equipment can be given as application areas of the AA6082 series. In the

study, before the severe plastic deformation process, homogenization annealing was applied to the AA6082 T6 samples for 2 hours at 510 °C, and the samples were brought to a homogenized internal structure. After homogenization annealing,1 pass of ECAP was applied to one group of samples and 2 passes of ECAP to the other group. In the study, six-channel "Hexa Die" ECAP mold with 90° die angle and Bc route were used. The pressing speed of the EKAP processes was chosen as 1.5 mm/sec, the temperature was 210°C, and MoS2 was used as the lubricant. Then the parts were joined using the friction welding method. Continuously driven (classical) method was used in the friction welding method and the rotational speed was chosen as 2000 rpm, the axial pressure of 150 MPa and the friction pressure of 50 MPa.

Keywords: AA6082, Severe Plastic Deformation, ECAP, Friction Welding, Aging, Solid State Welding Methods

1. GİRİŞ

Eşit kanal açısal presleme (EKAP), bir metal akış ve tane boyutu inceltme prosesidir. Bu proseste eşit kesitli L-şeklinde iki kanaldan kütlesel malzemenin geçirilmesi yoluyla oluşan kayma deformasyonu ve malzemenin iç yapısında oluşan aşırı plastik deformasyondan faydalanılır [1]. İlk olarak Segal ve arkadaşları tarafından Sovyetler Birliği Minsk Enstitüsü'nde, 1970-1980'li yıllarda uygulanmış ve geliştirilmiştir [2]. Geleneksel deformasyon yöntemleri bir malzemenin sertliğini arttırırken tokluğunu azaltır ve böylece malzeme daha kırılgan hale gelir [3]. EKAP'ın diğer plastik deformasyon yöntemlerinden farkı, malzemenin kesit alanı değişmeksizin, malzemeye birden fazla paso uygulanarak tane iç yapısının inceltilmesi ve nanometre seviyelerine kadar getirilebilmesidir [4-5]. Böylelikle, numune EKAP kalıbından defalarca geçirilebilir ve her bir geçiş tane boyutunu daha da azaltır. Bu işlem, tokluğu etkilemeden malzemenin sertliğini ve mukavemetini arttırır [6-7]. EKAP prosesi, bir malzemenin aynı kesit alanına sahip iki kanaldan oluşan bir kalıpta preslenmesi işlemidir. Kalıp, Şekil 1.1'de gösterildiği üzere bir kanal açısı (Φ) ve bir dış kavis açısını (Ψ) içerir [8].



Şekil 1.1: Homojenize AA6082 numune görseli [9]

EKAP prosesinde deformasyon rotası ve geçiş sayısı, optimum mikro yapılı yüksek mukavemetli ürünler elde etmede önemli bir rol oynamaktadır. Geçiş sayısı arttıkça, tane yapısı incelmektedir [2]. Literatür, geçişler ve bu geçişlerin malzeme tane yapısı üzerindeki etkileri arasında dört deformasyon rotası tanımlamaktadır. Rota A'da, deforme olmuş numunenin konumu korunur, geçişler arasında eksen etrafında dönüş yoktur. Rota BA'da numune, her geçiş arasında dönüşümlü olarak saat yönünde ve saat yönünün tersine 90° döndürülür. Rota BC'de numune her ekstrüzyon döngüsü arasında her zaman aynı yönde 90° döndürülür. Rota C'de numune aynı yönde 180° döndürülür [10-12]. Raab ve arkadaşları, 2004 yılında EKAP presleme sıcaklığının ticari saflıktaki Ti alaşımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Rota C kullanılarak gerçekleştirilen EKAP işleminde sıcaklık 300°C den 200°C düşürülmüş, ortalama 0,2 µm tane boyutuna sahip eş eksenli incelmiş bir iç yapı elde edilmiştir [13].

Yakıt tüketimini ve karbondioksit emisyonunu azaltmak, otomotiv endüstrisinde zorlayıcı bir konudur. Otomobil parçası üreticileri tarafından bu amaçla kullanılan bazı yöntemler tasarım değişiklikleri yapmak ve daha hafif malzemeler kullanmaktır. 6082 alüminyum alaşımı (AA6082), çelikten daha hafif olması ve diğer alüminyum alaşımlarından daha çok bulunabilmesi nedeniyle alternatif bir malzeme

olmaya iyi bir adaydır [14]. Son yıllarda, AA6082-T6 alüminyum alaşımı otomotiv endüstrisinde dikkat çekici bir malzeme haline gelmiş ve sektördeki kullanımı gittikçe artmaya başlamıştır. Özellikle ekstrüde gövde ve şasi komponentleri, tampon ve yapı elemanları, mekanik bağlantı elemanları, fren komponentleri üretiminde tercih edilmektedir. Esas alaşım elementleri magnezyum ve silisyum olan AA6082 alaşımında, bu elementler Mg2Si intermetalik faz oluşturarak yapının sertleştirilmesini sağlar. 6XXX serisi mükemmel korozyon direncine sahiptir ve bu seri içerisindeki AA6082 alaşımı serideki en yüksek dayanıma sahip alaşımlardan biridir [15].

Sürtünme kaynağı, mekanik enerjinin sürtünme yoluyla termal enerjiye dönüştürülmesi sırasında elde edilen ısıdan yararlanılarak parçaların yüzeylerinin birleştirildiği bir katı hal kaynak tekniğidir. Kaynak işlemi boyunca, sürtünen yüzeyler basınç altındadır. Yüzeylerde plastik şekil verme sıcaklığı oluşana kadar devam eden bu süreç ısıtma fazı ya da sürtünme fazı olarak isimlendirilir. Sürtünme fazı sonrasında basınç arttırılır ve ara yüzeydeki metal yığılır. Böylece, termomekanik işlem görmüş olan kaynak bölgesinde iyi bir tane yapısı oluşur. Sürtünme kaynak yöntemi ile, diğer yöntemlerle kaynatılamayan metaller ve metal alaşımları rahatça kaynaklanabilir [16]. İlk olarak eski Sovyetler Birliğinde geliştirilen yöntem, 1960 yılı civarında ABD de tanıtılmıştır. Sürtünme, yüksek devirde döndürülen iş parçası ile sabit parça arasında mekanik temas ile gerçekleştirilir ve böylece birleşme arayüzeyindeki sıcaklık, kaynaklanan metallerin sıcak dövme sıcaklık aralığı civarına yükselir. Sonrasında, dönme hareketi durdurulur ve aralarında metalürjik bağ oluşturmak için parçalar yeterli bir kuvvet ile birbirine bastırılır [17-18].

2. MATERYAL VE METOT

Deneysel çalışmalarda kullanılan malzeme AA 6082-T6 alaşımı olup "Seykoç Alüminyum" firmasından çapı 20 mm, uzunluğu 3 metre çubuk boru halinde temin edilmiştir. Alınan malzemeler, torna tezgahında Ø19.80 x 55 mm boyutlarında tornalanarak EKAP prosesi için toplamda 16 adet deney numunesi haline getirilmiştir. Tablo 2.1'de AA 6082-T6 alaşımın içerisinde bulunan elementler ve yüzde miktarları ağırlıkça verilmiştir.

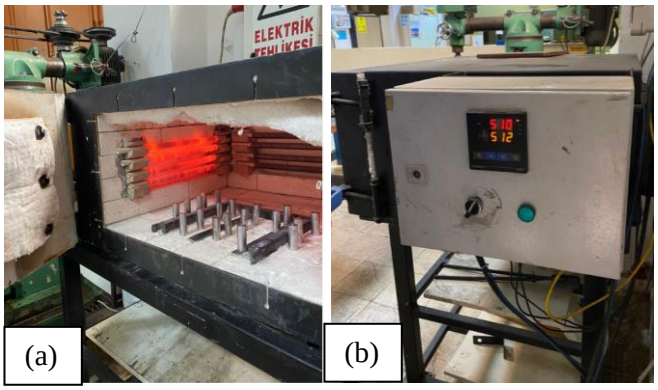
Tablo 2.1: Deneylerde Kullanılan AA 6082 alüminyum alaşımının kimyasal özellikleri

Alaşım	**Element (%)**								
AA6082	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Diğer	Al
	0,5	0,7 – 1,3	0,1	0,4 – 1,0	0,6 – 1,2	0,2	0,15	0,15	Kalan

İstenilen boyutlarda hazırlanmış numunelere 510 °C de 2 saat homojenizasyon tavlaması yapılmıştır. Homojenizasyon ısıl işlemi Kocaeli Üniversitesi Otomotiv mühendisliği bölümü bünyesindeki 800°C dereceye kadar çıkabilen ısıl işlem fırınında gerçekleştirilmiştir. Homojenize malzemeye ait görüntü ve ısıl işlem prosesi Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.1: Homojenize AA6082 numune görseli



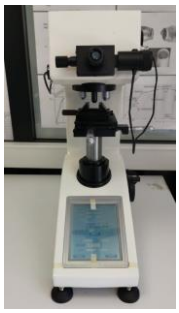
Şekil 2.2: a) Homojenizasyon tavlaması ısıl işlem fırını b) Kullanılan ısıl işlem sıcaklığı

Homojenize bir iç yapıya getirilen 8 numuneye, 210°C de (kalıp+numune sıcaklığı) 1 paso EKAP işlemi, geri kalan 8 numuneye ise yine 210°C de 2 paso EKAP işlemi uygulanmıştır. Deneysel çalışmada kalıp açısı 90 ° olan altı kanallı "Hexa Die" EKAP kalıbı ve Bc rotası kullanılmıştır. Presleme hızı ise 1.5 mm/sn. olarak belirlenmiş olup, yağlayıcı olarak ise MoS2 kullanılmıştır. EKAP işlemi, Kocaeli Üniversitesi Otomotiv mühendisliği bölümü bünyesindeki 120 tonluk Hidroliksan marka hidrolik pres ile gerçekleştirilmiştir. EKAP işlemi, 1 paso uygulanılan numunelerde basınç değerleri 13.6-14.1 ton arasında iken, aynı numunelerin 2.pasolarında bu değerler 15-15.5 ton değerlerine çıkmıştır. Şekil 2.3 de EKAP işlemi sırasında çekilmiş bir görsel paylaşılmıştır.



Şekil 2.3: Eşit kanal aşısal presleme (EKAP) işlemi

EKAP yapılmış numunelere sertlik testleri yapılmıştır. Sertlik testleri için vickers sertlik test yöntemi kullanılmış olup, testler numunenin kenarı ile merkezi arasında eşit aralıklarla beşer ölçüm alınarak ortalamaları belirlenmiştir. Mikrosertlik testlerinde kullanılan cihaz "Microhardness Tester Future-Tech FM-700" olup, resmi şekil 2.4 da verilmiştir. Sertlik işlemlerinde 1000gf, 10 saniye boyunca uygulanmış, sonuçlar Vickers sertlik değeri olarak alınmıştır.



Şekil 2.4: Mikrosetlik test cihazı

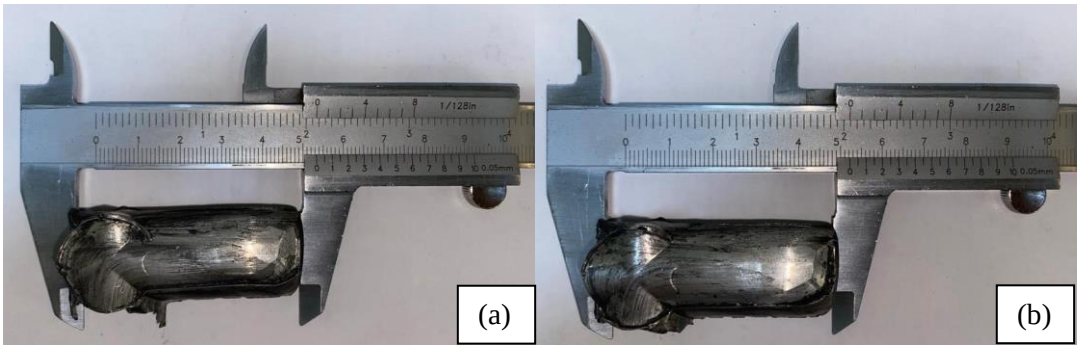
AA6082 normalize malzemelerin sürtünme kaynağı ile birleştirilmesi Şekil 2.5 de verilen De lorenzo marka torna tezgahı kullanılarak yapılmıştır. Sürtünme kaynağı işleminde dönme hızı 2000 devir/dk, yığma basıncı 150 MPa ve sürtünme basıncı 50 MPa olarak seçilmiştir.



Şekil 2.5: Sürtünme kaynağı için kullanılan De lorenzo marka torna tezgahı

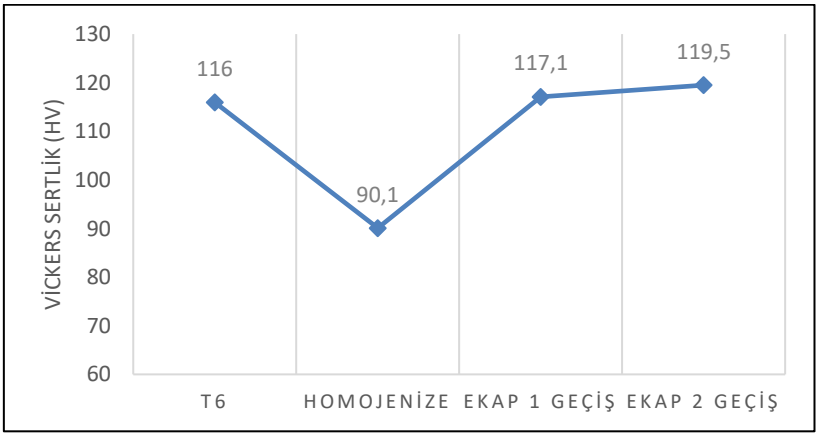
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

AA6082 malzemelerin homojenizasyon işlemleri tamamlanmasının ardından EKAP 1 geçiş ve 2 geçiş ile aşırı plastik deformasyon prosesleri tamamlanmıştır. EKAP 1 geçiş ve 2 geçiş yapılmış olan numunelerin elde edilmiş yapıları şekil 3.1 de verilmiştir. İşlem sonrası elde edilen EKAP'lı numuneler incelendiğinde başlangıç numunelerine göre boylarında %4 kısalma görülürken, çaplarında herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Boyda meydana gelen kısalmanın sebebinin ise kalıbın aşırı kullanılmış olması sebebi ile kenarlarında açmalar meydana gelmiş olması ve dip kısmında topaklanma oluşmuş olması sebep olarak görülmektedir.



Şekil 3.1: EKAP lı AA6082 numune görseli a) 1geçiş b) 2 geçişli numune

Sertlik testleri yapılan homojenize, EKAP 1 geçiş ve EKAP 2 geçiş AA6082 malzemelerinin sertlik test sonuçları şekil 3.2 grafiğinde verilmiştir.



Şekil 3.2: AA6082-T6 malzeme, homojenize malzeme, EKAP 1 geçiş ve EKAP 2 geçişli numune sertlik grafiği

AA6082 homojenize malzeme, EKAP 1 geçiş ve EKAP 2 geçiş numunelerin vickers sertlik değerleri sırasıyla 90.1 HV, 117.1 HV ve 119.5 HV olarak sonuçlar alınmıştır. Homojenize malzemenin vickers sertliği, 1 geçiş EKAP sonrası %29 oranında artış göstermiştir. EKAP geçiş sayısındaki artış ile birlikte sertlikte de artış görülmüştür. Yapılan diğer çalışmalarda da EKAP geçiş sayısının artışı ile birlikte sertlik özelliklerinin de arttığı değerlendirilmektedir [19-20].

Gupta ve arkadaşları, 2021 yılında EKAP işlem sıcaklığının ve geçiş sayısının AA 6063 alaşımının sertliği ve mikro yapısı üzerindeki etkisine çalışmışlardır. Deneysel çalışmada sertlik değerindeki maksimum artışın (%83.39), oda sıcaklığındaki ilk geçişten (73.175 HV) sonra gözlemlendiği, sonrasında ise sertlikte fazla bir artışın olmadığı belirtilmiş olup, oda sıcaklığında elde edilen sertlik değerlerinin, yüksek sıcaklıkta elde edilen sertlik değerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür. EKAP işleminde altı geçiş sayısına kadar, oda sıcaklığında sertliğin 39.9 HV'den 85 HV'ye önemli miktarda artması sağlamıştır. Ancak 250°C'de altıncı geçişten sonra malzemenin sürekli ısınması nedeniyle sertlikte bir azalma olduğu ve büyük deformasyon ve dislokasyonlar nedeniyle geçiş sayısı arttıkça tanecik oluşumunun da arttığı belirtilmiştir [21].

Özdoğru ve arkadaşları, 2011 yılında, eş kanallı açısal pres yöntemiyle üretilen Zr ve Sc ile modifiye edilmiş AA 6082 alüminyum alaşımının karakterizasyonu üzerine çalışmışlardır. AA 6082 alaşımına ticari olarak uygulanan T6 ısıl işleminden sonra ulaşılan sertlik değeri 100 HV dır. AA 6082 ve AA 6082-Zr-Sc alaşımlarının EKAP işlemi sonrasında ulaştıkları sertlik değerleri ise sırasıyla 128 HV ve 130 HV dır. T6 ısıl işlem sertlik değerinin %30 fazlası EKAP işlemi ile kazanılmıştır. EKAP prosesi ile en yüksek sertlik değerlerine, EKAP öncesi çözeltiye alma ısıl işlemi ve EKAP sonrası yaşlandırma ısıl işlemi kombinasyonu ile ulaşıldığı görülmüştür [22].

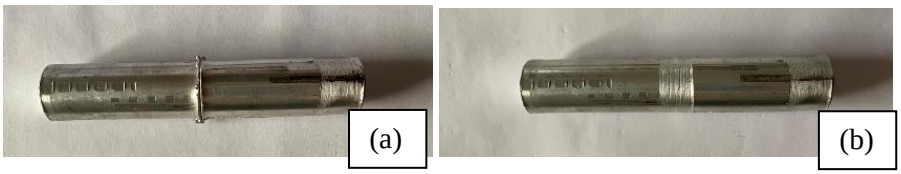
Kelfa ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan deneysel çalışmada EKAP işlemi uygulanmış AA6082-T6 alaşımının mikroyapısı ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, dislokasyon yoğunluğu ve kafes geriniminin erken EKAP aşamasında yükseldiği, fakat tane iç yapısındaki toparlanma ve dinamik yeniden kristalleşmenin meydana gelmesi nedeniyle 2. pasodan sonra sürekli olarak azaldığını gözlemlemişlerdir [23].

Sürtünme kaynağı işleminde normalize AA6082 malzemelerden ilki torna tezgahının aynasına, diğeri ise punta tarafına bağlanmıştır. Ayna 2000 devir/dk ile dönerken, punta 50 MPa sürtünme basıncı ile sabit tutulmaktadır. Kaynak bölgesi yeterli sürtünme ısısına ulaştıktan sonra ayna durdurulmuş ve punta ile 150 MPa lık yığma basıncı uygulanarak malzemelerin birleştirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.3: AA6082 normalize malzemelerin sürtünme kaynağı ile birleştirilmesi işlemi

Sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş olan numunlerin görselleri Şekil 3.4 de verilmiştir. Görsel a'dasürtünme kaynağı ile birleştirilmiş tornalanmamış, görsel b'de ise aynı numunenin kaynak bölgesi tornalanmış görüntüsü paylaşılmıştır.



Şekil 3.4: AA6082 malzemenin a) sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş b)kaynak bölgesi tornalanmış numune görseli

Sürtünme kaynağı yapılmış olan malzemelerin eğilmeye karşı mukavemetlerinin ölçülebilmesi amacıyla Şekil 3.5 de verildiği gibi bir test düzeneği hazırlanmıştır.



Şekil 3.5: Eğilme mukavemeti için hazırlanmış test düzeneği

Sürtünme kaynağı ile birleştirilen AA6082 malzemesinin eğilme mukavemetinin ölçümünde karşılaştırma yapılabilmesi amacı ile AA6082 normalize malzeme ile St37 çelik malzeme ve AA6082 normalize malzemeler birbirleri ile sürtünme kaynağı ile birleştirilmiştir. Yapılan mekanik ölçümlerin sonucu olarak normalize AA6082 malzemelerin eğilme mukavemeti 68.9 MPa iken, AA6082-St37 malzemesinin 157 MPa olarak ölçülmüştür.

Şahin ve arkadaşları, 2006 yılında aşırı plastik deformasyona uğramış alüminyum malzemelerin sürtünme kaynağı yöntemiyle birleştirilmesi üzerine deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, EKAP'sız ve 1 paso EKAP'lı 5083 alüminyum malzemeler sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş ve daha sonra çekme dayanımları incelenmiştir. Sürtünme süresi ve sürtünme basıncı arttıkça, çekme dayanımının arttığı görülmüştür. Bununla birlikte EKAP'sız 5083 alüminyum alaşımlarının çekme dayanımı yaklaşık 305 MPa iken, 1 paso EKAP'lı 5083 alüminyum parçanın çekme dayanımı 420 MPa olarak bulunmuştur [24].

Nagaraj ve arkadaşları tarafından 2021 yılında yapılan deneysel çalışmada aşırı plastik deformasyona uğratılmış yapı çeliğinin (IS2062) sürtünme kaynağı ile birleştirilmesi incelenmiştir. Tek geçişli EKAP işlemi oda sıcaklığı (RT) koşulunda ve sıcak (H) koşulda gerçekleştirilmiştir. Alındığı gibi, H-EKAP'lı ve RT-EKAP'lı numuneler sürtünme kaynağından sonra sırasıyla 422 MPa, 730 MPa ve 662 MPa'lık çekme mukavemeti sergilemişlerdir. Fraktografi analizi, alındığı gibi ve RT-EKAP'lı numunelerde sünek bir kırılma modu, H-EKAP'lı numunede ise kaynak arayüzünde gevrek bir kırılma meydana geldiğini göstermiştir. Bu sonuç, H-EKAP'lı numunenin, kaynaklı parçadan daha yüksek bir dayanıma sahip olduğunu doğrulamıştır. Mikroyapı analizi, kaynaklı parçanın, EKAP'lı numuneden daha ince tanelere sahip olduğunu gösterse de, EKAP'lı numunenin, kaynaklı parçadan daha yüksek sertliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni TEM analiziyle açıklanmıştır ve EKAP'lı numunede, kaynaklı parçadan daha yüksek dislokasyon yoğunluğu olduğu görülmüştür [25].

KAYNAKLAR

[1] Saxena, K.K., Kumar, K.B., Gupta, A., 2021, Effect of processing parameters on equal-channel angular pressing of aluminum alloys, Materials Today: Proceedings, 45, 5551–5559, DOI: 10.1016/j.matpr.2021.02.303
[2] Djavanroodi, F., Ebrahimi, M., 2010, Effect of die parameters and material properties in ECAP with parallel channels, Materials Science and Engineering A, 527, 7593–7599, DOI: 10.1016/j.msea.2010.08.022
[3] Öğüt, S., H. Kaya., Kentli, A., Özbeyaz, K., Şahbaz, M., Uçar, M., 2021, Investigation of Strain Inhomogeneity in Hexa-ECAP Processed AA7075, Arch. Metall. Mater. 66, 2, 431-436, DOI: 10.24425/amm.2021.135875
[4] Kaya, H., Uçar, M., Cengiz, A., Samur, R., Özyürek, D., Çalışkan, A., 2014, Novel molding technique for ECAP process and effects on hardness of AA7075, ISSN 1392 - 1207. MECHANIKA., Volume 20(1), DOI: 10.5755/j01.mech.20.1.4207
[5] Chang, C.P., Sun, P.L., Kao, P.W., 2000, Deformation induced grain boundaries in commercially pure aluminum, Acta Materialia 48: 3377-3385, DOI: 10.1016/S1359-6454(00)00138-5
[6] Şahbaz, M., Kaya, H., Kentli, A., Uçar, M., Öğüt, S., Özbeyaz, K., 2019, Experimental Comparison of Al5083 Alloy Subjected to Annealing and Equal-Channel Angular Pressing, International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESEN), 4(1), pp. 52-55, DOI: 10.22399/ijcesen.394542
[7] Cardoso, K.R., Travessa, D.N., Botta, W.J., Jorge Jr, A.M., 2011, High Strength AA7050 Al alloy processed by ECAP: Microstructure and mechanical properties, Materials Science and Engineering A 528: 5804-5811, DOI: 10.1016/j.msea.2011.04.007
[8] Develioğlı, Ş., Akata, H.E., 2017, Eş Kanallı Açısal Presleme (EKAP) Yönteminin 6063 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması, İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi 36, pp. 41-50
[9] Thakur, P., Surve, P., Sanas, S., 2014, Advancement in Die Design of Equi-Channel Angular Pressing (ECAP) Process, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 12, ISSN 2229-5518
[10] Santos, R.T.F., Batista, W.W., 2021, Analysis of processing variables in Equiangular Channel Press deformations, Research, Society and Development, V 10, 2525-3409, DOI: 10.33448/rsd-v10i16.23101
[11] Sh'ri, D.N.A., Zahari, Z.S., Yamamoto, A., 2021, Effect of ECAP Die Angle on Mechanical Properties and Biocompatibility of SS316L, Biobased and Biodegradable Metals, 11(10), 1513, DOI: 10.3390/met11101513
[12] Wen, H., Zhao, Y., Topping, T.D., Ashford, D., Figueiredo, R.B, Xu, C., Langdon, T.G., Lavernia, E.J., 2012, Advanced Engineering Materials, 14, No. 3, DOI:10.1002/adem.201100080
[13] Raab, G.I., Soshnikova, E.P, Valiev, R.Z., 2004, Influence of temperature and hydrostatic pressure during equal-channel angular pressing on the microstructure of commercial-purity Ti, Materials Science and Engineering 674–677, DOI: 10.1016/j.msea.2004.01.137
[14] Tunç, Ö., Kaçar, İ., Öztürk, F., 2021, Investigation of forging performance for AA6082, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI: 10.1007/s00170-021-07726-8
[15] Aydın H., Tunçel O., Yiğit K., 2017, AA6082-T6 ve AA1035-H14 Alüminyum Alaşımlarında Haddeleme Yönünün ve Çekme Deformasyon Hızının Çekme Özellikleri Üzerindeki Etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22. Cilt, 3. Sayı, DOI: 10.17482/uumfd.297265
[16] Meriç, C., Köksal, N.S., Erdoğan, M.T., Okur, A., 2008, Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş Farklı Malzemelerin Kaynak Bölgesinin İncelenmesi, C.B.Ü. Fen Bil. Dergisi, 135 – 144
[17] Groover M.P., Kaynağın Temel Prensipleri, Yurdakul M., İç Y.T., Modern İmalatın Prensipleri, 4. Baskı, Nobel, Ankara, 683-727, 2016
[18] Uday, M.B., Ahmad Fauzi, M.N., Zuhailawati, H., Ismail, A.B., 2010, Advances in friction welding process, Science and Technology of Welding and Joining, Vol 15, no 7, DOI: 10.1179/136217110X12785889550064
[19] Kaya, H., Uçar. M., 2014, Fatigue Behaviour and Mechanical Properties of ECAP'ed and Thixoformed AA7075, High Temp. Mater. Proc., 33(3), 277–285, DOI: 10.1515/htmp-2013-0074
[20] Kaya, H., Uçar. M., 2016, The Effects of Mechanical Properties on Fatigue Behavior of ECAPed AA7075, High Temp. Mater. Proc., 35(3), 225–234, DOI: 10.1515/htmp-2014-0193
[21] Gubta, A., Saxena, K.K., Bharti, A., Lade, J., Chadha, K., Paresi, P.R., 2021, Influence of ECAP processing temperature and number of passes on hardness and microstructure of Al-6063, Advances in materials and processing technologies, DOI: 10.1080/2374068X.2021.1953917
[22] Özdoğru E.F., Kayalı E.S., 2011, Eş Kanallı Açısal Pres Yöntemiyle Üretilen Zr ve Sc ile Modifiye Edilmiş AA 6082 Alüminyum Alaşımının Karakterizasyonu, itüdergisi/dmühendislik, Cilt 10, Sayı 2, 99-106
[23] Khelfa, T., Munoz-Bolanos J.A., Li, F., Cabrera-Marrero, J.M., Khitouni, M., 2019, Microstructure and Mechanical Properties of AA6082-T6 by ECAP Under Warm Processing, Metals and Materials International, DOI: 10.1007/s12540-019-00388-y
[24] Şahin, M., Akata, H.E., Özel, K., 2006, An Experimental Study on Joining of Severe Plastic Deformed Aluminium Materials With Friction Welding Method, Materials and Design 29, 265–274, DOI: 10.1016/j.matdes.2006.11.004

[25] Nagaraj, M., Ravisankar, B., 2021, Experimental Investigations on Joining of Equal Channel Angular Pressed Structural Steel IS2062 with Friction Welding Method, The Indian Institute of Metals IIM 2021, DOI: 10.1007/s12666-021-02239-0

GÜMÜŞ NANOPARÇACIK İÇEREN POLİMETİL METAKRİLAT-POLİRİSİNOLEİK ASİT POLİMERİNİN ENERJİ BAND ARALIĞININ İNCELENMESİ

Özlem Altunordu Kalaycı
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Fizik Bölümü
ozlem_altunordu@yahoo.com.tr, ORCID: 0000-0001-6563-9145

Baki Hazer
Kapadokya Üniversitesi / Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu / Uçak Gövde ve Motor Bakımı Bölümü
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / KimyaBölümü
bhazer2@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-8770-805X

Özet
Son yıllarda, gümüş nanoparçacık içeren polimer nanokompozitler, gümüş nanoparçacıkların olağanüstü optik, elektronik, katalitik ve antibakteriyel özellikleri sebebiyle yeni fonksiyonel malzemelerin tasarımında ve üretiminde büyük ilgi uyandırmaktadır. Nanokompozit malzemelerin, optik ve elektronik uygulamalarda kullanımı için enerji band aralığını tespit etmek önemlidir çünkü band aralığı enerjisi, valans ve iletkenlik bandları arasındaki enerji farkını göstermektedir. Bu çalışmada, gümüş nanoparçacık içeren Poli(metil metakrilat)- polirisinoleik asit polimerinin (AgPMRici) band aralığı, UV-görünür bölge absorbans eğrisinden yararlanılarak, Tauc metoduyla n= 1⁄2, 2 değerleri için (αhγ)^n hesaplanarak, band geçişleri araştırılmıştır. AgPMRici nanokompozit yapısının UV görünür bölge spektrumundan gümüş nanoparçacıkların karakteristik yüzey plasmon rezonansı değeri belirgin bir pik vermiştir. AgPMRici nanokompozitinin band aralığı enerjisinin polimer malzemenin içerisinde gümüş nanoparçacıklarının oluşumuyla daraldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Band boşluğu, Gümüş Nanoparçacık, Poli(metil metakrilat)-Polirisinoleik asit kopolimer; yüzey plazmon rezonans

INVESTIGATION OF THE ENERGY BAND GAP OF POLY(METHYL METHACRYLATE)-POLYRICINOLEIC ACID POLYMER CONTAINING SILVER NANOPARTICLES

Abstract
In recent years, polymer nanocomposites containing silver nanoparticles have attracted great interest in the design and production of new functional materials due to the extraordinary optical, electronic, catalytic and antibacterial properties of silver nanoparticles. For the use of nanocomposite materials in optical and electronic applications, it is important to determine the energy band gap because the band gap energy represents the energy difference between the valence and conduction bands. In this study, band gap of Poly(methyl methacrylate)-polyricinoleic acid polymer containing silver nanoparticles (AgPMRici) were investigated by calculating (αhγ)^n for n= 1⁄2, 2 values by Tauc method by using UV visible region absorbance curve. The characteristic surface plasmon resonance value of silver nanoparticles from the UV visible spectrum of the AgPMRici nanocomposite structure gave a significant peak. It has been determined that the band gap energy of AgPMRici polymer film is narrowed by the formation of silver nanoparticles in the polymer material.

Keywords: Band gap, silver nanoparticles, Poly(methyl methacrylate)-polyricinoleic acid copolymer, surface plasmon resonance

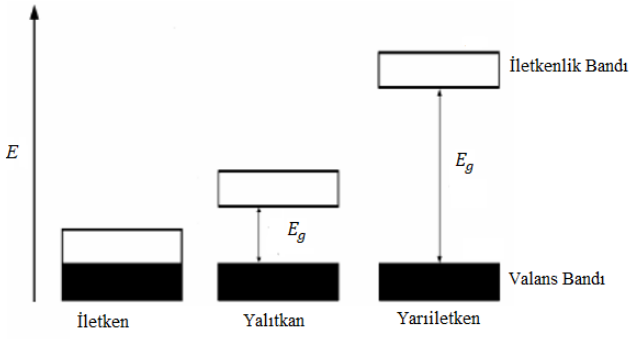
1. GİRİŞ

Nanomalzemeler, bileşenlerinden en az birinin nanoskalaya sahip olduğu malzemelerdir. Nano takviye malzemelerin bulk malzemelerle uygun koşullarla bir araya getirilmesiyle oluşan malzemeler nanokompozit olarak adlanırılır. Nanomalzeme boyut düzeyinde, fizik yasaları, bulk malzemelerden farklı olarak, malzeme özelliklerini etkileyebilir. Nano seviyede, malzemenin boyutunun ayarlanabilmesi, yeni optik, elektronik hatta mekanik özelliklerin gelişmesine sebep olmaktadır. Optoelektronik, kataliz, transistörler piller, nonlineer optik cihazlar ve biyomedikal alanlarındaki

potansiyel uygulamaları nedeniyle nanokompozitler büyük ilgi görmektedir (Kalaycı ve ark., 2013, Başman ve ark., 2018, Eliçora ve ark., 2017).

Polimer nanokompozitlerin sentezlenmesi aşamasında literatürde çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Kalaycı ve ark., 2010). Ancak sentetik polimerlerin çevre dostu olmayışı, doğa da bozunmaması; araştırmacıları sürdürülebilir ve çevre dostu malzeme seçimine yönlendirmektedir. Günümüz de risinoleik asit gibi, bitkisel yağlarda bulunan yaygın yağ asidi bileşenleri nedeniyle; yeni polimer ve nanokompozit tasarımlarında bu yağ asitleri ile ilgilenilmektedir (Hazer ve Kalaycı, 2018; Erdem ve ark., 2022, Tuzen ve ark., 2022, Koç H ve ark., 2021).

Bulk malzemeler enerji band aralığına göre temel de üç sınıfa ayrılırlar: iletken, yalıtkan ve yarıiletken. Bulk bir malzemenin enerji bandları, Şekil 1' de görüldüğü gibi valans bandı ve iletkenlik bandı olarak adlandırılır. Bu iki band arasındaki enerji aralığı band boşluğu (E_g) olarak bilinir. Örneğin, yalıtkanlar da bu geniş band aralığı enerjisi valans bandından iletkenlik bandına elektron uyarılmasına izin vermez. Bu sebeple yalıtkanlar düşük elektrik iletkenliğe sahiptir. Ancak yarıiletkenler için durum farklıdır.



Şekil 1: Bulk malzemenin enerji bandlarının gösterimi

Yarıiletkenler küçük ama önemli bir band aralığına sahiptir. Band aralığı enerjisinden daha yüksek enerjiye sahip bir foton, bir valans elektronu tarafından soğurulduğunda, elektron valans bandından iletkenlik bandına atlar ve geride bir boşluk bırakır. Daha sonra elektron tekrar valans bandına dönerken bir foton yayınlar. Genel olarak bir malzemenin band aralığının tespiti iletkenlik, optiksel geçişler veya elektronik geçişler gibi davranışları hakkında bilgi vermektedir.

Bu çalışma da, vinil monomerlerinin serbest radikal polimerizasyonunda metal nanopartiküller içeren makroperoksit başlatıcılar olarak oto-okside bitkisel yağların kullanımını sağlanarak üretilen AgPMRici nanokompozit filminin teknolojik alanlara uygulanabilme yeteneğini değerlendirmek amacıyla ilk hedef olarak band boşluğu enerjisi UV-Görünür bölge absorbans eğrisinden yararlanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Hint yağı Türkiye'deki yerel bir market tarafından tedarik edilmiştir (başlangıçta Hindistan'dan, saflık: ağırlıkça %86-90). Limonen yağı Acar Kimya'dan hediye gelmiş, (İstanbul, Türkiye, saflık: %98). AgN03, metil metakrilat Sigma-Aldrich, Almanya'dan sağlanmıştır.

2.2. Gümüş nanoparçacık içeren polimetilmekrilat-polirisinoleik asit polimerinin sentezi

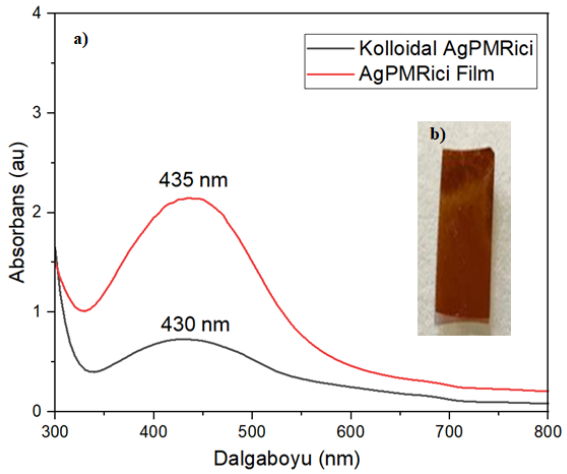
Bu çalışma da kullanılan kopolimerler için, hint yağından elde edilen risinoleik asit, $AgNO_3$ ile karıştırılarak ışık altında oto oksidasyona bırakılmıştır. Oto oksidasyon tamamlandıktan sonra PRici risinoleik asit polimerik peroksit ürünü elde edilmiştir. Metil metakrilatın serbest radikal polimerizasyonu otoksitlenmiş makroperoksit (PRici) başlatıcı tarafından başlatılarak nanokompozit filmler sentezlenmiştir (Erdem ve ark., 2022).

2.3. Karakterizasyon

Ag@PMRici nanokompozit filminin ve toluen içerisinde çözülerek elde edilen AgPMRici kolloidal çözeltisinin UV-Görünür bölge absorbans eğrisi Cary 100 model UV-Görünür bölge spektrometresi ile kaydedilmiştir. Çözeltiler için UV kuartz küvet (1 cm) kullanılmıştır. Film numunesinin kalınlığı mikrometre yardımıyla 0.03 cm olarak ölçülmüştür. AgPMRici kolloidal çözeltisinin, floresans emisyon spektrum ölçümleri, oda sıcaklığında 406 nm dalga boyunda uyarım ile Cary Eclipse model Floresans spektrometre cihazı kullanılarak yapılmıştır.

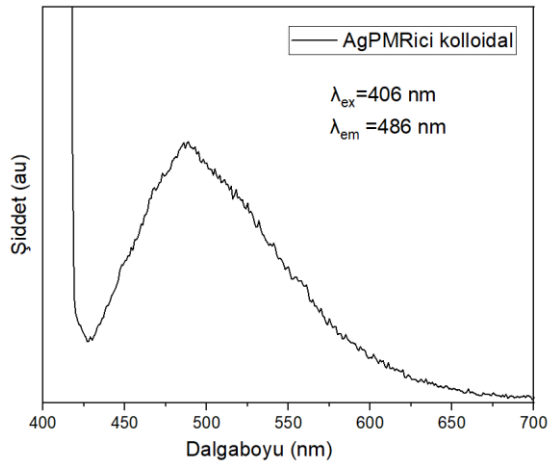
2.4 Deneysel Bulgular

AgPMRici nanokompozit filminin ve toluende çözülerek elde edilen AgPMRici kolloidal çözeltisinin UV-Görünür bölge absorbans eğrisi Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2: AgPMRici kolloidal ve film **a)** UV-görünür bölge absorbans eğrisi **b)** AgPMRici film.

Şekil 2' de görüldüğü gibi gümüş nanoparçacık içeren AgPMRici nanokompozitleri, gümüş nanoparçacıklara ait karakteristik yüzey plazmon rezonans dalgaboyunda 430 ve 435 nm lik pikler vermiştir. Nanokompozit filmin absorbans eğrisi, kolloidal çözeltiden ~5 nm dalga boyunda kayma göstermiştir. AgPMRici kolloidal çözeltisinin $\lambda_{ex} = 406\ nm$ dalgaboyu ile uyarılmış floresans emiyon spektrumu $\lambda_{em} = 486\ nm$ dalgaboyunda emisyon piki vermiştir.



Şekil 3: AgPMRici nanokompozit filminin kolloidal çözeltisinin floresans emisyon spektrumu.

3. SONUÇ

Nanokompozit filmlerin band boşluğu enerjisi $E_g\ (eV)$; denklem (1) ile verilen Tauc eşitliği kullanılarak hesaplanabilmektedir.

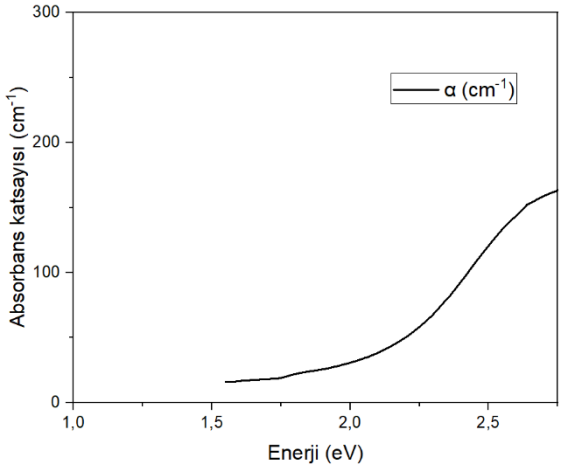
$$(\alpha h\nu) = B\left(h\nu - E_g\right)^n \qquad h\nu > E_g \tag{1}$$

α; filmin soğurma katsayısı, $h\nu$; foton enerjisi, E_g; enerji boşluğu ve B; enerji seviyeleri arasında geçiş olasılığını ifade eden sabit olmak üzere denklem (1)' de elektronik geçişler için $n = 1/2$ doğrudan geçişleri, $n = 2$ dolaylı geçişleri temsil etmektedir.

Filmin soğurma katsayısı $\alpha(cm)^{-1}$,

$$\alpha(cm)^{-1} = \frac{2.303}{d} \times A \tag{2}$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. A; absorbans değerini ve d: filmin kalınlığını ifade etmektedir (Kızılçaoğlu ve ark., 2015). Şekil 4' te AgPMRici nanokompozit filminin $\alpha(cm)^{-1}$ soğurma katsayılarının enerjiye göre değişimi verilmiştir.



Şekil 4: AgPMRici nanokompozit filminin soğurma katsayısının gelen enerjiye göre değişimi.

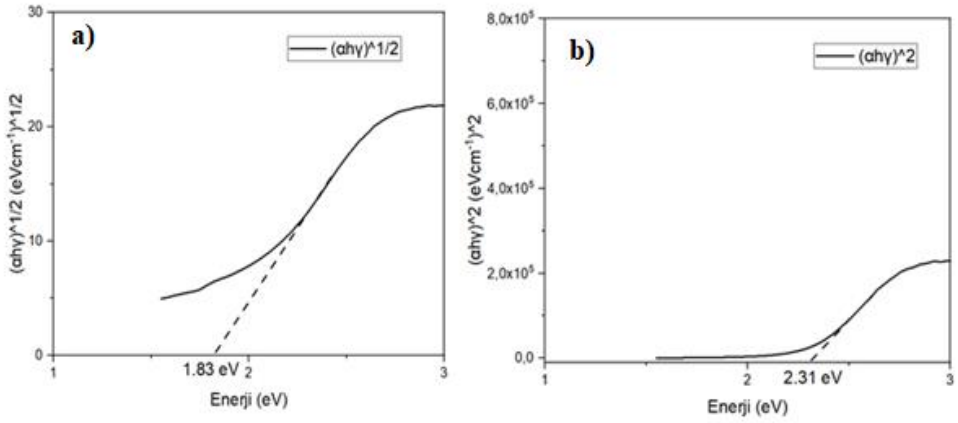
Şekil 4' te gözlenen parabolik davranış sebebiyle, nanokompozit malzemenin dolaylı geçişler sergilediği ifade edilebilir. Dolaylı geçişler sebebiyle (1) denkleminde $n = 2$ olmak üzere,

$$(\alpha h\nu) = B\left(h\nu - E_g\right)^2 \qquad h\nu > E_g \tag{3}$$

(3) denklemi yeniden düzenlenerek,

$$(\alpha h\nu)^{1/2} = B\left(h\nu - E_g\right) \qquad h\nu > E_g \tag{4}$$

(4) bağıntısı elde edilmiştir. $n = \frac{1}{2}$, 2 değerleri için elde edilen grafikler Şekil 5' de gösterilmiştir.



Şekil 5: AgPMRici nanokompozit filminin **a)** $(\alpha h\nu)^{1/2}$- Enerji **b)** $(\alpha h\nu)^{2}$- Enerji değişimleri

AgPMRici nanokompozit filmlerinin dolaylı ve doğrudan yasak band geçişlerinin tayini için Şekil 5 ile verilen grafiklerin $(\alpha h\nu)^{1/n} = 0$ olduğu enerji değerleri kullanılmıştır. AgPMRici nanokompozit filminin $(\alpha h\nu)^{1/n}$ ifadesinin $n = \frac{1}{2}, 2$ değerlerine karşılık gelen enerji değerleri Tablo 1' de listelenmiştir.

Tablo 1: AgPMRici nanokompozit filminin $(\alpha h\nu)^{n} - E_g\ (eV)$ değerleri

$(\boldsymbol{\alpha h\nu})^{\boldsymbol{1/n}}\boldsymbol{(eVcm^{-1})^{1/n}}$	$\boldsymbol{E_g(eV)}$	**Geçiş Türü**
$\boldsymbol{(\alpha h\nu)^{1/2}(eVcm^{-1})^{1/2}}$	**1.83 eV**	**Dolaylı**
$(\alpha h\nu)^{2}(eVcm^{-1})^{2}$	2.31 eV	Doğrudan

Şekil 2' de verilen UV-Görünür bölge absorbans eğrisinden, AgPMRici film ve AgPMRici kolloidal çözeltisinin SPR değerindeki ~5 nm' lik kırmızıya kaymaya, etanol ve toluen gibi çözücülerin, gümüş nanoparçacıkların yüzeyinde kimyasal etkileşime sahip olmamasından dolayı, AgPMRici filmin de gümüş nanoparçacık yığın oluşumu veya gümüş nanoparçacıkları arası mesafe gibi etkenler sebep olabilmektedir.

AgPMRici nanokompozitinin soğurma katsayısının davranışı malzemenin fonon etkileşimleri kaynaklı dolaylı geçişler yaptığını göstermektedir. Literatürde poli(metil metakrilat) üzerine yapılan çalışmalarda, saf PMMA için optik band aralığı enerjisinin 3.0–5.5 eV aralığında olduğu belirtilmiştir (Mergen ve ark. 2019). Bu çalışma da üretilen gümüş nanoparçacık katkılı AgPMRici nanokompozit filminin band boşluğu enerjisi $E_g(eV)$' nin dolaylı ve doğrudan geçişler için saf PMMA' a göre küçüldüğü tespit edilmiştir.

4. TARTIŞMA

Gümüş nanoparçacık içeren içeren poli(metil metakrilat)- polirisinoleik asit polimerinin (AgPMRici); gümüş nanoparçacık ilavesiyle poli(metil metakrilat)' a göre enerji band aralığının daralması, teknolojik potansiyeli olan malzeme uygulamalarında kullanılabilmesi için umut vericidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kapadokya Üniversitesi araştırma fonu tarafından desteklenmiştir (KÜN.2020-BAGP-00)

KAYNAKLAR

Başman, N., Uzun, R., Kalaycı, O.A., Hazer, B. (2018) "Yeni Bir Biyobozunur Ag-Soya Yağı Nanokompozit Polimerin Elektronik Uygulaması", *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.*, 8(1):52-58.

Eliçora, S.S., Erdem, D., Dinc, A.E., Kalaycı, O.A., Hazer, B., Yurdakan, G., Külah C. (2017) "Effects of polymer-based, silver nanoparticle-coated silicone splints on the nasal mucosa of rats", *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 274:1535–1541.

Erdem, Ç., Isık, T., Horzum, N., Hazer, B., and Demir, M.M. (2022) "Electrospinning of Fatty Acid-Based and Metal Incorporated Polymers for the Fabrication of Eco-Friendly Fibers", Macromol. *Chem. Phys.*, 2100438.

Hazer, B., Kalaycı, O.A. (2017) "High fluorescence emission silver nano particles coated with poly (styrene-g-soybean oil) graft copolymers: Antibacterial activity and polymerization kinetics", *Materials Science and Engineering C*, 74 259–269.

Kalaycı, O.A., Cömert, F.B., Hazer, B., Atalay, T., Cavicchi, K.A., Cakmak, M. (2010) "Synthesis, characterization, and antibacterial activity of metal nanoparticles embedded into amphiphilic comb-type graft copolymers", *Polym. Bulletin*, 65:215–226.

Kalaycı, O.A., Duygulu, O., Hazer, B. (2013) "Optical characterization of CdS nanoparticles embedded into the comb-type amphiphilic graft copolymer", *J Nanopart Res*, 15:1355.

Kızılçaoğlu, H., Gökşen, K., Köysal, Y. (2016) "Amorf Hidrojenlenmiş Karbon İnce Filmlerin Yasak Enerji Bant Aralıklarının Optiksel İncelenmesi", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 317-326.

Koc, H., Kilicay, E., Karahaliloglu, Z., Hazer, B., Denkbas, E.B. (2021) "Prevention of catheter related infections via the urinary catheter modified with polystyrene-ricinoleic acid copolymers containing Ag nano particles", *J. Biomaterials Applications*, 36(3):385-405.

Mergen, Ö.B., Arda, E., Kara, S., Pekcan, Ö. (2019) "Effects of GNP Addition on Optical Properties and Band Gap Energies of PMMA Films", *Polymer Composite*, DOI 10.1002/pcDOI10.1002/pc.

Tuzen, M., Altunay, A., Hazer, B., Mogaddam, M.R.A. (2022) "Synthesis of polystyrene-polyricinoleic acid copolymer containing silver nano particles for dispersive solid phase microextraction of molybdenum in water and food samples", *Food Chemistry*, 369, 1.

YÖRÜNGE FARKLILIKLARININ MULTİMEDYA GÜVENLİĞİNE ETKİSİ

Ramazan Cenker
Yıldız Teknik Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Fakültesi / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
ramazan.cenker@std.yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0740-2291

Zehra Gülru Çam Taşkıran
Yıldız Teknik Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Fakültesi / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
zgcam@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7996-7948

Özet
Artan veri trafiği sebebiyle multimedya güvenliğinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Verilerin güvenli bir şekilde iletilmesi ve saklanması için kaotik şifreleme, kullanılan kabul görmüş yöntemlerden biridir. Kaotik işaretlerin başlangıç koşullarına yüksek hassasiyetle bağlı olmasının, anahtar duyarlılığını artıracağı ve açık metin ataklarına karşı dayanıklılık sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada bu öngörünün doğrulanması amacıyla farklı kaotik sistemlerin farklı parametreler ile çalıştırılması sonucu elde edilen kaotik zaman serilerinin bu anlamda bir incelemesi yapılmıştır. İncelemede hem tam sayı dereceli hem de kesirli dereceli dinamik sistemler kullanılmış ve bu anlamda da bir karşılaştırma yapılabilmiştir. Birbirine komşu noktalardan başlatılan kaotik işaretlerin yörüngesel uzaklaşmaları Lyapunov mesafesi ile takip edilmiş, bu mesafeler ile kriptoloji güvenliği arasında bir ilişki kurmak amacıyla, bu işaretlerin kullanıldığı kaotik şifreleme yöntemi ile şifrelenmiş görüntülerin ortalama entropi, piksel değişim oranı sayısı ve birleşik ortalama değişim yoğunluğu parametreleri incelenmiştir. Buna göre yörüngesel uzaklığı fazla olan dizilerle şifrelenmiş görüntülerin anahtar duyarlılığının arttığı ve açık metin ataklarına karşı daha güvenli olduğu, fakat şifrelenmiş görüntünün entropisinin doğrudan bu değere bağlı olmadığı sayısal olarak doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaos; Kaotik şifreleme; Açık metin saldırısı; Entropi.

THE IMPACT OF ORBİTAL DİVERGENCES TO MULTİMEDİA SECURİTY

Abstract
Due to the increasing data traffic, the multimedia security is gaining importance day by day. Chaotic encryption is one of the accepted methods used to securely transmit and store data. Because of the fact that chaotic signals are highly sensitive to initial conditions, it is thought that it will increase key sensitivity and provide resistance against plain text attacks. In this study, in order to verify this prediction, an analysis of the chaotic time series obtained as a result of operating different chaotic systems with different parameters was studied in this sense. Both integer order and fractional order dynamical systems were used in the study and a comparison could be made in this sense. The orbital divergences of chaotic signals initiated from points adjacent to each other were followed by the Lyapunov distance, in order to establish a relationship between these distances and cryptology security, the average entropy of the images encrypted with the chaotic encryption method using these signals, number of pixel change rate and unified average changing intensity parameters were examined. Accordingly, it has been numerically verified that the key sensitivity of the images encrypted with sequences with higher orbital distances increases and is more secure to plaintext attacks, but the entropy of the encrypted image is not directly dependent on this value.

Keywords: Chaos; Chaotic encryption; Plain text attacks; Entrophy.

1. GİRİŞ

Kaos ilk olarak 1963 yılında E.Lorenz tarafından tanıtıldı[2]. O zamandan beri kaos, dünyadaki birçok bilim adamı ve araştırma grubu için araştırma odaklarından biri olmuştur ancak özellikle iletişim alanında verimli bir şekilde kullanılması sadece birkaç on yıl olmuştur. Kaos, kaotik maskeleme ilkesiyle [3] iletişim mahremiyetinde bile cihaz ve sistemlerdeki düzensiz davranışların [4] kontrol edilmesi gibi kontrol uygulamalarında ve güvenli iletişim, kaotik bant radyo ve şifreleme sağlayan aynı veya farklı iki sistemin senkronizasyonunda [4] önemli bir rol oynamıştır. Kaotik sistemlerin ayrıca

hava durumunu, bulaşıcı hastalıkları ve ekonomiyi tahmin etmek için uygulanabilecek kısa vadeli tahminlerde uygulamaları vardır.

Bir kaotik sistem, aynı anda iki çözümün çok benzer iki koşul için çok farklı olduğu diferansiyel denklemlerden oluşur. Birçok kaotik sistem, yukarıda tartışıldığı gibi kaos yaratmak üzere tasarlanmıştır. Bu kaotik sistemler, faz uzayında bir dizi noktadan oluşan çekiciler üretir. Bu çekiciler periyodik değildir, dolayısıyla geleneksel sistemler onları üretemez [5]. Otonom olmayan sistemde kaos, sistemde sadece 2 değişken olsa bile ortaya çıkabilir ve otonom durumda, en az üç durum değişkeniyle ortaya çıkabilir [6]. Çoğu zaman kaotik sistemler tamsayı derecelidir ancak kesirli dereceli hesabı incelenerek, kesirli dereceli kaotik sistemlerin dinamik doğaları nedeniyle doğada gözlemlenebilen sistemlerin modellenmesinde daha iyi olduğu gözlenmiştir. Kesirli dereceli sistemler doğada yerel değildir çünkü gelecekteki durumları yalnızca mevcut durumlarına değil aynı zamanda geçmiş durumlarının koşullarına da bağlıdır[7].

2. KAOTİK SİSTEMLER

2.1. Kesirli Dereceli Lorenz Sistemi

Lorenz, kaosu tanıttıktan sonra 1963'te kaotik bir sistem tasarladı. Kesirli dereceli kaotik Lorenz sistemi aşağıdaki denklemlere sahip olacaktır.
Burada 'q' kesirli derece olarak alınır ve q Є (0,1) olacaktır.

$$\frac{d^q x}{dt^q} = \sigma(y - x)$$
$$\frac{d^q y}{dt^q} = rx - xz - y$$
$$\frac{d^q z}{dt^q} = -bz + xy \quad (1)$$

2.2. Kesirli Dereceli Rössler Sistemi

Kesirli dereceli Rössler sistemi denklemleri şu şekildedir.

$$\frac{d^q x}{dt^q} = -y - z)$$
$$\frac{d^q y}{dt^q} = x + ay$$
$$\frac{d^q z}{dt^q} = b + z(x - c) \quad (2)$$

2.3. Kesirli Dereceli Chen Sistemi

Kesirli dereceli Chen sistemi denklemleri şu şekildedir.

$$\frac{d^q x}{dt^q} = a(y - x)$$
$$\frac{d^q y}{dt^q} = cy - xz + (c - a)$$
$$\frac{d^q z}{dt^q} = -bz + xy \quad (3)$$

2.4. Kesirli Dereceli Lü Kaotik Sistemi

Kesirli dereceli Lü kaotik sistemi denklemleri aşağıdaki şekildedir.

$$\frac{d^q x}{dt^q} = a(y - x)$$
$$\frac{d^q y}{dt^q} = cy - xz$$
$$\frac{d^q z}{dt^q} = -bz + xy \quad (4)$$

3. ANALİZLER

3.1. Lyapunov Üstelleri

Yakın başlangıç koşullarında oluşturulan faz uzayı karakteristiklerinin yörüngeleri arasındaki etkileşim ve farkların ifadesidir.

Eğer sistemin en az bir pozitif Lyapunov üsteli varsa sistem kaotiktir. En büyük üstel negatif ise; sistem zaman içinde bir değere yakınsar ve başlangıç koşullarına bağımsız hale gelir. En büyük üstel pozitif ise; yörüngeler arasındaki mesafe gittikçe artar ve sistem başlangıç koşullarına karşı hassastır, yani kaotiktir denir. Eğer birden fazla pozitif Lyapunov üsteli varsa sistem hiper kaotiktir.[11].

Bu çalışmada Tablo 1 ve 2'de görülen Chen, Lorenz, Lü ve Rössler sistemlerinin hem kesirli dereceli hem de tamsayı dereceli halleri için, dinamik parametrelerde değişiklik yapılarak, farklı Lyapunov üstellerine sahip zaman serileri elde edilmiştir. Lyapunov üstellerinin hesaplanmasında bir boyutlu zaman serilerinin zamanda ötelenmesi ile elde edilen faz kaydırmalı uzaylar kullanılmıştır [11].
Kullanılan parametreler, başlangıç koşulları ve elde edilen Lyapunov üstelleri kesirli dereceli sistemler için Tablo 1'de, tam sayı dereceli sistemler için Tablo 2'de verilmiştir.

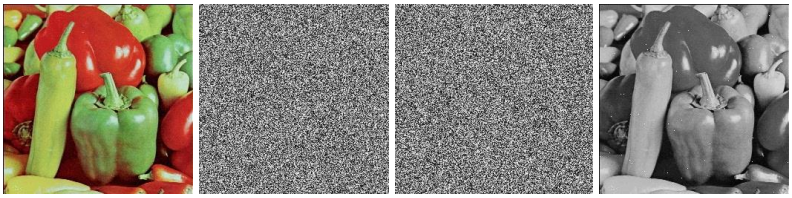
Tablo 1. Parametre değişikliğinin lyapunov üstellerine etkisi

Kaotik Sistem	Kesir Dereceli Sistem 1												
	Model Parametreleri				Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Lyapunov Üstelleri		
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	L1	L2	L3	Ortalama
Chen	35	3	28	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	5,3444	5,9197	4,9270	5,3970
	35	3	23	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	6,6203	6,9242	5,8589	6,4678
Lorenz	10	28	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	2,9044	3,7023	2,4145	3,0070
	10	50	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	4,4203	5,9282	4,6354	4,9946
Lü	36	3	25		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	4,6927	4,5383	3,8293	4,3534
	36	3	20		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	2,8978	2,7366	2,5227	2,7190
Rössler	0.2	0.2	5.7		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	3,9475	3,7998	0,8423	2,8632
	0.5	0.2	10		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	4,5204	4,3666	0,8588	3,2486

Elde edilen bu farklı yörüngesel uzaklıklara sahip zaman serileri ile, literatürde bulunan bir kaotik şifreleme yöntemi ile görüntü şifrelenmesi işlemi yapılmış [9], ve elde edilen şifreli ve geri deşifre edilmiş görüntülerin şifreleme güvenliği açısından incelenmesi yapılmıştır. Şekil 1'de Kesirli dereceli Lorenz sistemi kullanılarak elde edilen görüntü örnekleri ve Şekil 2'de Tam sayı dereceli Lü kaotik sistemi kullanılarak elde edilen görüntü örnekleri verilmiştir.

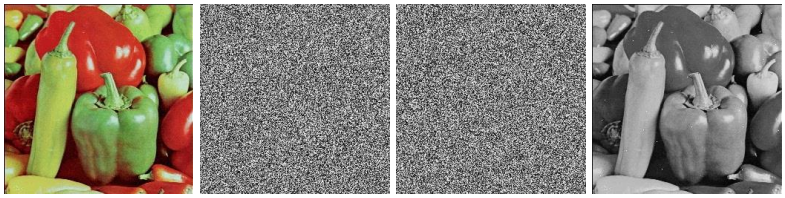
Tablo 2. Parametre değişikliğinin lyapunov üstellerine etkisi

Kaotik Sistem	Tam Sayı Dereceli Sistem 1													
	Model Parametreleri				Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Lyapunov Üstelleri			
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	L1	L2	L3	Ortalama
Chen	35	3	28	-7	1	1	1	-9	-5	14	7,1355	7,3146	5,8511	6,7670
	35	3	20	-7	1	1	1	-9	-5	14	4,6346	4,5097	3,8686	4,3376
Lorenz	10	28	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	3,2894	4,4773	3,3097	3,6921
	10	24	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	2,2225	3,0847	2,2707	2,5259
Lü	36	3	20		1	1	1	0.2	0.5	0.3	3,4998	3,803	3,1485	3,4837
	36	3	25		1	1	1	0.2	0.5	0.3	5,8697	6,0735	4,9759	5,6397
Rössler	0.2	0.2	5.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	2,3134	2,0818	0,9501	1,7817
	0.5	0.2	4.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1,4177	1,0465	1,1045	1,1895



(a)Orijinal görüntü (b)Şifreli görüntü(C1) (c)Şifreli görüntü(C2) (d)Şifresi çözülmüş görüntü

Şekil 1. Kesirli dereceli Lorenz sistemi kullanılarak elde edilen görüntü örnekleri



(a)Orijinal görüntü (b)Şifreli görüntü(C1) (c)Şifreli görüntü(C2) (d)Şifresi çözülmüş görüntü

Şekil 2. Tam sayı dereceli Lü kaotik sistemi kullanılarak elde edilen görüntü örnekleri

3.2. Piksel Değişim Oranı Sayısı

Şifreli görüntü düz metnin değiştirilmesinde hassas değilse, kriptanalist şifrelenmiş görüntüden çok faydalı bilgiler alabilir. Açık metin saldırılarının hassasiyetini kontrol etmek için Piksel Değişim Oranı Sayısı (NPCR) ve Birleştirilmiş Ortalama Değişme Yoğunluğu (UACI) olmak üzere iki kriter kullanılmaktadır. İki şifreli görüntü arasındaki farklı piksel sayılarının yüzdesi olarak tanımlanan NPCR aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$NPCR = \frac{\Sigma_{i,j}\, D(i,j)}{M \times N} \times 100\% \qquad (5)$$

Tablo 1 ve 2'de verilen Lyapunov üstellerinin elde edilmesini sağlayan diziler kullanılarak şifreleme ve deşifreleme işlemleri ile elde edilmiş görüntüler, NPCR parametresi açısından incelenmiş ve Tablo 3'te kesirli dereceli sistemler için, Tablo 4'te de tam sayı dereceli sistemler için verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 3. Başlangıç koşullarındaki değişikliğin piksel değişim oranı sayısına etkisi

Kaotik Sistem	Model Parametreleri				Kesir Dereceli Sistem 1						Kesir Dereceli Sistem 2						NPCR
					Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	
Chen	35	3	28	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14.01	99,5972
	35	3	23	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14.01	99,6811
Lorenz	10	28	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.11	99,5895
	10	50	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.11	99,5972
Lu	36	3	25		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.31	99,6231
	36	3	20		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.31	99,6185
Rossler	0.2	0.2	5.7		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.11	99,3866
	0.5	0.2	10		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.11	99,5529

Tablo 4. Başlangıç koşullarındaki değişikliğin piksel değişim oranı sayısına etkisi

Kaotik Sistem	Model Parametreleri				Tam Sayı Dereceli Sistem 1						Tam Sayı Dereceli Sistem 2						NPCR
					Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	
Chen	35	3	28	-7	1	1	1	-9	-5	14	1	1	1	-9	-5	14.01	99,6201
	35	3	20	-7	1	1	1	-9	-5	14	1	1	1	-9	-5	14.01	99,6094
Lorenz	10	28	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	0.11	99,6552
	10	24	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	0.11	99,6231
Lu	36	3	20		1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	1	1	0.2	0.5	0.31	99,617
	36	3	25		1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	1	1	0.2	0.5	0.31	99,6307
Rossler	0.2	0.2	5.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1	1	1	0.5	1.5	0.11	99,6048
	0.5	0.2	4.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1	1	1	0.5	1.5	0.11	99,6048

3.3. Birleşik Ortalama Değişim Yoğunluğu

Birleşik Ortalama Değişim Yoğunluğu; M×N iki şifreli görüntü arasındaki farkların ortalama yoğunluğu olarak aşağıda tanımlanmıştır.

$$UACI = \frac{1}{M \times N} \Sigma_{i,j} \frac{|c1(i,j) - c2(i,j)|}{255} \times 100\% \quad (6)$$

Burada C1 ve C2 farklı anahtar kullanılarak şifrelenmiş iki farklı şifreli görüntüdür.
D (i, j) aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$D(i,j) = \begin{cases} 1 \; if \; C1(i,j) \neq C2(i,j) \\ 0 \; if \; C1(i,j) = C2(i,j) \end{cases} \quad (7)$$

Tablo 1 ve 2'de verilen Lyapunov üstellerinin elde edilmesini sağlayan diziler kullanılarak şifreleme ve deşifreleme işlemleri ile elde edilmiş görüntüler, UACI parametresi açısından incelenmiş ve Tablo 5'te kesirli dereceli sistemler için, Tablo 6'da da tam sayı dereceli sistemler için verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 5. Başlangıç koşullarındaki değişikliğin birleşik ortalama değişim yoğunluğuna etkisi

Kaotik Sistem	Model Parametreleri				Kesir Dereceli Sistem 1						Kesir Dereceli Sistem 2						UACI
					Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	
Chen	35	3	28	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14.01	33,4124
	35	3	23	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14.01	33,5874
Lorenz	10	28	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.11	33,4633
	10	50	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.11	33,2680
Lu	36	3	25		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.31	33,3543
	36	3	20		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.31	33,5674
Rossler	0.2	0.2	5.7		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.11	38,4550
	0.5	0.2	10		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.11	33,0641

Tablo 6. Başlangıç koşullarındaki değişikliğin birleşik ortalama değişim yoğunluğuna etkisi

Kaotik Sistem	Model Parametreleri				Tam Sayı Dereceli Sistem 1						Tam Sayı Dereceli Sistem 2						UACI
					Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	
Chen	35	3	28	-7	1	1	1	-9	-5	14	1	1	1	-9	-5	14.01	33,3646
	35	3	20	-7	1	1	1	-9	-5	14	1	1	1	-9	-5	14.01	33,5127
Lorenz	10	28	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	0.11	33,3258
	10	24	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	0.11	33,5773
Lu	36	3	20		1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	1	1	0.2	0.5	0.31	33,5725
	36	3	25		1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	1	1	0.2	0.5	0.31	33,4923
Rossler	0.2	0.2	5.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1	1	1	0.5	1.5	0.11	33,5725
	0.5	0.2	4.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1	1	1	0.5	1.5	0.11	33,3573

3.4. Entropi

Bir sembol kaynağı S'nin entropisi H aşağıdaki denklemle hesaplanabilir [8].

$$H(S) = -\Sigma_{i=0}^{N-1} P(S_i) log_2 P(S_i) \quad (8)$$

Burada $P(S_i)$ Si sembolünün olasılığını temsil eder ve entropi bit olarak ifade edilir. Kaynak S eşit olasılıkla 2^8 sembol yayarsa $S = \{s1, s2 \ldots s256\}$, o zaman entropinin sonucu gerçek bir rastgele kaynağa karşılık gelen ve mesaj kaynağı S için ideal entropi değerini temsil eden H(S) = 8'dir.

Gri değerin dağılımı ne kadar düzgün olursa, bilgi entropisi o kadar büyük olur. Şifrelenmiş bir görüntünün bilgi entropisi ideal 8 değerinden önemli ölçüde düşükse, görüntü güvenliğini tehdit eden bir öngörülebilirlik olasılığı olacaktır.

Tablo 1 ve 2'de verilen Lyapunov üstellerinin elde edilmesini sağlayan diziler kullanılarak şifreleme ve deşifreleme işlemleri ile elde edilmiş görüntüler, Entropi parametresi açısından incelenmiş ve Tablo 7'de kesirli dereceli sistemler için, Tablo 8'de de tam sayı dereceli sistemler için verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 7. Başlangıç koşullarındaki değişikliklerin şifreli görüntünün entropi değerine etkisi

Kaotik Sistem	Model Parametreleri				Kesir Dereceli Sistem 1						Kesir Dereceli Sistem 2						Entropi	
					Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları				
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	Entropi 1	Entropi 2
Chen	35	3	28	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14.01	7,9896	7,9893
	35	3	23	-7	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14	0.9	0.9	0.9	-9	-5	14.01	7,9894	7,9893
Lorenz	10	28	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.11	7,989	7,9891
	10	50	8/3		0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.1	0.993	0.993	0.993	0.1	0.1	0.11	7,9896	7,9892
Lu	36	3	25		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.31	7,9898	7,9897
	36	3	20		0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.3	0.985	0.99	0.98	0.2	0.5	0.31	7,9886	7,9887
Rossler	0.2	0.2	5.7		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.11	7,6535	7,6585
	0.5	0.2	10		0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.1	0.9	0.85	0.95	0.5	1.5	0.11	7,9892	7,9892

Tablo 8. Başlangıç koşullarındaki değişikliklerin şifreli görüntünün entropi değerine etkisi

Kaotik Sistem	Model Parametreleri				Tam Sayı Dereceli Sistem 1						Tam Sayı Dereceli Sistem 2						Entropi	
					Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları			Kesir Dereceleri			Başlangıç Koşulları				
	a	b	c	d	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	q1	q2	q3	Y0(1)	Y0(2)	Y0(3)	Entropi 1	Entropi 2
Chen	35	3	28	-7	1	1	1	-9	-5	14	1	1	1	-9	-5	14.01	7,9888	7,9891
	35	3	20	-7	1	1	1	-9	-5	14	1	1	1	-9	-5	14.01	7,9894	7,9893
Lorenz	10	28	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	0.11	7,9889	7,9896
	10	24	8/3		1	1	1	0.1	0.1	0.1	1	1	1	0.1	0.1	0.11	7,9889	7,9889
Lu	36	3	20		1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	1	1	0.2	0.5	0.31	7,9889	7,9891
	36	3	25		1	1	1	0.2	0.5	0.3	1	1	1	0.2	0.5	0.31	7,989	7,9887
Rossler	0.2	0.2	5.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1	1	1	0.5	1.5	0.11	7,9886	7,9885
	0.5	0.2	4.7		1	1	1	0.5	1.5	0.1	1	1	1	0.5	1.5	0.11	7,9883	7,9883

4. SONUÇ

Lyapunov üstelleri arttıkça Piksel Değişim Oranı Sayısı değerlerinin arttığı (NPCR) ve Birleşik Ortalama Değişim Yoğunluğu (UACI) azaldığı gözlemlenmiştir. Lyapunov üstelleri, tanımları gereği birbirine çok yakın başlangıç koşullarında elde edilen dizilerin, zamanla yörüngelerinin birbirinden ne kadar farklılılaştığının bir ölçüsüdür. Bu anlamda beklendiği gibi yörüngesel farklılıkları fazla olan dizilerin ataklara daha dayanıklı olduğu sonucuna varılabilmiştir. Şifrelenen görüntüler için elde edilen bilgi entropi değerleri ideal 8 değerine çok yakındır. Diğer kaotik sistemlere kıyasla kesir dereceli Rössler kaotik sisteminin Entropi değerinin düşük çıkmasının sebebinin; sistemin Lyapunov üstellerinden birinin değerinin çok düşük olduğu öngörülmüştür. Sıfıra çok yakın olan bu Lyapunov üsteli değeri, neredeyse periyodikliğe çok yakın bir bileşen dahil etmektedir. Kullanılan kaotik sistemin tam sayı ya da kesirli dereceli olmasının özel olarak getirdiği bir durumla karşılaşılmamıştır. Kriptoloji alanında kaotik sistemlerin kullanılabilirlikleri açısından aralarında fark olmadığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Niyojeet Shrirao, Alpana Pandey and RamjiGupta.(2019). “A review: Analysis of fractional order chaotic systems “, International Journal of Innovative Research in Applied Sciences and Engineering (IJIRASE).

[2] Aleksei Tepljakov, Eduard Petlenkov, Emmanuel A. Gonzalez, Ivo Petras, “Design of a Matlab Design of a Matlab-Based Teaching tool in Introductory Fractional-order systems and controls”, The 47TH Annual Frontiers in Education (FIE) Conference, 2017.

[3] Leon 0.Chua, Chai Wah Wu, Anshan Huang, and Guo-Qun Zhong,”A Universal Circuit for Studying and Generating Chaos-Part I: Routes to chaos.

[4] Choksi Hetal and Dr. M. G. Timol, “On the Formulation of Fractional Differential Equation from Differential Equation”, International Journal of Dynamics of Fluids. ISSN 0973-1784 Volume 13, Number 2 pp. 209-218, 2017.

[5] K M Ibrahim, K., R K Jamal, & F.H Ali, “Chaotic behaviour of the Rossler model and its analysis by using bifurcations of limit cycles and chaotic attractors.”, Journal of Physics: Conference Series. 1003. Institute of Physics Publishing, 2018.
[6] Alpana Pandey, R.K. Baghel, R. P. Singh, “Analysis and Circuit Realization of a New Autonomous Chaotic System, International Journal of Electronics and Communication Engineering ISSN 0974-2166 Volume 5, Number 4 pp. 487-495, 2012.
[7] Petráš, I. “A note on the fractional-order Chua's system.”, Chaos, Solitons and Fractals, 38(1), 140-147, 2008.
[8] S. Larptwee and W. San-Um, “Implementation of Rössler Chaotic System through Inherent Exponential Nonlinearity of a Diode with Two-Channel Chaotic.
[9] Md.Billal Hossain, Md.Toufikur Rahman, A B M Saadmaan Rahman, Sayeed Islam (2014). " A New Approach of Image Encryption Using 3D Chaotic Map to Enhance Security of Multimedia Component" , 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS, ELECTRONICS & VISION.
[10] Özer, A. B. ve Akın, E., (2005). “Tools for Detecting Chaos”, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9 (1):60-66.
[11] Wolf, A., Swift, J. B., Swinney, H. L. ve Vastano, J. A., (1985). "Determining Lyapunov Exponents from a Time Series", PhysicaD, 16: 285-317.

ALTIN NANOPARÇACIK İÇEREN TARAK TİPİ AMFİFİLİK GRAFT KOPOLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Özlem Altunordu Kalaycı
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Fizik Bölümü
ozlem_altunordu@yahoo.com.tr, ORCID: 0000-0001-6563-9145

Baki Hazer
Kapadokya Üniversitesi / Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu / Uçak Gövde ve Motor Bakımı Bölümü
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / KimyaBölümü
bhazer2@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-8770-805X

Özet
Polimer bazlı nanokompozitler; işlevlilik, kolay, bilinen üretilebilirlik ve düşük maliyet gibi avantajlarından dolayı çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır. Mekanik özelliklerinin anlaşılması, servis ömrü, farklı yüklere karşı direnç ve güvenilirlik dahil olmak üzere nanokompozit uygulamalarını ve verimliliğini genişletmek için önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, altın nanoparçacık içeren polipropilen graft polietilen glikol nanokompozit filminin (Au@PPEGX), çekme dayanımı ve sünekliği, çekme deneyine tabii tutularak tespit edilmiştir. Bu amaçla farklı polietilen glikol zincir uzunluklarına sahip altın nanoparçacık içeren nanokompozitler ile farklı polietilen glikol içeriğine sahip nanokompozitlerin çekme testi sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca altın nanoparçacık içeren nanokompozitlerin UV görünür bölge absorbans eğrilerinin yüzey plazmon rezons değeri belirlenerek, altın nanoparçacık boyut ve yapısının sonuçlar üzerindeki etkisi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: AuNP, PP-g-PEG, elastik modül, kopma uzaması, yüzey plazmon rezonans.

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF GOLD NANOPARTICLES EMBEDDED INTO THE COMB-TYPE AMPHIPHILIC GRAFT COPOLYMER

Abstract
Polymer based nanocomposites are used for various applications due to their advantages such as functionality, ease, known manufacturability and low cost. Understanding its mechanical properties has become important to expand nanocomposite applications and productivity, including service life, resistance to different loads, and reliability. In this study, the tensile strength and ductility of the gold nanoparticles embedded polypropylene graft polyethylene glycol nanocomposite film (Au@PPEGX) were determined by the tensile test. For this purpose, tensile test results of nanocomposites containing gold nanoparticles with different polyethylene glycol chain lengths and nanocomposites with different polyethylene glycol contents were compared. In addition, the effect of gold nanoparticle size and structure on the results was discussed by determining the surface plasmon resonance value of UV visible region absorbance curves.

Keywords: AuNP, PP-g-PEG, elastic modulus, elongation at break, surface plasmon resonance.

1. GİRİŞ
Metal nanoparçacık içeren polimer nanokompozitler, polimer bir matris içerisine farklı teknikler ile yerleştirilmiş nanoboyutlu takviye malzemeleri ile üretilmektedir. Uygun polimer matris içerisine metal nanoparçacıklar ilave edilerek, nanokompozitin bileşenlerinin mekanik, elektrik, optik vb. özellikleri üzerinde parçacık boyutuna bağlı olarak kontrol sağlanabilir (Kalaycı ve ark., 2010). Bu kontrolün sağlanabilmesi uygun polimer matrisin belirlenmesine bağlıdır çünkü en büyük zorluklardan biri, nanoparçacıkların boyutunu ve morfolojisini kontrol etmenin yanı sıra polimer boyunca metal nanoparçacıkların homojen dağılımlarını elde etme yeteneğidir. Takviye elemanı olarak nano boyuttaki malzemelerin kullanılması ile hacim oranı içinde yüzey alanı artmış ve malzemenin fiziksel özellikleri değişmiş olacaktır (Kalaycı ve ark., 2013).

Polimer nanokompozitlerin hazırlanmasına yönelik yöntemler çoğunlukla nanoparçacıkların yerinde indirgenmesine (in stu) veya daha önce sentezlenmiş nanopartiküllerin polimere dahil edilmesine (ex stu) dayanmaktadır. Tarak tipi graft kopolimerler; bir yüzey veya ara yüzeye birer birer bağlanan polimer zincirlerinin bir araya gelmesi şeklinde oluşmaktadırlar. Tarak tipi graft kopolimerler klasik olarak blok kopolimerlerden veya yüzeyde açıkta kalan fonksiyonel bloklara uçtan graftlanmış polimerlerden hazırlanmaktadır (Balcı ve ark., 2010). Amfifilik tarak tipi kopolimerler içerdikleri hidrofilik ve hidrofobik bloklar sebebiyle nanoparçacıklar için uygun bir dengeleyecidir. Özellikle polietilen glikol (PEG) gibi bloklar içeren tarak tipi polimerlerde, bu bloklar hem indirgeyici hemde dengeleyici bir davranış sergilerler.

Yüzey plazmon rezonans frekansı (SPR); metalin cinsine, yapısına, boyutuna, ortamın dielektrik özelliklerine ve parçacıklar arası mesafeye sıkı sıkıya bağlıdır. Nanoparçacıkların geometrisi değiştiğinde yüzey geometrisi değistiği için yüzey üzerindeki elektrik alanda kayma oluşabilmektedir ve bu durum elektronların titresim frekansını değiştirmektedir. Sonuç olarak aynı metalik nanoparçacık için farklı absorbans ve saçılma spektrumları oluşmaktır. Örneğin 30 nm boyutundaki bir altın nanoparçacığın SPR değeri yaklaşık 500 nm iken bir nanoçubuğun SPR dalgaboyu 800 nm olmaktadır (Sun ve Xia, 2003). Altın (Au), gümüs (Ag) ve bakır (Cu) görünür bölgede rezonans şartları çok güçlü olan metallerdir ve optik uygulamalar için tercih edilmektedirler.

Bazı inorganik nanoparçacıklar içeren polimer kompozit kaplamalar, çatlakların başlamasına ve ilerlemesine direnç sağlayabilir, boşlukları doldurabilir ve çatlak köprüleme, sapma ve eğilme başlatabilir. Temel olarak, polimer bazlı nanokompozitlerin mekanik özellikleri, nanoparçacık ve polimer matris arasındaki arayüz, parçacığın geniş spesifik yüzey alanı nedeniyle baskın bir rol oynar. Nanoparçacık ve polimer arasındaki arayüz etkileşiminin ayarlanması polimerlerin zayıf mekanik özelliklerinin yüzey aşınmasına veya aşınmaya karşı dirençlerinin nanoparçacık tarafından geliştirilmesi için imkan sağlamaktadır (Guo ve ark., 2014) .

Bu çalışma da arayüz etkileşimlerinin mekanik özelliklerin üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla iyi film özelliklerine sahip polipropilen-graft-polietilen glikol (PPEGX) amfifilik graft kopolimeri içerisinde altın (Au) nanoparçacık indirgeyerek oluşturulan Au@PPEG nanokompozit filmi çekme testine tabi tutularak, karşılaştırma yapılmış ve mekanik özellikleri tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Klorlu polipropilen (PP-Cl, Mw 150.000 Da, üç tekrar eden birim ortalama 1 Cl içerir), Mn =1000, 2000, 3350 Da olan polietilen glikol (PEG), yağda dağılmış NaH (ağırlıkça %60), HAuCl4 ve Tetrahidrofuran Sigma-Aldrich'ten temin edilmiştir.

2.2 PP-g-PEG ve Au@PP-g-PEG kopolimerinin sentezi

PP-g-PEG tarak tipi kopolimerlerinin sentezi, Balcı ve ark., (2010) tarafından verilmiştir. Au nanoparçacık içeren PP-g-PEG nanokompozitinin sentezlenmesi aşamasında; 0,200 g kopolimer, 10 mL THF içinde çözülmüş, ardından polimer/THF çözeltisi içinde 0.4 mM HAuCl4 elde etmek için bu polimer çözeltisine hazırlanmış olan 0.04 mL HAuCl4/THF çözeltisinden ilave edilmiştir. 5 dakika karıştırıldıktan sonra 0.2 mL $NaBH4/H_2O$ de damlatılarak indirgeme reaksiyonu tamamlanmıştır. Çözelti bir saat karıştırılarak bir Petri kabına (ϕ=5cm) dökülmüştür. Oda sıcaklığında buharlaştırılan çözelti nanokompozit film haline geldikten sonra metanol ile yıkanarak, 24 saat vakum altında kurutulmuştur. Aynı işlemler, AuPPEGX (X=1000, 2000, 3350), karma zincir uzunluğuna sahip (mPPEG) ve farklı katkı miktarlarında PEG2000-X içeren Au@PPEG polimeri için tekrarlanmıştır.

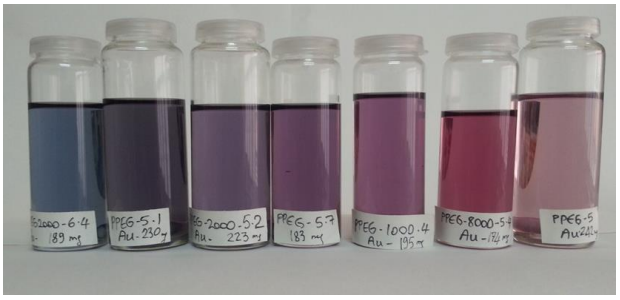
2.3 Karakterizasyon

Au@PPEG nanokompozit filmleri 20 mL toluen içerisinde çözülerek kolloidal, berrak çözeltiler elde edilmiştir. Nanokompozit film çözeltilerinin yüzey plazmon rezonans dalga boyu değerini elde etmek için oda sıcaklığında UV-quartz küvet (1 cm) kullanılarak Cary 100 model UV-Görünür Spektrometresi ile absorbans eğrisi kaydedilmiştir. Taramalı elektron mikroskop görüntüleri JEOL JXA-6335 FS cihazı ile elde edilmiştir. Ayrıca, SEM cihazına entegre olan EDX cihazı ile element miktarı tespiti yapılmıştır.

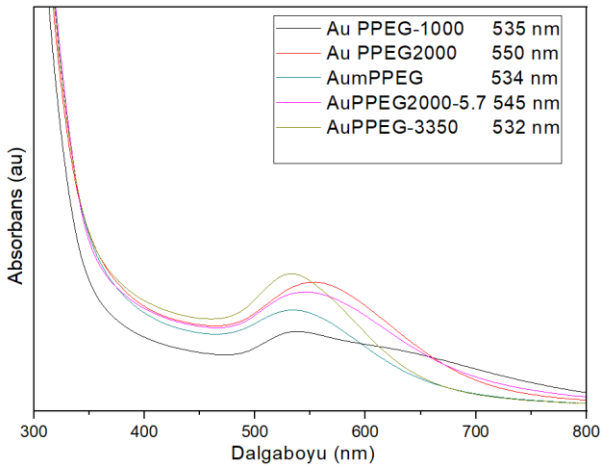
Nanokompozit numunelerinin gerilme-gerinim ölçümleri, oda sıcaklığında,100 mm/dk' lık bir germe hızına sahip 0.01 MPa 'lık bir ön yük ile Zwick Roel Z010 Model Universal Çekme Test Cihazı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Film örneklerinin başlangıç boyları 20 mm' dir. Her numune için ölçüm en az dört kez tekrarlanmıştır.

2.4 Deneysel Bulgular

Au@PPEGX tarak tipi amfifilik kopolimer filminin kolloial çözeltileri Şekil 1' de verilmiştir. Kolloidal çözeltiler, altın küresel nanoparçacıklar için karakteristik ~530-550 nm SPR pikleri vermiştir. Hazırlanan numunelerden seçilmiş örneklerin UV-Görünür bölge absorbans eğrileri ve SPR pik değerleri Şekil 2 de gösterilmiştir.

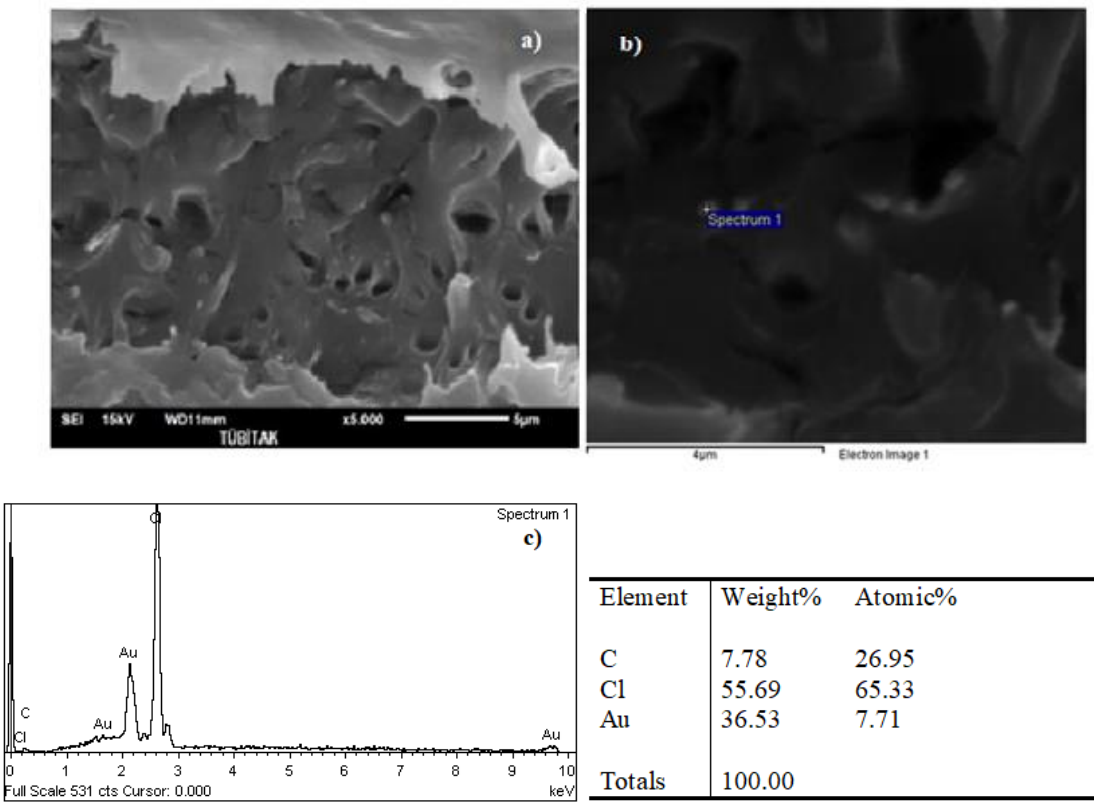


Şekil 1. Au@PPEGX nanokompozit filmlerinin kolloidal çözeltileri



Şekil 2. Au@PPEGX nanokompozit filmlerinin içerdiği altın nanoparçacıkların SPR değerleri.

Şekil' 2 de Au@PPEG1000 ve Au@PPEG3350 kodlu nanokompozitlerinin absorbans eğrileri karşılaştırıldığında altın nanoparçacık oluşumu üzerinde PEG zincir uzunluğunun etkisi tartışılabilir. Absorbans eğrilerinde Au@PPEG3350 daha dar bir pik vermiştir. PPEG polimeri içerisinde metal nanoparçacıklar PEG zincirleri arasında yerleşmektedir (Kalaycı ve ark., 2010). Bu sebeple PPEG3350, PPEG1000' e göre daha kararlı bir ev sahipliği yapmaktadır.



Element	Weight%	Atomic%
C	7.78	26.95
Cl	55.69	65.33
Au	36.53	7.71
Totals	100.00	

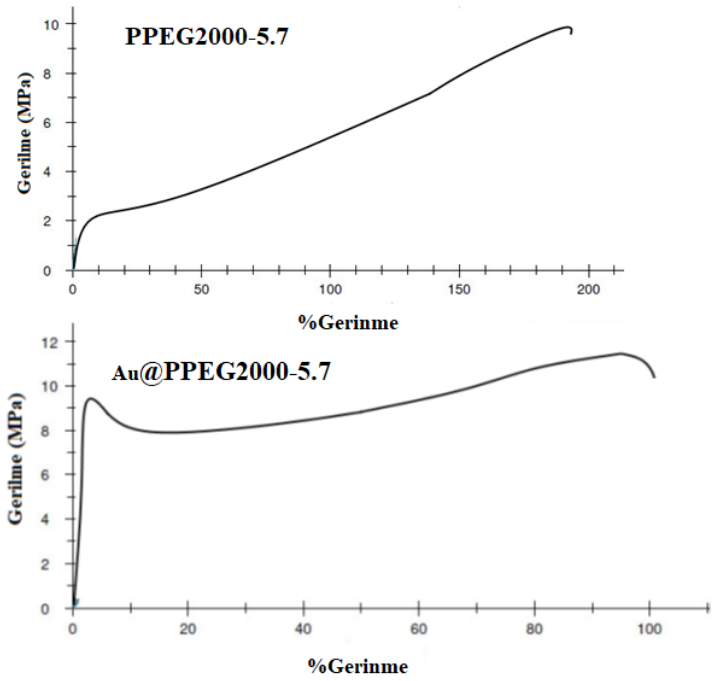
d)

Şekil 3. Au@PPEG2000-5.7 filminin SEM ve EDX analizleri **a-b)** SEM fotoğrafı **c-d)**EDX

Şekil 3' de üretilen numunelerden rastgele seçmiş olan Au@PPEG2000-5.7 numunesinin SEM ve EDX analizi görülmektedir. Şekil 3b' de odaklanılan bölgenin Şekil 3c ve 3d' de verilen EDX analiz sonuçlarına göre Au@PPEG2000-5.7 içerisinde altın nanoparçacık formasyonu oluştuğu belirlenmiştir. Bir malzemenin deformasyonu ile ilgili bilgiye gerilme-gerinim eğrisinden ulaşılabilmektedir. Gerilme gerinim eğrisi malzemeye özgü bir sonuç verir ayrıca malzemelerin kendi içlerinde sınıflandırılmasını sağlar. Numuneleri, çeneler arasına dikine yerleştirilerek, çekme testi standartlara uygun olarak gerçekleştirilmektedir (Arıcıoğlu ve ark., 2000). Numunenin boyundaki uzama ve çekme dayanımı ve kopma uzaması değeri kaydedilir. Buna göre Tablo 1 de PPEGX ve Au@PPEGX nanokompozit filmlerinin çekme testi sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre PPEG polimeri içerisindeki PEG miktarının değişmesi ve altın nanoparçacıkların bu polimerlere ilavesi ile filmin çekme dayanımı artmış ve % Kopma uzaması değeri azalmıştır. Aynı şekilde farklı zincir uzunluklarına sahip PEG içeren Au@PPEGX nanokompozitinin çekme testi sonuçları Tablo 2' de görülmektedir.

Tablo 1: PPEGX ve Au@PPEGX nanokompozit filmlerinin çekme testi sonuçları

Numune (Farklı PEG katkısı)	Çekme Dayanımı MPa	Kopma Uzaması %	% Çekme Dayanımı Artışı
PPEG2000-4	10.54	203.09	
Au@PPEG2000-4	11.42	109.42	**8.34**
PPEG2000- 5.2	9.63	196.68	
Au@PPEG2000- 5.2	10.57	156.64	**9.76**
PPEG2000-5.7	9.94	193.84	
Au@PPEG2000-5.7	11.40	101.91	**14. 69**
PPEG2000-6.1	9.14	168.23	
Au@PPEG2000-6.1	13.10	105.76	**30.00**
PPEG20000 6.4	8.66	174.61	
Au@PPEG2000- 6.4	15.04	111.40	**73.67**



Şekil 4. Au@PPEG2000-5.7 filminin çekme testi sonuçları

Metal nanoparçacıkların PEG dalları arasında indirgendiği Au@PPEGX polimerlerinin Tablo 2' de sunulan çekme testi verilerine göre; Au@PEG2000' in, Au@PEG1000' e göre çekme dayanımı ~ %81.51' e kadar yükselmiştir.

Tablo 2: PPEGX ve Au@PPEGX nanokompozit filmlerinin çekme testi sonuçları

Numune (Farklı PEG zincir uzunlukları)	**Çekme Dayanımı MPa**	**Kopma Uzaması %**	**% Çekme Dayanımı Artışı**
Au@PPEG1000	7.68	140.59	-
Au@PPEG2000	13.94	110.89	**81.51**
Au@PPEG3350	10.20	124.78	**32.81**
Au@mPPEG	7.85	129.81	**2.21**

3. SONUÇ

Altın nanoparçacık içeren Au@PPEGX nanokompozit filminin yüzey plazmon rezonans değeri küresel altın nanoparçacıkların SPR değerlerine uygun bir şekilde elde edilmiştir. Yüzey plazmon rezonans değerleri 532 nm ile 550 nm arasında değişkenlik göstermektedir. Polimerik yapı içerisindeki PEG zincirlerinin uzunluğunun etkisi ile SPR piklerinin genişliğinde belirgin oynama olmuş ve pik değerinde ise farklı zincir uzunlukları için yaklaşık 20 nm lik bir değişim gözlenmiştir. Ancak, polimer içerisinde metal tuzlarının indirgenmesi sırasında ortaya çıkan çekirdekleşme ve büyüme aşamalarında da farklı etkiler sebebiyle bu durumun gerçekleşmiş olması gözönünde bulundurulmalıdır. Tüm testlerde aynı Au içeriğine sahip nanokompozit malzemeler kullanılmıştır. Nanokompozit sentezinde polimer ve metal nanoparçacık arasındaki etkileşimleri takip ederek uygun polimerik malzeme üretimi hedeflenmiştir. Literatürde PPEG polimerinin (PEG: M_n: 600 ve 2000 için) çekme dayanımı Balcı ve ark. 2010 tarafından sunulmuştur. Bu çalışma da üretilen PPEGX ve Au@PPEGX filmlerinin Tablo 1 ve Tablo 2' de verilen sonuçlarına göre Au@PPEGX nanokompozit filmlerinin daha yüksek çekme dayanımı sergilediği gözlenmiştir. Ayrıca altın nanoparçacık içeren Au@PPEGX nanokompozitleri kendi aralarında karşılaştırıldığında, Au@PPEG1000'e göre Au@PPEG2000 ve AuPPEG3350 sırasıyla %81.51 ve %32.81 çekme dayanımı sunmuştur.

4. TARTIŞMA

Altın nanoparçacık içeren polipropilen-g-polietilen glikol nanokompozit filmlerinin; altın nanoparçacık ilavesiyle çekme dayanımının güçlenmesi, bir kaplama malzemesi olarak, yeni malzeme uygulamalarında kullanılabilmesinin önünü açmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın çekme testleri; Cilas Kauçuk A. Ş, Devrek-Zonguldak laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Arıcıoğlu, M.K., Mert, B., Soydan, Y. (2000) "Polimer Malzemelerin Mekanik Analiz Yöntemleri", *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4.Cilt, 51-58.

Balcı, M., Allı, A., Hazer, B., Güven, O., Cavicchi, K., Cakmak, M. (2010) "Synthesis and characterization of novel comb-type amphiphilic graft copolymers containing polypropylene and polyethylene glycol", *Polymer Bulletin*, 64 (7), 691-705.

Guo, D., Xie, G., Luo, J. (2014) "Mechanical properties of nanoparticles: basics and applications", *J. Phys. D: Appl. Phys*., 47, 013001.

Kalaycı, O.A., Cömert, F.B., Hazer, B., Atalay, T., Cavicchi, K., Cakmak, M. (2010) "Synthesis, characterization, and antibacterial activity of metal nanoparticles embedded into amphiphilic comb-type graft copolymers", *Polym. Bulletin*, 65: 215–226.

Kalaycı, O.A., Duygulu, O., Hazer, B. (2013) "Optical characterization of CdS nanoparticles embedded into the comb-type amphiphilic graft copolymer", *Journal of Nanoparticle Research*, 15: 1355.

Sun, Y., Xia, Y. (2003) "Gold and silver nanoparticles a class of chromophores with colors tunable in the range from 400-750 nm", *Analyst*., 128: 686-691.

COVİD-19 KARANTİNASININ HAVA KALİTESİNE ETKİSİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Özge Nur Çalık
Kocaeli Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
oncalik@gmail.com, ORCID:0000-0001-7973-9171

Doç. Dr. Şenay Çetin Doğruparmak
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakiltesi / Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
senayc@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5968-2948

Özet
Covid-19 pandemi döneminde, ülkeler hızla yayılan ve ölüme sebebiyet verebilen virüsü kontrol altına almak amacıyla birtakım önlemler almışlardır. Alınan önlemler atmosfere salınan hava kirletici konsantrasyonlarında bazı değişimlere sebep olmuştur. Bu çalışmada Covid-19 karantinasının İstanbul İli'nde hava kalitesine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla İl'deki toplam 39 istasyonda ölçümleri gerçekleştirilen PM_{10}, SO_2, NO_2, NO_X, O_3 ve CO hava kirleticilerinin günlük değişimleri "Ulusal Hava Kalitesi Ağı"ndan alınarak veri setleri oluşturulmuş ve konsantrasyonlar hem grafiksel hem de istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, pandemi dönemindeki (Kasım, Aralık ve Ocak 2020) kirletici konsantrasyonları pandemiden önceki yılın aynı ayları (Kasım, Aralık ve Ocak 2019) ile karşılaştırıldığında, bazı emisyonlarda artış gözlenirken bazılarında azalma görülmüştür. Bir önceki yılın aynı aylarına göre sırası ile emisyonlardaki değişimler şu şekildedir: PM_{10} konsantrasyonlarında; %50, %20 ve %14'lük azalma gözlenmiştir. SO_2 konsantrasyonlarında ise, Kasım ayı için %19'luk azalma meydana gelirken, Aralık ve Ocak ayları için sırasıyla %4 ve %49'luk artışlar olmuştur. NO_2 konsantrasyonları %22, %18, %4 , NO_X konsantrasyonları ise %33, %17 ve %7 oranlarında azalmıştır. CO konsantrasyonları, Kasım 2020'de %13 azalmış ancak diğer aylarda artış göstermiştir. O_3 konsantrasyonlarında ise diğer emisyonlardan farklı olarak %54, %35 ve %23'lük artışlar meydana gelmiştir. Sokağa çıkma kısıtlamasının olduğu (33 gün) ve olmadığı günler (424 gün) için yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ise, pandemi dönemindeki kirletici konsantrasyonları pandemiden önceki yılın aynı ayı ile karşılaştırıldığında PM_{10}, NO_X ve NO_2 kirleticileri için anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilirken SO_2, CO ve O_3 kirleticileri için aralarında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Sonuç olarak, Covid-19 pandemisi nedeniyle uygulanan önlemlerin, ülkenin her noktasında ve her kirletici için olmasa da genel olarak değerlendirildiğinde hava kalitesinin iyileştirilmesine doğrudan etki ettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, Hava Kirliliği, Hava Kalitesi, İstanbul.

THE EFFECT OF COVID-19 LOCKDOWN ON AIR QUALITY: THE CASE OF ISTANBUL

Abstract
The measures taken with Covid-19 pandemic have caused some changes in the concentrations of air pollutants released into the atmosphere. In this study, daily changes of PM_{10}, SO_2, NO_2, NO_X, O_3 and CO air pollutants measured in 39 stations in Istanbul Province of Covid-19 quarantine were taken from the "National Air Quality Network" and data sets were created. Then air pollutant concentrations were evaluated both graphically and statistically. As a result of the study, when pollutant concentrations in the pandemic period (November, December and January 2020) were compared with same months of the year before the pandemic (November, December and January 2019), some emissions increased while others decreased. The changes in emissions, respectively, compared to the same months of the previous year are as follows: At PM_{10} concentrations; 50%, 20% and 14% reductions were observed. In SO_2 concentrations, there was a 19% decrease for November, while an increase of 4% and 49% was observed for December and January, respectively. NO_2 concentrations decreased by 22%, 18%, and 4%, while NO_X concentrations decreased by 33%, 17% and 7%. CO concentrations decreased by 13% in November 2020 but increased in other months. Unlike other emissions, O_3 concentrations increased by 54%, 35% and 23%. According to the statistical analysis results for the days with (33 days) and without the curfew (424 days), when the pollutant concentrations during the pandemic period are compared with the same month of the previous year, there is a significant difference for PM_{10}, NO_X and NO_2 pollutants,

while SO_2, CO and O_3 pollutants, no significant difference was found between them. Consequently, it has been determined that the measures implemented due to the Covid-19 pandemic have a direct impact on the improvement of air quality in every part of the country and in general, if not for every pollutant.

Keywords: Covid-19, Air Pollution, Air Quality, İstanbul.

1. GİRİŞ

Sanayinin gelişmiş olduğu bölgelerde en önemli çevre sorunlarından biri hava kirliliğidir. Ayrıca hava kirliliği yaşam kalitesi için oldukça önemlidir. Havada bulunan kirleticiler, solunum yolu hastalıklarına sahip olan insanlarda hastalığı olumsuz etkilemektedir (Samani ve ark., 2021). Covid-19 insanların solunum sistemlerine tahribat veren öksürük, ateş, nefes darlığı gibi önemli semptomlarla kendini belli ederek hastalığa sebebiyet veren bir virüstür (Ferguson ve ark., 2020). İlk olarak 1 Aralık 2019 tarihinde Çin'in Vuhan Eyaleti'nde solunum yolu belirtileri ile birlikte görülmüş ve yayılma hızının yüksek olması sebebiyle süratle önce bütün Çin'e, ardından da tüm dünyaya yayılmıştır. Covid-19'un yayıldığı ülkelerde vaka sayılarının ve neden olduğu ölümlerin hızla armasıyla birlikte, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 11 Mart 2020'de pandemi olarak ilan edilmiştir (Shakoor ve ark., 2020). WHO, dünyanın her yerinde bulunan insanları sosyal mesafe şartına uymaları, kalabalık ortamlarda bulunmamaları ve kendilerini virüsün bulaşma ihtimaline karşı izole etmeleri konusunda uyarmıştır (WHO, 2020).

Karantina süreci boyunca tüm dünyada ve ülkemizdeki insanların izolasyon ve virüsten korunma amacıyla evlerinden dışarıya çıkmamaları sebebiyle trafikte yoğunluğun azalması, pandeminin pik yaptığı süreçlerde endüstriyel üterim faaliyetlerinin yavaşlatılması/durdurulması, işletmelerin kapatılması ve sokağa çıkma yasağının uygulanması özellikle büyük kentlerdeki hava kalitesinde oldukça önemli değişimlere neden olmuştur. Yapılan araştırmalar, geçici kısıtlamaların hava kalitesi değerlerini iyileştirdiğini ortaya koymaktadır (Sarmadi ve ark., 2021). Fakat yapılan çalışmalar aynı zamanda hava kalitesindeki iyileşmelerin uzun vadeli sürdürülebilir olamayacağını da savunmaktadır (THHP, 2020). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre her geçen sene 8 milyon insan yaşamını hava kirliliğinin etkileri yüzünden kaybederken; dünya nüfusunun %91' i ise hava kalitesinin kötü ve kirliliğin yoğun olduğu yerlerde yaşamaktadır. (WHO,2020). Viral enfeksiyonlar ve solunum yolu rahatsızlıkları arasında bir ilişkinin olup olmadığına dair yapılan çalışmalarda kirleticilerin solunum yolu rahatsızlıklarını tetiklediği, halk sağlığı açısından oldukça önemli olduğu sonucuna varılmıştır (Ciencewiski ve Jaspers'ın, 2007). Hava kalitesinin iyileştirilmesinin salgının üstesinden gelmede ve hastalığı hafif geçirmede önemli bir rol oynayabileceği üzerinde durulmaktadır (Conticini ve ark., 2020). Bu çalışmada, Covid-19 pandemi sürecinde virüsün etkisinin azaltılması ve önlenebilmesi amacıyla alınan önlemlerin, İstanbul'un hava kalitesindeki etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma kapsamında, pandemiden önceki ve sonraki zamanları değerlendirebilmek amacıyla Kasım 2019 - Ocak 2021 tarihleri arasındaki süreçte İstanbul'da toplam 39 istasyonda ölçümleri gerçekleştirilen PM_{10}, SO_2, NO_2, NO_X, O_3 ve CO hava kirletici parametrelerinin günlük konsantrasyonları çıkarılarak veri setleri oluşturulmuştur. Geniş veri setini oluşturan hava kirleticilerinin nasıl değişim gösterdiği karantina bilgileri gözden geçirilerek incelenmiş, konsantrasyonlar hem grafiksel hem de istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın, getirilen kısıtlamalar sonucu hava kalitesinde nasıl bir iyileşme sağladığının belirlenmesi açısından literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı ve Hava Kirletici Konsantrasyon Verileri

Çalışma kapsamında hava kirleticilerinin değerlendirildiği istasyonlar, İstanbul'daki toplam 39 adet ölçüm istasyonudur. Ölçüm istasyonlarında toplanan ölçüm verileri Bakanlık Çevre Referans Laboratuvarı Veri İşletim Merkezine aktarılarak izlenmekte ve www.havaizleme.gov.tr adresinde eşzamanlı olarak yayınlanmaktadır. Çalışma kapsamında değerlendirilen hava kirleticilerinin saatlik verileri bu adresden indirilmiş olup, saatlik verilerin günlük ve yıllık değerlere çevrilmesinde medyan (ortanca) değeri kullanılmıştır (ÇŞB, 2021; OKA, 2020). Medyan, sapmaları ortalama değerlerden daha doğru tanımladığı için çalışmada medyan değerler tercih edilmiştir. (Doğruparmak and Özbay, 2011).

2.2. Karantina Gün ve Covid-19 Verileri

Türkiye 11 Mart 2020'de ilk vakanın resmi olarak açıklanmasıyla birlikte salgının yayılımını azaltmak amacıyla önlemler almaya başlamıştır. Bakanlığın sitesi olan https://covid19.saglik.gov.tr/ adresinde uygulanan test sayısı, vaka, vefat ve entübe olan hasta sayıları her gün güncellenerek yayınlanmış ve pandemi ile mücadele edebilmek için eğitimden ulaşıma, çalışma hayatından sosyal hayata kadar birçok alanda toplumsal ve sosyal önlemler alınmıştır (Azgın et al., 2021, SB, 2021). Alınan önlemler sonucunda 2020 Haziran ayına gelindiğinde Covid-19 Pandemisine karşı genel olarak dünyada ve Türkiye'de vaka sayılarında önemli azalmalar gerçekleşmiştir. Bunun sonucu olarak toplum hayatını ve ekonomiyi kısıtlayıcı birçok tedbirde rahatlatıcı revizyonlara gidilmiştir (Balcı and Çetin, 2019). 2020 Ekim ayına gelindiğinde ise, vaka sayılarının tekrar yükselmesiyle birlikte kısıtlayıcı tedbirler yeniden arttırılmıştır. Alınan önlemler çok çeşitli alanlarda olup, bu çalışma kapsamında sadece kirletici emisyonlarıyla ilişkilendirilecek sokağa çıkma yasaklarının olduğu günler çıkarılmış ve Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sokağa çıkma yasaklarının olduğu günler

SOKAĞA ÇIKMA YASAĞININ OLDUĞU GÜNLER		
11-12 Nisan 2020 (2 gün)	30 büyükşehir ve Zonguldak'ta	
17 Nisan 2020 Cuma-19 Nisan 2020 Pazar (2 gün)	Cuma gecesinden-Pazar gecesine kadar 48 saat	
23-26 Nisan (4 gün)	Çoçuk Bayramı nedeni ile	
1-3 Mayıs 2020 (3 gün)	İşçi Bayramı nedeni ile	
23-26 Mayıs 2020 (4 gün)	Ramazan Bayramı nedeni ile	
5-6 Aralık 2020	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	Haftaiçi her gün 21:00-05:00 arası sokağa çıkma yasağı uygulanmıştır.
12-13 Aralık 2020	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
19-20 Aralık 2020	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
26-27 Aralık 2020	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
2-3 Ocak 2021	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
9-10 Ocak 2021	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
16-17 Ocak 2021	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
23-24 Ocak 2021	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	
30-31 Ocak 2021	Hafta sonu sokağa çıkma yasağı	

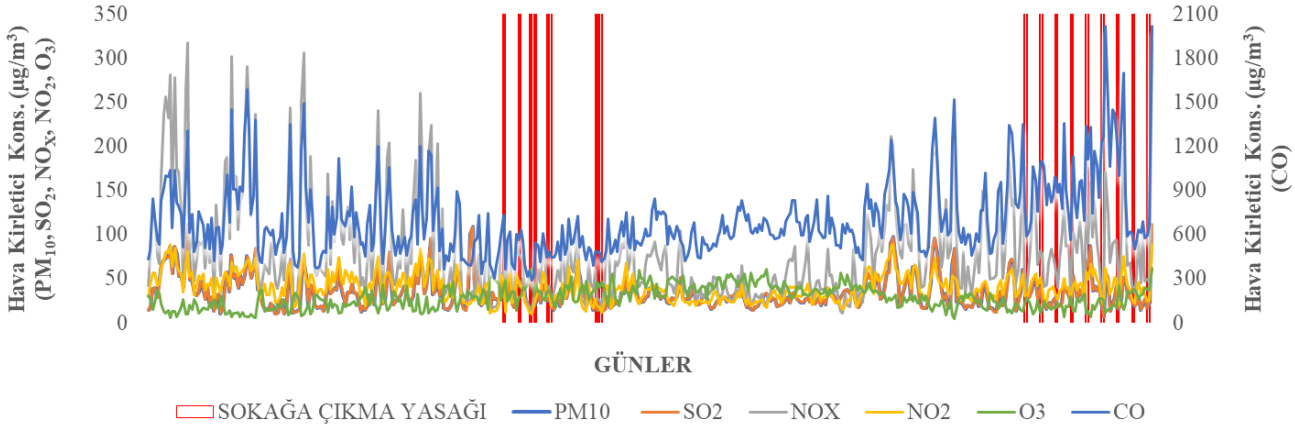
2.3. İstatistiksel Analiz

Covid-19 salgını sebebi ile insanların dışarıda geçirdikleri zamanlarda azalmalar ve de kısıtlamalar olmuştur. Bu kısıtlamaların olduğu ve olmadığı günlerdeki kirletici konsantrasyonları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını test etmek amacı ile istatistiksel analizler uygulanmış, analizler IBM SPSS Statistic 22 programı ile yapılmıştır. İlk olarak veri setinin normal dağılıma uyup uymadığını belirlemek için, histogram grafikleri, varyasyon katsayıları, çarpıklık ve basıklık değerleri, eğilimli normal Q-Q grafikleri ve normallik testi (Shapiro Wilk-W) sonuçları dikkate alınmıştır. Daha sonra normal dağılıma uymayan veri setleri için Mann Whitney-U testi analizi yapılmıştır.

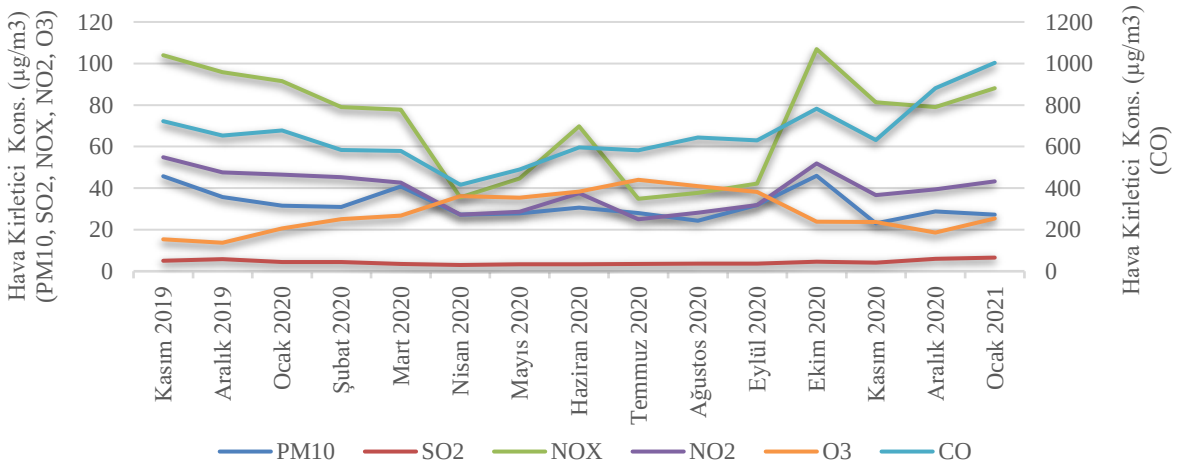
3. SONUÇ

3.1. Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi

İstanbul İli'nde, Kasım 2019 - Ocak 2021 tarihleri arasında hava kirletici seviyelerindeki günlük değişimler Şekil 1, istasyon verilerinden elde edilen aylık ortalamalara ilişkin konsantrasyon değerleri Şekil 2, Yıllık Ortalama Azalma-Artma Eğilimleri (% olarak) Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. İstanbul İli hava kirletici seviyelerindeki günlük değişiklikler (µg/m³)



Şekil 2. İstanbul İli hava kirleticisi konsantrasyonlarının aylık değişimi.

Tablo 2. İstanbul İli Yıllık Ortalama Azalma-Artma Eğilimleri (%)

İstanbul İli Yıllık Ortalama Azalma-Artma Eğilimleri %			
Hava Kirleticileri	**Kasım 2019-2020**	**Aralık 2019-2020**	**Ocak 2020-2021**
PM_{10}	-50	-19	-14
SO_2	-19	4	49
NO_X	-22	-18	-4
NO_2	-33	-17	-7
CO	-13	35	48
O_3	54	35	23

39 istasyon verisinin tümünün aylık ortalamalarına göre kirletici konsantrasyonları değerlendirildiğinde;

- PM_{10} ortalama konsantrasyonu pandemiden önceki Kasım 2019'da 46 µg/m³ iken, pandemi döneminde Nisan 2020'de 27 µg/m³'tür. Bu da getirilen kısıtlamaların etkisinin olduğunu düşündürmektedir. Çünkü Haziran ayı itibari ile kısıtlamaların gevşetilmesi ile birlikte ortalama konsantrasyon değerlerinde tekrar yükselişler meydana gelmiştir. Pandemiden önceki ayların ortalama konsantrasyonları incelendiğinde pandemi öncesi Kasım 2019'dan Şubat 2020'ye kadar ortalama konsantrasyon 34 µg/m³ iken, pandemi dönemindeki Mart 2020 - Ocak 2021 arasında 28 µg/m³'e düşüş göstermiştir. Her ne kadar Haziran ayında kısıtlamalar gevşetilmiş olsa bile yine de pandemi öncesindeki emisyon miktarlarından daha düşük seviyelerde seyretmiştir. Artma/azalma eğilimleri % olarak değerlendirildiğinde (Tablo 2) ise, aylık ortalamalara göre pandemi sürecindeki konsantrasyon değerleri bir önceki senenin aynı ayına (Kasım ayı) kıyasla % 50 azalmıştır. Aynı şekilde Aralık ve Ocak aylarında bir önceki yılların

aynı aylarına göre % 19 ve %14'lük bir azalma meydana gelmiştir. Ayrıca sokağa çıkma kısıtlamalarının uygulandığı günlerde sınır değer aşımlarının olmadığı tespit edilmiştir. Böylelikle kısıtlamaların, PM_{10} kirletici konsantrasyonunun düşmesi açısından faydalı olduğu görülmüştür.

- SO_2 konsantrasyonları değerlendirildiğinde, Temmuz ayından itibaren konsantrasyonlarda yükseliş yaşanmıştır. Bu artışların Temmuz ayı itibari ile olmasının nedeni pandemi döneminde getirilen yasakların azaltılması, normal yaşama yavaş da olsa dönülmeye başlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakat Eylül sonu itibari ile konsantrasyonlardaki yüksek artışların nedeni kış aylarında evsel ısınma ihtiyacından kaynaklı fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir. Verilerin aylık ortalamalarına göre ise, pandeminin başlamasından önceki Ocak 2020 ayında tüm istasyonlar için ortalama konsantrasyon 4 $\mu g/m^3$ iken bu değerin Nisan 2020 ayında 3 $\mu g/m^3$'e kadar azaldığı gözlenmiştir. Fakat pandemi dönemindeki Ocak 2021 aylık ortalama konsantrasyon değeri 7 $\mu g/m^3$'e yükseliş göstermiştir. Kirletici konsantrasyonlarının artma/azalma eğilimleri % olarak değerlendirildiğinde ise, bir önceki senenin aynı dönemlerine kıyasla Kasım ayı için pandemi sürecindeki konsantrasyon değerleri %19 azalmıştır. Fakat Aralık ve Ocak aylarında bir önceki yılların aynı aylarına göre sırası ile % 4 ve %50'lik bir artışlar yaşanmıştır. Bu artışların en büyük sebepleri arasında evde geçirilen zamanın artması ile doğru orantılı olarak evsel ısınma ihtiyaçlarındaki artışlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

- İstanbul İli'nde ki NO_X ve NO_2 kirletici konsantrasyonlarının Şekil 2'de yer alan aylık ortalamaları incelendiğinde, pandemideki kısıtlamaların konsantrasyonlarda düşüş sağladığı, buna karşılık Haziran ayında seyahat yasakları kaldırıldıktan sonra bazı istasyonlarda NO_X ve NO_2 seviyelerinin arttığı gözlenmiştir. Taşıt sayılarının ve şehir merkezlerindeki trafik yoğunluğunun fazla olması trafikten kaynaklanan emisyonları arttırmaktadır (Tosun, 2017). Ancak yine de artan konsantrasyonlar pandemi öncesi seviyelerin altında kalmıştır. Çünkü, 39 istasyon verisinin tümünün aylık ortalamalarına göre pandemi öncesi NO_X ve NO_2 değerleri Kasım 2019 - Şubat 2020 arası sırasıyla 94 $\mu g/m^3$, 47 $\mu g/m^3$ iken, pandemi dönemi Mart 2020 - Ocak 2021 arası 70 $\mu g/m^3$, 37 $\mu g/m^3$'e düşmüştür. Artma/azalma eğilimleri % olarak değerlendirildiğinde (Tablo 2) ise bir önceki senenin aynı dönemlerine kıyasla Kasım, Ocak ve Aralık ayları için pandemi sürecindeki konsantrasyon değerlerinde azalmalar NO_X ve NO_2 kirleticileri için sırası ile %22, %18, %4 ve %33, %17, %7 şeklinde olmuştur.

- CO kirleticisinin aylık ortalamaları incelendiğinde (Şekil 2.), pandemideki kısıtlamaların tüm istayonlardaki konsantrasyonlarda az da olsa düşüş sağladığı görülmüştür. İstasyon verilerinin tümünün aylık ortalamalarına göre Mart 2020 - Ocak 2021 arası pandemi dönemindeki ortalama konsantrasyon 631 $\mu g/m^3$ iken, pandemiden önceki Kasım 2019 - Şubat 2020 için ortalama konsantrasyon 665 $\mu g/m^3$'tür. Fakat artma/azalma değerleri % olarak incelendiğinde, bir önceki yılın aynı dönemlerine kıyasla Kasım ayı için pandemi sürecindeki konsantrasyon değerleri %13 azalırken, Aralık ve Ocak aylarında bir önceki yılların aynı aylarına göre %35 ve % 48'lik bir artış yaşanmıştır.

- O_3 konsantrasyonları incelendiğinde, NO_X emisyonlarının tersine, yaz aylarında artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. NO_X ile O_3 moleküllerinin fotokimyasal reaksiyonları sonucu O_3 oluşumu meydana gelmektedir ve yalnızca gündüzleri görülebilmektedir. Fakat NO'nun havadaki O atomu ve O_3 ile reaksiyona girerek NO_2 kirleticisine dönüşmesi geceleri de devam etmektedir ve kentsel/kırsal bölgelerdeki troposferik O_3 yaz aylarında güneş ışığının artması ile birlikte en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Bu olayla bağlantılı olarak ise NO değerlerinde düşüşler meydana gelmektedir (Müezzinoğlu,2003). İstasyon verileri için pandemi dönemi ve pandemi öncesi değerlendirildiğinde; Kasım 2019'da O_3 konsantrasyonu 15 $\mu g/m^3$ iken Mayıs 2020'de 36 $\mu g/m^3$'e yükselmiştir ve yaz ayları boyunca yaklaşık aynı seviyelerde gözlenmiştir. Havaların soğuması ile beraber emisyon değerlerinde düşüşler olmasına rağmen pandemi dönemindeki O_3 konsantrasyonları, pandemiden önceki değerlere göre daha yüksek

seyretmiştir. Tablo 2'deki artma/azalma eğilimleri incelendiğinde, bir önceki yılın aynı dönemlerine kıyasla Kasım, Ocak ve Aralık aylarında sırası ile %54, %35 ve %23 oranlarında artışlar meydana geldiği görülmektedir.

3.2. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz kısmında ilk önce verilerin, *IBM SPSS Statistic 22 programı* ile normal dağılıma uygun olup olmadığı test edilmiştir. Veri tabanında istasyonlara göre ölçülen kirletici parametrelerin 24 saatlik ortanca değerleri yer almaktadır. Test sonuçlarına göre, *tüm istasyonlara ait kirleticilerin normal dağılıma uymadığı sonucuna varılmıştır. Normal dağılıma uymayan İstanbul için ise Mann Whitney- U Testi (Tablo 3) uygulanmıştır. Bu analizin istatiksel anlamlılık değeri p<0,05 olarak belirlenmiştir ve anlamlılık düzeyi %95 olarak kabul edilmiştir.* Bu test için iki hipotez geliştirilmiştir: **H_0:** veri setleri sokağa çıkma kısıtlamasının olduğu ve olmadığı günler arasında anlamlı bir farklılık göstermez. **H_1:** veri setleri sokağa çıkma kısıtlamasının olduğu ve olmadığı günler arasında anlamlı bir farklılık gösterir.

Tablo 3. İstanbul ili için Mann-Whitney U Testi analizi sonuçları

Test Statistics[a]						
	PM_{10}	**SO_2**	**NO_2**	**NO_X**	**CO**	**O_3**
Mann-Whitney U	5374,0	5838,0	4109,0	4188,0	6691,0	5943,0
Wilcoxon W	5935,0	96363,0	4670,0	4749,0	7252,0	96468,0
Z	-2,237	-1,604	-3,964	-3,856	-0,439	-1,46
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,025	0,109	0,00	0,00	0,661	0,144

a. Grouping Variable: sokağa çıkma yasağı

Sokağa çıkma yasağının olduğu ve olmadığı günlerdeki kirletici konsantrasyonları arasındaki ilişki, tüm kirleticiler ve İstanbul için ayrı ayrı yapılmış sonuçlar Tablo 3'de özetlenmiştir. Test sonucuna göre, PM_{10}, NO_X, ve NO_2 p değerleri (Asymp, Sig.) <0,05 olduğu için yokluk hipotezi (H_0) reddedilir ve "24 saatlik ortalama emisyon değerlerinin yer aldığı veri seti için sokağa çıkma kısıtlamasının olduğu ve olmadığı günler arasında anlamlı bir farklılık vardır" denir. Fakat SO_2, CO ve O_3 kirleticileri için p>0,05 olduğundan hiçbir istasyonda anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ve H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

NO_X kirleticilerinin en önemli atmosfere salınma mekanizmaları, Avrupa Çevre Ajansı'na göre %39'luk oranla trafik, %18'le elektrik ve %15'le endüstriyel faaliyetlerdir (Tosun, 2017). Bu sebeple kısıtlamaların olduğu günlerde insan faaliyetlerinin azalması en çok NO_2 ve NO_X emisyonlarında azalmalar meydana getirmiştir. Çünkü analiz sonuçlarına göre H_0 hipotezinin reddedildiği en fazla istasyon sayısı NO_X ve NO_2 emisyonlarına aittir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Covid-19 salgını ile mücadele kapsamında uygulanan sokağa çıkma yasaklarının İstanbul İli'nde hava kirleticilerinin (PM_{10}, SO_2, NO_X, NO_2, CO ve O_3) konsantrasyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Covid-19 pandemisi sebebiyle getirilen kısıtlamaların hava kirleticilerinin konsantrasyonları üzerine etkisinin, istasyondan istasyona ve kirleticiden kirleticiye göre değişen artış ve azalışlar şeklinde olduğu belirlenmiştir. Ancak 39 istasyonun aylık ortalama değerlerine göre kirleticilere göre genel bir değerlendirme yapıldığında, PM_{10} konsantrasyonlarında bir önceki yılın aynı aylarına göre azalmalar olmuştur. SO_2 konsantrasyonlarında; Kasım 2020'de Kasım 2019'a göre azalma meydana gelirken, Aralık 2020 ve Ocak 2021'de bir önceki yılın aynı aylarına göre artışlar meydana gelmiştir. NO_2 ve NO_X konsantrasyonları yine önceki yılın aynı ayları ile karşılaştırıldığında azalmıştır. CO konsantrasyonları, Kasım 2020'de azalmış ancak diğer aylarda artış göstermiştir. O_3 konsantrasyonlarında ise, bir önceki yılın aynı aylarına göre artışlar olmuştur.

Anlamlılık değeri p<0,05 ve anlamlılık düzeyi %95 olarak kabul edilen istatistiksel analiz sonucuna göre ise, İstanbul'da sokağa çıkma kısıtlamasının olduğu ve olmadığı günler arasında PM_{10}, NO_X, ve NO_2 için anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık SO_2, CO ve O_3 kirleticileri için hiçbir istasyonda anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu sebeple, Covid-19 nedeniyle uygulanan önlemlerin, bölgenin her noktasında ve her kirletici için olmasa da genel olarak hava kalitesinin

iyileştirilmesine doğrudan etki ettiği belirlenmiştir. Yapılan çalışma literatürle karşılaştırıldığında, hava kalitesinde iyileşme olduğunu savunan çalışmalar tespit edilmiştir (Baysan ve Yavaş, 2020; El-Magd ve Zanaty 2021; Zhang et al., 2021; Berman ve Ebisu, 2020; Naqvi et al., 2021; Hashim et al., 2021; Kerimray et al., 2020; Selvam et al., 2020).

Türkiye'de Covid-19 salgınının kontrol altına alınmasını sağlamak için uygulanan kısıtlamalar her ne kadar bazı endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı emisyonlar ve taşıt emisyonlarını düşürmüş olsa bile, enerji santralleri, termik santraller gibi önemli miktarda hava kirliliğine neden olan sektörlerin faaliyetlerini sürdürmeleri, alınan önemlerin geçici olması, salgın bitiminde koşulların normale dönmesi ve kirletici konsantrasyonlarında azalmaya neden olan kaynakların faaliyetlerine tekrar devam etmesi, pandemi süreci boyunca hava kalitesindeki değişimlerin de sürdürülebilir olmadığını göstermektedir (Bozoğlu,2021). Bu nedenle uzun vadeli hava kalitesini iyileştirecek önlemlerin yapısallaşması artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

KAYNAKLAR

ABOU EL-MAGD, I., VE ZANATY, N. (2021), Impacts of short-term lockdown during covid-19 on air quality in Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 493-500.

Balci, Y., ve ÇETİN, G. (2020), Covid-19 pandemi sürecinin türkiye'de istihdama etkileri ve kamu açisindan alinmasi gereken tedbirler. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* 19(37), 40-58.

BAYSAN, C., VE YAVAŞ, S.P. (2020), COVİD-19 ve hava kirliliği karantina boyunca ne oldu?, *Estüdam Halk Sağlığı Dergisi*, 5, 35-46.

BERMAN, J.D., VE EBISU, K. (2020), Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*, 739, 139864.

BOZOĞLU, B., 2021. Hava Kirliliği Raporu. Available at: https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/ 21fa9c274e6d844_ek.pdf (Erişim Tarihi: 21 Nisan 2021)

CIENCEWISKI, J., VE JASPERS'IN, I. (2007), Air pollution and respiratory viral infection. *Inhalation Toxicology*, 19:1135–1146.

CONTICINI, E., FREDIANI, B., VE CARO, D. (2020), Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high. *Environmental Pollution*, 261(114465).

ÇŞB, 2020. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Available at: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/bulten-kasim-2020-20210112124040.pdf (Erişim Tarihi: 15.03.2021)

ÇŞB, 2021. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Hava Kalitesi İzleme Sistemi. https://sim.csb.gov.tr, Accessed: 3 March 2021.

DOĞRUPARMAK, Ş., ÖZBAY B. (2011), Investigating correlations and variations of air pollutant concentrations under conditions of rapid industrialization – Kocaeli (1987–2009). *Clean – Soil, Air, Water*, 39 (7), 597–604.

FERGUSON, N., LAYDON, D., NEDJATI-GILANI, G., IMAI, N., AINSLIE, K., BAGUELIN, M., ... VE GHANI, A. C. (2020), Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand. *Imperial College London*, 10(77482), 491-497.

HASHIM, B. M., AL-NASERI, S. K., AL-MALIKI, A., VE AL-ANSARI, N. (2021), Impact of covid-19 lockdown on no2, o3, pm2.5 and pm10 concentrations and assessing air quality changes in Baghdad, Iraq. *Science of the Total Environment*, 754, 141978.

KERIMRAY, A., BAIMATOVA, N., IBRAGIMOVA, O.P., BUKENOV, B., KENESSOV, B., PLOTITSYN, P., ve diğ. (2020), Assessing air quality changes in large cities during covid-19 lockdowns: the impacts of traffic-free urban conditions in almaty, kazakhstan. *Science of The Total Environment*, 730, 139179.

NAQVI, H.R., MUTREJA, G., SHAKEEL, A., SIDDIQUI, M.A. (2021), Spatio-temporal analysis of air quality and its relationship with major covid-19 hotspot places in India. remote sensing applications. *Society and Environment*, 22, 100473.

NASA, 2020. Nasa satellite data show 30 percent drop ın air pollution over northeast u.s.. Available at: https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/drop-in-air-pollution-over-northeast. (Erişim Tarihi: 03.02.2021)

OKA, 2021. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı. Available at: https://www.oka.org.tr. (Erişim Tarihi: 05.03.201)

SAMANI, P., GARCÍA-VELÁSQUEZ, C., FLEURY, P., VE VAN DER MEER, Y. (2021), The Impact of the COVID-19 outbreak on climate change and air quality: four country case studies. *Global Sustainability*, 4.

SARMADI, M., MOGHANDDAM, V. K., DICKERSON, A. S., VE MARTELLETTI, L. (2021), Association of COVID-19 distribution with air quality, sociodemographic factors, and comorbidities: an ecological study of US states. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 14(4), 455-465.

SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY, 2021. Research in the time of COVID-19. Available at: https://scripps.ucsd.edu/news/research-time-covid-19 (Erişim Tarihi: 27.03.2021)

SELVAM, S., MUTHUKUMAR, P., VENKATRANAMAN, S., JOY, P.D., MANIKANDA BHARATH, K., VE JESURAJA, K. (2020), SARS-cov-2 pandemic lockdown: effects on air quality in the industrialized gujarat state of ındia. *Science of The Total Environment* ,737, 140391.

SHAKOOR, A., CHEN, X., FAROOQ, T. H., SHAHZAD, U., ASHRAF, F., REHMAN, A., VE YAN, W. (2020), Fluctuations in environmental pollutants and air quality during the lockdown in the USA and China: two sides of COVID-19 pandemic. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13(11), 1335-1342.

THHP, 2020. Temiz Hava Hakkı Platformu, Kara Rapor, 2020. Available at: https://www.temizhavahakki.com /wp-content/uploads/2020/09/Kara-Rapor-2020-Son27082020.pdf. (Erişim Tarihi: 20.02.2021)

TOSUN, E. (2017), Türkiye'nin 2009-2016 yillari arasindaki hava kalitesi verilerinin değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Hacattepe Üniversitesi, Ankara.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Situation Report– 78. Available at:.https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200407-sitrep-78-covid-19.pdf?sfvrsn=bc43e1b_2. (Erişim Tarihi: 03.03.2021)

ZHANG, Z., XUE, T., JIN X. (2020), Effects of meteorological conditions and air pollution on COVID-19 transmission: Evidence from 219 Chinese cities. *Sci. Total Environ*, 741, 140244.

GELİŞTİRİLEN VUCUT DİRENCİ ÖLÇÜMÜ SİSTEMİ VE ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Serdar UZUN
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
serdar.uzun@tubitak.gov.tr ORCID: 0000-0003-0134-9178

Mehedin ARİFOVİÇ
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
mehedin.arifovic@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0002-8616-7287

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Özet
Elektriksel ölçümler, askeri alanda, medikal alanında, uçak, savunma sanayi, makina, gemi, otomotiv gibi birçok mühendislik dalında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu büyüklüklerin hassas ve doğru ölçümü de her uygulama alanı için büyük önem taşır. Bu amaçla uygun tasarıma sahip cihazların kullanımı ve kalibrasyonu oldukça önem arzetmektedir. Bu çalışmada, vücut direnci ölçümü için geliştirilen ölçüm sisteminin detayları sunulmuştur. Sonuçların doğruluğu için sistemin kalibrasyonu yapılmıştır. Farklı özelliklerdeki kişilerin vücut dirençleri ölçülmüş ve vücut direncindeki değişimler grafiksel olarak verilmiştir. Sonuç olarak, kişilerin vücut direncindeki değişimler ve belirsizlik değeri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vücut direnci, Direnç ölçümü, Kalibrasyon

THE SYSTEM DEVELOPED FOR MEASUREMENT OF BODY RESISTANCE AND EVALUATION OF MEASUREMENT RESULTS

Abstract
Electrical measurements are widely used in many engineering branches such as military, medical, aircraft, defense industry, machinery, ships and automotive. Precise and accurate measurement is also of great importance for any field of application. For this purpose, the use and calibration of devices with a suitable design is very important. In this study, the details of the device developed for body resistance measurement are presented. The system was calibrated to ensure the accuracy of the results. Body resistances of people with different characteristics were measured. The changes in body resistance are given graphically. As a result, the changes in the body resistance of the individuals and the uncertainty value were evaluated.

Keywords: Body resistance, Resistance measurement, Calibration

1. GİRİŞ

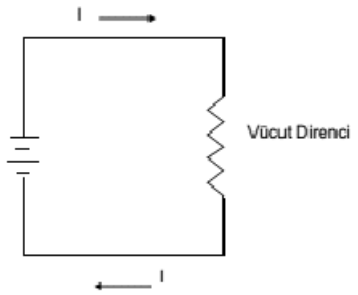
Uluslararası alanda ölçüm birliğine duyulan ihtiyaç, 1860'lı yıllarda gelişen uluslararası ticaret ile kendini göstermiştir. Aralarında Osmanlı İmparatorluğu'nun da bulunduğu 17 ülke temsilcisi bu amaçla 1875 yılında biraraya gelerek Metre Konvansiyonu'nu (The convention du Métre) oluşturmuştur. Bugün toplumun hemen her kesiminin sahip olmayı olağan saydığı telefondan televizyona, ütüden buzdolabına kadar çeşitli elektrikli ürünlerin ekonomik olabilmesini sağlayan seri üretim, bu ürünleri oluşturan yüzlerce parçanın hassas olarak aynı karakterde yapılabilmesinin sonucudur. Bunun yanısıra giderek artan uluslararası işbölümü, bir ürünü oluşturan parçaların değişik ülkelerde üretilip daha sonra birleştirilmesini kaçınılmaz kılmıştır. Dolayısıyla, ürün kontrolü için ölçülen parametrelerin benzer koşullarda aynı sonuçları vermesi gerekmektedir. Bu ise boyutların, sıcaklığın, ağırlığın, gücün, empedansın, akımın, basıncın ve çeşitli malzeme karakteristiklerinin doğru olarak ölçülebilmesiyle sağlanmaktadır. Teknolojinin baş döndürücü bir hızla geliştiği günümüzde, bilimsel araştırma, sanayi, ticaret, ulusal savunma, sağlık gibi alanlarda yapılan çalışmaların başarıyla sonuçlandırılması için

hassas, güvenilir ve doğru ölçümlere ihtiyaç duyulduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu nedenle, ölçüm bilimi, metroloji, günümüz toplumunda önemli bir rol oynamaktadır. Metroloji sözcük anlamı olarak "ölçme bilimi"dir. Bütün ölçü sistemlerinin temeli olan birimlerin (SI) tanımlanması metrolojinin başlıca görevidir. Bu birimlerin mümkün olan en yüksek doğrulukla tanımlanabilmesi için, yüksek duyarlıklı ölçme tekniklerinin ve fiziğin en yeni bilgilerinin kullanılması gereklidir. Bu görev de her ülkede ulusal metroloji enstitüleri tarafından sağlanır. Ölçümlerde uluslararası seviyede ölçü birliğine entegrasyon, ölçümlerin temelini oluşturan standartların her ülkenin ulusal metroloji enstitülerinde oluşturularak muhafaza edilmesi ve uluslararası karşılaştırmalarla uluslararası standartlar ile aralarındaki farkların gözlenmesi ile sağlanır. Metroloji enstitülerinde muhafaza edilen ve zamanla değişimleri yılda “milyonda bir”ler derecesinde olan gerilim standartlarının doğrulukları tüm ölçme ve test cihazlarına “kalibrasyon” aracılığıyla aktarılmaktadır. Ancak bu şekilde üreticilere aktarılan doğruluk düzeyi durağan değildir. Düzenli aralıklarla da kontrol edilmelidir. Böylelikle, daha üretim safhasındaki ürünün gelecekteki kalitesini garanti altına alabilmek mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada vücut direnci ölçümü için geliştirilen sistemin bilgileri paylaşılmıştır. Ayrıca elde edilen ölçümler değerlendirilerek sonuçları yorumlanmıştır.

2. VÜCUT DİRENCİ ÖLÇÜM DÜZENEĞİ

İnsan vucudu elektrik akımını iletir ve diğer malzemelerin olduğu gibi belirli elektrik direncine sahiptir. Bu direnç sabit bir büyüklük olmayıp kişiden kişiye; derinin sıcaklığı, ıslak ya da terli oluşuna ve vücudun hangi iki noktası arasında ölçüldüğüne bağlı olarak değişir. Kuru derinin direnci 5000 – 10 000 Ω iken nemli derinin direnci 1000 Ω’ a kadar düşmektedir. Deri nemli iken direnç düştüğünden geçen akım daha büyük olur ve zararları daha fazladır.

Vücudun iki noktası arasında akan elektrik akımı, bu iki noktaya uygulanan gerilim miktarının, vücudun bu iki noktası arasındaki direncine oranıdır. Bunu da Ohm kanunu yardımı ile aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Şekil 1).

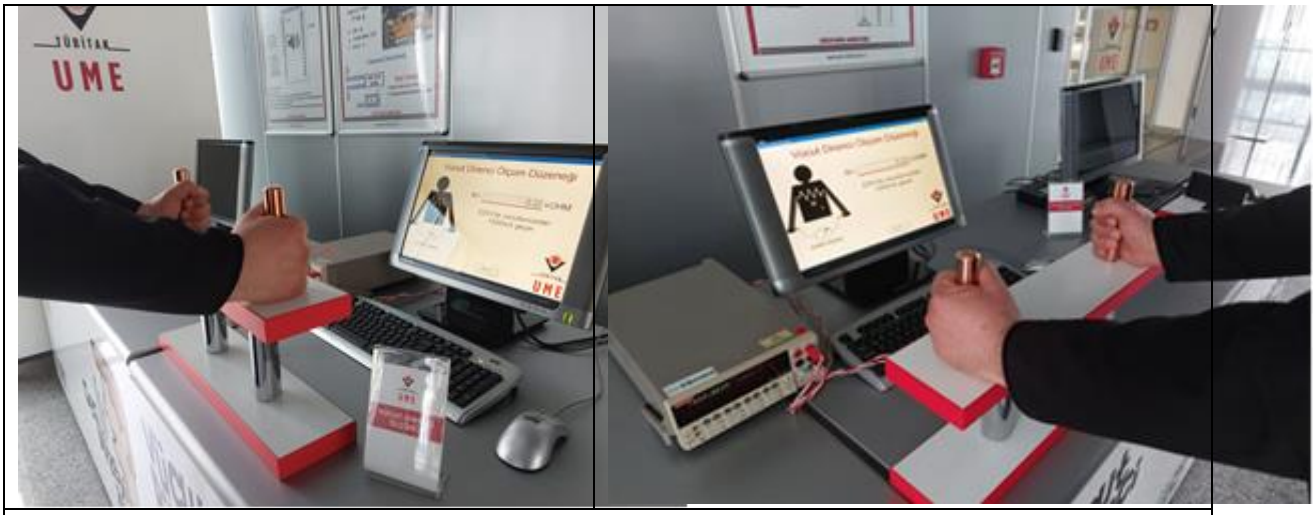


$$I = \frac{V}{R_{Vücut}} \quad (1)$$

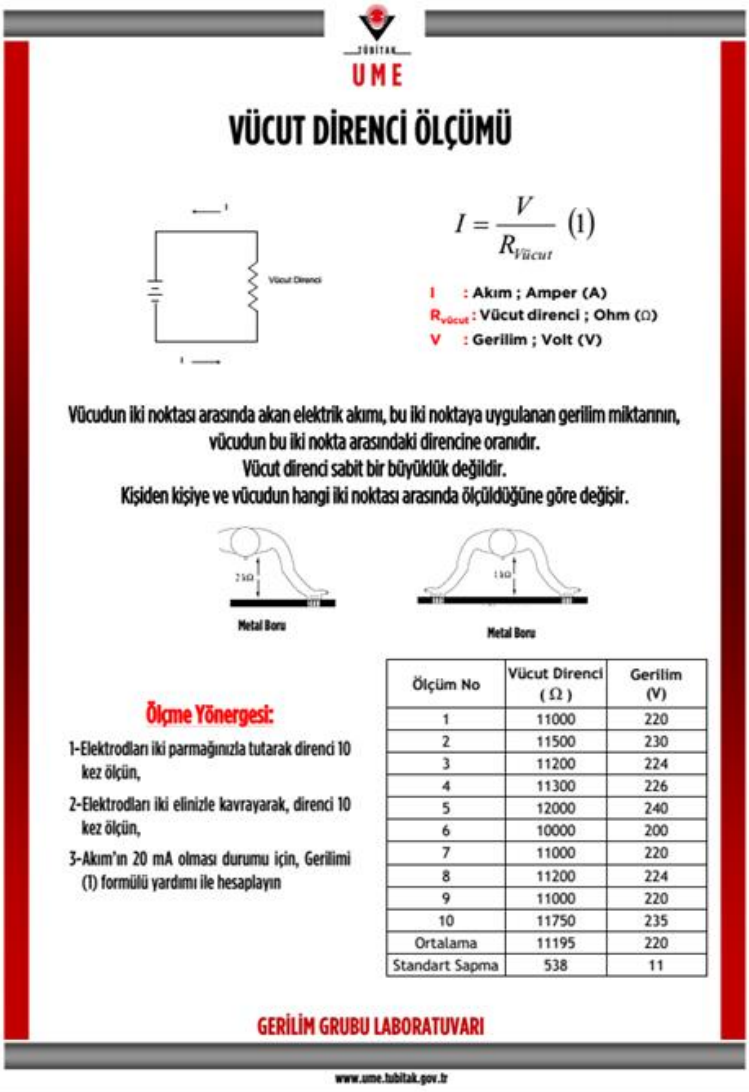
I : Akım ; Amper (A)
$R_{vücut}$: Vücut direnci ; Ohm (Ω)
V : Gerilim ; Volt (V)

Şekil 1. Ohm kanunu ve vücut direnci gösterimi

Vucut direnci ölçüm sisteminde piyasada bulunan bir multimetre cihazı kullanılmıştır. Multimetrenin ölçüm uçlarını insanların daha kolay tutabilmesi için iki bakır çubuk bir standın üzerine Şekil 2'deki gibi monte edilmiştir. Bakır çubukların seçilmesinin nedeni, bakırın elektriksel iletkenliğinin yüksek olmasıdır. Ayrıca, standın yalıtım direncinin 1 GΩ ve üzeri olması için PVC kaplı MDF seçilmiştir. Böylelikle bakır çubuklara paralel olan izolasyon direncinin etkisi ihmal edilebilir düzeye düşürülmüştür. Multimetre ile bakır çubuklar arasındaki kabloların direnci belirlenmiştir. Bu direnç değeri ölçümler esnasında düzeltilmektedir. Sistemi tamamlayan ve multimetre ile haberleşebilen bir yazılım TÜBİTAK UME tarafından hazırlanmıştır. Bu yazılım ile vücut direnci ölçülen kişi metal cubukları tuttuğu anda otomatik olarak vücut direnci ölçülmektedir. Bu ölçüm sonucuna göre Ohm Kanunu kullanılarak insan vücudu 220V şebeke gerilimine temas ettiğinde hangi akımdan etkileneceğini de ekranda göstermektedir (Şekil 2). Vucut direnci ölçüm sisteminin çalışma prensibini açıklamak amacıyla Şekil 3’teki poster oluşturulmuştur.



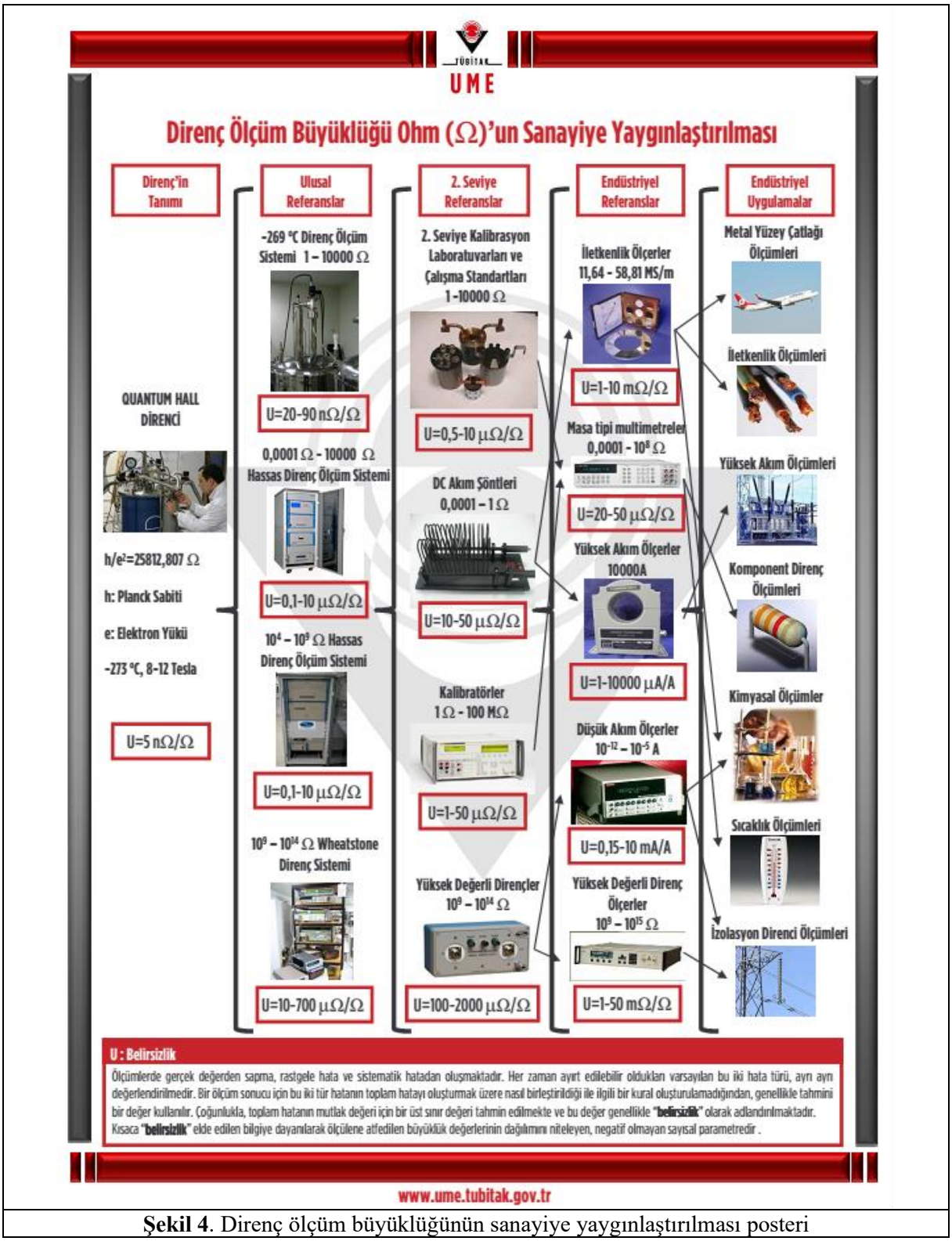
Şekil 2. Vücut direnci ölçüm cihazı



Şekil 3. Vücut direnci ölçüm cihazının posteri

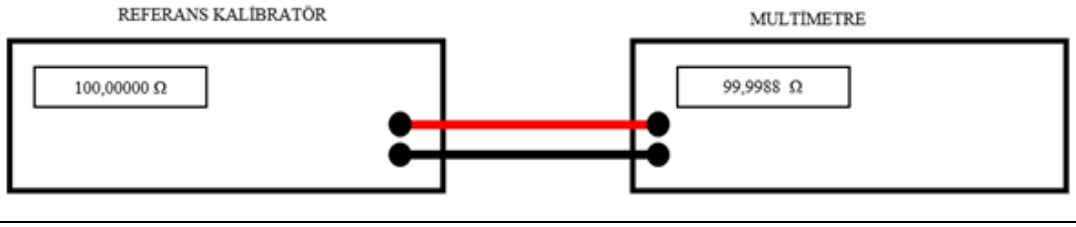
3. VÜCUT DİRENCİ ÖLÇÜM CİHAZININ KALİBRASYONU

Her hangi bir cihazın doğru ölçtüğünün ispatlanabilinmesi için kalibre edilmelidir. Kalibrasyon işlemi değeri bilinen bir referans cihaz ile kalibrasyon için getirilen cihazın karşılaştırılmasıdır. Kalibrasyon sonucunda belirli bir standarda uygun olarak yapılan ölçüm sonuçları ve ölçümlerin belirsizlik değerlerini içeren bir kalibrasyon sertifikası düzenlenir. Bu ölçüm sisteminin ölçüm büyüklüğü olan direnç büyüklüğünün endüstriye aktarılması Şekil 4'de görsel olarak verilmiştir [2,3].



Şekil 4. Direnç ölçüm büyüklüğünün sanayiye yaygınlaştırılması posteri

Dijital multimetreler, bir çok elektriksel ölçümde kullanılan ve temel olarak gerilim, akım ve direnç ölçen cihazlardır. Bir dijital multimetre ile ilgili önemli terimlerden birisi çözünürlük yani cihazın hassasiyet değeridir. Multimetrenin çözünürlüğünü ifade etmek için dijit(rakam) ve count(sayı) terimleri kullanılır. Multimetreler, bir kademede gösterebildikleri basamak ve sayıya göre gruplandırılır. Örneğin 3½ dijit bir dijital multimetre, bir kademede 0'dan 9'a kadar olan tüm sayıların görülebildiği üç "tam" basamak ve sadece 1 rakamı görülebilen veya boş olan bir "yarım" basamak gösterir. Bu da 1999 count(sayı) çözünürlüğe karşılık gelir. Vücut direnci sisteminde 6½ dijitlik bir multimetre kullanılmıştır. Multimetrenin direnç fonksiyonunun kalibrasyonu, Şekil 5'de verilen sistem ile, referans kalibratörden uygulanan doğruluğu bilinen direnç değerlerinin, doğrudan multimetre ile ölçülmesi suretiyle gerçekleştirilir [2].



Şekil 5. Multimetre cihazının direnç kalibrasyonu prensip bağlantı şekli

Kalibrasyonu için minimum ölçüm noktalar, EURAMET/cg-15 dokümanındabelirtilen Tablo 1'e göre belirlenmiştir. İstenildiği taktirde bu noktalar arttırılabilmektedir [1-7].

Tablo 1. Direnç ölçüm noktaları

Çözünürlük	**Ölçüm Bölgesi**	**Ölçüm Noktaları**
3½ ve 4½ dijit	Tüm ölçüm bölgeleri için	90%
	Bir orta ölçüm bölgesi için	10% (1), 90%
	En Düşük ölçüm bölgesi için	0%, 90%,
5½, 6½, 7½ ve 8½ dijit	Tüm ölçüm bölgeleri için	10%, 90%

Dijital multimetrelerin kalibrasyonunda ölçüm belirsizliğini hesaplanmaktadır. Belirsizliği hesaplanmasında kullanılan ölçümün model fonksiyonu (Formül 1) ile verilmiştir. Böyle bir model fonksiyon tüm belirsizlik parametrelerini ve aralarındaki ilişkiyi tanımlası açısından önemlidir. Belirsizlik parametreleri Tablo 2'de tanımlanmıştır.

$$E_x = R_{ix} - R_S - \delta R_{SD} + \delta R_{ix} \qquad (1)$$

Tablo 2. Belirsizlik parametreleri

E_x	Direnç ölçerin hatası
R_{ix}	Direnç ölçerin göstergesinde okunan direnç (ölçülen direnç)
R_S	Kalibratörden uygulanan direnç değeri
δR_{SD}	Referans kalibratörün kaymasından kaynaklanan düzeltme
δR_{ix}	Direnç ölçerin sonlu çözünürlüğünden kaynaklanan düzeltme
R_{ix}	Direnç ölçerin göstergesinde okunan direnç (ölçülen direnç)

Toplam belirsizlik aşağıdaki formül (2) ile bulunur;

$$u_{TOP} = \sqrt{u(R_{ix})^2 + u(R_S)^2 + u(\delta R_{SD})^2 + u(\delta R_{ix})^2} \qquad (2)$$

olarak bulunur. Genişletilmiş belirsizlik değeri ise kapsam faktoru k ile çarpılarak bulunur. Genel olarak ölçümün güvenilirlik seviyesi % 95 beyan edilir ve k faktoru 2 olarak alınmaktadır.

Genişletilmiş belirsizlik değeri:

$$U = k \cdot u_{TOP} \qquad (3)$$

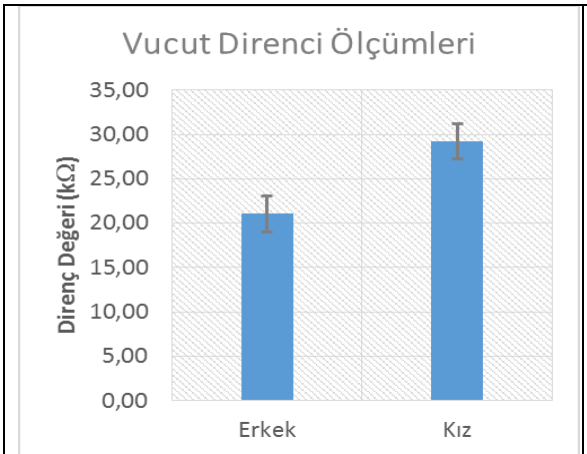
ile hesaplanır.

4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

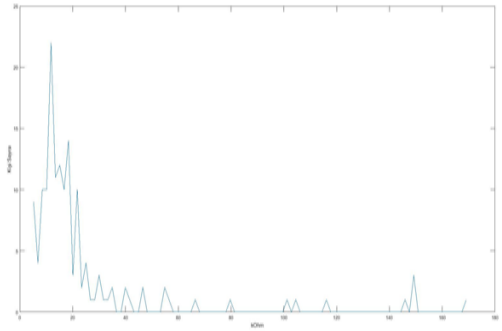
Vucut direnci ölçüm sistemindeki multimetre kullanıma alınmadan önce kalibrasyonu bir önceki bölümde anlatıldığı gibi gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon sonucunda vücut direnci ölçme cihazının 10 Ω - 1 MΩ ölçüm aralığı için toplam belirsizliği 100 μΩ/Ω olarak hesaplanmıştır. Vücut direnci ölçüm sisteminin bulunduğu TÜBİTAK UME ölçüm parkında rastgele gelen kişilerde vücut direnci ölçümü yaptırılmıştır. Tablo 3 de ölçüm sonuçları ve standart sapma değerleri verilmiştir. Erkek ve kız ölçüm yapanların grafiksel gösterimleri de şekil 6 da gösterilmiştir. Ölçümü yapılan insanların vücut direnci sıklık grafikleri Şekil 7'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Vücut direnci ölçüm sonuçları

Cinsiyet	Sayı	Minimum ölçüm değeri	Maksimum ölçüm değeri	Ortalama ölçüm değeri	Sonuçlardaki standart sapma
		kΩ	kΩ	kΩ	kΩ
Erkek	89	4,37	146,62	21,06	21,14
Kız	60	4,79	169,93	29,19	39,01



Şekil 6. Vücut direnci değerlerinin kıyaslaması



Şekil 7. Vucut direnci sisteminde yapılan ölçümlerin dağılımı

Tablo 3'deki sonuçlar incelendiğinde kız ölçüm yapanların erkeklere göre ortalama ölçüm değerleri açısından % 27,9 daha fazla direnç değeri görülmüştür.

5. SONUÇLAR

TÜBİTAK UME ölçüm parkında bulunan vücut direnci ölçüm sistemi ziyaretçilerin yoğun ilgisine mazhar olmaktadır. Bu çalışma ile vücut direnci ölçüm sisteminin tasarımı, kalibrasyonu ve belirsizlik hesaplaması açıklanmıştır. Özellikle medikal, tıp ve biyoloji alanında ölçüm sonuçlarının hayati değere sahip olması, bu sistemlerin kalibrasyonuna olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile elektriksel ölçümlerin önemi ve arka plandaki kapsamlı sistematiği açıklamak ve vurgulamak amacıyla hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

[11] EURAMET cg-15,2011, Sayısal Multimetre Kalibrasyonu İle İlgili Kurallar, EURAMET Kalibrasyon Rehberi
[12] TÜBİTAK UME Gerilim Laboratuvarı, 2015,"Multimetre eğitim dokümanı"
[13] Metroloji, 1. Basım, Şubat 2013, ISBN 978-975-403-731-9, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü
[14] EA-4/02, Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration (previously EAL-R2), Apr 1997.

[15] EA-4/03, Requirements for the Accreditation of Laboratories and Organisations Performing Site Calibration (previously EAL-R3), Jan 1996.
[16] VIM, International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, second edition, 1993.
[17] ILAC G8:1996 Guidelines on Assessment and Reporting of Compliance with Specification.

GÜÇ VE SİNYAL KABLOLARINDA ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK KAPSAMINDA EKRANLAMANIN ÖNEMİ

Necmi Cemal Özdemir
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr

Enes Ateş
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
ens-ats@gmail.com

Doğukan Akça
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği
dogukan.akca@outlook.com

Özet
Günümüzde teknolojinin her geçen gün gelişmesine paralel olarak yeni sistemler üretilmektedir. Üretilen her yeni sistem diğer sistemlerle entegre olmuş bir şekilde çalışmak zorundadır. Her bir elektronik cihaz ya da sistemin kendisine ait bir çalışma frekans bölgesi bulunmaktadır. Başka bir cihaz ya da sistem bu bölgeden etkilenebilmekte ya da bu bölgeyi etkileyebilmektedir. Literatürlerde bu etkiler, elektromanyetik girişim(EMG) ve elektromanyetik uyumluluk(EMU) olarak tanımlanmışlardır. Sistemin elektromanyetik girişim oluşturmaması ve elektromanyetik uyumlu olması oldukça önem arz etmektedir. İşte tüm bunlar için aktif ve pasif olarak bazı önlemler alınmaktadır. Bu çalışmada aktif önlemlerden olan ekranlama konusu araştırılmıştır. Sistemin ihtiyaç duyduğu enerjinin kablolar vasıtasıyla iletilmesinden dolayı ekranlanmamış kabloların müthiş bir elektromanyetik kaynak gibi davrandığı yapılan araştırmalarda gözlemlenmiştir. Bu çalışmada kablolarda gelinen son gelişmelere bağlı olarak ekranlamanın nasıl yapıldığı konusuna değinilmiş, elektromanyetik uyumluluk konusu irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: EMG (Elektromanyetik Girişim), EMC (Elektromanyetik Uyumluluk), Elektromanyetik Kaynak.

THE IMPORTANCE OF SCREENING WITHIN THE SCOPE OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN POWER AND SIGNAL CABLES

Abstract
Today, new systems are produced in parallel with the development of technology day by day. Every new system produced must work in an integrated manner with other systems. Each electronic device or system has its own operating frequency region. Another device or system may be affected by or affect this area. In the literature, these effects are defined as electromagnetic interference (EMI) and electromagnetic compatibility (EMC). It is very important that the system does not create electromagnetic interference and that it is electromagnetically compatible. For all these, some measures are taken actively and passively. In this study, shielding, which is one of the active measures, was investigated. It has been observed in researches that unshielded cables act as a great electromagnetic source because the energy needed by the system is transmitted through cables. In this study, depending on the latest developments in cables, the issue of how shielding is done, electromagnetic compatibility is discussed.

Keywords: EMI (Electromagnetic Interference), EMC (Electromagnetic Compatibility), Electromagnetic Source.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi günlük yaşamımızın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Günlük hayatımızda kullandığımız birçok cihaz elektrik ile çalışmaktadır. Elektrik enerjisinin iletimi bilindiği üzere kablolar aracılığı ile yapılmaktadır. Elektriğin üretiminden tüketimine kadar geçen süreçte birçok kablo çeşidi

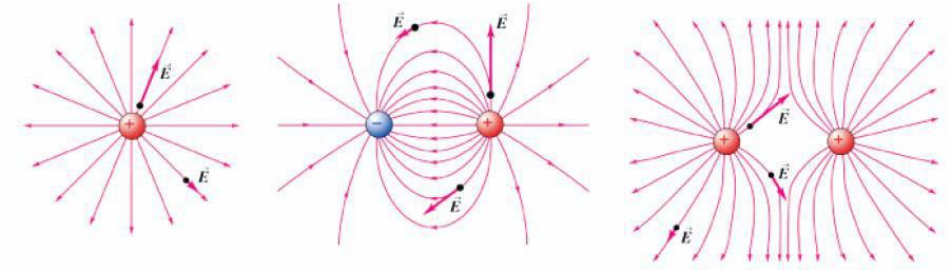
kullanılmakta ve bu kabloların seçimi sistemin özelliğine göre değişiklik göstermektedir. Bu süreçte gözle göremediğimiz ama bizim için çok önemli olan; elektriğin kablo içerisinden akması ile elektrik alan ve manyetik alan kavramları ortaya çıkmaktadır. Oluşan elektrik ve manyetik alan yakınında veya çevresinde bulunan başka bir sistem/cihazı etkileyerek, sistemin/cihazın bozulmasına, performans düşüklüğüne, farklı davranış sergilemesine sebep olabilmektedir. Bu olumsuz etkilerin önüne geçilebilmesi için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu yazıda bu yöntemlerden birisi olan "Ekranlama Yöntemi" üzerine çalışılmıştır.

2. ELEKTROMANYETİK VE TEMEL KAVRAMLAR

Sistem/cihazların birbirine olan etkilerini anlayabilmek için bazı kavramları açıklamak gerekmektedir.

2.1. Elektrik Alan

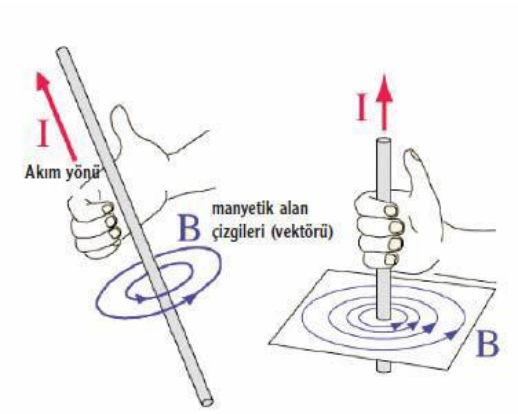
Elektrik alan, bir elektrik yükünün etkisini gösterdiği, diğer elektrik yükleri ile birbirlerini ittiği veya çektiği alan olarak tanımlanabilir. Elektrik alan E vektörü ile gösterilir. Elektrik Alan Micheal Faraday tarafından literatüre kazandırılmıştır. Elektriksel Alan, Uluslararası Birim Sistemi'ne (SI) göre, birimi *Volt / metre* ya da *Newton / Coulomb* olan bir vektör alanıdır.



Şekil 1. Elektrik Alan Çizgileri

2.2. Manyetik Alan

Elektrik alan duran yüklerin oluşturduğu bir alan çeşidiyken, manyetik alan ivmesiz düzgün doğrusal hareket eden yüklerin oluşturduğu bir alan çeşididir. Manyetik alan elektrik alanı gibi vektörel bir büyüklüktür ve manyetik alan vektörü H simgesiyle gösterilir. H manyetik alan vektörünün yönü yüklerin hareket yönüne diktir. Manyetik alan çizgileri ile elektrik alan çizgileri arasındaki fark manyetik alan çizgilerinin bir yükte başlayıp diğer yükte son bulmamasıdır (Karataş, 2010).

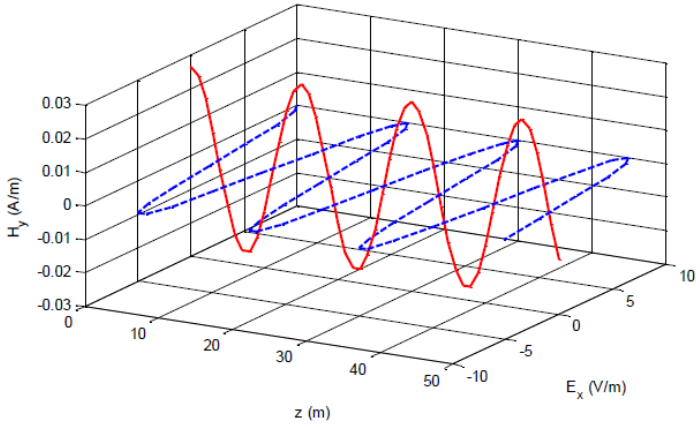


Şekil 2. Manyetik Alan Çizgileri

2.3. Elektromanyetik Alan

Elektrik ve manyetik alanlar birbirinden bağımsız değillerdir. Zamana göre değişen bir elektrik alan, hareket eden yüklü parçacık nedeniyle, yerel bir manyetik alana sebep olur. Bu nedenle elektrik ve manyetik alanlar, elektromanyetik alan olarak birlikte incelenirler. Elektrik alanı ile manyetik alanın etkileşimi sonucu oluşan elektromanyetik alan, belirli koşullar altında, Şekil 3'te görüldüğü gibi elektromanyetik enerji taşıyan bir dalga hareketi olarak da tanımlanabilir. Elektromanyetik dalgalar, boş uzayda ışık hızıyla yayılan elektrik ve manyetik alan bileşenlerinden oluşur ve her iki alanın da karakteristiğini içerisinde barındırırlar. Elektromanyetik dalgalar biçiminde yayılan enerjiye

elektromanyetik radyasyon (ışınım) denir. Elektrik alan vektörleri ile manyetik alan vektörlerinin değişimi sinüzoidal eğriler biçiminde ve birbirlerine dik olarak yayılırlar (İl, 2015).



Şekil 3. Elektromanyetik Dalga

2.4. Elektromanyetik Girişim (EMG)

Elektrik ve elektronik cihazlar normal kullanım zamanlarında çevrelerinde elektromanyetik alan oluştururlar. Oluşan bu elektromanyetik kirlilik, diğer cihaz/sistemleri etkileyerek onların bozulmasına veya düzgün çalışmamasına sebep olabilir. İşte bu elektromanyetik alanın diğer sistem/cihazlar üzerinde elektriksel bağlantı ya da ışıma yoluyla kuplaj olmalarına Elektromanyetik Girişim (EMG) denir. EMG sonucunda etkilenen cihazın sistem performansı düşer veya tamamen bozulur.

Günlük yaşamda karşılaşılan elektromanyetik girişim olaylarına;

- Yıldırım sonucu radyo yayınlarında görülen bozulmalar,
- Elektrik süpürgesinin, saç kurutma makinasının, radyo ve televizyon yayınlarını bozması,
- Florasan lambaların yandığında televizyon yayınının bozulması,
- Cep telefonlarının ya da bilgisayarların, araçların elektronik sistemlerinde bozulmalara yol açması,
- Radar kulesi yakınlarında uçan helikopterlerin kontrolden çıkması,

olmak üzere örnekler verilebilir.

2.5. Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)

Elektrik ve elektronik cihazları elektromanyetik girişim yapmadan veya elektromanyetik girişime maruz kalmadan, diğer sistem/cihazlarla uyumlu bir şekilde çalışması Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) olarak tanımlanabilir. EMU için üç önemli koşul mevcuttur. Bunlardan birincisi; diğer sistem/cihazların oluşturduğu elektromanyetik kirlilikten etkilenmemelidir. İkinci olarak; sistem/cihaz çalışırken diğer sistem/cihazları bozucu elektromanyetik girişimde bulunmamalı ve son olarak kendi alt sistemlerinde de aynı şekilde bozucu etki yapmamalıdır.

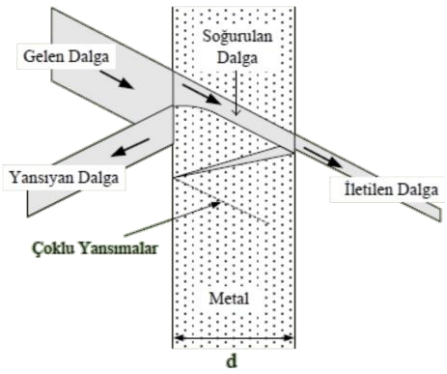
2.6. Elektromanyetik Girişimden Korunma Yöntemleri

EMU kapsamından genel olarak korunma yöntemleri 4 başlık altında incelenmektedir. Bunlar:

- Ekranlama
- Topraklama
- Kablo ve Konnektörler
- Filtreler

2.6.1. Ekranlama

Sistemin elektromanyetik girişim yapmaması ya da elektromanyetik girişimden etkilenmemesi için elektromanyetik kaynağın tamamen ya da kısmen engellenmesi olayına ekranlama denir.



Şekil 4. Ekran Modeli

Ekrana gelen EM dalgalar üç temel aşamada zayıflar;

- İlk olarak, gelen EM dalganın bir kısmı hava-ekran sınırında yansır.
- Daha sonra bir kısmı ekran içerisinde yutulur.
- Ayrıca ekran içerisinde çoklu yansımalara uğrar.

Ekranlama Etkinliği (SE);
SR=Yansıma kaybı [dB]
SA=Soğurulma kaybı [dB]
SMR=Malzeme içerisindeki tekrarlı yansıma kaybı [dB]
olmak üzere ekranlama etkinliği bu üç kaybın toplamı olarak yazılır.
SE=SR+SA+SMR

Ekranlama için seviye tanımı;

Ekran Zayıflatma Seviyesi (dB)	Düzey Tanımı
0-10dB	Kötü
10-30dB	Zayıf
30-60dB	Orta
60-90dB	İyi
>90dB	Mükemmel

Tablo 1. Ekranlama Etkinliği Seviyesi

1- Ekranlama Etkinliği Yüksek Malzemeler:
Çelik, bakır, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yapılmış ve tamamen metal kaplı kutu (80-120 dB ekranlama etkinliği)

2- Ekranlama Etkinliği Standart Malzemeler:
İletken metal tabakalar ya da Metal parçacıklı plastikler (20-40 dB ekranlama etkinliği)

3- Ekranlama Etkinliği Zayıf Malzemeler:
Metalleştirilmiş kumaş yapılar, iletken kağıt malzemeler (iletken polimerler) (15-30 dB ekranlama etkinliği)

Ekranlamada genel yaklaşımlar;

1-Sadece kritik devreler ekranlanmalıdır.
2.Pratikte hem ışıma yapan kaynak hem de girişime uğrayan ekranlanmalıdır.

3.Ekranlama etkinliği ekranlamanın mekanik donanımına bağlıdır.
4.Ekran, içerisine yerleştirilen devrenin toprağına elektriksel olarak bağlanmalıdır. (Özen, 2008)

Elektriksel Alan Ekranlaması genel olarak 30 MHz gibi yüksek frekanslarda önem taşır. Manyetik Alan ekranlaması ise 30 MHz'in altındaki frekanslarda önem kazanır. Çeşitli etkenler ekranlama performansını düşürür.

Bunlar;

- Ekran duvarında, havalandırma delikleri gibi bırakılması zorunlu olan açıklıklar,
- Ekran duvarında lehimler, perçinler gibi ek noktalarıdır. (Karataş, 2010)

Ekranlama karşılaştırmaları;

Manyetik Alanın Ekranlanması

- Daha çok düşük frekanslarda (f<30 MHz) önem arz eder.
- Ekran zayıflama seviyesi frekans iler artar.
- Ekran direnci mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.
- Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir.

Elektrik Alanın Ekranlanması

- Daha çok yüksek frekanslarda (f>30MHz) önem arz eder.
- Değişik parçalar arasındaki kontak direncinin kalitesi önemlidir (izole edilmiş parçalar anten gibi davranır).
- Delikler ve açıklıkların etkisi frekansa bağımlıdır.
- Kablo bağlantısı ya da havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar ekranlamayı etkiler. (Ozen, 2008)

3. SONUÇ

Elektromanyetik alanın etkilerinden korunma gerekliliği oldukça önemli bir hal almaktadır. Öyledir ki bu korunmalar yapılmazsa hiçbir sistem tasarlandığı gibi çalışamaz duruma gelecektir. Sistemin çalışamaması durumundan daha kötü olan ise kritik sistemlerin hiç istemediğimiz şekilde çalışması olabilir. Bunlara askeri savaş sistemlerini örnek verebiliriz. Bir uçağın elektromanyetik girişimden dolayı bünyesinde barındırdığı silah sistemlerini ateşlemesi hiç istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkacaktır. Dolayısıyla sistemler elektromanyetik alanlardan korunmalıdır. Korunma yöntemlerinden olan ekranlama, elektromanyetik alanın bulunduğu bölgede sınırlandırılması anlamına gelmektedir. Elektromanyetik alan sınırlandırıldığı için sistem ya da cihaz hem bir girişim oluşturamayacak hem de oluşmuş bir girişimden etkilenmemiş olacaktır. Sonuç olarak elektromanyetik girişim yöntemlerinden biri olan ekranlama yöntemi, hassas sistem/cihazlar için yüksek derece önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

İL, N. (2015), Yer Altı Enerji Kablolarının Oluşturduğu Manyetik Alanların Ekranlanması, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.

ÖZEN, Ş. (2008), Elektromanyetik Uyumluluk ve Girişim, Seminer, EMO İzmir Şubesi, İzmir.

KARATAŞ, M.H. (2010), Elektromanyetik Uyumluluk Araştırması ve Kablolar Üzerinde Testleri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

KAZANCI, M. (2010), Elektromanyetik Uyumluluk Testleri ve Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon

KAĞIT ENDÜSTRİSİ ATIK SULARINDAN BOR GİDERİMİ

Aysel Çeken
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
ayselcknn@gmail.com

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

Sevil Veli
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
sevilv@kocaeli.edu.tr

Özet
Bu çalışmada bir kağıt endüstrisi atık suyunda bulunan bor parametresinin, bor seçiciliği yüksek anyonik bir reçine (Purolite® S108 Boron Selective Anion Exchange Resin) kullanarak sürekli sistemde giderimi incelenmiştir. Kağıt endüstrisi atık su arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun özellikleri 10mg/L' ye ulaşan Bor, 400 mg/L KOI, 7.18 pH parametreleri ile karakterize edilmiştir. Atık su arıtma tesisi çıkış suyu ile beslenen pilot tesis, farklı debilerde test edilerek iyon değiştirici reçinelerin bor giderme verimi, reçine kapasitesi ve çalışma süreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan optimum çalışma koşullarının 2.5-3.0 m3/saat arasında olduğu çalışmalarda %90 üzeri verim sağlanmıştır. İyon değiştirici reçinelerin rejenerasyonu sırasında açığa çıkan borun uzaklaştırılması oksijenli kimyasal çöktürme çalışması gerçekleştirilmiştir. Rejenerasyon işleminden alınan atık suyun özellikleri 1350 mg/L B, 7.2 pH ve 6.2 (mS/cm) iletkenlik parametreleri ile karakterize edilmiştir. Oksitleyici olarak H_2O_2, koagülant olarak $CaCl_2$ ve $BaCl_2$ kullanılan çalışmada, her iki koagülantın da yüksek bor konsantrasyonuna sahip sulardan bor giderimi için uygun olduğu görülmüş ve en yüksek arıtma verimi %99,40 oranında $BaCl_2$ ile pH 10'da sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık Su, Bor, Çöktürme, Reçine, Kağıt, Kimyasal

REMOVAL OF BORON FROM PAPER INDUSTRY WASTEWATER

Abstract
In this study, the removal of boron parameter in paper industry wastewater was investigated in a continuous system using an anionic resin with high boron selectivity. The properties of wastewater taken from the paper industry wastewater treatment plant were characterized by Boron reaching 10mg/L, 400 mg/L COD, and 7.18 pH parameters. The pilot plant fed from the wastewater treatment plant outlet was tested at different flow rates and the boron removal efficiency, resin capacity, and operating times of the ion exchange resins were investigated. From the results obtained, more than 90% efficiency was obtained in the studies where the optimum working conditions were between 2.5 - 3.0 m3/hour. During the regeneration of ion-exchange resins, removal of the released boron with chemical oxo-precipitation was carried out. The properties of the wastewater from the regeneration process were characterized by 1350 mg/L B, 7.2 pH, and 6.2 (mS/cm) conductivity parameters. In the study, H_2O_2 was used as an oxidizer, and $CaCl_2$ and $BaCl_2$ as a coagulant, both coagulants were found to be suitable for boron removal from waters with high boron concentration, and a purification efficiency of 99.40% was obtained with $BaCl_2$ at the highest pH 10.

Keywords: Boron, Chemical, Resin, Paper, Precipitation, Wastewater

1.Giriş
Kağıt endüstrisi atık suları, kullanılan hammadde, kimyasal katkı maddesi, kağıt hamuru çeşidi gibi farklılıklar sebebiyle geniş kirletici yelpazesine sahiptir (Erdemli, 2004). Kağıt endüstrilerinde hammadde olarak odun ve yıllık bitkilerin yanı sıra atık kağıt, ikincil kağıt hamuru olarak

kullanılmaktadır. Hammadde olarak oluklu mukkavva kullanımında, oluklu mukavva üretiminde kimyasal katkı maddesi olarak kullanılan bor, atık suya geçerek kirlilik yaratmaktadır (E.C.,2001).

Bor bileşikleri, oluklu mukavva sektöründe yapıştırıcı olarak kullanılan nişastanın niteliklerini iyileştirmektedir. Nişasta bazlı yapıştırıcı, uygulamaya bağlı olarak soğuk veya ılık suda çözünmektedir. Düşük miktarlarda sodyum hidroksit varlığında boraks eklenirse, nişasta polimerinin ıslak yapışkanlığı arttıran, daha yüksek moleküler ağırlığa sahip daha çok dallı zincirli bir polimere dönüştürür. Bu anlamda kaliteli ve dayanıklı ürün elde etmek amacıyla viskozite düzenleyici olarak tercih edilen kimyasal maddedir. Bunun yanı sıra yapıştırıcının su ve mürekkep tutma özelliğini düzenlemektedir (Chattopadhyay, 2014). Sulardan bor giderimi için uygulanan temel yöntemler arasında adsorpsiyon, iyon değiştirme, kimyasal çöktürme, elektrokimyasal ve ters osmoz yöntemleri yer almaktadır. Kullanılan yöntemlerde bor konsantrasyonu ve borun sulu ortamdaki formu arıtma seçeneği için bazı kısıtlamalara neden olmaktadır.

Bor sulu ortamda borik asit (H_3BO_3) veya borat iyonları ($B(OH)_4^-$)halinde bulunur. Sudaki borik asit moleküllerinin borat iyonlarına oranını belirleyen en önemli parametre çözeltinin pH'ıdır. Yüksek pH değerlerinde tek değerlikli borat anyonu baskınken, daha düşük pH'larda iyonize olmamış borik asit $B(OH)_3$ baskın olarak bulunmaktadır (Busch ve diğ, 2003). Borun sulu ortamda bulunduğu form, arıtma seçeneğinin belirlenmesi ve verim alınabilmesi açısından önemli rol oynar.

Literatürde bor konsantrasyonunun düşük olduğu durumlarda sorbentler veya iyon değiştirici reçineler ile giderim yöntemlerinin kullanılabileceği görülmektedir. Bor konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlarda ise borun çözünürlüğü düşük tuzları oluşturularak giderimi önerilmektedir. Bu nedenle yüksek bor konsantrasyonları için literatürde uygulanan geliştirilmiş yöntemler bulunmaktadır. Yapılan literatür araştırmalarında elde edilen düşük bor konsantrasyonları için kullanılan adsorpsiyon ve iyon değiştirme, yüksek konsantrasyonlar için geliştirilmiş yöntemlerden kimyasal çöktürme-elektrokimyasal yöntem kombinasyonu ve oksijenli kimyasal çöktürme çalışmaları Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. 1. Literatürde Yer Alan Bor Giderimi Çalışmaları

Kullanılan Arıtma Yöntemi	**Optimum Şartlar**	**Giderim Verimi (%)**	**Kaynaklar**
Purolite S 108 reçine ile iyon değiştirme	25 ppm B, 16 g reçine, pH 6.5	%99	Korkma, 2011
Uçucu kül ile adsorpsiyon	10 ppm, pH 10	%94	Öztürk, 2008
Kimyasal ve elektrokimyasal yöntem	12.95 g/L Bor, pH 7.30 $Ca(OH)_2/B_2O_3$:2,1 ve Al Elektrot, 4,5 A	%92,05	Ateş, 2018
Oksijenli kimyasal çöktürme	1000 ppm B, mol oranı H_2O_2/B:2 $BaCl_2$/B: 1,	%98,5	Lin, 2014

İyon değişimi, adsorpsiyon mekanizması elektrostatik olan bir adsorpsiyon türüdür. Katı maddeye bağlanmış anyon veya katyon iyon ile çözeltide bulunan bir benzer yüklü farklı iyonlarla değiştirildiği tersinir bir kimyasal reaksiyonlardır. Hayvan ve bitki dokuları gibi iyon değiştirme özelliğine sahip doğal iyon değiştiricilerin yanı sıra günümüzde yaygın olarak, daha fazla avantajlara sahip sentetik iyon değiştirici reçineler kullanılmaktadır (Kumar, 2013). İyon değişimini etkileyen parametreler akış hızı, temas süresi, yüzey alanı, çözelti konsantrasyonu ve iyon değiştirici çeşididir. Akış hızı ve temas süresi, yeterli yüzey teması ve kütle transferinin gerçekleşmesini sağlamalıdır.

Oksijenli kimyasal çöktürme yöntemi, atık suyun oksidan kullanarak ön işlemi ile, hedef bor bileşiğinin metal tuzları ile daha kolay çökebilen perborat formlarını oluşturmaktadır. Henüz birkaç örneği bulunan yöntemde alkali koşullarda, H_2O_2 (hidrojen peroksit) ile oksidantı ve $CaCl_2$ (Kalsiyum Klorür) ve $BaCl_2$ (Baryum Klorür) koagülantları kullanarak gerçekleştirilen çöktürme işlemleri yüksek konsantrasyonlarda bor giderimi için etkili bir yöntem olduğu ortaya koyulmuştur (Lin vd., 2008).

Bu çalışmada hammadde olarak kağıt kullanarak kuşe karton üretimi yapan bir kağıt endüstrisi atık su arıtma tesisi çıkış suyundan bor giderimi amaçlanmıştır. Çalışmada düşük bor konsantrasyonuna sahip kağıt endüstrisi atık su arıtma tesisi çıkış suyundan bor seçiciliği yüksek anyonik bir reçine (Purolite® S108 Boron Selective Anion Exchange Resin) kullanarak bor giderimi amaçlanmıştır. Reçinelerin rejenerasyonu sırasında açığa çıkan bor içeriği yüksek konsantre atık sulardan bor giderimi çalışmaları ise oksijenli kimyasal çöktürme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

2.Materyal Metot

2.1.Çalışmada Kullanılan Atık Suyun Karakterizasyonu

Deneysel çalışmada kullanılan atık su bir hammadde olarak %95 oranın atık kağıt kullanan bir kağıt endüstrisi atık su arıtma tesisi çıkış suyundan elde edilmiştir. Karakterizasyon çalışmalarında elde edilen örneklemelerde atık su parametreleri ortalama 400 mg/L KOI, <10 mg/L Bor, 7.18 pH olarak gözlemlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında kullanılan iyon değiştirici reçinelerden açığa çıkan rejenerasyon suyu atık su parametreleri 1350 mg/L pH 7.2, iletkenlik 6.2 mS/cm olarak belirlenmiştir.

2.2) İyon Değiştirme Prosesi ve Deneysel Sistem

Çalışmalarda 125 L bor seçiciliği yüksek anyonik bir reçine (Purolite® S108 Boron Selective Anion Exchange Resin) kolonu kullanarak arıtma tesisi çıkış suyu ile sürekli beslenen pilot tesis kullanılmıştır (Şekil 2.1). Deneylerde 2.2 m^3/saat 2.8 m^3/saat ve 3.4 m^3/saat debilerde çalışılmıştır. Test aşamalarında örnekleme noktalarından iki saatlik periyotlarla numune alınarak bor analizleri yapılmıştır. Çalışmalarda farklı debi ve üretimdeki süreçlerden kaynaklı farklı bor giriş bor konsantrasyonunun bor giderme verimi üzerine etkisi, reçinenin bor tutma kapasitesi ve çalışma süreleri değerlendirilmiştir.

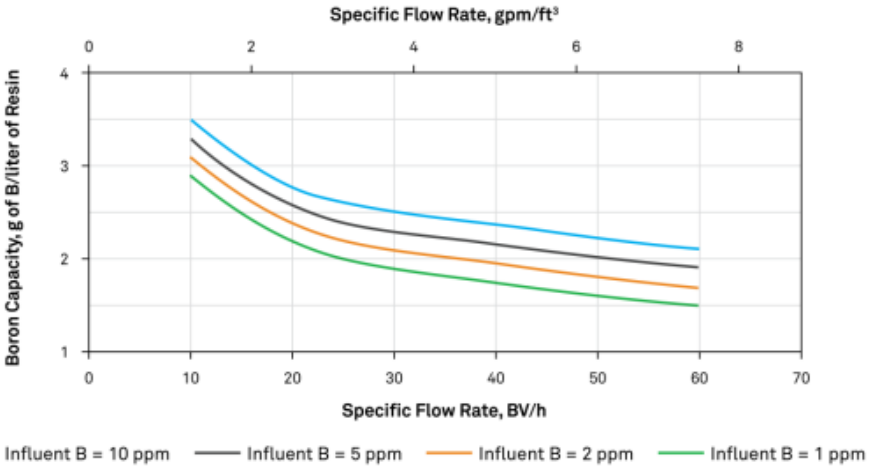


Şekil 2. 1. Pilot Ölçekli İyon Değiştirici Sistemi

Kullanılan reçine özellikleri Tablo 2.1'de, iyon değiştiricinin bor tutma kapasitesi Şekil 2.2'de verilmiştir. Purolite Purelite® S108 bor seçiciliği yüksek anyonik bir reçinedir. Reçine klorür formda fonksiyonel grubu N-methylglucamine grubu içeren makrogözenekli polistiren matrisine sahiptir. N-metilglukamin, borik asit ve boratların reçine ile stabil bir kompleks oluşturmasına olanak sağlar. Bunun yanı sıra zayıf ve kuvvetli bazik gruplara sahiptir. Böylece çok geniş asidik ve bazik pH değerleri aralığında giderim sağlayabilir. Bu bağlamda borik asit ve borat iyonları üzerinde verim sağlayabilir.

Tablo 2. 1. Purolite® S108 Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Engineering Bulletin Purolite® S108)

Polymer structure	Macroporous polystyrene cross-linked with divinylbenzene
Physical form	Spherical beads
Functional groups	N-methylglucamine
Ionic form, as shipped	Free Base – FB
Total capacity, FB form	0.6 eq/L (13.1 Kgr/ft^3) minimum
Moisture retention, Cl^- form	61 – 67%
Particle size range	425 – 630 µm
Uniformity coefficient	1.2 maximum
Reversible swelling, FB → Cl^-	25% maximum
Specific gravity, FB form	1.10
Shipping weight	670 – 730 g/l (41.7 – 45.6 lb/ft^3)
Maximum temperature limit	140°F (60°C)
pH range (operating)	4 – 10



Şekil 2. 2.. Purolite® S108 Bor Tutma Kapasitesi Grafiği (Engineering Bulletin Purolite® S108)

2.2) Rejenerasyon Suyundan Oksijenli Kimyasal Çöktürme ile Bor Giderimi

İyon değiştirici kolon kapasitesinin dolması ve kırılma noktasının geçilmesi sonunda sistem rejenerasyon işleminden geçirilmektedir. Kullanılan iyon değiştirici klorür formda Purelite® S108 anyonik reçine olduğundan (fonksiyonel grubu N-methylglucamine) tutulan borun tekrar çözeltiye alınması düşük pH koşullarında gerçekleşmektedir. Literatür araştırmaları sonucunda, oda sıcaklığında yüksek bor içeren rejenerasyon suyunun arıtımı için deneylerde oksidant olarak H_2O_2 ve çöktürücü maddeler olarak kalsiyum klorür ($CaCl_2$) ve baryum klorür ($BaCl_2$) kullanılması uygun görülmüştür. Çalışmalarda kullanılan oksitleyici ve çöktürücü malzemelerin mol oranları H_2O_2/B: 2, $CaCl_2$/B: 1, $BaCl_2$/B: 1 şeklindedir. Oksijenli kimyasal çöktürme deneylerinde pH ve koagülant çeşidinin bor giderim verimi üzerine etkisi incelenmiştir. pH 7, 8, 9 ve 10'da $CaCl_2$ ve $BaCl_2$ ile oda sıcaklığında 250mL 1350 mg/l bor derişimine sahip rejenerasyon suyu arıtma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Atık suyun istenilen pH' a getirilmesi için 6N NaOH kullanılmıştır.

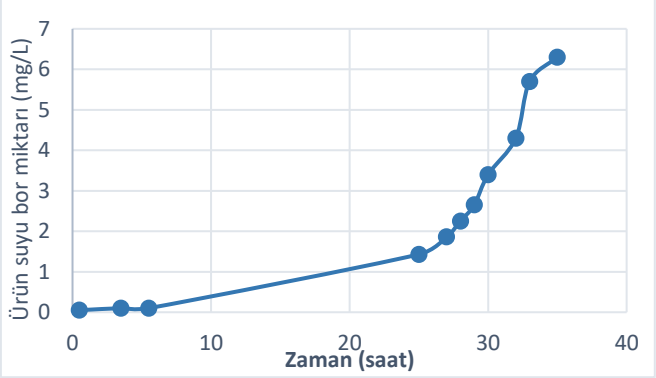
Deneylerde ilk olarak pH ayarlaması yapılmış ve ardından H_2O_2 oksitleyici madde eklenerek 5 dakika 150 rpm karıştırma hızı ayarlanarak VELP JLT6 model jar testi düzeneğinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İşlem sonunda belirlenen mol oranında çöktürücü madde ilavesi yapılmıştır.

Kimyasal çöktürme işlemi için atık su koagülantlar ile jar testi düzeneğinde 20 dakika 30 rpm'de muamele görmüştür. Oksijenli kimyasal çöktürme işlemleri sonunda elde edilen çamur beyaz renkli ve düşük yoğunluğa sahiptir. En yüksek verimin sağlandığı oksijenli kimyasal çöktürme işlemi sonunda elde edilen su ile toplam katı madde tayini yapılmıştır.

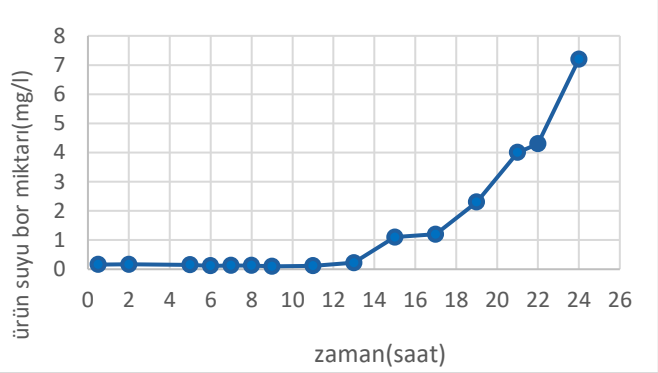
3.)Bulgular

3.1) İyon Değiştirici Reçine Çalışmaları

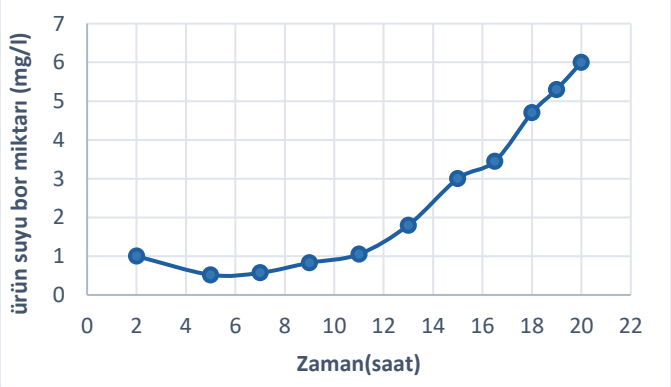
Çalışmalarda önceden belirlenen debilerde birkaç test yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır. Bor arıtma verimi için yapılan analizler, pilot tesise giriş suyu ve iyon değiştirici kolonu çıkış suyundan alınan örneklere göre yapılmıştır. Farklı debilerde gerçekleştirilen testlerde elde edilen grafikler (kırılma noktası grafikleri) ise Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3' te verilmiştir.



Şekil 3. 1. Test 1 İçin Elde Edilen Kırılma Noktası Grafiği (Debi=2.2 m3/saat (17.6 BV/saat), başlangıç bor konst.= 6.00 mg/L)



Şekil 3. 2. Test 2 İçin Elde Edilen Kırılma Noktası Grafiği (Debi=2.8 m3/saat (22.4 BV/saat), başlangıç bor konst.= 7.11mg/L)



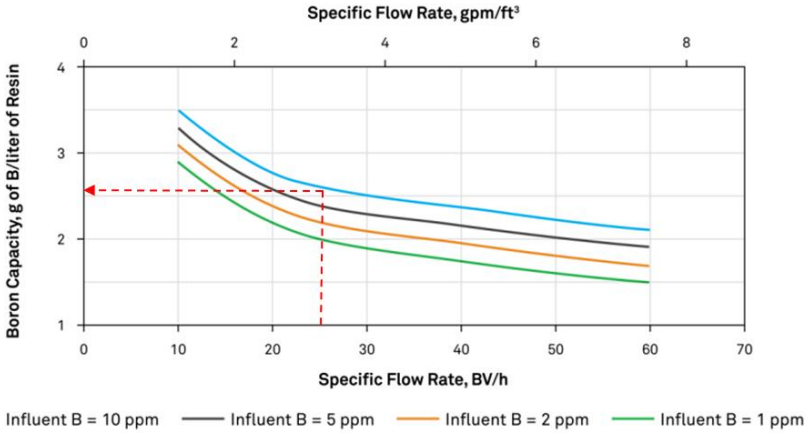
Şekil 3. 3. Test 3 İçin Elde Edilen Kırılma Noktası Grafiği (Debi=3.4 m3/saat (27.2 BV/saat), başlangıç bor konst.= 5.50mg/L).

Yapılan testler sonucunda düşük debilerde temas süreleri arttığı için kırılma noktasına kadar arıtılan su miktarının arıttığı, yüksek debilerde ise daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra çalışma süresi giriş bor konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Ancak yüksek debi ile çalışılan Test 3'te giriş bor konsantrasyonu en düşük iken kırılma noktası diğer testlere göre erken gözlemlenmiş ve sonucunda tutulan bor miktarı daha düşük çıkmıştır. Tüm bu sonuçlara bakarak, düşük ve orta büyüklükteki debilerde giriş bor konsantrasyonunun, yüksek debilerde ise temas süresinin belirleyici olduğu söylenebilir. Yapılan testlerle ilgili özet bilgiler Tablo 3.1' de yer almaktadır.

Tablo 3. 1. . Pilot Ölçekli İyon Değiştirici Sistemindeki Bor Giderimi Testleri Sonuçları

Test No	Test 1	Test 2	Test 3	Ortalama
Debi (m^3/saat)	2.2	2.8	3.4	2.8
Debi (BV/saat)*	17.6	22.4	27.2	22.4
Çalışma Süresi (saat)**	27	17	13	19
Arıtılan Su Hacmi (m^3)	59.4	47.6	44.2	50.40
Giriş Bor Kons. (mg/l)	6.00	7.11	5.50	6.20
Çıkış Bor Kons. (mg/l)***	0.70	0.33	0.52	0.52
Tutulan Bor Miktarı (g)	314.82	322.73	220.12	285.89
Bor Tutuma Kapasitesi (g/l)	2.52	2.58	1.76	2.29
* BV: Kolon hacmi (bed volume). İyon değiştirici kolon hacmi 125 litre olduğundan m^3/saat olarak verilen debilerin kolon hacmine (125 litre) bölünmesi ile bulunmuştur. ** İyon değiştirici için kırılma noktası kolon çıkışı bor düzeyinin 1-2 mg/l olduğu zaman seçilmiştir ve çalışma süresi buna göre belirlenmiştir. *** Kırılma noktasına kadar ölçülen ortalama çıkış bor konsantrasyonu.				

Bu sonuçlardan 125 litre iyon değiştirici reçine içeren kolon için optimum çalışma koşullarının 2.5-3.0 m^3/saat arasında olduğu söylenebilir. Bu da tasarım açısından 20-25 BV/saat arasındaki debilerin uygun olacağını göstermektedir. Bu koşullarda başlangıç bor konsantrasyonu ve giriş debisine bağlı olarak maksimum kapasitesi 2-2.5 g B/l reçine civarında olması beklenmektedir. Şekil 3.4'teki gibi 25 BV/saat' e karşılık reçinenin bor kapasitesi ise 2,5 g B/l' dir. Çalışmada elde edilen kapasite ile karşılaştırıldığında, çalışmada elde edilen sonuçların başarılı olduğu söylenebilir.



Şekil 3. 4. 20-25 BV/saate Karşılık Gelen Bor Tutma Kapasitesi

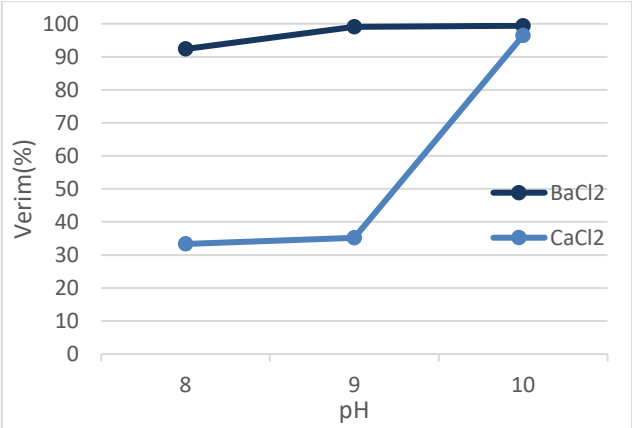
3.2) Oksijenli Kimyasal Çöktürme ile Bor Giderimi Çalışmaları

Yapılan oksijenli kimyasal çöktürmede elde edilen verimler Tablo 3.1'de ve Şekil 3.5' te yer almaktadır. Çalışmalardan elde edilen verilere göre pH arttıkça her iki koagulant ile yapılan çalışmada da verim artmaktadır. $CaCl_2$ ile yapılan çalışmada pH 10'da grafik pik yaparak %95'in üzerimde verim sağlanmıştır. $BaCl_2$ ile yapılan çalışmada ise tüm pH' larda %90 üzeri verim sağlanmış ve pH 10'da %99.40 verim elde edilmiştir. Her iki koagulantın da oksitleyici ile birlikte kullanımları ile bor

konsantrasyonu yüksek olan atık sulardan borun uzaklaştırılması için oldukça yüksek verim sağladığı görülmüştür.

Tablo 3. 2. Oksijenli Kimyasal Çöktürme ile Elde Edilen Bor Giderimi Verimleri

	Bor Giderim Verimi (%)	
pH	**$CaCl_2$**	**$BaCl_2$**
8	33.33	92.37
9	35.18	99.11
10	96.44	99.40



Şekil 3. 5. Oksijenli Kimyasal Çöktürme ile Elde Edilen Bor Giderimi Verimleri Grafiği

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada kağıt endüstrisi atık sularından borun Purolite S 108 isimli bor reçinesi kullanarak ve reçinenin rejenerasyonu sırasında açığa çıkan borun oksijenli kimyasal çöktürme yöntemi ile giderimi amaçlanmıştır. Purolite S 108 anyonik reçinelerin kullanıldığı iyon değiştirme yönteminde prosese etki eden debi ve giriş konsantrasyonlarının bor giderim verimi üzerine etkisi incelenerek düşük bor konsantrasyonların kullanılabilirliği, optimum şartlar ve çalışma süreleri araştırılmıştır. 125 litre reçine kullanarak optimum çalışma koşullarının 2.5-3.0 m^3/saat ve 14-16 çalışma sürelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Kağıt endüstrisi arıtma tesisi çıkış suyundan alınan organik içeriği yüksek, bor konsantrasyonu düşük atık suyun iyon değiştirme yöntemi ile arıtılabileceği ortaya konmuştur.

İyon değiştirici reçinelerin rejenerayonundan açığa çıkan borun, oksijenli kimyasal çöktürme yöntemi ile giderimi amaçlanmıştır. Optium çalışma koşullarının pH10'da, H_2O_2/B: 2 ve $BaCl_2$/B: 1 mol oranlarında, H_2O_2i le 150 rpm 5 dakika ve $BaCl_2$ ile 30 rpm 20 dakika muamele ile gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yüksek bor konsantrasyonlarında alkali şartlarda oksijenli kimyasal çöktürme yönteminin kullanılabilir olduğu ortaya koyulmuştur. . Bunun yanı sıra pH 10'da $CaCl_2$ ile yapılan çalışma veriminin de yeterli olduğu ve $BaCl_2$ maliyeti göz önünde bulundurulduğunda $CaCl_2$'ün daha iyi bir seçenek olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ATEŞ Ç. (2018), Ardışık Kimyasal ve Elektrokimyasal Yöntem ile Atık Sudan Bor Giderimi, Ankara Üniversitesi Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 509789

CHATTOPADHYAY A. (2014), Boron in Adhesives, *International Symposium on Boron and Borides (ISBB)*, Waikiki, Hawaii, USA, September

ERDEMLİ E. (2004), Biyolojik Olarak Arıtılmış Kağıt Endüstrisi Atıksularında KOİ'nin Kimyasal Oksidasyon Yöntemi ile Giderimi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 50101186, Nisan

E.C. (2001). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, *Industrial Emissions Directive, Integrated pollution prevention and control (IPPC), European Commission*, December

KORKMAZ M.(2011), Bor İçeren Sulardan Purolite S 108 Reçinesi Kullanarak Bor Giderimi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 300048,

LİN, J.Y., Shin, Y.J., Chen, P.Y., Huang, Y.H., 2014. Potential Chemical Oxo-Precipitation (COP) For Remediating Wastewater With A High Boron Concentration Using H2O2/Ba(OH)2 At Room Temperature, *Energy Procedia*, 2014, Pages 349-352

M. BUSCH, W. E. Mickols, S. Jons, J. Redondo, J.D. Witte, Boron Removal in Seawater Desalination, *Roceedings of International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse*, Paradise Island, Bahamas, September 28–October 3, 2003.

KUMAR S. & Jain S.(2013), History, Introduction, and Kinetics of Ion Exchange Materials, *Journal of Chemistry*, Article ID 957647, Delhi, IN

ÖZTÜRK N., Köse E., Boron Removal From Aqueous Solution By İon-Exchange Resin: Batch Studies, *Desalination*, 30 July 2008, Pages 233-240

URL – Engineering Bulletin Purolite® S108. https://www.purolite.com/dam/jcr:944eb48c-b0be-40c0-acd5-c9e6db9306ff/S108_07%2031%202014.pdf

MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI UÇTAN UCA ÇAĞRI MERKEZİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Çağatay AYDIN
Kocaeli Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
cagatayaydinn@gmail.com

Orhan AKBULUT
Kocaeli Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
orhan.akbulut@kocaeli.edu.tr

Uğur YILDIZ
Kocaeli Üniversitesi / Enformatik Bölümü
uguryildiz@kocaeli.edu.tr

Özet
Günümüzde çağrı performans değerlendirme sistemleri, geleneksel yöntemlerle değerlendirildiğinde zaman alıcı ve pratik olmayan bir süreçtir. Bu bildiride, duygu analizi ve anlamsal metin benzerliğine dayanan makine öğrenmesi temelli uçtan uca bir çağrı merkezi performans değerlendirme sistemi önerilmiştir. Duygu analizi, müşteri ve çağrı merkezi yetkilisi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Duygu analizi, çağrı merkezinden elde edilen ses verilerinin ve konuşmadan metne dönüştürülen metin verilerinin hibrit bir şekilde ele alınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Anlamsal metin benzerliği yaklaşımında, diyalog içerisinde geçen metinler ile çağrı performans formlarında geçen metinler arasındaki benzerlikler hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlar, çağrı performans değerlendirmesinin makine öğrenmesi yaklaşımları kullanarak verimli bir şekilde elde edilebileceğini gözler önüne sermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çağrı Değerlendirme, Duygu Analizi, Ses İşleme, Anlamsal Metin Benzerliği

MACHINE LEARNING BASED END-TO-END CALL CENTER PERFORMANCE EVALUATION SYSTEM

Abstract
Nowadays, call performance evaluation systems are a time-consuming and impractical process when they are evaluated with traditional methods. In this paper, a machine learning based end-to-end call center performance evaluation system, which is based on sentiment analysis and semantic text similarity, is proposed. Sentiment analysis was carried out by handling the voice data obtained from the call center and the text data converted from speech to text, in a hybrid way. In the semantic text similarity approach, the similarities between the texts in the dialogue and the texts in the call performance forms are calculated. Experimental results reveal that call performance evaluation can be achieved efficiently using machine learning approaches.

Keywords: Call Evaluation, Sentiment Analysis, Voice Processing, Semantic Text Similarity

GİRİŞ
Çağrı merkezleri, günümüzde birçok şirketin, maksimum memnuniyet sağlaması gereken birimlerinden biridir. Çağrı performansının zamanında ve doğru bir biçimde ölçülmesi, çağrıda yaşanılan aksaklıkları azaltmakta ve uzun vadede müşteri memnuniyetini arttırmaktadır.

Çağrılar, gelen veya giden olarak ikiye ayrılmaktadır. Çağrıların geldiği kanallar ise genel olarak bilgi, öneri, şikâyet, talep, teşekkür olarak sınıflandırılmaktadır. Müşterilerin bu kanallardan iletmiş olduğu talebin nasıl karşılandığı ve çağrı esnasında bir sorunun yaşanıp yaşanmadığının tespit edilmesi müşterinin genel memnuniyeti için oldukça değerlidir. Tüm çağrıların teker teker incelenmesi ve sorun yaşanılan çağrının tespit edilmesi oldukça zaman alıcı ve pratik olmayan bir sürece karşılık

gelmektedir. Çağrı kayıtlarının örneklem yoluyla dinlenmesi çağrı performans analizinde istenilen başarımı vermeyebilmektedir.

Literatürde, çağrı merkezlerinin performanslarının ve kalitesinin belirlenmesi için farklı çalışmalar yapılmıştır. [1]'de istatiksel amaçlı 300 çağrı merkezi üzerinde geniş çaplı bir araştırma yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre çağrı merkezlerinin ortalama cevap hızı 37,2 saniye, ortalama çözüm süresi 4,9 dakika ve sorunların ilk çağrıda çözüm oranı %74,1 olarak hesaplanmıştır. [2]'de çağrı merkezine gelen tüm kayıtlar Hadoop MapReduce yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiştir. Konuşma analizi ve metin benzerliği için Kosinüs benzerliği ve Ngram yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çağrı performans analizi için argo-yasaklı kelime kullanımı, açılış-kapanış konuşma eylemleri gibi metrikler ele alınmıştır. [3]'de çağrı görüşmelerinin normal ya da anormal olarak sınıflandırıldığı bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde çağrı görüşmeleri yönlü çizge teorisi ile modellenmiştir. Konuşma hızı gibi normal çağrılara ilişkin bilgiler ile modelin yapıları oluşturulmuştur. [4]'te çağrı merkezi memnuniyetinin iyileştirilmesi kullanıcıların duygu durumu tahmin edilmeye çalışılmıştır. Destek vektör makinesinin (DVM) kullanıldığı bu yöntemde kullanıcıların görüşme diyalogları sinirli veya nötr olarak etiketlenmiştir. [5]'de çağrı merkezine gelen görüşmelerin akustik ve anlamsal özellikleri kullanılarak pozitif, negatif ve nötr duygu durumları tespit edilmiştir.

Çağrı kayıtları ses verisi olarak kaydedildiğinden, bu veriler doğrudan çağrı performansı analizinde kullanılabilmektedir. Örneğin, literatürde ses sinyalinden duygu çıkarımını hedefleyen birçok yöntem önerilmiştir [6-8]. Ses verileri, günümüzde konuşmadan-metne olarak bilinen araçlarla metne dönüştürülebilmektedir. Google Speech-to-Text[2] uygulama arabirimi, konuşma verilerini metne dönüştürmede kullanılan araçlara örnektir. Metne dönüştürülen veriler üzerinden duygu analizini gerçekleştirmek mümkündür. Cümlelerin pozitif ya da negatif olarak etiketlenmesi, anlamsal olarak bilgi vermeyen kelimelerin çıkarılması, noktalama işaretlerinden faydalanma gibi araçlarla duygu tanıma çalışmalarını gerçekleştirmek mümkündür [9, 10].

Doğal dil işlemede anlamsal metin benzerlik yaklaşımları ile cümleler arasında benzerlik hesaplamaları yapılabilmektedir. Anlamsal metin benzerliği çalışmalarında İngilizce dilinde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların farklı dillere uyarlanması çok zahmetli olduğundan makine çevirisinden faydalanılmıştır. Bu bağlamda, farklı dillere çevrilmiş veri kümeleri ile çoklu dil modellerini geliştirmek mümkün hale gelmiştir [11,12].

Bu bildiride, çağrı merkezi performansını analiz etmek için konuşma ses verilerinden ve konuşma metin verilerinden yararlanılarak duygu tanıma sistemi önerilmiştir. Performans analizinde ayrıca anlamsal metin benzerliğine odaklanılmıştır.

VERİ KÜMELERİ

Bu bildiride, 3 farklı veri kümesi kullanılmıştır. Veri kümeleri detaylı bir şekilde alt bölümlerde açıklanmıştır.

Sesten Duygu Analizi Veri Kümesi

Sesin akustik özelliklerinden faydalanarak duygu analizi yapmak mümkündür. Duygu, genellikle sesten algılanmaktadır. Sesten duygu tanıma modelleri günümüzde gelişmeye açık bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tarz bir çalışmada gözetimli öğrenme yapabilmek için veri kümesinin hedef duygular ile

[1] TurEV Veri kümesi: https://github.com/Xeonen/TurEVDB
[2] https://cloud.google.com/speech-to-text/doc

etiketlenmiş ses verilerini içeren bir veri kümesi olması gerekmektedir. Literatürde ses verisi üzerinden duygu tanıma yapabilen çalışmalar oldukça fazladır. Bu bildiride, Türkçe kaynak olarak kullanılabilecek TurEV[1] veri kümesi [13] tercih edilmiştir. TurEV veri kümesi farklı konuşmacıların 82 kelimeyi 4 farklı duyguda (kızgın, sakin, mutlu, üzgün) örneklediği veri kümesidir. TurEV veri kümesinde kelimeler farklı duygu durumları ile seslendirilmiştir. Bu çalışmada, sistem kurgulanırken Google Speech To Text[2] tarafından çağrıda geçen kelimelerin zaman aralıkları tespit edilmiş ve söylenen her kelime zaman aralıklarınca küçük ses dosyaları olarak ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan her ses dosyası bir kelimeye karşılık gelmektedir.

Metinden Duygu Analizi Veri Kümesi

Çağrılarda sesten duygu tanımanın doğru sonuç elde edemediği yerler olabilmektedir. Örneğin, insanların duygularını bastırabilme özelliklerinden dolayı, beyaz yaka görüşmelerinde ses içerisinde duygu yer almadığı durumlarda metinden duyguyu tanımak gereklidir. Bu çalışmada metne dönüştürülmüş ses verilerinden, diyalog içerisindeki genel duygu durumu tespit edilmiştir. Veri kümesi olarak Twitter'dan alınmış pozitif ve negatif etiketlenmiş veriler kullanılmıştır. Metne dönüştürülmüş ses verilerinde, diyalog içerisindeki genel duygu durumu tespit edilmiştir.

Anlamsal Metin Benzerliği Veri Kümesi

Anlamsal metin benzerliği, verilen iki metnin ne kadar benzer olduğunu belirlemekte kullanılan etkili bir yöntemdir. Makine çevirisi, özetleme, metin üretme, soru yanıtlama, diyalog ve konuşma sistemleri gibi pek çok uygulama alanında kullanılmaktadır. Anlamsal metin benzerliği, 2012 yılından bu yana SemEval tarafından düzenlenen yarışmalarla yoğun araştırma konusu haline gelmiştir. Son yıllarda, çok dilli ve diller arası anlamsal benzerlik çalışmaları da ele alınmıştır [11]. Bu bildiride, çağrı merkezlerinin performansını değerlendirmek için bazı metrikler altında anlamsal metin benzerliği kullanılarak önceden hazırlanmış form içerisinde yer alan soruların cevapları bulunmuştur. Formda yer alan sorulardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- "Kalite standartları gereğince görüşmemiz kayıt altına alınmıştır." metni söylenmiş mi?
- Kişiye "Bey/Hanım" hitabında bulunulmuş mu?
- Çağrı açılışı uygun yapılmış mı?
- Yeni ürünlerden bahsedilmiş mi?
- Görüşmede marka zedeleyici/argo ifade kullanılmış mı?
- Müşterinin ve çağrı merkezi yetkilisinin duygu durumu (Pozitif ve Negatif)

Müşteri temsilcisinin çağrı diyaloğundaki cümleler ile çağrı performans metriklerindeki cümleler benzerlik göstermesi durumunda göre çağrı başarım puanlamaları yapılmaktadır. Anlamsal metin benzerliği için kullanılan veri kümesi STS Benchmark'ın Türkçe'ye çevrilmesiyle oluşturulmuş STSb-TR[3] veri kümesidir. Bu veri setinin Türkçe'ye çevrilmesinde Google Translate[4] kullanılmıştır.

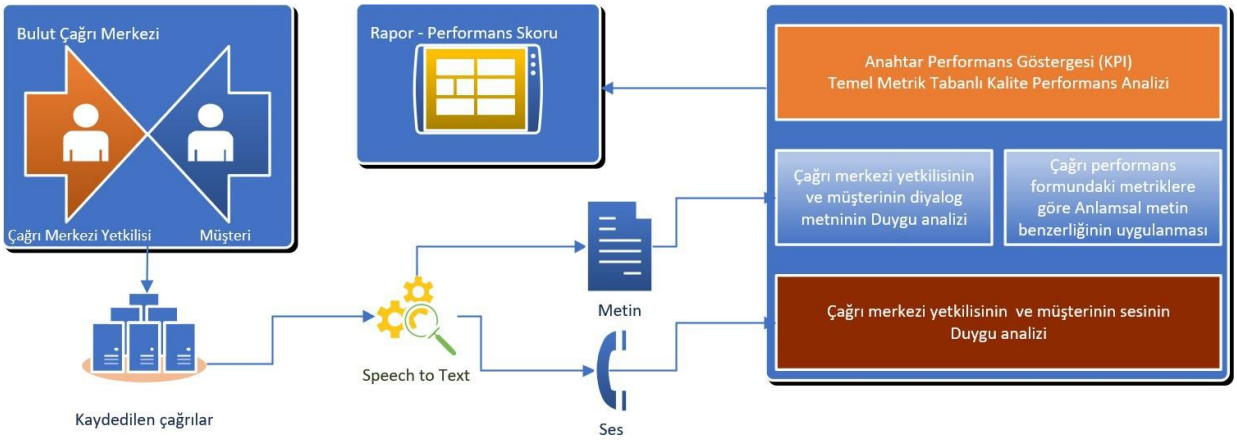
YÖNTEM

Önerilen çağrı değerlendirme sisteminin genel şeması Şekil 1'de verilmiştir. Sistemin girişini çağrı görüşmesine ait ses verisi oluşturmaktadır. Müşteri ve çağrı merkezi yetkilisine ait ses verilerinin 2 ayrı kanaldan geldiği varsayılmaktadır. Her bir kanala ait veri Google Speech-To-Text aracılığıyla metne dönüştürülmüştür. Uygulama programlama arayüzü ile aynı zamanda her bir kanala özgü kelime ayrıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kelimeler duygu analizinde kullanılmak üzere ses verisi olarak kaydedilmiştir. Duygusal tezatlık durumlarında, duyguyu sadece sesten veya sadece metinden tanıyarak elde etmek mümkün değildir. Bu nedenle sesten duygu analizinin yanı sıra, metne dönüştürülmüş verilere de duygu analizi uygulanmıştır.

[3] STSB-Tr Veri kümesi: https://github.com/verimsu/STSb-TR

[4] https://cloud.google.com/translate/docs/basic/transl%20ating-text

Son olarak, çağrı performans formlarında yer alan metriklerle, sesin metne dönüştürülmesinden elde edilen cümleler anlamsal benzerlik göstermeleri durumuna göre puanlamalar yapılmıştır. İşlemler sonucunda görüşme yapan çağrı merkezi yetkilisinin genel kalite performans skorunun oluşturabileceği önerilmektedir.



Şekil 1. Çağrı Performans Analizi Sistemi

Sesten Duygu Analizi

Sesten duygu analizinin yapılma amacı çağrı performans başarısı hesaplanırken müşteri ve çağrı merkezi yetkilisinin pozitif duyguda olup olmadığının kontrol edilmesidir. Özniteliklerin çıkarılmasında Librosa aracı kullanılmıştır [15]. Sesten duygu analizinde, [16]'da önerilen çalışmadan esinlenerek Mel Frekans Kepstral Katsayısı, Mel Spektrogram ve Kısa Süreli Fourier Dönüşümü öznitelikleri tercih edilmiştir.

Metinden Duygu Analizi

Metin üzerinde duygu tanıma modeli oluşturulurken verilerin tamamı Twitter'dan alınmış ve veriler Pozitif/Negatif olarak etiketlenmiştir. Veri ön işleme ve sınıflandırma algoritmalarının başarılı sonuçlar vermesi için gürültülü veri ayıklanmıştır. Buradaki gürültü; noktalama işaretleri, anlamı olmayan ifade bildiren kelimeler, etiketler, diyez işareti ile başlayan başlıklardır. Veri ön işleme aşamasında durak kelimelerin çıkarılması ve kök analizinin yapılması için Zemberek [17] kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Anlamsal Metin Benzerliği

BERT modeli kullanılarak anlamsal metin benzerliği modeli oluşturulmuştur. BERT modeli, çok katmanlı çift yönlü dönüştürücü kodlayıcı olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak, ön eğitim ve uygulamaya göre yapılan ince ayarla (fine tuning) birlikte iki kademeden oluşmaktadır. Model, ön eğitim yapılacak olan uygulamadan bağımsız olarak büyük bir metin derlemesinde eğitilmektedir. Bu eğitim tarzı, metin içerisinde sonraki cümleyi tahmin etme veya cümle içerisinde gizlenen kelimeyi bulmaya dayanan bir algoritma kullanmaktadır. Ön eğitimde, kelimeler arasındaki bağlamları hesaba katan dikkat mekanizması kullanıldığı için BERT kelime temsilleri birçok doğal dil işleme uygulamasında başarılı sonuçlar almıştır [18, 19]. Anlamsal metin benzerliği için kullanılan STSb-TR veri setindeki cümleler 0-5 arası etiketlidir ve her iki cümle için 0-5 arası puan verilmiştir. Kullanılan Bert modeli aynı zamanda çoklu dil modelidir. Bu çalışmada Bert'in Türkçe uyumlu modeli olan BertTürk modeli kullanılmıştır.

DENEYLER

Bu çalışmada duygu analizi aşamasında, sesten duygu analizi ve metinden duygu analizi hibrit bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Görüşmenin nihai negatif duygu durumu, bu iki yöntemden en az bir yöntemin negatif duygu üretmesine bağlıdır. Kalite performans metriklerinde duygu analizi sonuçlarına yer verilmiştir. Kalite performans metriklerinde ayrıca, formda yer alan performans

metriklerinin metin içerisinde yer alıp almadığının belirlenmesi için anlamsal metin benzerliği yaklaşımı kullanılmıştır.

Sesten duygu analizi için TurEv veri kümesi, sinirli ve üzgün duygular için negatif, mutlu ve doğal duygular için pozitif olarak kümelendikten sonra %75 eğitim verisi %25 test verisi olarak ayrıştırılmıştır. Pozitif ve negatif kümeler üzerinde ikili sınıflandırma yapılmıştır. Çok katmanlı algılayıcı sınıflandırıcısı (MLP) kullanılmıştır. Bu sınıflandırıcı ile yapay sinir ağı eğitilmiştir. Yapay sinir ağı tasarımında, 300 adet gizli katman ve Adaptif öğrenme katsayısı için Adam tercih edilmiştir. Eğitim modeli kullanılarak test kümesinde elde edilen duygu tanıma sınıflandırma sonucu, Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre yüksek doğrulukta duygu tanıma elde edilebilmektedir.

Tablo 1. SESTEN DUYGU TANIMA BAŞARIM SONUÇLARI

Sınıflandırıcı	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Skor	Doğruluk
MLP	0.96	0.96	0.96	0.96

Metinden duygu analizi aşamasında Twitter'dan alınmış, pozitif ve negatif olarak etiketlenmiş veri kümesi kullanılmıştır. Kök analizinin yapılabilmesi için Zemberek kütüphanesinden yararlanılmıştır. Anlamsal değerlilik belirtmeyen ek, kelime ve noktalama işaretlerinin ayrıştırılmıştır. TF-IDF ve Ngram teknikleri kullanılarak elde edilen vektörler üzerinden farklı sınıflandırma yöntemlerinin ikili sınıflandırma sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Metinden duygu analizi için kullanılan 3 algoritmanın, yüksek sınıflandırma doğruluğu elde ettiği görülmüştür.

Tablo 2. METİNDEN DUYGU TANIMA BAŞARIM SONUÇLARI

Sınıflandırıcı	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Skor	Doğruluk
DVM	0.87	0.87	0.87	0.87
Naive Bayes	0.86	0.86	0.86	0.86
Lojistik Reg.	0.86	0.86	0.86	0.86

Cümleler arası benzerlik oranını hesaplamak için öncelikle STSb-TR veri kümesinde ön eğitim yapılmıştır. Ardından ince ayar yapılarak STSb-TR test veri kümesinde test edilmiştir. 1000 adım ve 4 dönem olmak üzere eğitim gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'te verilen sonuçlar, tahmin edilen benzerlik skorları ile yer doğrusu verileri arasında Pearson ve Spearman korelasyonlarına göre elde edilmiştir. Tablo 3'teki sonuçlara göre, çağrı performans analizinde anlamsal metin benzerliği yaklaşımının kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

Tablo 3. ANLAMSAL METİN BENZERLİĞİ BAŞARIM SONUÇLARI

Model	Pearson Korelasyon Katsayısı	Spearman Korelasyon Katsayısı
BertTürk	0.96	0.96

SONUÇLAR

Bu bildiride, çağrı performans değerlendirmesi için çok yönlü uçtan uca duygu analizi ve anlamsal metin benzerliği yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çağrıda, duygu tanıma işlemi, pozitif ve negatif olmak üzere, müşteri ve çağrı merkezi yetkilisi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Anlamsal metin benzerliği ile çağrı performans formlarında yer alan metrikler otomatik değerlendirmeye alınırken duygu durumunun pozitif olduğu görüşmeler için de temsilci ekstra puan kazanmaktadır. Anlamsal metin benzerliği ile çağrı performans notunun hesaplanması ana görevdir. Bu sayede temsilcinin söylemesi gereken sözcük veya sözcük grupları çağrıda yer almış mı sorusunun cevabı alınmaktadır. Buna göre, çağrı performans notu oluşturulmaktadır. Bununla birlikte, performans notu hesaplamasında duygu durumu da dahil edilmektedir. Müşteri ve müşteri temsilcisi için pozitif duygu durumları tespit edilmiş ise müşteri temsilcisinin performans puanı artmaktadır.

Uçtan uca sistemin çalışması, birden fazla modelin birleşiminden oluşmaktadır. Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında önerilen yöntemin içeriğinin özgün olduğu değerlendirilmektedir. Çağrı performansının geleneksel yöntemlerle yapılması uzun uğraşlar gerektirmektedir. Önerilen yöntem sayesinde çağrıların değerlendirilmesi tarafında yüksek başarımlı bir model elde edilmektedir. Ayrıca, çağrı performans değerlendirmesinde zaman ve iş yükü tasarrufu sağlanması aşikârdır.

Çağrı performansının önerilen sistem ile analiz edilmesi durumunda kayda değer başarılar elde edildiği görülmektedir. Çağrı merkezi görüşmelerindeki ses verisi, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanununda kişisel veri olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple duygu analizi için kullanılan veri kümeleri herkese açık paylaşılmış veri kümeleri arasından tercih edilmiştir. Çağrı görüşmelerinden elde edilmiş ve anonim hale getirilmiş veriler üzerinde eğitim yapılması durumunda, daha güvenilir sonuçların elde edilebileceği açıktır. Ayrıca, çağrı merkezlerinin görüşme esnasında yapması gerekenleri hatırlatan, çağrı performans metriklerini gerçek zamanlı kontrol eden bir yapının oluşturulması gelecekte yapılabilecek çalışmalar arasındadır.

KAYNAKÇA

[1] J. Anton, J. Monger and D. S. Perkins, Call Center Management by the Numbers, Purdue University Press, 1997.

[2] B. Karakus and G. Aydin, "Call center performance evaluation using big data analytics," 2016 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC), 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISNCC.2016.7746116.

[3] M. Abhishek Pandharipande and S.K. Kopparapu, "A novel approach to identify problematic call center conversations," in Proc. International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2012, pp. 1-5.

[4] J. Sun et al., "Information Fusion in Automatic User Satisfaction Analysisin Call Center," 2016 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC), 2016, pp. 425-428, doi: 10.1109/IHMSC.2016.49.

[5] T. Deschamps-Berger, L. Lamel and L. Devillers, "End-to-End Speech Emotion Recognition: Challenges of Real-Life Emergency Call Centers Data Recordings," 2021 9th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 2021, pp. 1-8, doi: 10.1109/ACII52823.2021.9597419.

[6] H. Hu, M. Xu and W. Wu, "GMM Supervector Based SVM with SpectralFeatures for Speech Emotion Recognition," 2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - ICASSP '07, 2007, pp. IV-413-IV-416, doi: 10.1109/ICASSP.2007.366937.

[7] H. Meng, T. Yan, F. Yuan and H. Wei, "Speech Emotion Recognition From 3D Log-Mel Spectrograms with Deep Learning Network," in IEEE Access, vol. 7, pp. 125868-125881, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2938007.

[8] H. Koo, S. Jeong, S. Yoon and W. Kim, "Development of Speech Emotion Recognition Algorithm using MFCC and Prosody," 2020 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC), 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICEIC49074.2020.9051281.

[9] L. Wang, J. Niu and S. Yu, "SentiDiff: Combining Textual Information and Sentiment Diffusion Patterns for Twitter Sentiment Analysis," in IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 32, no. 10, pp. 2026-2039, 1 Oct. 2020, doi: 10.1109/TKDE.2019.2913641.

[10] E. M. Alshari, A. Azman, S. Doraisamy, N. Mustapha and M. Alkeshr, "Effective Method for Sentiment Lexical Dictionary Enrichment Based on Word2Vec for Sentiment Analysis," 2018 Fourth International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management (CAMP), 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/INFRKM.2018.8464775.

[11] F. B. Fikri, K. Oflazer and B. Yanıkoğlu, "Turkish Dataset for Semantic Textual Similarity," 2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU53274.2021.9477982.

[12] T. Isbister, M. Sahlgren, "Why Not Simply Translate? A First SwedishEvaluation Benchmark for Semantic Similarity", arXiv preprint

[13] Canpolat, Salih Firat & Ormanoğlu, Zuhal & Zeyrek, Deniz. (2020). Turkish Emotion-Voice Database (TurEV-DB).

[14] Richards, J. M. and Gross, J. J. "Composure at Any Cost? The Cognitive Consequences of Emotion Suppression", Personality and Social Psychology Bulletin, 1999, 25(8), pp. 1033–1044. doi: 10.1177/01461672992511010.

[15] Brian m., Matt m., Colin R., Dawen L., Oriol N., Eric B., Josh M., DanE., Ryuichi Y., Rachel B., Douglas R., Petr V., Joao F. S., and Adrian H.Librosa: 0.4.1, October 2015.

[16] P. A. Babu, V. Siva Nagaraju and R. R. Vallabhuni, "Speech EmotionRecognition System With Librosa," 2021 10th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), 2021, pp. 421-424, doi: 10.1109/CSNT51715.2021.9509714.

[17] A. A. Akın and M. D. Akın, "Zemberek, an open source nlp framework for turkic languages," Structure, vol. 10, pp. 1–5, 2007.

[18] Q. Chen, Z. Zhuo, and W. Wang, "Bert for joint intent classification and slot filling," arXiv preprint arXiv:1902.10909, 2019.

[19] F. Şahinuç, V. Yücesoy and A. Koç, "Intent Classification and Slot Filling for Turkish Dialogue Systems," 2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2020, pp. 1- 4, doi: 10.1109/SIU49456.2020.9302308.

K-VALUE EFFECT ON THERMAL STABILITY OF PVC BASED CABLE FORMULATION

Yaren Demirtemel
Kocaeli University / Institute of Science, Polymer Science and Technology Programme
yarend96@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7271-545X

Onur Çoban
Kocaeli University / Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aircraft Body and Engine Maintenance
onur_coban@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-8965-3459

Ömer Bostan
DE-KA Electrotechnical Industry and Trade Inc.
Omer.Bostan@de-ka.com

Müsemma Erdoğan
DE-KA Electrotechnical Industry and Trade Inc.
Musemma.Erdogan@de-ka.com

Şahin Güzel
DE-KA Electrotechnical Industry and Trade Inc.
Sahin.Guzel@de-ka.com

Abstract
Polymeric materials have a wide range of applications in industrial applications. They are common in everyday life applications such as packaging, construction, electrical and electronic applications. Because of its high mechanical properties, good electrical insulation properties, chemical resistance, non-flammability properties, and low cost when compared to other thermoplastic materials, polyvinyl chloride (PVC) is frequently used as an insulation material in the cable industry. For taking a good process conditions and final product properties, heat stabilizers, plasticizers, fillers, and other additives must be compounding with PVC. Thus, identification of the types and levels of ingredients are very important. The purpose of this study, to investigate and optimize the thermal stability of PVC cable formulation with varying K-values. The PVC cable formulations were designed with the help of DOE (design of experiment) method and were produced by extrusion process. Thermogravimetric analyses (TGA) were applied to determine the thermal stability properties of PVC based cables. In DOE analyses, TGA results were showed that PVC cable formulation was significantly affected by K value of PVC. When the high K-value PVC is used, thermal stability was improved.

Keywords: Poly (vinyl chloride), Cable, K-value, Optimization, Thermal stability, Taguchi.

1. INTRODUCTION

Polymers are widely used all over the world that cannot be limited to a single field. The first thing that comes to mind when thinking about polymers is petroleum-based polymers like polypropylene (PP) and polyethylene (PE). PVC is a widely used commercial thermoplastic in everyday life such as windows, pipes, floors, and cables. However, due to inherent disadvantages such as brittleness and low thermal stability, it must be combined with additives to provide the desired properties in finished products. Heat stabilizers, plasticizers, and fillers must be compounded with PVC in preproduction to achieve good process conditions and properties. As a result, identifying the types and levels of additives is critical. PVC materials are polymerized using various techniques and molecular weights. At the European, average molecular weight is expressed as "K-value (Fikentscher number)." In PVC regulations, "K-value'' selection and formulation optimization are critical. The "K-value'', for example, is expressed as a number between 45-50 for low molecular weight polymers, 60-70 for medium molecular weight polymers, and 80-100 for high molecular weight polymers (Wypych 2020). High "K" values have a positive effect on thermal properties, but they cause processing difficulties. As the "K" value of PVC increases, so do its thermal stability, hardness, and impact resistance, while its elongation ability

decreases. If the hardness of the cables increases, it may cause cracking and breaking under high or low temperature conditions. The K-value increases, the need for impact modifier decreases. In addition, if the K-value increases, porosity is also increases have higher porosity and polymer molecules absorb higher plasticizers or additives. This situation necessitates the use of appropriate additives, and it is critical that additive levels be optimized in accordance with the "K" value (Wypych 2020), (Durosinmi 2015), (Patrick and Stuart 2005).

For taking good process conditions and final product properties, all components must be compounding. PVC used in cables is compounded by adding various additives to make it softer, more flexible and to obtain the expected performance conditions. Thus, the PVC compounds obtained become suitable for cable production. The ‘'K-value’’ will be changed based on the needs, and the formulation of PVC-based cables should be optimized as a result. This study aims to investigate the changes in the thermal stability of PVC cable. For this purpose, high K-value of PVC were used for cable formulations to improve the thermal properties. PVC cable formulations were prepared with the help of DOE (design of experiment) method and were produced injection molding systems. Then the thermal stability of 10 cable samples were examined.

2. MATERIALS AND METHODS

Poly (vinyl chloride) (K-80, K-90, Inovyn), TOTM (Emery Oleochemicals), ESBO (epoxidized soybean oil), Ca/Zn stabilizer (Reagens), TPU (Lubrizol) and kaolin (Omya Madencilik) were used. Kaolin and ESBO levels were fixed. The formulation content and the minimum-maximum levels of the other additives were determined according to the literature. DOE (design of experiment) method was used for optimization studies. 10 formulations were obtained with this method which are given in Table 1. The number of experiments to be performed is found by the formula 2^k (k = number of factors) for full factorial design. This study was applied with 3-level factorial experiments. It was designed using the DOE in the Minitab program with a ½ factorial design, 2 trials at the center point. Experiments number 2 and 6 were created for the center points as shown in the Table 1. Thermogravimetric analysis (TGA) was applied to determine the thermal characteristics of PVC cables. The TGA was carried out from 25ºC to 800 ºC with a 10ºC/min heating rate under 20 ml/min nitrogen gas with the Mettler Toledo TGA device.

Table 8. Levels of input materials randomly selected by the DOE method

Exp. No	Center Point	Sample Name	PVC (phr)*	PVC Type (K)	TOTM (phr)	Kaolin (phr)*	ESBO (phr)*	Ca/Zn Stabilizer (phr)	TPU (phr)
1	1	S1K90	100	90	40	15	4	22	3
2	0	S2K90	100	90	50	15	4	18	5
3	1	S3K80	100	80	60	15	4	22	3
4	1	S4K90	100	90	60	15	4	22	7
5	1	S5K80	100	80	40	15	4	22	7
6	0	S6K80	100	80	50	15	4	18	5
7	1	S7K90	100	90	60	15	4	14	3
8	1	S8K90	100	90	40	15	4	14	7
9	1	S9K80	100	80	40	15	4	14	3
10	1	S10K80	100	80	60	15	4	14	7

(*) It means additive level was fixed

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Thermal Stability Properties

Thermogravimetric analysis (TGA) provides information about the changing mass losses in the structure of a substance as a function of temperature and time (Rajisha et al. 2011). Table 2 is given below regarding the TGA results. 5% loss temperature ($T_{d,5\%}$), 10% weight loss temperature ($T_{d,10\%}$), first degradation temperature (T_{max1}), second degradation temperatures (T_{max2}) and residue at 800°C are listed in Table 2. As seen in the TGA results, the thermal degradation of PVC occurred in two stages. The first degradation temperatures observed in TGA ($T_{d,5\%}$, $T_{d,10\%}$, T_{max1}) are the determining parameters in thermal stability for cable materials. The first moment that the cable material encounters any high

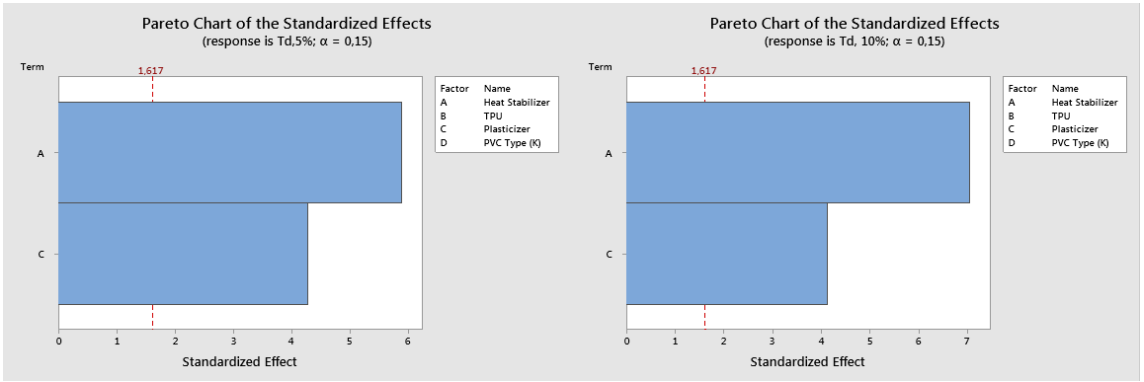
temperature situation is important. The $T_{d,5\%}$ of S3K80 is 286,19ºC and S4K90 is 286,12ºC and the $T_{d,10\%}$ of S3K80 is 288,05ºC and S4K90 is 287,95ºC, which provide the advantage of use in areas with high temperatures compared to other formulations. When Table 2 is examined carefully, the first step (T_{max1}) at which mass loss range was 200-350°C, and the highest temperature was observed at approximately 290°C in S3K80 and S4K90 samples. This maximum mass loss occurs as a result of decomposition of the conjugated polyene sequences in the PVC and dehydrochlorination (Schiller 2015), (G Montaudo 1991). The second step (T_{max2}) took place between 350°C and 500°C and is attributed to the onset of degradation of the carbon components and other remaining raw materials formed during the first stage. The temperature at which the maximum mass loss occurred in the second step was observed as 454°C in S1K90 and S8K90 samples. The reason for this maximum mass loss is thought to be the degradation of ESBO (epoxidized soybean oil) and the Ca/Zn-based heat stabilizers used in the formulations (Yang et al. 2007), (Zhu et al. 2016), (Tan and Chow 2011). At 800°C, residue in the range of 10-13% was observed. In the S10K80, where the lowest amount of residue was 10,42%; the highest amount of residue was observed in the S1K90 trial, where it was 13,61%.

Table 2. Results of thermogravimetric analyses (TGA)

Sample Name	$T_{d,5\%}$ (°C)	$T_{d,10\%}$ (°C)	T_{max1} (°C)	T_{max2} (°C)	Residue (%) (800°C)
S1K90	283,54°C	285,61°C	288,34°C	454,23°C	%13,61
S2K90	285,04°C	286,90°C	289,90°C	440,12°C	%12,49
S3K80	286,19°C	288,05°C	290,68°C	448,99°C	%11,29
S4K90	286,12°C	287,95°C	290,94°C	435,94°C	%11,77
S5K80	284,58°C	286,72°C	289,25°C	451,28°C	%11,78
S6K80	283,58°C	285,98°C	288,85°C	442,04°C	%11,55
S7K90	283,48°C	285,08°C	287,92°C	444,06°C	%10,87
S8K90	282,25°C	283,62°C	286,61°C	454,23°C	%11,80
S9K80	282,05°C	283,93°C	286,41°C	450,42°C	%11,79
S10K80	283,38°C	285,05°C	287,89°C	452,17°C	%10,42

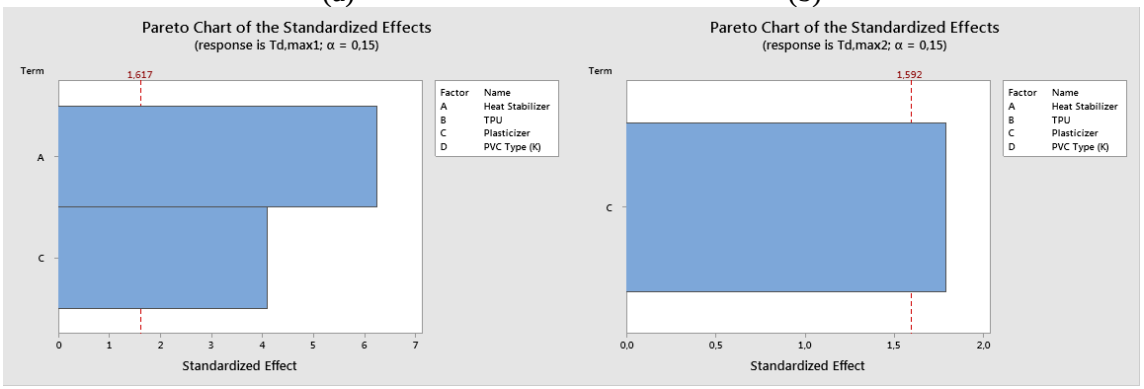
3.2. Optimization Results (Response Optimizer)

In this study, there is a need for optimization that will provide the optimum PVC properties for thermal stability. Optimization studies were carried out using the design of experiment method (DOE) within thermogravimetric analysis results obtained from the 10 cable samples. The Pareto chart displays the absolute values of the standardized effects from largest to smallest. A reference line is also plotted in the chart to indicate which effects are statistically significant. Pareto charts obtained with the response optimizer are given in Figure 1.



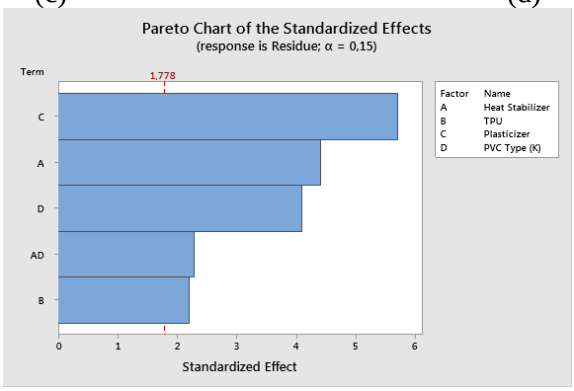
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Figure 1. Pareto charts obtained with the response optimizer; (a) Pareto chart of $T_{d,5\%}$ (b) Pareto chart of $T_{d,\ 10\%}$ (c) Pareto chart of T_{max1} (d) Pareto chart of T_{max2} (e) Pareto chart of Residue at 800°C

The significance level (denoted by or alpha) determines the reference line for statistical significance. Unless you specify a stepwise selection method with an alpha value, the significance level is 1 minus the analysis's confidence level. To determine the magnitude and significance of the effects, use the Pareto chart. Bars that cross the reference line on the Pareto chart are statistically significant (Example of Pareto Chart - Minitab n.d.). In (a) Pareto chart, for example, the bars representing factors A, and C cross the reference line at 1,617. With the current model terms, these factors are statistically significant at the 0.15 level. In the analyzed Pareto charts, we can see the combinations and raw materials that have a high effect on thermal degradation temperatures ($T_{d,5\%,}$ $T_{d,10\%,}$ $T_{max1,}$ T_{max2}) and residue at 800°C. Any effects that extend beyond the reference line are significant. The biggest factors for $T_{d,5\%,}$ $T_{d,10\%,}$ T_{max1} are A (Heat Stabilizer) and C (Plasticizer, A>C). The biggest factor for T_{max2} is C. Lastly, the biggest factors for residue are respectively C, A, D (PVC type), AD (synergistic effect between heat stabilizer and PVC type), and B (TPU).

Use ‘’Response Optimizer’’ to find the optimal combination of input variable settings for a single response or a set of responses. Minitab program generates an optimization plot and calculates the best

solution. This interactive plot lets you change the input variable settings to perform sensitivity analyses and potentially improve on the initial solution (Overview for Response Optimizer - Minitab n.d.), (What is response optimization? - Minitab n.d.). The lowest and highest levels of the parameters are shown in Figure 2. According to all factors, the results are considered to be the higher is better. Because, this is related to the degradation of the material at high temperatures in the TGA results, which shows that the thermal stability is good. Optimum formulation obtained with the response optimizer are given in Figure 3 and Table 3.

Parameters

Response	Goal	Lower	Target
Residue	Maximum	10,42	13,61
Td,max2	Maximum	435,94	454,23
Td,max1	Maximum	286,41	290,94
Td, 10%	Maximum	283,62	288,05
Td,5%	Maximum	282,05	286,19

Figure 2. The lowest and highest levels of the parameters and goals for results

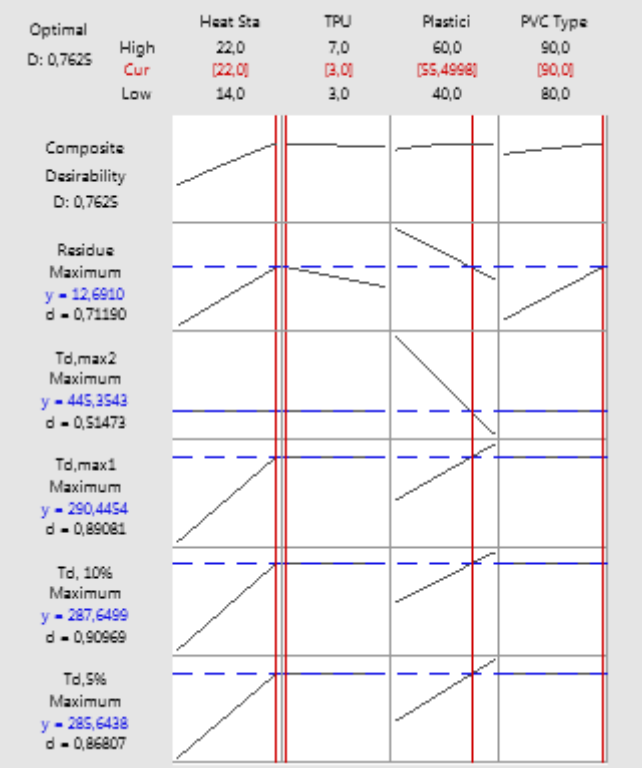


Figure 3. Optimum formulation obtained with the response optimizer

Table 3. Optimum formulation solution and prediction of all results with the response optimizer

PVC Type (K-value)	Plasticizer (phr)	Heat Stabilizer (phr)	TPU (phr)	$T_{d,5\%}$ (°C)	$T_{d,10\%}$ (°C)	$T_{d,max1}$ (°C)	$T_{d,max2}$ (°C)	Residue (%)
90	55,4998	22	3	285,644	287,650	290,445	445,354	12,6910

We evaluated the outputs such as thermogravimetric analysis results after the trial productions of the PVC cable materials we made the formulation trials. For our final formulation, we focused on thermal stability at this point. After the analyze factorial design, the active response optimizer button is pressed, and the analysis method is developed by specifying the goals and targets that we want to see in the outputs that are the result of the combinations we have created. We can see the lower and maximum values of all the combinations we tried. Our expectation from the program is to give us an idea about the formulation where the target all thermal degradation temperatures and residue amounts are

maximized. When we want to make an external intervention in the calculated final formulation, the amount of raw material to be corrected is clicked on and the target amount is entered, allowing the program to calculate all the raw material amounts again. All quantities are calculated over the targets. The method estimates the results of the analysis made with these values by creating the optimum formulation. As seen in Figure 3, if you add 22 phr stabilizer, 3 phr TPU, approximately 55 phr plasticizer, and use 100 phr K-90 type PVC with fixed other additives (15 phr Kaolin and 4 phr ESBO), you can reach a optimum formulation for thermal stability of PVC cable.

4. CONCLUSION

In this study, the PVC cable formulations were designed with the help of DOE (design of experiment) method and were produced by extrusion process. Thermal stability properties of PVC-based cables were determined using thermogravimetric analyses (TGA). In Pareto Charts say that the biggest factors for $T_{d,5\%,}$ $T_{d,10\%,}$ T_{max1} are Ca/Zn heat stabilizer and TOTM plasticizer. Heat stabilizer and plasticizer have a great effect on initial temperatures encountered by the cable. The biggest factor for T_{max2} is TOTM plasticizer. Additionally, the biggest factors for residue are heat stabilizer, plasticizer, K- value type of PVC. It has been observed that the PVC K-value and the synergistic effect of the between PVC K-value and heat stabilizer is important. Input material with the least effect for thermal stability was TPU. TGA results combined with DOE analysis revealed that the K value of PVC had a significant impact on PVC cable formulation. The optimum formulation was obtained by combining a 22 phr stabilizer, a 3 phr TPU, a 55 phr plasticizer, and a 100 phr K-90 type of PVC with fixed other additives. When the high K-value PVC is used, thermal stability was improved. As a result of the optimum formulation, it was concluded that the Tmax1 was around 290°C and the T_{max2} was around 445°C. The residue was around 12,7%. In the final formulation, it was observed that high K value PVC (K-90) should be used for thermal stability by optimizing the additive levels.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank DE-KA Electrotechnical Industry and Trade Inc. for technical and financial support and PIMSA Automotive Inc. for their support in performing the necessary thermal analysis.

REFERENCES

Durosinmi, Saliu Adelakin. 2015. “Mechanical and Structural Changes of PVC When Subjected to Heat.”

“Example of Pareto Chart - Minitab.” https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/pareto-chart/before-you-start/example-of-a-pareto-chart/ [Access Date: 12.04.22].

G Montaudo, C Puglisi. 1991. “Evolution of Aromatics in the Thermal Degradation of Poly (Vinyl Chloride): A Mechanistic Study.” Polymer Degradation and Stability 33: 229–62.

“Overview for Response Optimizer - Minitab.” https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/using-fitted-models/how-to/response-optimizer/before-you-start/overview/ [Access Date: 12.04.22].

Patrick, S., and G. Stuart. 2005. Practical Guide to Polyvinyl Chloride.

Rajisha, K.R., B. Deepa, L.A. Pothan, and S. Thomas. 2011. “Thermomechanical and Spectroscopic Characterization of Natural Fibre Composites.” In Interface Engineering of Natural Fibre Composites for Maximum Performance, Elsevier, 241–74.

Schiller, Michael. 2015. PVC Additives; Performance, Chemistry, Develeopments, and Sustainability.

Tan, S. G., and W. S. Chow. 2011. “Thermal Properties, Curing Characteristics and Water Absorption of Soybean Oil-Based Thermoset.” Express Polymer Letters 5(6): 480–92.

“What Is Response Optimization? - Minitab.” https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/using-fitted-models/supporting-topics/response-optimization/what-is-response-optimization/ [Access Date: 12.04.22].

Wypych, George. 2020. “Pvc Properties.” PVC Formulary: 5–45.

Yang, L et al. 2007. “A Novel Method to Prepare Zinc Hydroxystannate-coated Inorganic Fillers and Its Effect on the Fire Properties of PVC Cable Materials.” Wiley Online Library 47(7): 1163–69. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pen.20482 [Access Date: 21.04.22].

Zhu, L, Y Wu, B Shentu, and Z Weng. 2016. “Preparation and Characterization of Zinc-Mannitol Complexes as PVC Thermal Stabilizers with High Efficiency.” Polymer Degradation and Stability 133: 39–403. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391016302920.

THERMAL CHARACTERIZATION OF POLYPHENOL OXIDASE FROM PERSIMMON

Elif Kale
Kocaeli University, Biology Department

Sevgi Türker Kaya
Kocaeli University, Biology Department

Yonca Yüzügüllü Karakuş
Kocaeli University, Biology Department
yonca.yuzugullu@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0286-8711

Abstract
The use of enzymes in different industries has been increasing due to their substrate specificity, environmentally friendly nature, and biological origins. Polyphenol oxidases (PPOs), which can be widely found on a large phylogenetic scale from bacteria to humans, are one of these enzymes. The importance of PPOs in the global market is enormous. Persimmon (*Diospyros kaki* L.) is a member of Ebenaceae family. Persimmons fruits have been used in traditional medicine for many years. Being a good source of calcium, potassium, and vitamin C, this fruit is also rich in tannins and antioxidant phenolic compounds. These compounds are considered as the main substrates of PPOs. In the current study, the PPO was purified from persimmon fruit using three-phase partitoning (TPP), and examined for its thermal characterization, which has not performed previously to the best of our knowledge. Thermodynamic parameters of the PPO enzyme were determined by differential scanning calorimetry (DSC). DSC has yielded information regarding the transition/folding temperature (T_m) and calorimetric enthalpy (ΔH). The temperature stability was also studied by spectrophotometry. According to the spectroscopic measurements, the PPO enzyme activity was the highest at 60°C, and highly stable at same temperature after 60 min incubation. Calorimetric analysis revealed consistent T_m (60.2°C) and ΔH *(15.5 J/g^{-1}) values with spectroscopic data.* Consequently, this work indicated that persimmon can be a good source for more heat-resistant PPO, which is of high industrial importance.

Keywords: Polyphenol oxidase, Persimmon, *Diospyros kaki*, Differential scanning calorimetry, thermal characterization

1. INTRODUCTION

The unique properties of enzymes such as substrate specificity, environmentally friendly nature, and biological origins, have enabled them to increase their use in different industries and have a significant market share (Panadare and Rathod, 2018). Polyphenol oxidases (PPOs), which can be found widely in many organisms from bacteria to humans, are one of these enzymes. (Malviya et al., 2011; Panadare and Rathod, 2018). As antioxidant enzymes, PPOs are copper-containing oxidoreductases that catalyse the hydroxylation and oxidation of phenolic compounds in the presence of molecular oxygen. PPOs are grouped into three main classes according to their substrate specificity and mechanism of action. These are tyrosinases (EC 1.14.18.1), catechol oxidases (EC 1.10.3.1), and laccases (EC 1.10.3.2) (Torelli et al., 2002; Mishra and Gautam, 2016; Yuzugullu Karakus et al., 2021).

PPOs are found in various parts of plants such as roots, leaves and flowers (Constabel et al., 2008). They are generally considered as plant defence proteins (Mayer et al., 1979; Constabel et al., 2000). PPOs are of great interest to researchers in the food, textile, paper industries, as well as medicine and cosmetics, due to their role in the cell and their high phenolic compound oxidation capacity, as well as their use in the synthesis of many pharmaceutically necessary compounds (Panadare and Rathod, 2018; Rodriguez et al., 2006; Kamal et al., 2015). The importance of PPOs in the global market is enormous because of their potential for use in many industrial applications. Persimmon (*Diospyros kaki* L.) is a member of the Ebenaceae family, and a popular and important fruit in East Asian countries. Known as Trabzon persimmon in Turkey, this fruit is mostly grown in the North-East region of Turkey (Yaltirik, 1972; Özen et al., 2004). Persimmon fruits have been used in traditional Chinese medicine (Direito et al.,

2021). Being a good source of calcium, potassium and vitamin C, this fruit is rich in tannins and antioxidant phenolic compounds (Mowat, 1990; Gorinstein et al., 1994; Özen et al., 2004; Direito et al, 2021). Studies on persimmon have shown that this fruit has also anti-tumour properties (Kawase et al., 2003; Direito et al., 2017), anti-diabetic (Lee et al., 2006) and diuretic effects (Briand, 2005). In addition to all these, it is mentioned in the literature that it is used in the prevention and treatment of many other diseases (Gorinstein et al., 1998; Núñez-Delicado et al., 2003; Özen et al., 2004; Chen et al., 2008; Esteban-Muñoz et al., 2021).

Differential scanning calorimetry (DSC) is an analytical method that directly measures the molar heat capacity of samples relative to a reference during a regulated temperature change (Durowoju et al., 2017). Its advantages are good reproducibility of the obtained data, ease and speed of sample preparation and analysis, and relatively small sample requirement. The use of DSC instruments with capillary cells offers high accuracy and sensitivity in the experiments with aqueous protein solutions. Taking the benefits of this technique, it has been widely used to investigate thermal characterization and phase transition of proteins (Velicelebi et al., 1979; Privalov et al., 1986; Johnson, 2013) by monitoring the parameters such as thermal transition temperature (denaturation/melting/folding temperature) (T_m) (Andronikashvili et al., 1968) and thermal transition enthalpy (ΔH) that the energy required to disrupt the interactions stabilizing proper conformation (Durowoju et al., 2017). In the literature, studies on PPO enzyme purification and characterization from persimmon are very limited and none of these studies have been examined in detail in terms of their thermal characterization. In the current study, the PPO has been purified from persimmon fruit using three-phase partitioning, described as a simple, cost-effective, time efficient, and highly reliable process, and examined for its thermal characterization, which has not performed previously to the best of our knowledge. Thermodynamic parameters of the PPO enzyme have been determined by differential scanning calorimetry (DSC).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Plant Material

Persimmon fruits were purchased from public market. The chemicals used were obtain Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA), Biolife (Viale Monza, Milano, Italia), Duchefa Biochemie (RV Haarlem, The Netherlands), and BioRad (California, USA) and were analytical grade.

2.2 Preparation of crude extract

Crude extracts were prepared according to the method reported by Navarro et al., 2014, with some modifications. After washing the persimmon fruits with water, they were homogenized with a household blender. 15 ml of 0.2M phosphate buffer containing 0.1% (w/v) PVPP and 0.1% (v/v) Triton X-100 (optimized in this study) was added to 15 grams of puree. The mixture is well mixed by vortex for 1 min. Then the homogenate was incubated at 20 min at +4 °C, centrifuged at 9000 x *g* for 30 min at +4 °C. Finally, the filtered supernatant with cellulose membrane was used as crude enzyme extract.

2.3. Protein purification

Three-phase partitioning (TPP) system was used for the PPO purification. Different concentrations of ammonium sulphate (20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% w/v) were added to 2 ml of crude extract (from persimmon). *t*-butanol was added at ratios of 1.0:0.5, 1.0:1.0, 1.0:1.5 and 1.0:2.0 (v/v). The mixture was kept at room temperature for 1 hr then centrifugated at 4500 x *g* for 10 min. After than the centrifugated phase was completely separated. The lower phase containing the PPO enzyme activity was used for further experiments.

2.4. Enzyme activity assay and protein determination

To determine the PPO enzyme activity, the increase in the absorbance (420 nm) was measured using a temperature-controlled spectrophotometer (Cary 60, Agilent) at 30°C. To initiate the reaction, 0.1 ml of sample was added onto the substrate mixture (0.9 ml of 0.1 M catechol in 0.2 M sodium acetate buffer, pH 5.5). The blank contained 0.9 ml substrate mixture and 0.1 ml of sodium acetate buffer. Protein concentration was performed according to the Bradford Method. Bovine serum albumin (BSA) was used as the protein in drawing the standard graph (Bradford,1976).

2.5 Spectroscopic measurements

To determine the optimum temperature of the persimmon PPO, enzyme activity of TPP-purified sample was assayed at different reaction temperatures (30-80°C). Percent relative activity was calculated by dividing the enzymatic activity measured at each temperature value to the maximum enzyme activity, multiplied by 100. For protein stability, the enzyme solution was pre-incubated for 30 min and 60 min in a water bath at same temperatures given above. After incubation, enzyme activity was determined under standard conditions. Percent residual activity was determined by dividing the enzyme activity at each treatment to its untreated activity, multiplied by 100.

2.6 DSC measurements

PPO samples (80µl) were examined to determine their thermal behaviour by Schimadzu DSC-60 Plus (Schimadzu Corporation, Tokyo, Japan). A cell contained buffer was set as a reference cell. The samples were scanned from the initial 30 °C to the final of 80 °C with scanning speed of 1 °C min^{-1}. The heating and cooling scanning is continued for 3 cycles. The resulting thermograms are analysed for the peak temperatures (T_m) and peak areas (ΔH) by using Schimadzu Software (Schimadzu Corporation, Tokyo, Japan).

2.7 Statistical Analysis

All experiments were performed in triplicate. The data are represented as mean ± standard deviation (SD). The statistical differences between the means were compared using Duncan's multiple range test (DMRT) at $P \leq 0.05$ through the software "The Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS, version 22, IBM Inc., Chicago, IL, USA).

3. RESULTS

3.1 Purification of PPO from Persimmon

A crude enzyme solution obtained from persimmon under optimized conditions was subjected to TPP. Optimum purification was performed using the TPP system prepared at pH 7.0 containing 1:1 t-butanol, saturated with 20% (w/v) $(NH_4)_2SO_4$. The PPO enzyme was 1.5-fold purified with 55% activity recovery.

3.2 UV Results

Figure 1(A) exhibited the optimum temperature for persimmon PPO enzyme was 60 °C when catechol was used as substrate. In terms of stability, the PPO enzyme is stable between 30 and 70°C (max. activity at 60°C) even still retaining 70% of its residual activity after incubation at 70°C for 60 mins. On the other hand, the enzyme is completely inhibited after incubation at 80°C, Figure 1(B).

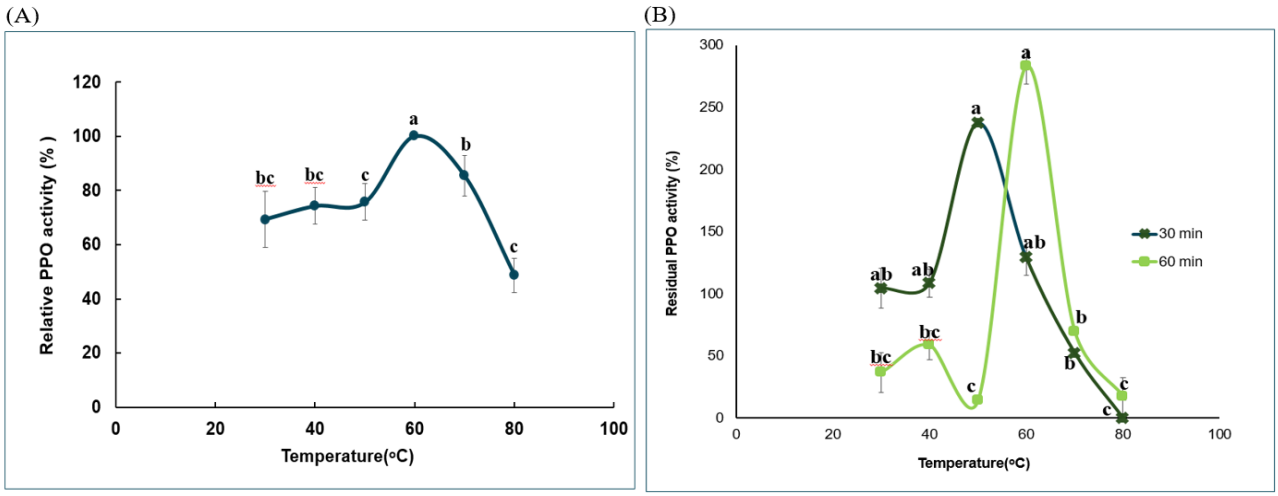


Figure 16. (A) The changes in persimmon PPO activity. A range of reaction temperatures between 30 and 80 °C at pH 7.0 were applied to test percentage relative activity changes. (B) The changes in persimmon PPO stability. Multiple temperatures ranging from 30 to 80˚C were applied on PPO to test percent residual activity changes. The values are presented as means ± SD.

3.3 DSC results

DSC instrument was implemented to measure T_m and ΔH values. The former is the the mid-point temperature of the transition, where the folded and the unfolded states of the protein are at (Andronikashvili et al., 1968) and the latter corresponds to the area under the peak which is the energy required to denature proteins. The resulted thermogram is depicted in Figure 3, also including T_m and ΔH. As shown in the figure, thermogram for PPO represent a single endothermic and symmetrical peak; and the T_m and ΔH values were obtained as 60.2±0.3°C and *15.5*± 1.3 *Jg^{-1}, respectively.*

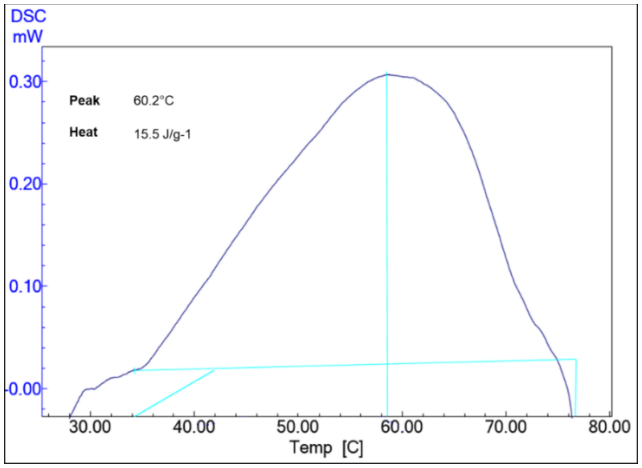


Figure 17. The thermogram of persimmon PPO in the range of 30-80ºC.

Calorimetric analysis revealed consistent T_m (60.2°C) and *ΔH (15.5 J/g^{-1}) values with spectroscopic data.*

4. DISCUSSION

There are many reports that show that the optimum temperature of PPOs varies between 10 °C and 60 °C depending on the source, purification method and substrate used (Panadare and Rathod, 2018). Özen et al. (2004) found 20 °C as the optimal temperature in persimmon from the Trabzon region in Turkey (which also showed an optimum pH of 7.5). The enzyme was quite stable for 30 min at 20–45 °C and it fully retained its activity at 35 °C within this period. The residual activity decreased to below 50% at the end of 10 min incubation above 50 °C. Navarro et al. (2014) maximum enzyme activity reached at pH 5.5 and 55 °C from persimmon belonging to Carlet, Valencia, Spain. In the same study PPO enzyme was stable at 60 °C, incubation temperature was 70 °C, the residual enzymatic activity was less than 10% after only 25 min. These data indicate that our study is in agreement.

As obtained from DSC data PPO gave endothermic peak with T_m value of 60.2 °C. According to the literature this endothermic peak is the representative of thermal denaturation/unfolding process. Such curve is attributed to replacement of the specific intramolecular interactions within PPO, which can be also assigned to disruption of noncovalent contacts arising from the secondary and tertiary conformation of PPO at 60.2 °C (Seelig and Schönfeld, 2016).But, here, it should be recalled that since DSC instrument does not provide structural information, additional structural experiments should be performed in order to clarify this issue. In addition, symmetrical endothermic peak of PPO suggests a relatively denaturation simple denaturation process of PPO in comparison to globular proteins reported in the literature. The transition enthalpy value of *ΔH (15.5 J/g^{-1}) also support this and reflect one-step unfolding process.* Within the scope of the study, considering the lack of calorimetric reversibility of PPO unfolding, addition to heating scan, cooling scan was also implemented to detect whether the unfolding process of PPO is irreversible or not, as mentioned in the Material and Methods section. As no endothermic peak was observed at rescanning the sample after it had been cooled from the first run, it can be concluded that the thermal denaturation of PPO is irreversible. Furthermore, Tm value may by an equilibrium thermodynamic value or an apparent one in the case of irreversible denaturation. Similar irreversible behaviour has been found in other works for different kinds of proteins (Manly et al., 1985; Edge et al., 1985; Edge et al., 1985).

5. CONCLUSION

In this work thermal characterization of PPO, which has not been elucidated before, was addressed. To achieve this, spectroscopic and calorimetric techniques were implemented. The DSC analyses revealed consistent thermotropic properties such as Tm (60.2°C) and ΔH *(15.5 J/g^{-1}) with spectroscopic data. In addition, irreversibility of PPO unfolding was obtained.* Upon DSC measurement, *the heat capacity of both the native and unfolded states of PPO was predicted, and therefore of the heat capacity changes associated with folding/unfolding transitions.*

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by Kocaeli University. (Grant No: FHD-2021-2447).

REFERENCES

Andronikashvili, E., et al. 1968. Calorimetric study of the nature of the intramolecular fusion of collagen, isolated from transplantable tumor. Dokl. Akad. Nauk.183(1):212–214. (In Russian)

Briand, C. 2005. The common persimmon (Diospyros virginiana L.): The history of an underutilized fruit tree (16th–19th centuries). Huntia, 12, 71–89.

Bull, A.T., Carter, L.A. 1973. The isolation of tyrosinase from Aspergillus nidulans, its kinetic and molecular properties and some consideration of its activity in vivo. J. Gen. Microb. 75, 61–73.

Chen, X., Fan, J., Yue, X., Wu, X., Li, L. 2008. Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (Diospyros kaki L. cv. Mopan). J. Food Sci, 73, C24–C28.

Constabel, C.P., Yip, L., Patton, J.J., Christopher, M.E. 2000. Polyphenol oxidase from hybrid poplar: cloning and expression in response to wounding and herbivory. Plant Physiol 124: 285-295.

Direito, R., Lima, A., Rocha, J., Ferreira, R.B., Mota, J., Rebelo, P., Fernandes, A., Pinto, R., Alves, P., Bronze, R., et al. 2017. Dyospiros kaki phenolics inhibit colitis and colon cancer cell proliferation, but not gelatinase activities. J. Nutr. Biochem. 46, 100–108.

Direito, R., Rocha, J., Sepodes, B., Eduardo-Figueira M. 2021. From Diospyros kaki L. (Persimmon) Phytochemical Profile and Health Impact to New Product Perspectives and Waste Valorization, nutrients. 13, 3283. https://doi.org/10.3390/nu13093283.

Durowoju, I. B., Bhandal, K. S., Hu, J., Carpick, B., Kirkitadze, M. 2017. Differential Scanning Calorimetry - A Method for Assessing the Thermal Stability and Conformation of Protein Antigen. Journal of visualized experiments : JoVE, (121), 55262. https://doi.org/10.3791/55262

Durowoju, I.B., Bhandal, K.S., Hu, J., Carpick, B., Kirkitadze, M. 2017. Differential Scanning Calorimetry - A Method for Assessing the Thermal Stability and Conformation of Protein Antigen. J Vis Exp. 121:55262. Published 2017 Mar 4. doi:10.3791/55262

Edge, V., Allewell, N.M. and Sturtevant, J.M. (1985), Biochemistry, 24,5899.

Edge, V., Allewell, N.M. and Sturtevant, J.M. (1988), Biochemistry, 27,8081.

Esteban-Muñoz, A., Sánchez-Hernández, S., Samaniego-Sánchez, C., Giménez-Martínez, R., Olalla-Herrera, M. 2021. Differences in the Phenolic Profile by UPLC Coupled to High Resolution Mass Spectrometry and Antioxidant Capacity of Two Diospyros kaki Varieties. Antioxidants, 10, 31.

Gorinstein, S., Kulasek, G.W., Bartnikowska, E., Leontowicz, M., Zemser, M., Morawiec, M., Trakhtenberg, S. 1998. The influence of persimmon peel and persimmon pulp on the lipid metabolism and antioxidant activity of rats fed cholesterol. J. Nutr. Biochem. 9, 223–227.

Gorinstein, S., Zemser, M., Weisz, M., Halevy, S., Deutsch, J., Tilus, K., et al. 1994. Fluorometric analysis of phenolics in persimmons. Biosci. Biotechnol. Bioch, 58, 1087–1092.

Guray, M.Z., Sanlı-Mohamed, G. 2013. A new thermophilic polyphenol oxidase from Bacillus sp. partial purification and biochemical characterisation. J. Proteins Proteom. 4, 11–20.

Kamal, A., Gasmalla, M.A., Alyousef, H. 2015. Efficient methods for polyphenol oxidase production. Int. J. Nutr. Food Sci. 4, 656–659. http://dx.doi.org/10.11648/j.ijnfs. 20150406.19.

Kawase, M., Motohashi, N., Satoh, K., Sakagami, H., Nakashima, H., Tani, S., Shirataki, Y., Kurihara, T., Spengler, G., Wolfard, K., et al. 2003. Biological activity of persimmon (Diospyros kaki) peel extracts. Phytother. Res. 17, 495–500.

Lacki, K., Duvnjak, J. 1999. Stability of a polyphenol oxidase from the white-rot fungus trametes versiculur in the presence of canola meal. Acta Biotechnol. 19, 91–100.

Lee, S.O., Chung, S.K., Lee, I.S. 2006. The antidiabetic effect of dietary persimmon (Diospyros kaki L. cv. Sangjudungsi) peel in streptozotocin-induced diabetic rats. J. Food Sci 71, S293–S298.

M, Mohammadi., H, Kazemi. 2002. Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with Fusarium graminearum and induced resistance, Plant Sci. 162 491–498.

Malviya, N., Srivastava, M., Diwakar, S. K., Mishra, S. K. 2011. Insights to sequence information of polyphenol oxidase enzyme from different source organisms. Applied Biochemistry and Biotechnology, 165(2), 397–405. https://doi.org/10.1007/s12010-011-9259-2

Manly, S.P., Matthews, K.S. and Sturtevant, J.M. 1985, Biochemistry, 24, 3842.

Mayer, A.M. 2006. Polyphenol oxidases in plants and fungi: going places? A review. Phytochemistry 67, 2318–2331. http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.08. 006.

Mishra, B. B., Gautam, S. 2016. Polyphonel Oxidases: Biochemical and Molecular Characterization, Distribution, Role and its Control. Enzyme Engineering, 05(01), 1–9. https://doi.org/10.4172/2329-6674.1000141.

Mowat, A. 1990. Charting the future, proceedings ofthe first national non-astringent persimmon industry workshop. Gatton College: The University of Queensland.

Núñez-Delicado, E., Sojo, M. M., García-Carmona, F., Sánchez-Ferrer, A. 2003. Partial purification of latent persimmon fruit polyphenol oxidase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 2058–2063.

Özen, A., Colak, A., Dincer, B., Güner, S. 2004. A diphenolase from persimmon fruits (Diospyros kaki L., Ebenaceae). Food Chem., 85, 431–437.

Panadare, D., Rathod, V.K. 2018. Extraction and purification of polyphenol oxidase: a review. Biocatal Agric Biotechnol.14:431–7.

Privalov, P.L., Potekhin, S.A. 1986. Scanning microcalorimetry in studying temperature-induced changes in proteins. Methods Enzymol. 131:4–51.

Rodriguez, Couto S., Toca Herrera J.L. 2006. Industrial and Biotechnological Applications of Laccases, Biotechnology Advances. 24(5), 500-513.

Toivonen, P. M. A., Brummell, D. A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology, 48(1), 1–14. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004

Torelli, S., Belle, C., Hamman, S., Pierre, J.-L. 2002. Substrate binding in catechol oxidase activity: biomimetic approach. Inorganic Chemistry, 41, 3983–3989, https://doi.org/10. 1021/ic025599d.

Trebst A., Depka B., 1995. Polyphenol oxidase and photosynthesis research, Photosynth. Res. 46 41–44.

Tsivinska, M.V., Antonyuk, V.O., Stoika, R.S. 2015. Isolation and properties of poly- phenol oxidase from basidocarps of Lactarius pergameous Fr. (Fr.) Fungi. Ukr. Biochem. 87, 56–65

Valiev, A., Ogel, Z.B., Klepzig, K.D. 2009. Analysis of cellulase and polyphenol oxidase production by southern pine beetle associated fungi. Symbiosis 49, 37–42. http://dx. doi.org/10.1007/s13199-009-0007-0.

Velicelebi, G., Sturtevant, J.M. 1979. Thermodynamics of the denaturation of lysozyme in alcohol-water mixtures. Biochemistry. 18(7):1180–1186.

Yaltirik, E. 1972. Diospyros L. In P. H. Davis (Ed.), Flora of Turkey and the East Aegean Islands, vol. 6 (pp. 142–143). Edinburgh: Edin- burgh University Press.

İNDÜKTİF GÜÇ AKTARIMLI ŞARJ SİSTEMLERİNDE ALÜMİNYUM EKRANLAMA TOPOLOJİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ VE TASARIM YAKLAŞIMLARI

Emin Yayla
Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans
eminyayla06@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0812-9947

Emin Yıldırız
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği
eminyildiriz@duzce.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6003-6780

Özet
Otomotiv endüstrisinin odaklandığı elektrikli araç teknolojileri hızlı bir ilerleme içerisindedir. Bunlardan biri de şarj teknolojileridir. Elektrikli araçların şarj teknolojilerini temaslı ve temassız olarak iki alt başlıkta toplayabiliriz. Temassız şarj sistemleri genel olarak, elektrik alanı (kapasitif) veya manyetik alan ile (indüktif) belirli bir mesafeden (100-300 mm) %80 ve üzeri verimlilikle elektrikli araçların batarya şarj gereksinimlerine uygun güç aktarımı yaparlar. İndüktif güç aktarımı daha düşük frekanslarda 20-250 kHz yapılabilir. Bu nedenle günümüzde araştırmacılar ve ticari üreticiler tarafından en çok tercih edilen güç aktarım yöntemidir. Ancak bu yöntemde güç aktarımı sırasında oluşan elektromanyetik saçılımlar canlılar için tehlikeli boyutlarda olabilir. ICNIRP standartlarına göre bu saçılımların 27,3 μT'ı aşmaması gerekir. Bunun için de indüktif güç aktarım sisteminde aktif veya pasif ekranlama yapılmalıdır. Bu çalışma kapsamında, bir indüktif güç aktarım sisteminde araç şasesine monte edilen sekonder taraf için ekranlama yöntemlerinin etkinliği ve alüminyum ekranlama ile birlikte ferit nüve kullanımı incelenmiştir. Aynı güç aktarım performansında; bisiklet şasesinde oluşabilecek demir kayıplarını azaltan ve ICNIRP standartlarına uygun ekranlama tasarımında etkili parametrelerin tespiti Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aktif ve pasif ekranlama, Kablosuz şarj sistemleri, Endüktif güç aktarımı

AN OVERVIEW AND DESIGN APPROACHES TO ALUMINUM SHİELDİNG TOPOLOGIES IN INDUCTIVE POWER TRANSFER CHARGING SYSTEMS

Abstract
Electric vehicle technologies focused on the automotive industry are making rapid progress. One of them is charging technologies. We can collect the charging technologies of electric vehicles in two subheadings, contacted and contactless. In general, contactless charging systems transfer power from a certain distance (100-300 mm) with an electric field (capacitive) or magnetic field (inductive) with 80% or more efficiency in accordance with the battery charging requirements of electric vehicles. Inductive power transfer can be made at lower frequencies at 20-250 kHz. Therefore, it is the most preferred power transfer method by researchers and commercial manufacturers today. However, in this method, electromagnetic scatterings that occur during power transfer can be dangerous for living things. According to ICNIRP standards, these scatterings must not exceed 27.3 μT. For this purpose, active or passive display should be performed on the inductive power transmission system. In this study, the effectiveness of shielding methods for the secondary side mounted on the vehicle chassis in an inductive power transmission system and the use of ferrite core together with aluminum shielding were investigated. At the same power transfer performance; The determination of the effective parameters in the shielding design in accordance with ICNIRP standards and reducing the iron losses that may occur in the bicycle frame was made with the Finite Element Method.

Keywords: Active and passive shielding, Wireless Charging Systems, Inductive power transfer

1. GİRİŞ
Elektrikli araç teknolojileri 1990'lardaki batarya teknolojilerinde yaşanan gelişim ile ciddi bir ivmelenme kazanmıştır. 1997 yılında ilk büyük ölçekli seri üretimi Toyota, Prius adlı hibrid araç ile

gerçekleştirmiştir. 2008 yılında elektrikli otomobil üreticisi Tesla, Roadster modeli ile önemli bir satış başarısı yakalamıştır. Honda, BMW, Mercedes v.b. pek çok otomobil üreticisi gelecek üretim planlamalarını elektrikli otomobillere kaydırmıştır. Elektrikli araçların yaygınlaşması ile şarj istasyonları ile ilgili yatırımlar da artmaktadır. Örneğin Hollanda da 100 km başına 47.5 şarj istasyonu ortalamasına ulaşılmıştır (*100 Kilometrede en fazla şarj istasyonuna sahip Avrupa ülkeleri!*, no date). Ülkemizde 2021 yılında güncellenen yönetmelik ile 20 ve üzeri araç kapasiteli otoparklarda şarj istasyonu zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizin elektrikli araç üretimi üzerine yaptığı atılımlar göz önüne alındığında şarj teknolojileri üzerine de çalışmaların ve yatırımların artması beklenmektedir. Elektrikli araç şarj istasyonları genel olarak temaslı ve temassız şarj sistemleri olarak sınıflandırılırlar. Temaslı şarj istasyonları doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) beslemeli şarj olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Uluslararası kabul görmüş firmaların yanı sıra, yerli şarj istasyonu üreten firmalarımız da mevcuttur. Şekil 1 (a) ve Şekil 1 (b)'de temaslı ve temassız şarj istasyonlarına örnekler görülmektedir. Temaslı şarj ile kısa sürelerde yüksek güç aktarımları sağlanabilmektedir. Ancak elektrikli araç kullanımının artması, şarj sırasında kablo karmaşasını da getirebilir. Temassız güç aktarımında ise araç ile herhangi bir bağlantı yapılmadan güvenli bir şekilde güç aktarımı yapılabilmektedir. Hatta sadece aracın durağan konumunda değil, hareket halinde iken de temassız olarak şarjı mümkündür. Bu nedenle temassız şarj teknolojileri gelişmeye açık bir araştırma konusudur. Temassız şarjın canlılar üzerindeki etkilerini dikkate alan Qi (endüktif güç standartı) ve ICNIRP (İyonlaşmamış Radyasyondan Koruma Komisyonu) gibi standartlar geliştirilmiştir (Hui, no date). Böylece hem elektrikli araçlar hemde tüm şarj gereksinimi olan elektrikli cihazlar için standartlar belirlenmiştir.



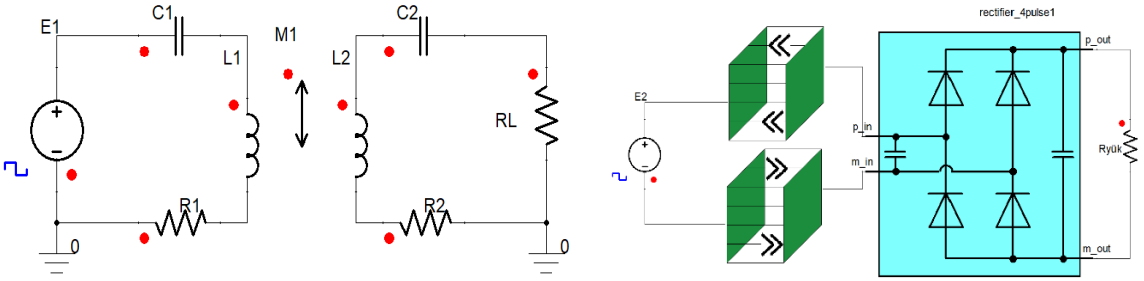
(a) (b)

Şekil 1. (a) Temaslı Şarj İstasyonu, (b) Temassız Şarj İstasyonu

Temassız güç aktarımı için manyetik rezonanslı, kapasitif, mikrodalga, optik vb. yöntemler elektrikli araçlar için önerilmiştir (Triviño, González-González and Aguado, 2021). İndüktif güç aktarımında primer ve sekonder sargıları, ayrı ayrı ama aynı rezonans frekansında kendileri ile seri, paralel veya karışık olarak bağlı (LCC, LCL vb) kondansatör veya kondansatör grupları ile rezonansa girerler. Özellikle zayıf bağlaşımlı ve düşük mesafelerde güç aktarımında tercih edilmektedirler. Rezonans frekansı 10Khz-1Mhz aralığında seçilerek tasarım yapılabilir. Frekans değeri arttıkça kullanılan sargı padlerinin boyutları düşmektedir. Dairesel sargı kullanımı yaygın iken araç şasesinin şekline göre, dikdörtgen, DD (double BP (bipolar), DDQ (double-D quadrature) gibi sargı yapıları da tercih edilebilir (Waters *et al.*, 2014; Ahmad *et al.*, 2019). DD bobinler birbirine seri iki adet kare veya dikdörtgen bobinden meydana gelir. Yatay hizalama hatalarına karşı yüksek toleransa sahiptir, bu sebeple de hem statik hem de dinamik sistemlerde primer tarafta kullanıma uygundur (Budhia *et al.*, 2013). DDQ bobin DD bobinin gelişmiş bir versiyonudur. DD bobine eklenen Q bobinler ile yatay yöndeki hizalama hata toleransı daha yüksektir. Manyetik akı vektörünün hem sinüs ($Sin\alpha$) hem de kosinüs ($Cos\alpha$) bileşenlerini yakalama kabiliyeti sebebiyle sekonder tarafta kullanıma uygundur (Budhia *et al.*, 2013).

Zayıf manyetik bağlaşımda manyetik saçılım yüksek olmaktadır. Bu nedenle araç şasesi üzerinde demir kayıpları ve ısınmalar oluşur. Manyetik bağlaşımı arttırmak için ferit nüveler kullanılabilir. Şekil 2 (a)'da en yaygın resonans topolojisi olan primerde seri, ve sekonderde seri devre şeklinde olan Seri-Seri (SS) manyetik rezonans topolojisi görülmektedir. Kablosuz güç aktarımı sisteminde alıcı ve verici arasındaki enerji akışının maksimum olduğu rezonans frekansında maksimum güç aktarılır (AĞÇAL and DOĞAN, 2021).

Güç aktarımı, sadece indüktif bağlaşım ile değil elektrik alanları (kapasitif bağlaşım) ile elde edilen kublaj ile de yapılabilir. Kapasitif güç aktarımı denilen bu yöntemde nispeten daha düşük güçler daha büyük mesafelere aktarılabilmektedir (Kline *et al.*, 2011; Sevov, Khan and Zhang, 2017). Aktarılan güç miktarı, frekans (1Mhz-100Ghz) ile voltajın karesi ve plakalar arasındaki kapasitans ile değişmektedir. Şekil 2 (b)'de kapasitif güç aktarımı topolojisinin temel devre gösterimi mevcuttur. Günümüzde araştırmacılar melez güç aktarımları üzerine de çalışmalar sürdürmektedirler, ancak ticari uygulamaları henüz görülmemiştir (Luo *et al.*, 2020).



(a) (b)

Şekil 2. (a) Endüktif Güç Aktarımı Devre Şeması, (b) Kapasitif Güç Aktarımı Temel Gösterimi

2. MATERYAL VE METOD

İndüktif güç aktarımı, kapasitif güç aktarımına göre daha düşük rezonans frekanslarında çalıştığından günümüzde daha çok tercih edilmektedir. Ancak manyetik alanın canlılar üzerine olan etkileri dikkate alındığında manyetik saçılımlara dikkat edilmeli ve önlem alınarak ekranlama yapılmalıdır. Bu çalışmada; 250W motor gücüne sahip Volta VT3 e-bisikletin şarj gereksinimlerine uygun olarak tasarlanan bir indüktif güç aktarım sisteminde, ekranlama tasarımının süreçleri incelenmiştir. Tablo 1'de seçilen e-bisiklet için temassız güç aktarım sisteminin tasarım kısıtları verilmiştir. Aynı e-bisiklet özellikleri için 110W güç aktarımı sağlayan bir pad tasarım çıktıları (Yildiriz, Kemer and Bayraktar, 2022)'da verilmiştir. (Yildiriz, Kemer and Bayraktar, 2022)'deki çalışmada primer ve sekonder pad üzerinde nüve kullanılmadan istenilen mesafeden gerekli güç aktarımı sağlanmıştır. Araç şasesi üzerinde oluşan manyetik saçılımlar ise dikkate alınmamıştır. Şase üzerindeki olası demir kayıplarını azaltmak ve canlılar için güvenli manyetik saçılım aralığında güç aktarımı için uygun bir ekranlama tasarımı yapılmalıdır. Manyetik alanın güç aktarım bölgesi dışında dağılımını engellemek için aktif veya pasif ekranlama yapılabilir.

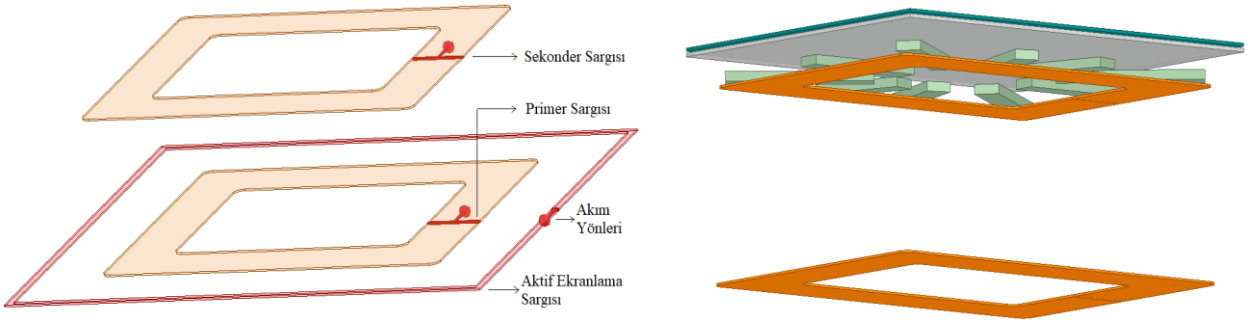
Tablo 7. Elektirkli bisikletin kablosuz şarj sistemi tasarım kriterleri

Batarya grubu	3x12V 20 Ah
Şarj gereksinimleri	44V- 2,5 A
Zeminden yükseklik	100 mm
Şasede uygun montaj alanı	240*270 mm^2
Şase malzemesi	ST37 çelik düz taban

2.1. Aktif Ekranlama: Şekil 3 (a)'da gösterildiği gibi aktif ekranlamada sargının oluşturduğu manyetik alanı sınırlandırmak için bu sargının etrafına bir ekranlama sargısı yerleştirilir. Ekranlama sargısından geçen akımın yönü, manyetik alanı baskılayacak şekilde olmalıdır. İlave bir nüve kullanılmadığı için verimli bir ekranlama sistemidir. Ana sargıdan geçen akım değeri arttınca, temel manyetik alan şiddeti de artar. Bu nedenle ekranlama etkisini korumak için ilave sargıdan geçen akımın yönü ve frekansı da ana sargı akımı ile değişmelidir (Campi *et al.*, 2019; Cruciani *et al.*, 2019). Aktif ekranlama için pad alanının çok çok üzerinde bir yüzey alanına gereksinim duyulur. Bu nedenle e-bisiklet gibi uygulamalar için bu yöntem uygun değildir.

2.2. Pasif Ekranlama: Primer ve sekonder padlerinden geçen akımlar ile oluşan manyetik alan saçılımlarını azaltmak için ferromanyetik nüve ve/veya alüminyum plaka kullanılmasına pasif ekranlama denir. Ferit nüve ve alüminyum plaka boyutları nominal çalışma akım değerlerine göre tasarlanır (Jiseong Kim *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2022). Pasif ekranlama sadece ferit nüve kullanımı ile

olabilirken, nüve kullanımını azaltmak için Şekil 3 (b)'deki gibi alüminyum ekranlama ile birlikte de kullanılabilir. Elbette ki indüktif güç aktarımında ferit ve/veya alüminyum malzeme kullanıldığında, manyetik kublaj ve dolayısıyla aktarılan güç miktarı değişir.



(a) (b)

Şekil 3. (a) Aktif Ekranlama, (b) Pasif Ekranlama

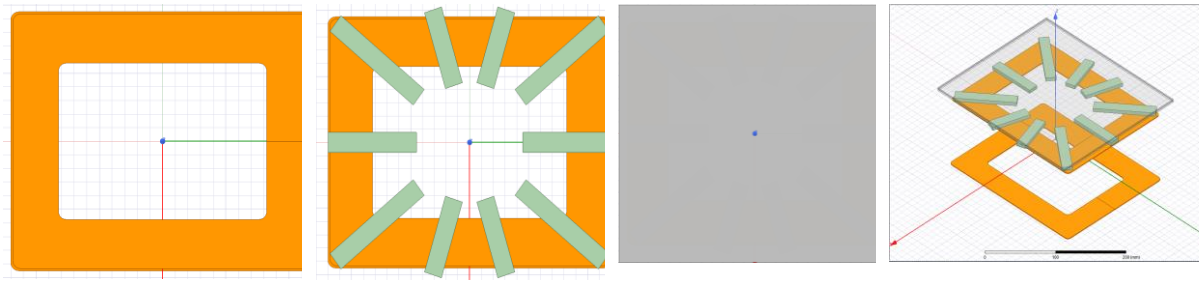
Tablo2'de 250W e-bisikletin şarj gereksinimlerine uygun bir nüvesiz indüktif güç aktarım sisteminin tasarım verileri görülmektedir. Bu çalışmada Tablo 2'deki verilerden faydalanılarak 3 boyutlu ekranlama sistemleri tasarlanmış ve aynı büyüklükte bir güç aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bunun için tasarım sargı boyutları başlangıç sistemi olarak kabul edilmiştir. Ardından sekonder tarafa ferit nüve yerleştirilmesinin etkisi gözlenmiştir. Son olarak da sargı boyutlarından çok az geniş bir alanı kullanan alüminyum plakanın etkisi incelenmiştir.

Tablo 2. Şarj Gereksinimlerini Sağlayan Kablosuz Güç Aktarımı Tasarım Parametreleri (Yildiriz, Kemer and Bayraktar, 2022)

Değişkenler (*Variables*)	**Değerler (*Values*)**	**Değişkenler (*Variables*)**	**Değerler (*Values*)**
L_1: Primer Endüktans	203,1 μH	I_P: Primer Akımı	2,94 A (rms)
L_2: Sekonder Endüktans	187,31 μH	I_s: Sekonder Akımı	2,85 A (rms)
M: Ortak Endüktans	25,5 μH	N_P: Primer Sarım Sayısı	25 sipir
C_1: Primer Kapasitans	17,26 nF	N_s: Sekonder Sarım Sayısı	24 sipir
C_2: Sekonder Kapasitans	18,72 nF	F_n: Çalışma Frekansı	85 Khz
R_1: Primer Sargı Direnci	0,433 Ω	D: Sargılar Arası Mesafe	100 mm
R_2: Sekonder Sargı Direnci	0,406 Ω	P_{tr}: Transfer Edilen Güç	115 Watt

2.3. Sargıların 3 Boyutlu Tasarımı ve Ekranlama Malzemelerinin Yerleştirilmesi

Pasif ekranlamada kullanılan malzemelerin manyetik ektisi doğrusal olmadığından, etkilerin analitik yöntemler ile tam olarak incelenmesi çok zordur. Bu nedenle Sonu Elemanlar Yöntemini (SEY) kullanan paket programlar kullanılır. Şekil 4 (a,b,c,d)'de bu çalışmada dikkate alınan dikdörtgen sargının katı modeli (a), sekonder tarafındaki sargının üzerine yerleştirilmiş çubuk yapıdaki ferit nüvelerin yerleştirilmesi (b), dikdörtgen alüminyum levhanın araç şasesi ile nüve arasına yerleştirilmiş hali (c) ve 3 boyutlu tasarımın genel hali (d) gösterilmektedir.

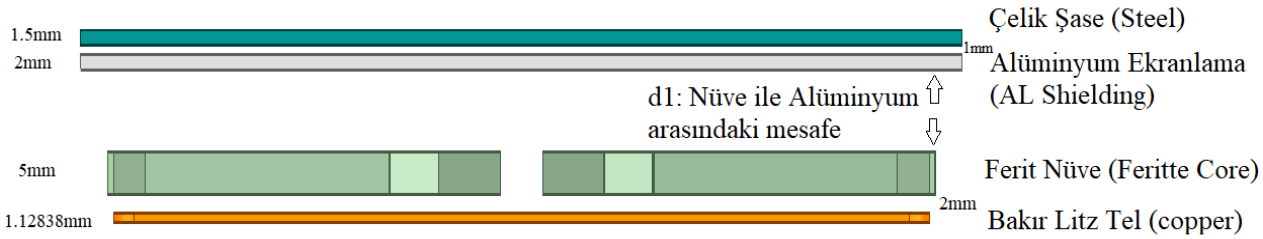


(a) (b) (c) (d)

Şekil 4. Pasif Ekranlama tasarım aşamaları

2.3. Ekranlama tasarımında manyetik alana ve kublaja etki eden parametreler

Şekil 5'te pasif ekranlamanın yandan görüntüsü verilmiştir. Litz telinden sprial şekilde sarılan sargı ile ferit nüve arasında 2 mm'lik bir açıklık bırakılmıştır. Alüminyum plaka ile ferit nüve arasındaki mesafe (d_1) ekranlama tasarımında etkili parametrelerdendir. d_1 mesafesi manyetik akının yolunu kolaylaştırır ve oluşan hava boşluğu nedeniyle termal olarak soğumaya katkı yapar. d_1 mesafesi az olduğunda, primer sargı akımının sekondere olan etkisi yani manyetik bağlaşım azalacaktır. Bu nedenle aktarılan güç miktarı azalır. d_1 parametresi arttıkça manyetik bağlaşım artar. Ancak bisiklet yüksekliği bu parametrenin çok fazla arttırılmasını kısıtlar. Alüminyum plakanın kalınlığı, özgül ağırlık ve eddy kayıpları dikkate alınarak 2 mm olarak belirlenmiştir. Alüminyum plaka, aracın çelik şasesine etki eden manyetik alan şiddeti azaltılır. Böylece şase demir kayıpları azaltılmış olur. Bunun yanı sıra alüminyum levha üzerinde küçük eddy akım kayıpları oluşur. Alüminyum kullanıldığında primer ile sekonder sargı arasındaki manyetik bağlaşımı arttırmak için ferit nüveler kullanılır. Ferit nüvenin kalınlığı arttıkça manyetik bağlaşım artarken güç aktarımı için kullanılan aktif yüzey alanı dışındaki manyetik saçılım azalır. Ancak hem özgül ağırlık hem de araç şasesinin yerden yüksekliği dikkate alınarak ferit nüve kalınlığı da 5 mm olarak belirlenmiştir. Nüve olarak Şekil 5'te görüldüğü üzere Ferit çubuklar kullanılmıştır. Ferit nüve uzunlukları sargı boyutlarına göre belirlenir. Alüminyum plakanın uzunluğu ise sargı pad'inden biraz daha fazladır. Alüminyum plakanın genişliği veya uzunluğunun büyük olması manyetik saçılmaları azaltır ve daha iyi ekranlamaya olanak verir. Fakat araç şasesinin ebatlarını geçmemesi, fazla ağırlık yapmaması ve maliyeti artırmaması dikkate alınarak en uygun ölçüler seçilmiştir.



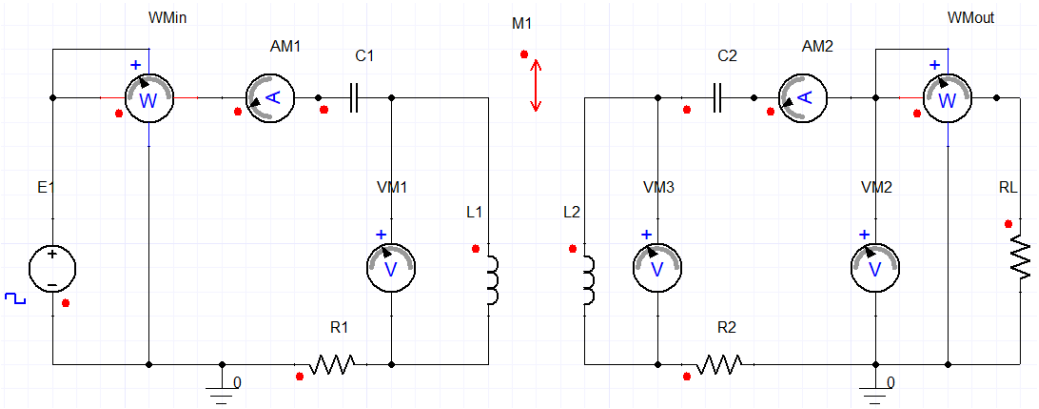
Şekil 5. Elektrikli Araçlardaki Çelik Şasenin Alt Tarafına Sekonder sargısı (Alıcı bobini), Alüminyum Kalkan ve Ferit Nüvenin Yerleşimi

2.4. Simplorer Devre Modeli İle Güç Aktarımının Hesaplanması

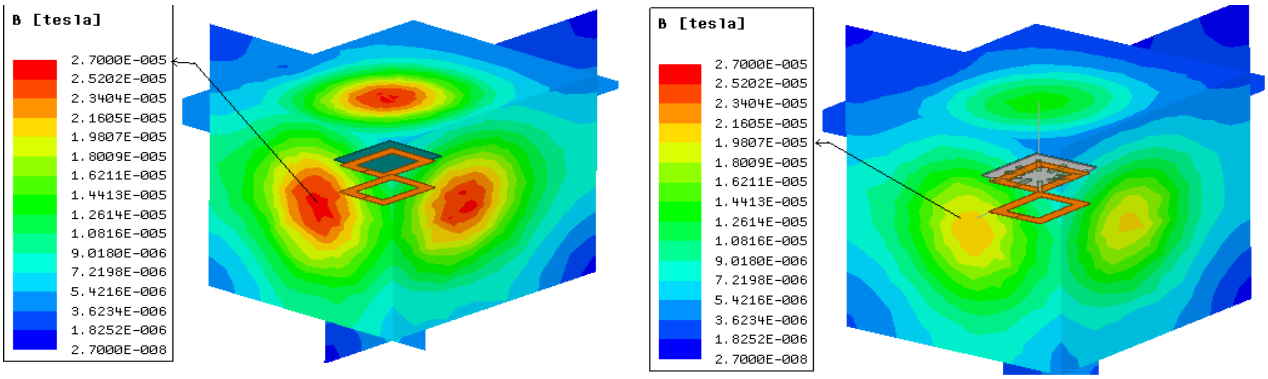
Şekil 4'deki başlangıç sargı çifti ve pasif ekranlama yapılarak elde edilen indüktif güç aktarım sisteminin parametreleri Tablo 3'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sadece sekonder taraf için ekranlama yapıldığından sekonder sargının öz endüktansında ve sargılar arasındaki ortak endüktansta değişimler olmuştur. Seri rezonans kapasite değerleri de yine 85 kHz çalışma frekansı için hesaplanmıştır. Eddy akım analizi ile elde edilen parametreler kullanılarak aktarılan güç miktarını incelemek için Şekil 6'daki tüm sistem benzetimi kullanılmıştır. Şekil 7 (a)'da başlangıç sargı çifti için merkezden 300mm yatay ve dikey uzaklıktaki manyetik akı yğunluğu sonuçları görülmektedir. Şekil 7 (b)'de ise pasif ekranlama kullanan sargı çifti için merkezden aynı mesafelerdeki manyetik akı yoğunluğu sonuçları yine 27,3 μT tepe değer üzerinden gösterilmiştir.

Tablo 3. Başlangıç sargı çifti ve pasif ekranlamalı sargı çiftinin tasarım parametreleri

Başlangıç Sargı Çifti		**Pasif Ekranlamalı Sargı Çifti**	
Değişkenler (*Variables*)	**Değerler (*Values*)**	**Değişkenler (*Variables*)**	**Değerler (*Values*)**
L_1: Primer Endüktans	202,2 μH	L_1: Primer Endüktans	199,27 μH
L_2: Sekonder Endüktans	225,85 μH	L_2: Sekonder Endüktans	213,28 μH
M: Ortak Endüktans	31,85 μH	M: Ortak Endüktans	24,76 μH
C_1: Primer Kapasitans	17,26 nF	C_1: Primer Kapasitans	17,515 nF
C_2: Sekonder Kapasitans	15,45 nF	C_2: Sekonder Kapasitans	16,364 nF
R_1: Primer Sargı Direnci	0,172 Ω	R_1: Primer Sargı Direnci	0,174 Ω
R_2: Sekonder Sargı Direnci	0,162 Ω	R_2: Sekonder Sargı Direnci	0,191 Ω



Şekil 6. Endüktif Kablosuz Güç Aktarımı Simplorer Devre Modeli



(a) (b)

Şekil 7. (a) Başlangıç sargı çifti için, (b) Pasif ekranlama kullanılan sargı çifti için manyetik alan şiddeti

3. SONUÇ

Ekranlama etkisini gözlemlemek için Şekil 7 (a) ve (b)'de görüldüğü gibi primer ve sekonder sargı padlerinden 300 mm yatay ve dikay uzaklıktaki manyetik alan şiddetleri incelenmiştir. Ekranlama yokken, sargı çiftinden 300 mm mesafede 27.3 μT'lık manyetik alan şiddetleri görülebilmektedir. Pasif ekranlama ile aynı mesafede manyetik alan şiddeti 20 μT'ın altına düşmektedir. Ayrıca ekranlama yok iken sekonder sargının üzerinde bulunan bisiklet şasesindeki demir kaybı 70,109 W olarak hesaplanırken, tasarlanan pasif ekranlama sonucunda araç şasesindeki demir kaybı 15,945 W olarak hesaplanmıştır.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada 250 W elektrikli bisikletin şarj gereksinimlerine uygun olarak tasarlanan bir indüktif güç aktarım sistemi için pasif ekranlama tasarımı incelenmiştir. Ferit çubuklardan oluşan nüvelerin ve alüminyum plaka boyutlarının güç aktarım sistem parametrelerine etkileri ve güç aktarım ile ekranlama performansları gözlemlenmiştir. Buna göre pasif ekranlama yokken; sargı çiftinden 300 mm uzaklıktaki manyetik alan şiddeti ICNIRP standartlarının üzerinde iken, ekranlama ile standartların altında manyetik alan şiddeti gözlemlenmiştir. Manyetik alan şiddeti daha da azaltılabilir ancak kullanılan pasif ekranlama ile araç şasesi üzerinden yaklaşık 0,57985 kg'lık bir ilave ağırlık oluşmaktadır. Kullanılan nüve ve alüminyum miktarının daha da artması bisikletin bir şarj ile gideceği menzilde hatırı sayılır bir düşüşe neden olabilir.

KAYNAKLAR

100 Kilometrede en fazla şarj istasyonuna sahip Avrupa ülkeleri! (no date). Available at: https://tr.motor1.com/features/571271/avrupa-100-km-sarj-istasyonlari/ (Accessed: May 24, 2022).

AĞÇAL, A. and DOĞAN, T.H. (2021) "1 KW GÜCÜNDE KABLOSUZ ENERJİ TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ," *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(3), pp. 856–865. doi:10.21923/jesd.936058.

Ahmad, A. *et al.* (2019) "Design and Interoperability Analysis of Quadruple Pad Structure for Electric Vehicle Wireless Charging Application; Design and Interoperability Analysis of Quadruple Pad Structure for Electric Vehicle Wireless Charging Application," *IEEE TRANSACTIONS ON TRANSPORTATION ELECTRIFICATION*, 5(4). doi:10.1109/TTE.2019.2929443.

Budhia, M. *et al.* (2013) "Development of a Single-Sided Flux Magnetic Coupler for Electric Vehicle IPT Charging Systems," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, 60(1). doi:10.1109/TIE.2011.2179274.

Campi, T. *et al.* (2019) *Active Coil System for Magnetic Field Reduction in an Automotive Wireless Power Transfer System; Active Coil System for Magnetic Field Reduction in an Automotive Wireless Power Transfer System*.

Cruciani, S. *et al.* (2019) "Active Shielding Design for Wireless Power Transfer Systems," *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY*, 61(6). doi:10.1109/TEMC.2019.2942264.

Hui, S.Y.R. (no date) *Technical and Safety Challenges in Emerging Trends of Near-Field Wireless Power Transfer Industrial Guidelines, ©2018 IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine*.

Jiseong Kim, B. *et al.* (2013) "Coil Design and Shielding Methods for a Magnetic Resonant Wireless Power Transfer System This paper presents the basic principles of WPT based on magnetic field resonance with parametric effects, and discusses electromagnetic field noise from WPT, and related shielding and cancellation methodologies for different application scenarios." doi:10.1109/JPROC.2013.2247551.

Kline, M. *et al.* (2011) *Capacitive Power Transfer for Contactless Charging*. doi:10.1109/APEC.2011.5744775.

Luo, B. *et al.* (2020) "Analysis and Design of Inductive and Capacitive Hybrid Wireless Power Transfer System for Railway Application; Analysis and Design of Inductive and Capacitive Hybrid Wireless Power Transfer System for Railway Application," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, 56(3). doi:10.1109/TIA.2020.2979110.

Sevov, L., Khan, U. and Zhang, Z. (2017) "Enhancing Power Transformer Differential Protection to Improve Security and Dependability," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, 53(3). doi:10.1109/TIA.2017.2670525.

Triviño, A., González-González, J.M. and Aguado, J.A. (2021) "Wireless power transfer technologies applied to electric vehicles: A review," *Energies*. MDPI AG. doi:10.3390/en14061547.

Waters, B.H. *et al.* (2014) *Optimal Coil Size Ratios for Wireless Power Transfer Applications*. doi:10.1109/ISCAS.2014.6865567.

Yildiriz, E., Kemer, S.B. and Bayraktar, M. (2022) "IPT design with optimal use of spiral rectangular coils for wireless charging of e-tricycle scooters," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 33. doi:10.1016/j.jestch.2021.101082.

Zhao, Haisen *et al.* (2022) "Shielding Optimization of IPT System Based on Genetic Algorithm for Efficiency Promotion in EV Wireless Charging Applications; Shielding Optimization of IPT System Based on Genetic Algorithm for Efficiency Promotion in EV Wireless Charging Applications," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*, 58(1). doi:10.1109/TIA.2021.3121353.

ÖĞRENCİLERİN ÖĞRENME TARZINA YÖNELİK SİSTEM ÖNERİSİ

Nuray ŞENTÜRK
Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü
nuray.senturk1@ogr.sakarya.edu.tr – ORCID: 0000-0002-6281-6481

Fatih ÇALLI
Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü
fcalli@sakarya.edu.tr – ORCID: 0000-0003-2508-3853

Özet
Öğrencilerin eğitimleri tüm hayatlarını etkileyecek olan süreçlerden biridir. Öğrenci ve veliler için eğitim süreçlerinin başarılı bir şekilde tamamlanması çok büyük önem taşımaktadır. Öğrencilerin eğitim hayatlarında aktarılan bilgileri öğrenme tarzları farklılık gösterebilir. Kimi öğrenci ders dinleyerek daha iyi öğrenirken kimi öğrenciler ise görselleştirme gibi envanterler ile daha iyi öğrenirler. Öğrenme kolaylığı açısından öğrenme tarzını bilmek kişilere büyük bir avantaj sağlar. Dolayısıyla kendilerine uygun öğrenme tarzlarında bilgi paylaşımı yapan eğitim sistemlerinin oluşturulması, öğrencilerin başarılarını olumlu yönde etkileyecektir. Bu bakımdan öğrencilerin kendi öğrenme tarzlarını bilmeleri, bu konuda doküman takibi yapmaları hem günümüzde hem de ileride yarar sağlayacaktır. Günümüzde eğitim alanında çeşitli sistemler geliştirilmiştir ve bu çalışmada da eğitim alanında faydalı olabilmek adına öğrencilerin öğrenme tarzına yönelik bir sistem önerisi sunulacaktır. Bu çalışmada ilk etapta öğrenme tarzları hakkında genel bilgiler verilecektir. Sonraki bölümde ise eğitim alanındaki çalışmalarda en çok tercih edilen Fleming ve Mill Öğrenme Stili Modeli(VARK) modelinden bahsedilecektir. Bu modelin tercih sebepleri ele alınacaktır. Bu çalışmada da sistem önerisi VARK modeli düşünülerek oluşturulacaktır. Sonuç bölümünde ise araştırmacıların hangi konularda bu model yardımıyla yapabilecekleri çalışmalara değinilecektir. Eğitim alanında öğrenme tarzlarına yönelik sistem geliştirme konusunda gelecekte çalışma yapmak isteyen kişiler için faydalı olabilmek amacıyla literatür araştırması yapılarak ve bir sistem önerisi sunarak literatüre katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Öğrenme Tarzları, Öğrenme Tarzlarına Yönelik Sistemler, Öğrenme Tarzlarına Dayalı Öğretim, Öğrenme Tarzlarına Yönelik Sistem Tasarımı, E-Öğrenme

SYSTEM RECOMMENDATION FOR STUDENTS LEARNING STYLE

Abstract
Education of students is one of the processes that will affect their whole lives. Successful completion of educational processes is of great importance for students and parents. Students learning styles of transferred information in their education life may differ. While some students learn better by listening to lectures, some students learn better with inventories such as visualization. Knowing the learning style in terms of ease of learning gives people a great advantage. Therefore, the creation of education systems that share information in learning styles suitable for them will positively affect the success of students. In this respect, it will be beneficial for students to know their own learning styles and to follow up documents on this subject both today and in the future. Today, various systems have been developed in the field of education, and in this study, a system proposal will be presented for the learning style of the students in order to be useful in the field of education. In this study, general information about learning styles will be given in the first place. In the next section, the Fleming and Mill Learning Style Model (VARK) model, which is the most preferred in studies in the field of education, will be mentioned. The reasons for choosing this model will be discussed. In this study, the system proposal will be created by considering the VARK model. In the conclusion part, the studies that researchers can do with the help of this model will be discussed. It is aimed to contribute to the literature by conducting a literature research and presenting a system proposal in order to be useful for those who want to work in the future on system development for learning styles in the field of education.

Keywords: Learning Styles, Systems for Learning Styles, Teaching Based on Learning Styles, System Design for Learning Styles, E-Learning

1.GİRİŞ

Bireylerin gelecekleri için en önemli konulardan biri eğitim hayatlarıdır. Bireylerin eğitim hayatları da meslek seçimleri başta olmak üzere tüm hayatlarını etkilemektedir. Kişilerin eğitim aldıkları kurumlardan faydalı bir çok bilgi edinip bunları hayatlarına geçirebilmek önemlidir. Öğrencilerin derslerindeki öğretim elemanlarının vermiş olduğu bilgileri öğrenmeleri farklılık gösterebilmektedir. Kimi öğrenci özet çıkararak çalıştığında, kimi öğrenci rapor incelemesiyle, kimi öğrenci ise deney yaparak öğrenme sürecini tamamlar. Her öğrencinin öğrenme tarzları farklı olduğundan eğitim alanında hızlı ve kolay öğrenme adına çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara literatür çalışmaları bölümünde değinilecektir. Bu çalışmada da öğrencilerin öğrenme tarzlarına yönelik bir sistem önerisi sunulmaktadır. Bu çalışma, öğrencilerin öğrenme süreçlerini kolaylaştırmayı ve başarılarını artırmayı amaçlayan, öneriler sunan bir sistem önerisi sunmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda öğretim elemanlarının da öğretme süreçleri için tavsiyelerde bulunan bir sistem önerisinin literatüre kazandırılması istenmektedir.

Jung'un psikolojik tipler kuramı, Lawrance öğrenme tarzı, Kolb'un öğrenme tarzı, Fleming & Mill öğrenme tarzı, Dunn & Dunn öğrenme tarzı, Gregorc öğrenme stili modeli, Myers & Briggs tip göstergesi, Reinert öğrenme tarzı gibi daha birçok öğrenme tarzı literatürde geçmektedir. Bu modellerin ortaya çıkmaları farklı konulara dayanmaktadır. Birbirlerine benzer yönleri olabileceği gibi farklı yönleri de bulunmaktadır (Yeşilyurt, 2019). VARK öğrenme tarzı kolay uygulanabilir, güvenilirliği ve geçerliliği kanıtlanmış bir modeldir. Ayrıca öğrenme materyali bakımından çeşitliliği çok bulunduğundan çalışmalarda çokça tercih edilen bir öğrenme tarzı modelidir (Düzgün, 2018). VARK modelinde görsel, işitsel, kinestetik ve okuma-yazma olarak dört çeşitli yoldan bilgi kazanılır ve işleme alınır (ERYILMAZ, M., & JABALLA, 2019). Bu çalışmada da VARK öğrenme tarzı dikkate alınarak bir sistem önerisi sunulmaktadır.

Geleneksel öğrenmede ortalama öğrenci düzeyine göre bir doküman paylaşımı vardır. Kişiselleştirilmiş öğrenmede ise her öğrencinin öğrenme tarzı dikkate alınarak doküman paylaşımları yapılır (Şahin, M., & Kışla, 2013). Öğrenme tarzı dikkate alınarak geliştirilen sistemlerde öğrencinin ilgisini çekecek bilgi dokümanları karşısına çıkacaktır. Eğitimlerin öğrencilerin öğrenme tarzları dikkate alınarak verilmesinin pek çok avantajı bulunmaktadır. Öğrencinin başarısının artması, özgüven kazanması ve eğitimin öğrencinin durumuna göre verilmesi örnek verilebilir. Ayrıca başarısızlıktan sebep kaynaklanabilecek maddi kayıplar da engellenebilir. Öğrencinin öğrenme tarzına göre danışmanlık hizmetlerinin verimi artacaktır (Ekici, 2003). Öğrenciler kendi öğrenme tarzına uymayan dokümanları takip etmek zorunda kaldıklarında derse olan ilgi ve motivasyonlarında kayıp olacaktır. Ama öğrenme tarzları konusunda bir sistem olması durumunda derse olan ilgileri, motivasyonları ve başarıları artacaktır. Öğretim elemanları, danışmanlığını yaptığı öğrencilerin fazla olması durumunda her bir öğrencisi için doğru yönlendirmeler konusunda sıkıntıya düşebilir. Öğrenme tarzına yönelik tavsiyeler veren böyle bir öneri sistemi ile öğretim elemanları rehberlik ettikleri öğrencileri için daha doğru kararlar verecektir, daha iyi yönlendirmeler yapabilecektir.

Çalışmanın literatür araştırmaları bölümünde daha önce öğretim tarzına yönelik araştırmalara yer verilmektedir. Literatür araştırmaları bölümü sonrasında öğrenme tarzları hakkında genel bilgilere yer verilmektedir. Literatürde bir çok öğrenme tarzlarından bahsedilmektedir. Bu çalışmada eğitim alanında doğruluğu ve geçerliliği kanıtlanmış olan Fleming ve Mill Öğrenme Stili Modeli(VARK) tercih edilmektedir. Çalışmada VARK modeli hakkında bilgilendirmeler yapılmaktadır. VARK modeli temel alınarak öğrenci ve öğretim elemanları için öneri yapan bir sistem düşünülmüştür ve sistem öneri detaylarından bahsedilmektedir. Önerilen bu sistemin getireceği avantajlardan söz edilmektedir. Sonuç bölümünde ise bu sistem önerisi ile hangi konularda araştırmacıların çalışmalar yapabilecekleri konusunda bilgilendirme ve tavsiyelerde bulunulacaktır.

2. MATERYAL VE METOD

Öğrenci ve öğretim elemanlarına tavsiyeler verebilmek adına öğrencilerin öğrenme tarzını tespit edebilmek için farklı konular dikkate alınarak oluşturulmuş pek çok öğrenme tarzı bulunmaktadır. Bu bölümde öğrenme tarzları konusunda genel bilgiler verilecektir ve en çok bilinen 5 öğrenme tarzı hakkında bilgilendirmeler yapılacaktır.

2.1.Öğrenme Tarzları

Bilim insanlarının öğrenme tarzları için çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Fakat genel olarak öğrenme tarzlarını tanımlamak gerekirse; kişilerin bilgileri öğrenirken ve kullanırken kendilerine özgü benimsemiş olduğu yoldur (Yeşilyurt, 2019). Kendilerine özgü yol ile bilgileri öğrenmek öğrenciler için avantajlı olacaktır ve kendi öğrenme tarzlarına dokümanlar ile çalışmak başarılarını olumlu yönde etkileyecektir.

Öğrenme tarzlarının genel özellikleri aşağıdaki gibidir (Yeşilyurt, 2019):

1. Bireysel farklılıkların olması öğrenme tarzlarını oluşturur ve bu da öğrenme ortamları için bir zenginliktir.
2. Öğrencinin kendi öğrenme tarzını bilmesi başarısını artıracaktır.
3. Öğrenme tarzında öğrencinin biyolojik kökeninin etkisi vardır.
4. Öğrencilerin öğrenme tarzları zamanla değişebilir.
5. Öğretim elemanlarının öğrencilerinin öğrenme tarzlarını bilmeleri, öğrenim süreçleri için tercih ettikleri materyal seçimlerini etkiler.
6. Her bireyin farklı öğrenme tarzı olabilir.
7. Her birey birden fazla öğrenme tarzına sahip olabilir.

2.1.1.Öğrenme Tarzı Modelleri

Bilim insanlarının öğrenme tarzını farklı yönlerden ele almalarıyla farklı modeller ortaya çıkmıştır. En bilinen öğrenme tarzı modelleri; Jung'un psikolojik tipler kuramı, Myers & Briggs tip göstergesi, Lawrance öğrenme tarzı, Fleming ve Mill öğrenme tarzı, Reinert öğrenme tarzı modelleridir (Yeşilyurt, 2019). Bilinen bu 5 öğrenme tarzı modeli başlıklar halinde ele alınacaktır.

2.1.1.1. Carl Jung'un Psikolojik Tipler Kuramı

Carl Jung, bireylerin nesnel ve öznel dünyaları olduğunu belirtmektedir (Yeşilyurt, 2019). Dışa dönük ve içe dönük olarak bireyleri sınıflandırmaktadır. Ayrıca Jung, bireyleri karar verme ve değerlendirme süreçlerinde düşünürler ve hissedenler olarak ikiye ayırmaktadır. Düşünür tipindeki insanlar olaylara objektif bakarlar ve analiz yaparak kararlar verirler. Hissedenler tipi bireyler ise kişisel ve insani durumları dikkate alarak kararlar almaktadırlar (ORKUN, M. A., & BAYIRLI, 2019). Carl Jung'un kuramına göre algılama aşamasında bireyler algılayıcılar ve sezgililer olarak ele alınmaktadır. Bilinçli olan algılayıcılar duygularını açığa vururken kontrolsüz davranabilirler. Sezgililer ise algıladıklarını bilinçsiz olarak kontrol ederler ve iç güdüsel olarak gördüklerini, hissettiklerini algılarlar (Yeşilyurt, 2019).

2.1.1.1.2. Myers & Briggs Tip Göstergesi

Bu öğrenme modelinde Carl Jung'un psikolojik tipler kuramına benzer bir sınıflama mevcuttur. Myers & Briggs tip göstergesine göre bireyler aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar. (ORKUN, M. A., & BAYIRLI, 2019) .

- **Dışadönükler - İçedönükler:** Dışadönük bireyler deneyerek ve yanılarak yeni bilgiler edinirler. İçedönük bireyler ise kendi iç dünyalarında değerlendirmeler yaparlar.
- **Duygusallar – Sezgiseller:** Duygusal bireyler ayrıntı ve yöntemlerle ilgilenmeyi severler. Sezgisel bireyler hayal gücü gelişmiş bireylerdir, anlamlar ve olasılıklar bu tip bireyler için önemlidir.
- **Düşünürler – Hisliler:** Düşünür bireyler şüpheci ve mantıksal olarak kararlar verirler. Hisliler ise kişisel düşünceler ve değerlere göre kararlar verirler.
- **Yargılayıcılar – Algılayıcılar:** Yargılayıcı bireylerin davranışları gündeme göre şekillenir. Yargılayıcılar konudan bağımsız bilgileri bile öğrenmeye çalışabilirler. Algılayıcı tipindeki

bireyler ise değişen ortamlara uyum sağlayabilirler ve öğrenme için fazla veriye ihtiyaç duyarlar.

2.1.1.1.3. Lawrance Öğrenme Tipi Modeli

Lawrance 1982 yılında öğrenme tipi modelini oluşturmuştur ve aşağıdaki gibi bir sınıflandırma durumu söz konusudur (Yeşilyurt, 2019).

- **Duygulu Tipler:** Bu tip öğrenme tipine sahip bireyler titizlik gerektiren işlerde iyidirler ve çalışma süresi önceden belirlendiği takdirde sabırlı çalışırlar.
- **Hisseden Tipler:** Bu tip öğrenme tipine sahip bireyler diğer bireylerin duygularıyla ilgilenirler ve insanlarla uyumlu olmayı severler. Bu tip öğrenme tarzına sahip bireylerin kararları genel olarak başkaları tarafından etkilenir.
- **Sezgili Tipler:** İlhamlara göre hareket eden bu tip bireyler, problemleri çözmekten hoşlanan tiplerdir. Çözümlere ulaşmaları hızlıdır.
- **Düşünen Tipler:** Bu tip bireyler işlerini analiz ederek hallederler. Kararlarında kendilerinden daha çok toplumun yararını düşünürler.

2.1.1.1.4. Fleming ve Mill Öğrenme Tarzı Modeli(VARK)

Fleming ve Mill Öğrenme Tarzı (VARK) modeline göre öğrencilerin hepsi öğrenme yeteneğine sahiptir fakat her birinin öğrenme tarzı farklı olabilmektedir. Bireylerin bilgi edinmesinde görsel, işitsel, okuma-yazma ve kinestetik olmak üzere dört farklı yol mevcuttur (ERYILMAZ, M., & JABALLA, 2019). VARK öğrenme modelinin öğrenme tarzlarının özellikleri şu şekildedir:

- **Görsel Öğrenme Tarzı:** Bireyler grafiklerden, resimlerden ve çizimlerden yararlanmaktadır (ERYILMAZ, M., & JABALLA, 2019). Kavram haritaları, akış diyagramları, videolar, filmler, yazı tahtası ve sunum dosyaları ile ders anlatan öğretim elemanlarından konuları daha iyi anlarlar. Görsel öğrenme tarzına sahip bireyler sessiz ve yalnız çalışmaktan hoşlanırlar. Öğretim elemanlarının jest ve mimikleri öğrenme kolaylığı açısından öğrenciler için önemlidir. Görsel öğrenme tarzına sahip bireyler genellikle ayrıntılı not tutarlar (Yeşilyurt, 2019).
- **İşitsel Öğrenme Tarzı:** Bilginin konuşularak ve dinlenerek daha iyi algılanması işitsel tipi oluşturmaktadır (ERYILMAZ, M., & JABALLA, 2019). İşitsel öğrenme tarzına sahip bireyler bilgileri sözel olarak ifade edildiğinde daha iyi öğrenirler. Ders ve ses kayıtlarını dinleyerek öğrenirler. Ara sıra not tutarlar ve kendi kendilerine konuşmayla tekrar yaparak öğrenirler. Bilginin konuşularak ve tartışılarak öğrenilmesi yoluna başvururlar (Yeşilyurt, 2019).
- **Okuma-Yazma Öğrenme Tarzı:** Bilginin okunarak ve yazılarak daha iyi algılanmasında okuma-yazma tipi bilgi edinme yöntemi söz konusudur (ERYILMAZ, M., & JABALLA, 2019). Bu tip öğrenme tarzında günlük tutma, özet çıkarma ve arkadaşlarının notlarını değerlendirme gibi yöntemlere başvurulur (Yeşilyurt, 2019).
- **Kinestetik Öğrenme Tarzı:** Kinestetik yöntem ile öğrenmede önemli nokta bilginin deneyimlenmesidir (ERYILMAZ, M., & JABALLA, 2019). Kinestetik, fiziksel duyuyu ifade etmektedir. Dokunma, hissetme ve uygulama yoluyla bilgi edinilir. Bu tip öğrenmeyi benimseyen öğrenciler, öğretim elemanlarının öğrencilerine deneyim fırsatını vermesini severler. Proje ve plan hazırlamada iyidirler. Dinlerken düşünürler ve analiz yaparak bilgiyi işlerler. Öğretim elemanları gerçek hayattan kesitler sunarak bilgileri aktarırlar (Yeşilyurt, 2019).

2.1.1.1.5. Reinert Öğrenme Tarzı Modeli

Reinert tarafından 1976 yılında yapılmış çalışma neticesinde öğrenme tarzları işiterek ve görerek öğrenenler, hareket temelli öğrenenler ve sözel sembollerle öğrenenler olarak sınıflandırılmaktadır (Yeşilyurt, 2019).

- **Görerek Öğrenenler :** İzleyerek öğrenmeden hoşlanma, renk ve ayrıntıları iyi hatırlama, sessiz ortamlarda uzun süre çalışmayı sevme, grafiksel çalışmayı tercih etme, harita okuyabilme, akış diyagramları ve görsel materyalleri tercih etme görerek öğrenen bireylerin genel özellikleri arasında sıralanabilir (Sonkaya, F., & Bayraktar, 2021).
- **İşiterek Öğrenenler :** Görsel konuda dikkatli olamama, grup konuşmalarında aktif olma, problemleri konuşarak çözmeyi sevme, sözlü sınavlarda başarılı olma, hafif sesli ortamlarda

çalışmaktan hoşlanma işiterek öğrenen bireylerin genel özellikleri arasında sıralanabilir (Sonkaya, F., & Bayraktar, 2021).

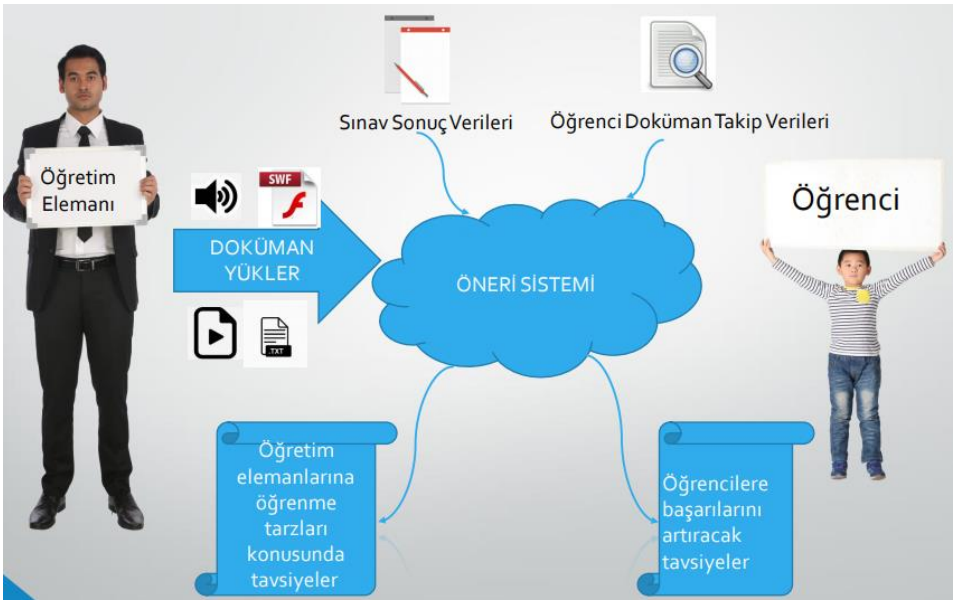
- **Sözel Sembollerle Öğrenenler :** Bu tip öğrenme tarzını benimsemiş kişiler **g**örsel ve işitselde dikkatli değildirler. Sözcük oyunlarını severler. Sözcükleri işlevsel olarak kullanma yeteneklerine sahiptirler. Sözel olarak konuları özetlemeyi seven bir yapıları vardır (Sonkaya, F., & Bayraktar, 2021).
- **Hareket Temelli Öğrenenler :** Bu tip öğrenme tarzını benimseyen kişiler konuları yaşayarak öğrenirler. Güvenli ve konforlu ortamlarda çalışmayı severler. Yaptıkları işlerle değerlendirilme yapıldığı takdirde başarı oranları yüksek olur. Sportif, hızlı konuşan ve yazmayı seven bireyler bu tarz öğrenen bireylerin özellikleridir(Sonkaya, F., & Bayraktar, 2021) .

2.2. Öğrenme Tarzına Yönelik Sistem Önerisi

Öneri sisteminde VARK modeli baz alınarak her bir öğrenme tarzı için farklı dosya türleri baz alınabilir. Görsel öğrenme tarzı için video dosya türleri, işitsel öğrenme tarzı için ses dosya türleri, okuma-yazma öğrenme tarzı için metin dosya türleri ve kinestetik öğrenme tarzı için de swf dosya türü tercih edilebilir. Belirtilen dosya türlerinde öğretim elemanları öğrencileri için sisteme dokümanlar yükler. Öğrenciler ise sistemdeki kendi panelleri üzerinden bu dokümanları görüntüler ve derslerine çalışırlar. Görüntüleme gerçekleştiği anda veri tabanına kayıt atılır. Veri tabanı üzerinden öğrencinin hangi dosya türünü kaç kere görüntülediği bilgisi elde edilebilir. Öğrencinin görüntüleme bilgisi ile sınav sonuç verileri, sistemde bulunan karar ağacı algoritmasından geçirilerek öğrencinin öğrenme tarzı öğrenilir. Öğrenme tarzı tespiti sonrasında ise hem öğretim elemanına hem de öğrenciye hangi doküman türünün takip edilmesi ile başarısının artacağına dair bilgilendirmeler ve öneriler sunulmaktadır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada VARK modeli dikkate alınarak doküman yüklemesi ile bir sistem modeli oluşturulmuştur. Bu öneri sistemi ile öğrenci başarısı artacaktır ve öğretim elemanları rehberlik konusunda destek görmüş olacaklardır. Öneri sisteminin işleyişi Şekil 1 ile gösterilmektedir.



Şekil 1. Öğrenme Tarzına Yönelik Sistem Öneri Modeli

4. TARTIŞMA

Öğrencilerin sınavlarındaki başarıları geleceklerini etkileyen önemli konulardan biridir. Öğrencilerin öğrenme tarzlarına uygun dokümanlar ile sınavlarına çalışmak başarılarını artıracaktır. Dolayısıyla önerisi sunulan bu çalışmadaki benzer sistemler ile öğrenme tarzına yönelik öneri sistemleri öğrencinin başarısını artıracaktır. Öğrencinin öz güveni ve motivasyonu artacaktır. Öğrencilerin okula ve eğitime ilgisi arttığında bu durum velileri de mutlu edecektir. Öğretim elemanları rehberlik ettikleri öğrencileri için doğru yönlendirmeler sağlayacağından dolayı öğretim elemanları da bu sistemden olumlu yönde

faydalanacaklardır. Öneri sistemleri ile eğitim alanında önerilen sistemden farklı olarak çeşitli yazılımlar geliştirilebilir. Bu çalışma da yazılım geliştiriciler için bir referans olabilir. Ayrıca bu çalışma, yapay zeka, veri madenciliği konusunda araştırmalar yapan, yazılımlar geliştiren bireyler için faydalı olabilir. C5.0, ID3, CART gibi farklı karar ağaçları sisteme entegre edilebilir. İlerleyen çalışmalarda tavsiye sistemi yerine otonom sistemler geliştirilebilir. Öğrenci başarısını artırma adına dokümanlar arasından seçimler yapılarak öğrenci panellerinde öğrencilere sunulabilir.

KAYNAKÇA

Düzgün, S. (2018) 'TÜRKÇEYE ÇEVRİLMİŞ VARK ÖĞRENME STİLLERİ ENVANTERİNİN DOĞRULAYICI FAKTÖR ANALİZİ MODELİ İLE DOĞRULANMASI: ÖĞRETMENLER ÖRNEĞİ', *Electronic Turkish Studies*, 13(11), pp. 1619–1634.

Ekici, G. (2003) 'Uzaktan eğitim ortamlarının seçiminde öğrencilerin öğrenme stillerinin önemi.', *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, pp. 48–55.

ERYILMAZ, M., & JABALLA, R. (2019) 'ÖĞRENME STİLLERİNE GÖRE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ ÇEVİRİMİÇİ ÖĞRENME ORTAMLARI İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ', *Turkish Studies-Information Technologies and Applied Sciences*, 14(2), pp. 179–192. doi: 10.29228/TurkishStudies.22673.

ORKUN, M. A., & BAYIRLI, A. (2019) 'Öğrenme stilleri modellerinin incelenmesi', *Maarif Mektepleri Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(1), pp. 71–83.

Şahin, M., & Kışla, T. (2013) 'KİŞİSELLEŞTİRİLEBİLİR ÖĞRENME ORTAMLARI: LİTERATÜR İNCELEMESİ', *Journal of Research in Education and Teaching*, 2(1), pp. 81–91.

Sonkaya, F., & Bayraktar, Ş. (2021) 'Learning Styles and Instruction: Science Activities Designed for Different Learning Styles in Reinert's Model', *E-International Journal of Educational Research*, 12(3), pp. 101–118.

Yeşilyurt, E. (2019) 'Öğrenme Stili Modelleri: Teorik Temelleri Bağlamında Kapsayıcı Bir Derleme Çalışması', *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, pp. 1–1. doi: 10.26466/opus.603506.

ANİZOTROPİK ORTAM YAKININDA KUANTUM GİRİŞİM

Nurgül AKINCI
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Fizik Bölümü
nurozdede@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-6470-0650

Özet
V- tipi atomik sistemin anizotropik ortam ile etkileşimine çalışılmıştır. Kendiliğinden emisyonda farklı geçiş kanallarında ortogonal dipol momentlerin kuantum girişimi görülebileceği gösterilmiştir. Kuantum girişim etkileri anizotropik Purcell etkisi sebebiyle ortaya çıkar. Güçlü saçıcı ortamlarda Purcell etkisini değiştirebilecek çeşitli parametreler bulunmaktadır. Anizotropi ve farklı dipol yönelimleri bu parametrelerden bazılarıdır. Emiter ile anizotropik altkatman arasında bir mesafe var ise, bu da Purcell etkisini artıran faktörlerdendir. Purcell etkisindeki bu değişimin kuantum girişim derecesini etkilediği gösterilmiştir. Bu derece sıfır iken girişim olmadığını, ± 1 değerlerinde ise maksimum girişimi temsil eder. Uygun şartlar altında, anizotropik ortam yakınında V- tipi atomik sistem için bu değerin 0.27 civarında olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler Kuantum girişim, Purcell etkisi, ışık madde etkileşimi

QUANTUM INTERFERENCE NEAR ANISOTROPIC MEDIUM

Abstract
It is studied a V-type atomic system (quantum emitter) interacting with an anisotropic medium. It is demonstrated that quantum interference of orthogonal dipol moments in different decay channels in spontaneous emission may appearance. Effects of quantum interference arise due to anisotropic Purcell effect. In strong scattering media there are various parameters which change the Purcell effect. Anisotropy and different dipole orientations are some of them. When there is a distance between emitter and anisotropic substrate, it is also a factor of the Purcell effect enhancement. It is shown that the change of the Purcell effect influences on degree of the quantum interference. If the degree is zero, then there is no interference; and is a value of $\pm \mathbf{1}$, then the interference is maximum. Under the suitable conditions, for the V- type atomic system near the anisotropic medium, this value is calculated as close to 0.27.

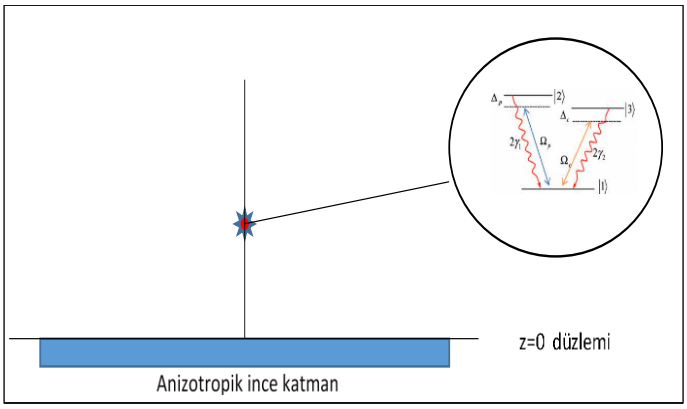
Keywords: Quantum interference, Purcell effect, light matter interaction

1. GİRİŞ

Kuantum girişim ayrıştırılabilir foton yolları ile kendini gösterir. Çok seviyeli atomik sistemin dejenere uyarılmış durumları varsa kendiliğinden emisyonda kuantum girişim oluşabilir. Işık-madde etkileşimlerinde kendiliğinden emisyon (KE) hızı bir anahtar özellik olarak görülür. Bu alanda bilim insanları KE hızını iyileştirecek parametrelere odaklanmışlardır. KE hızı belirli enerjilerde bir iletken nanoyapı ile etkileşim altında artırılabilir (Barnes ve ark. 2003; Marquer ve ark.2017). Bu artış yüzey plazmon modlarının uyarılması ile sağlanır. Karbon nanoyapılar, grafen yüzeyler, fotonik kristaller plazmon modu sergileyen maddelere örnek verilebilir. Purcell etkisi farklı yönelimlerde elektromanyetik modların tepkisi olarak tanımlanmaktadır ve KE'de girişim olayının asıl sebebidir. Bu etki, son yıllarda, periyodik dielektrikler, negative kırılma indisli materyaller, hiperbolik materyaller, metayüzeyler gibi fotonik nanoyapılarda hem teorik hem deneysel çalışılmaktadır (Shafran ve ark. 2010; Koppens ve ark. 2011; Gangaraj ve ark. 2018; Martinez ve ark. 1997). Bu çalışmada 3-seviyeli atomik sistemin anizotropik ince bir katman yakınında etkileşimi sonucunda geçiş dipolünün yüzeye dik ve parallel yönelimleri için KE olayları araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Şekil 1'de $z = 0$ düzleminde yatan çok ince anizotropik katmanın üzerinde $(0,0,d)$ koordinatında konumlanmış V-tipi atomik sistem (kuantum emiter) yer almaktadır. Emiterin $|2\rangle$ ile $|3\rangle$ üst durumları ve $|1\rangle$ alt durumu göstermektedir. Arka planın elektriksel geçirgenliği ε_1 ve alt katmanınki ε_2 ile temsil edilmiştir. $|2\rangle$ ve $|3\rangle$ durumlarından $|1\rangle$ durumuna geçiş $\hbar\omega$ emisyon enerjisi ile gerçekleşir.



Şekil 1. Anizotropik altkatman üzerinde V-tipi atomik sistem

2.1. Kuantum Girişim Derecesi

Kendiliğinden geçiş dinamiği Born-Markow yaklaşımı ile zamana bağlı yoğunluk matrisleriyle tanımlanır (Jha ve ark. 2015):

$$\ddot{\rho}_{22} = -2\gamma\rho_{22} - \kappa(\rho_{23} + \rho_{32}) \quad (1)$$

$$\ddot{\rho}_{33} = -2\gamma\rho_{33} - \kappa(\rho_{32} + \rho_{23}) \quad (2)$$

$$\ddot{\rho}_{23} = -2\gamma\rho_{23} - \kappa(\rho_{33} + \rho_{22}) \quad (3)$$

$\rho_{11} + \rho_{22} + \rho_{33} = 1,\ \rho_{mn} = \rho_{nm}{}^{*}$. (1-3) denklemlerinde görülen κ ve p, $|2\rangle$ ile $|3\rangle$ arasındaki kuplaj katsayılarını belirler:

$$\kappa = p\gamma. \quad (4)$$

Burada, $\gamma = (\Gamma_{\perp} + \Gamma_{\parallel})/2$ ile verilir. Bu kuplaj KE hızları ($\Gamma_{\perp}$ ile $\Gamma_{\parallel}$) ile doğrudan ilişkilidir. p kuantum girişim derecesi olarak isimlendirilir. $-1 \leq p \leq 1$ aralığında değer alır ve $p = 0$ iken girişimin olmadığını, $p = \pm 1$ iken maksimum kuantum girişim derecesini temsil eder

$$p = \frac{\Gamma_{\perp} - \Gamma_{\parallel}}{\Gamma_{\perp} + \Gamma_{\parallel}}. \quad (5)$$

2.2. Purcell Etkisi

$\Gamma_{\perp}$ ile $\Gamma_{\parallel}$, sırasıyla, yüzeye dik ve paralel geçiş dipol momentleri için KE hızlarıdır ve serbest uzay KE hızına (Γ_0) normalize edildiklerinde Purcell etkisine karşılık gelir: $\Gamma_{Ni} = \Gamma_i/\Gamma_0$. $i = \perp, \parallel$ temsil etmek üzere;

$$\Gamma_{Ni} = \frac{\Gamma_i}{\Gamma_0} = \sqrt{\varepsilon} + \frac{6\pi c}{\omega}\mathrm{Im}\left(\overrightarrow{\mu_i} \cdot \overleftrightarrow{G}(\vec{r}_e, \vec{r}_e, \omega) \cdot \overrightarrow{\mu_i}\right) \quad (6)$$

$\Gamma_0 = \omega^3 P^2/3\pi\varepsilon_0\hbar c^3$ ve $\overleftrightarrow{G}(\vec{r}_e, \vec{r}_e, \omega)$ emiterin konumuna göre altkatmanın etkisini hesaba katan elektromanyetik tensor Green fonksiyonudur ve KE hızları ile kuantum girişim derecesinin hesaplanmasında önemli yer tutar.

2.3. Anizotropik Tek Katmanın Tensör Green Fonksiyonları

Bir arayüzey yakınında emiterin etkileşimi için saçılma süperpozisyon metodu kullanılabilir. Tensör Green fonksiyonu

$$\overleftrightarrow{G}(\vec{r}, \vec{s}, \omega) = \overleftrightarrow{G}_0(\vec{r}, \vec{s}, \omega) + \overleftrightarrow{G}_s(\vec{r}, \vec{s}, \omega) \quad (7)$$

olarak iki kısma ayrılır. $\overleftrightarrow{G}_0(\vec{r},\vec{s},\omega)$ homojen kısım, $\vec{s}$ kaynak nokta ile $\vec{r}$ hedef nokta arasındaki doğrudan etkileşimi; $\overleftrightarrow{G}_s(\vec{r},\vec{s},\omega)$ saçılma terimi, arayüzeyde çoklu yansıma ve geçmeleri hesaba katar. Saçılma terimi, yüzey simetri geometrisine bağlıdır, bir katman geometrisi için

$$\overleftrightarrow{G}_s{}^{ij}(\vec{r},\vec{s},\omega) = \frac{i}{8\pi^2}\int d^2k_s \frac{1}{qk_s^2}\sum_T R_T{}^{ij}\,\overleftrightarrow{T}(\vec{k}_s,\vec{q},\vec{r}) \otimes \overleftrightarrow{T}(\vec{k}_s,\vec{q},\vec{s}) \tag{8}$$

genel formuna sahiptir. T üzerinden toplam enine elektrik ya da enine manyetik modların toplamını gösterir. Düzlemsel geometrilerde hibrit modlar bulunmamaktadır. $R_T{}^{ij}$ Fresnel katsayılarıdır. (8) denklemi arayüzeyde sınır şartları süreklilik ve ışıma koşullarıdır. $z = 0$ düzleminde katman ile arkaplan ortamın arayüzeyi σ iletkenlikği ile temsil edildiğinde

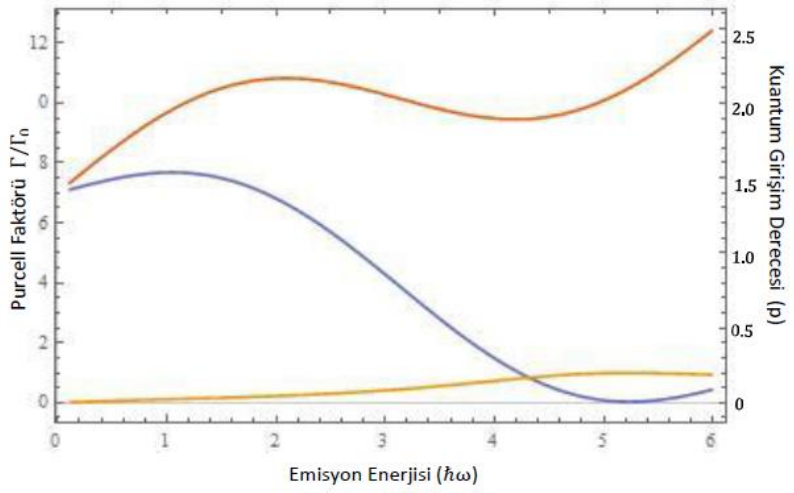
$$\hat{z} \times \left[\overleftrightarrow{G}_s{}^{11}(\vec{r},\vec{s},\omega) - \overleftrightarrow{G}_s{}^{12}(\vec{r},\vec{s},\omega)\right]\Big|_{z=0} = 0, \tag{9}$$

$$\hat{z} \times \left[\vec{\nabla} \times \overleftrightarrow{G}_s{}^{11}(\vec{r},\vec{s},\omega) - \vec{\nabla} \times \overleftrightarrow{G}_s{}^{12}(\vec{r},\vec{s},\omega)\right]\Big|_{z=0} = -i\frac{4\pi}{c}k_0\sigma\hat{z} \times \hat{z} \times \overleftrightarrow{G}_s{}^{12}(\vec{r},\vec{s},\omega), \tag{10}$$

şartları sağlanır.

3. SONUÇ

Arkaplan ortamı boşluk alarak, emiter ile altkatman arasında etkileşimi sonucunda, Şekil 2 geçiş dipol momentlerinin yüzeye dik ve paralel yönelimleri için KE hızlarını ve kuantum derecesini gösterir. Burada hesaplamalar farklı emisyon enerji değerleri için yapılmıştır. Emiter konumu (0,0,15nm) ve arayüzeyin grafen olduğu varsayılmıştır. Grafen yüzey için Novoselov ve ark. (2004)'deki deneysel sonuçlar kullanılmıştır. Dipol momentin yüzeye dik yönelimi için KE hızı serbest uzay KE hızına göre artmaktadır. Bu artış yüzey plazmon modlarının uyarılmasının bir sonucudur. KE hızının doğrusal artışlarında, girişim derecesi artmakta ve ardından 0.27 değerinde sabitlenmektedir.



Şekil 2. Purcell faktörü ve kuantum girişim derecesinin enerjiye göre değişimi

4. TARTIŞMA

Anizotropik katman üç-seviyeli atom etkileşimi sonucunda kuantum girişimi görülebilir. Özellikle plazmon modu sergileyen bir ortam varlığında Purcell faktörü kuantum girişime etkendir. KE hızındaki artış kuantum girişim derecesini değiştirmektedir. Işığın kontrol edilebilirliği üzerine fiziksel olaylar optoelektronik teknolojileri için önemli yer kaplar. Bu olgulardan biri nano-boyutta elektromanyetik enerji propagasyonudur. KE'de kuantum girişim olayı kuantum ve lineer olmayan optik olayları etkiler. Atom-yüzey etkileşimleri üzerine çalışmak kuantum bilgi sistemleri, biosensörler ve yakın-alan

mühendislik uygulamalarına fayda sağlar (Marini ve ark. 2015, Zeng ve ark. 2016, Gangaraj ve ark. 2018).

KAYNAKLAR

Barnes, W. L.; Dereux, A.; Ebbesen, T. W. 2003. Surface Plasmon Subwavelength Optics. Nature 424, 824−830.

Gangaraj S. H., Monticone F. 2018. Molding light with metasurfaces: from far-field to near-field interactions. 7(6) 1025–1040.

Jha, P. K.; Ni, X.; Wu, C.; Wang, Y.; Zhang, X. 2015. Metasurface−enabled Remote Quantum Interference. Phys. Rev. Lett. 115, 025501.

Koppens, F. H. L.; Chang, D. E.; García de Abajo, F. J. 2011. Graphene Plasmonics: A Platform for Strong Light−matter Interactions. NanoLett. 11, 3370−3377.

Marini, A.; Silveiro, I.; García de Abajo, F. J. 2015. Molecular Sensing with Tunable Graphene Plasmons. ACS Photonics. 2, 876−882.

Marquier, F.; Sauvan, C.; Greffet, J.-J. 2017. Revisiting Quantum Optics with Surface Plasmons and Plasmonic Resonators. ACS Photonics 4, 2091−2101.

Martinez M. A. G., Herczfeld P. R., Samuels C., Narducci L. M. Ketel C. H. 1997. Quantum interference effects in spontaneous atomic emission: Dependence of the resonance fluorescence spectrum on the phase of the driving field. 11 (6) 4483-4491.

Novoselov, K. S.; Geim, A. K.; Morozov, S. V.; Jiang, D.; Zhang, Y.; Dubonos, S. V.; Grigorieva, I. V.; Firsov, A. A. 2004. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. Science 306, 666−669.

Shafran, E.; Mangum, B. D.; Gerton, J. M. 2010. Energy Transfer from an Individual Quantum Dot to a Carbon Nanotube. Nano Lett. 10, 4049−4054.

Zeng, X.-D.; Liao, Z.; Al-Amri, M.; Suhail Zubairy, M. 2016. Controllable Waveguide via Dielectric Cylinder Covered with Graphene: Tunable Entanglement. Europhys. Lett. 115, 14002.

DURUM GERİ BESLEMELİ H∞ KONTROLCÜLÜ YARIM TAŞIT MODELİNDE YOLCU KONFORUNUN SAĞLANMASI

Hasan Tan
Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği
Hasantan33@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9991-6961

Rahmi Güçlü
Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği
guclu@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0996-7923

Özet
Yolcu konforu, taşıt kontrol parametreleri arasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Yolculuk süresine bağlı olarak, sürücüler çeşitli zorlu yol koşullarına maruz kalabilirler. Bu koşullar dolayısıyla ortaya çıkan çeşitli ergonomi problemleri, taşıt içinde bulunan kişilerin sağlığına dair çeşitli olumsuz etkilere yol açabilir. Bu etkiler fiziksel deformasyona yol açabileceği gibi, ilave yorgunluğa da sebep olabilir. Ekonomik anlamda bakıldığında yorgunluğun beraberinde getirdiği verimsizlik ilave dinlenme süresine, ilave ulaşım sürelerine, dolayısıyla ilave maliyetlere; güvenlik açısından bakıldığındaysa dikkat dağınıklığı, sürüş emniyetsizliği durumlarına yol açabilir. Bu hususlar bakımından, konfor probleminin doğrudan ve dolaylı etkilerinin çözüme ulaştırılması önem göstermektedir. Günümüzün getirdiği bilimsel altyapı nezdinde, yolculuk konforunu sağlayıcı çeşitli teknolojik imkânlar mevcuttur. Yoldan gelecek bozucu etkilerin yolcuya ulaşmasını önlemek adına, yolcu ile taşıt arasında kalan koltuğun aktif eyleyiciyle kontrolü vasıtasıyla bozucu etkilerin sönümlenmesi sağlanabilir. Bu çalışma kapsamında konforu artırmak ve olumsuz etkileri önlemek amacıyla hedeflenen çözüm yönteminde yarım taşıt-koltuk-insan modeli Matlab&Simulink ortamında modellenmiştir. Ardından lineer matris eşitsizliği (LMI) yaklaşımıyla durum geri beslemeli H∞ kontrolcüsü tasarlanmış ve uygulanmıştır. Kontrolcülü ve kontrolcüsüz durumlar için sistem titreşimlerinin ivme ve yerdeğişimlerinin cevapları elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yarım taşıt modeli, Titreşim, Lineer matris eşitsizliği, H∞ kontrol,

ENSURING PASSENGER COMFORT IN HALF VEHICLE MODEL WITH H∞ CONTROLLER WITH STATE FEEDBACK

Abstract
Passenger comfort has a very important place among vehicle control parameters. Depending on the journey time, drivers may be exposed to a variety of harsh road conditions. Various ergonomics problems that arise due to these conditions can cause various negative effects on the health of the occupants of the vehicle. These effects may cause physical deformation as well as additional fatigue. From an economic point of view, the inefficiency brought about by fatigue leads to additional rest time, additional transportation times, and therefore additional costs; From a safety point of view, distraction can lead to situations of driving insecurity. In terms of these issues, it is important to solve the direct and indirect effects of the comfort problem. In view of the scientific infrastructure brought by today, there are various technological opportunities that provide improved comfort. In order to prevent the harmful effects from the road to the passenger, it is possible to dampen the disturbing effects by controlling the seat between the passenger and the vehicle with the active actuator. Within the scope of this study, half vehicle-seat-human model was modeled in Matlab&Simulink environment in order to increase comfort and prevent negative effects. Then, H∞ controller with state feedback was designed and implemented with the linear matrix inequality (LMI) approach. The responses of acceleration and displacements of system vibrations for controlled and uncontrolled situations are obtained and interpreted.

Keywords: Half vehicle model, vibration, Linear matrix inequality, H∞ control,

1. GİRİŞ

Taşıt kullanımı esnasında, oluşan titreşimlerden dolayı yolcu ergonomisi ve konforu önem arz etmektedir. Bu duruma istinaden birden çok katılımcının bulunduğu farklı sürücü koltukları ile konfor incelemesi çalışmaları yürütülebilmektedir [1]. Frings ve ark. (2008) yaptığı çalışmada, taşıt titreşimlerinin sırt ağrısı yaptığı, bu nedenle işçilik saati kaybının meydana geldiği görülmüştür [2]. Yağız ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada taşıt titreşimlerini farklı metotlar ile kontrol etmişlerdir [3]. Kontrol teorisi, çeşitli sistemlerde istenmeyen durumların giderilmesi için geniş bir alanda kullanılmaktadır. Demir ve ark. (2012) yarım taşıtın süspansiyon sistemini doğrusal olmayan şekilde modelleyerek hibrit bulanık mantık ile kontrol sağlamışlardır [4]. Güçlü (2004) tarafından da bulanık mantık kontrol, taşıt sistemlerinde uygulanmıştır [5]. Yine Güçlü ve Gülez (2008) tarafından kalıcı mıknatıslı senkron motor aracılığıyla koltuk titreşimlerinin yapay sinir ağıyla kontrolü sağlanmıştır [6]. Wei ve ark. (2018) ise 5 serbestlik dereceli yarım taşıtın aktif süspansiyon modelini statik çıkış geri beslemeli H∞ kontrolcü ile kontrol ederek durum geri beslemeli H∞ kontrolcü ile karşılaştırmasını yapmışlardır [7]. Li ve ark. (2014) çeyrek taşı modeline H∞ kontrolcü uygulayarak mekanik titreşimlerin bastırılması konusunda çalışmışlardır [8]. Sun ve ark. (2011) ise dinamik çıkış geri beslemeli H∞ kontrolcü tasarımıyla titreşimlerin yarattığı etkiyi azaltarak yolcu konforunu hedeflenmişlerdir [9]. Ahan ve ark. (2016) dinamik çıkış geri beslemeli H∞ kontrolcü ile yarım ağır yük kamyonunda meydana gelen titreşimlerin bastırılması ve ISO2631-1 çerçevesinde konfor analizi yapmışlardır [10].

Bu çalışma kapsamında, ilk olarak 5 serbestlik dereceli yarım taşıt modellemesi ve hareket dinamiği denklemleri çıkarılmıştır. Bu modelde eyleyici, taşıt gövdesi ile yolcu koltuğu arasına konuşlandırılmıştır. Ardından doğrusal matris eşitsizliği kullanılarak kontrolcü tasarlanmıştır. Bundan sonra, kapalı çevrim sistemin bozucu girişe karşı verdiği cevap, açık çevrim sistemle kıyaslanarak incelenmiştir. Son olarak da ISO 2631-1 perspektifinde bozucu yol girişine göre sistemin konfor seviyesi ölçülmüştür.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Modelleme

Yarım taşıt sisteminin 5 serbestlik dereceli modellemesi yapılırken 2 tekerlek, 1 taşıt gövdesi ve 1 yolcu koltuğu kütlesi hesaba katılmıştır. Buradaki 4 kütlenin dikey eksende yaptığı doğrusal hareketin yanı sıra, taşıt gövdesinin kafa vurma açısal hareketi mevcuttur. Bu durumların D'Alembert metodu ile ivme denklemleri elde edilebilir. Değişken değişimi yapılan ivme denklemleri sayesinde sistemin durum matrisleri elde edilebilir.
Durum uzay denklemleri;

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (1)$$
$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \quad (2)$$

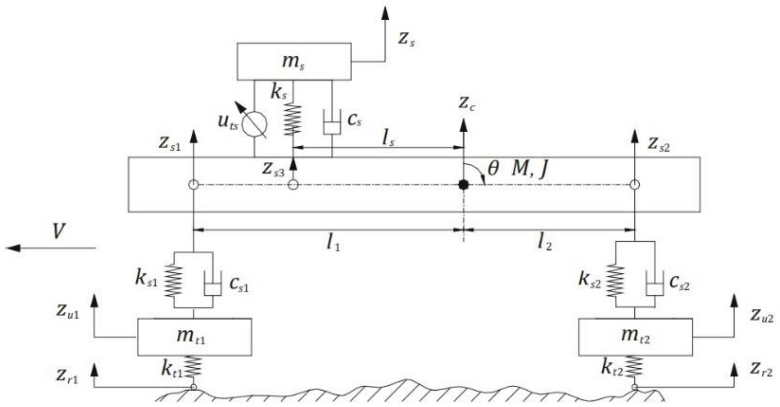
Sistemin durumları;

$$x = \{x_1\ x_2\ x_3\ x_4\ x_5\ x_6\ x_7\ x_8\ x_9\ x_{10}\} \quad (3)$$
$$x_1 = z_s\ \ x_2 = z_c\ \ x_3 = \theta\ \ x_4 = z_{u1}\ \ x_5 = z_{u2}\ \ x_6 = \dot{z}_s\ \ x_7 = \dot{z}_c\ \ x_8 = \dot{\theta}\ \ x_9 = \dot{z_{u1}}\ \ x_2 = \dot{z_{u2}} \quad (4)$$

Model parametreleri Tablo 1'de tanımlanmıştır. Şekil 1 ise modelin temsili görselini ifade etmektedir.

Tablo 1. Taşıt modeli parametreleri

$m_p = 90\ kg$	$k_p = 15000\ N/m$	$c_p = 500\ N.s/m$	$L_p = 0.5\ m$
$m_v = 500\ kg$	$k_{sf} = 10000\ N/m$	$c_{sf} = 1000\ N.s/m$	$L_f = 1.2\ m$
$m_{wf} = 70\ kg$	$k_{sr} = 10000\ N/m$	$c_{sr} = 1000\ N.s/m$	$L_r = 1\ m$
$m_{wr} = 70\ kg$	$k_{wf} = 10000\ N/m$	$V = 60\ km/h$	
$I_v = 910\ kg.m^2$	$k_{wr} = 10000\ N/m$		



Şekil 1. 5 serbestlik dereceli yarım taşıt modeli

2.2. Kontrolcü Tasarımı

Lyapunov kararlılık teoremine göre, kapalı çevrim sistemin asimptotik kararlı olabilmesi için sisteme ait her t>0 için negatif değer almayan bir enerji fonksiyonu bulunması ve bu fonksiyonun zamana göre birinci türevi negatif olması gereklidir. Bu sayede sistemin dengeye ulaşması garanti edilmiş olur. Kalman-Yakubovic-Popov'un ortaya koyduğu KYP Lemma, Hsonsuz normunun Lyapunov enerji fonksiyonuna eklenmesi ve Schur tümleyeni ile bu eşitsizliğin doğrusal matris eşitsizliğine çevrilmesi için kullanılabilir. Bu yeni matris eşitsizliği elde edilip dışbükeyliği sağlamak için değişken dönüşümü uygulanırsa, elde edilen matris eşitsizliğini çözerek sistemin Hsonsuz kontrol kazancı K hesaplanabilir. Kontrolcü tasarımının kullanılacağı durum-uzay gösterimi, aşağıda verilmiştir

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B_1 w(t) + B_2 u(t) \quad (5)$$
$$y(t) = C_1 x(t) + D_{11} w(t) + D_{12} u(t) \quad (6)$$

KYP Lemma;

$$\begin{bmatrix} A^T X + XA & XB \\ B^T X & -\gamma I \end{bmatrix} + \frac{1}{\gamma} \begin{bmatrix} C^T \\ D^T \end{bmatrix} [C \quad D] < 0 \quad (7)$$

Shur tümleyen;

$$\begin{bmatrix} M & R \\ R^T & Q \end{bmatrix} < 0 \quad (8)$$
$$Q < 0 \ , \qquad M - RQ^{-1}R^T < 0 \quad (9)$$

Kontrol edilen sistemin performansı olarak tanımlanan γ aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$\|G\|_\infty = \frac{\|z\|_2}{\|w\|_2} \leq \gamma \quad (10)$$
$$\|z\|_2 \leq \gamma \|w\|_2 \quad (11)$$
$$g(x,w) = z^T z - \gamma^2 w^T w \leq 0 \quad (12)$$

Belirtilen performans kriteri ile, H∞ kontrolcü için $P = P^T > 0$, $V(x) = x^T P x$ Lyapunov eşitsizliği şu şekilde yazılabilir;

$$\dot{V}(x) + g(x,w) < 0 \quad (13)$$
$$\dot{V}(x) + z^T z - \gamma^2 w^T w < 0 \quad (14)$$

Kapalı çevrim sistemin bu denklemde yerine yazılmasıyla ve genelleştirilmiş durum vektörünün $\xi = [x(t)\ w(t)]^T$ olarak belirlenmesiyle $\xi^T(t)\ \Omega\ \xi(t) < 0$ formu elde edilebilir ve buradan Ω aşağıdaki şekilde yazılır;

$$\Omega = \begin{bmatrix} ((A+B_2K)^TP + P(A+B_2K) + (C_1+D_{12}K)^T(C_1+D_{12}K)) & PB_1 + (C_1+D_{12}K)^TD_{11} \\ B_1^TP + D_{11}^T(C_1+D_{12}K) & -\gamma^2 I + D_{11}^TD_{11} \end{bmatrix} < 0 \quad (15)$$

Elde edilen Ω sağından ve solundan P^{-1} ile çarpılırsa ve ardından $X = P^{-1}$ değişken dönüşümü yapılırsa aşağıdaki ifade elde edilir;

$$\begin{bmatrix} ((A+B_2K)X + X(A+B_2K)^T + X(C_1+D_{12}K)^T(C_1+D_{12}K)X) & B_1 + X(C_1+D_{12}K)^TD_{11} \\ B_1^T + D_{11}^T(C_1+D_{12}K)X & -\gamma^2 I + D_{11}^TD_{11} \end{bmatrix} < 0 \quad (16)$$

KYP Lemma ile (16) numaralı denklem, aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$\begin{bmatrix} ((A+B_2K)X + X(A+B_2K)^T & B_1 \\ B_1^T & -\gamma I \end{bmatrix} + \frac{1}{\gamma}\begin{bmatrix} X(C_1+D_{12}K)^T \\ D_{11}^T \end{bmatrix}\begin{bmatrix} (C_1+D_{12}K)X & D_{11} \end{bmatrix} < 0 \quad (17)$$

Shur tümleyeni ile (17) numaralı denklem, aşağıdaki şekilde düzenlenebilir;

$$\begin{bmatrix} ((A+B_2K)X + X(A+B_2K)^T & B_1 & X(C_1+D_{12}K)^T \\ B_1^T & -\gamma I & D_{11}^T \\ (C_1+D_{12}K)X & D_{11} & -\gamma I \end{bmatrix} < 0 \quad (18)$$

Elde edilen (18) numaralı eşitsizlik, KX teriminden dolayı dışbükey değildir. Dışbükeyliği sağlamak için $W = KX$ olarak değişken dönüştürüldüğü takdirde aşağıdaki doğrusal matris eşitsizliği elde edilir;

$$\begin{bmatrix} AX + XA^T + B_2W + B_2^TW^T & B_1 & XC_1^T + W^TD_{12}^T \\ B_1^T & -\gamma I & D_{11}^T \\ C_1X + D_{12}W & D_{11} & -\gamma I \end{bmatrix} < 0 \quad (19)$$

Yukarıda ifade edilen (19) numaralı doğrusal matris eşitsizliğini çözen $X = X^T > 0$ ve W matrisleri bulunabilirse, sistemin H∞ kontrol kazancı hesaplanabilir. Bu matris eşitsizliği Matlab&Simulink paket programında YALMIP ve SeDuMi aracılığıyla çözdürülebilir. YALMIP bir parsel olup girilen denklemleri çözücünün çözebileceği formata düzenler. SeDuMi ise çözücü olup istenen kontrol kazancı matrisini hesaplamaya yaramaktadır.

2.3. ISO 2631-1 Konfor Kriteri

ISO2631-1 mekanik titreşimlerin insan vücuduna etkisini incelemek için oluşturulmuş teknik standartları içermektedir. Bu incelemenin temelinde konfor ve emniyet bulunmaktadır. Burada incelenen titreşimler insan bağlamında olup, genel taşıt performansıyla ilgili değildir. Çalışma altına alınacak titreşimlerin oluşturulması için Oğuzhan A. Ve arkadaşları ile Haiping Du ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalarda da kullanılan rastgele bozucu yol girişi profili kullanılacaktır [10-11]. Ardından bu bozucu etkinin kullanıcıya aktarılan ivme değerinin ortalama karekök değeri alınarak yine aynı çalışmada kullanılan, ISO 2631-1'de tanımlanmış filtrelerden geçirilecektir.
Ortalama karekök değeri şu şekilde hesaplanacaktır;

$$a_{rms} = \frac{1}{T}\sqrt{\int_0^T a_w^2(t)dt} \quad (20)$$

Burada ifade edilen a_w ölçülen ivme değeri olup T ise ölçüm periyodudur. a_w'nin elde edilmesi için 3 farklı filtre kullanılmaktadır;

$$H_H(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{2\pi * 100}{0.71}s + (2\pi * 100)^2} \quad (21)$$

$$H_L(s) = \frac{(2\pi * 100)^2}{s^2 + \frac{2\pi * 100}{0.71}s + (2\pi * 100)^2} \quad (22)$$

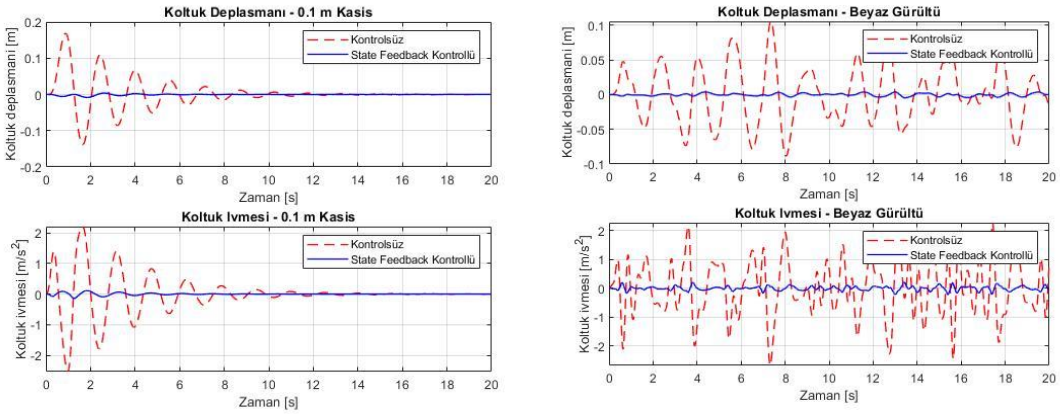
$$H_{TV}(s) = \frac{(s + 2\pi * 16)^2}{s^2 + \frac{2\pi * 16}{0.63}s + (2\pi * 16)^2} * \frac{s^2 + \frac{2\pi * 2.5}{0.8}s + (2\pi * 2.5)^2}{s^2 + \frac{2\pi * 4}{0.8}s + (2\pi * 4)^2} * 32.768\pi \quad (23)$$

Burada ifade edilen H_L alçak geçiş filtresi, H_H yüksek geçiş filtresi, H_{TV} ise dikey titreşim inceleme filtresidir [10]. Genelleştirilmiş filtre ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

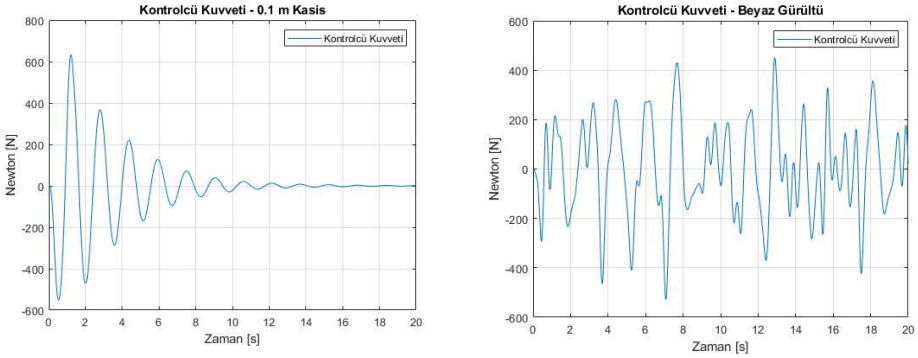
$$H_{vertical}(s) = H_H(s) * H_L(s) * H_{TV}(s) \quad (24)$$

3. SONUÇ

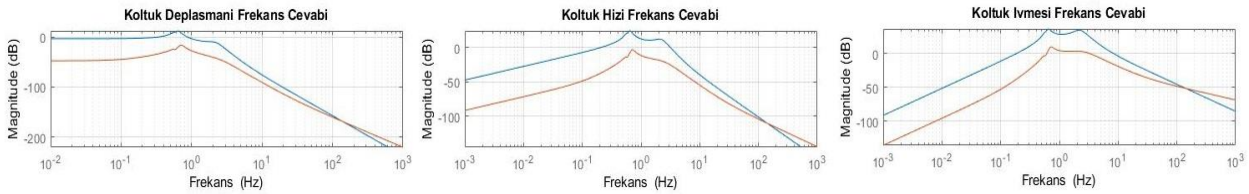
Durum geri beslemeli optimal kontrol kazancı ile kapalı çevrim sistem elde edilmiştir. Beyaz gürültü ve kasis bozucu girişleri ile sistemin kontrolcülü ve kontrolcüsüz cevapları yerdeğişimi ve ivme çıktıları cinsinden değerlendirilmiştir. Ayrıca kontrollü ve kontrolsüz durum için frekans cevabı da incelenmiştir.



Şekil 2. Sistem yerdeğişimi ve ivme cevapları



Şekil 3. Farklı bozucu girişler için eyleyici kuvvetleri



Şekil 4. Sistem frekans cevapları

Açık ve kapalı çevrim cevaplarıyla elde edilen çıktılar şekil 2'de görülmektedir. Buna göre, farklı bozucu girişlerine rağmen, kapalı çevrim sistemin bozucu etkiyi başarılı biçimde bastırdığı görülmektedir. ISO2631-1 nezdinde hesaplanan ivme çıktısı, filtre sonrası RMS değeri ise -53 dB çıkmıştır. Standart için -10.034 dB altındaki değerler «konforlu» olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 2. ISO 2631-1 için ağırlıklı ortalama ivmenin dB cinsinden konfor koşulları [10]

< (-10,034)	Konforlu
(-10,034) - (-4,0132)	Yeterince konforlu
(-6,0206) - 0	Yeterince konforsuz
(-1,9382) - 4,0824	Konforsuz
1,9382 - 7,9588	Oldukça konforsuz
> 6,0206	Aşırı miktarda konforsuz

4. TARTIŞMA

Çalışmada, 5 serbestlik dereceli yarım taşıt modeli incelenmiştir. Önce sistem dinamiğinin matematik denklemleri elde edilmiştir. Ardından bu denklemler, durum-uzay biçiminde ifade edilmiştir. Elde edilen durum-uzay matrisleri ile, doğrusal matris eşitsizliği metoduyla durum geri beslemeli H∞ normu hesaplanarak elde edilen optimal kontrol kazancı ile kapalı çevrim sistem elde edilmiştir. Modellenen sistem, Matlab&Simulink paket programı üzerinden simüle edilmiştir. Bu şekilde elde edilen sistemde, farklı bozucu giriş etkisine karşın zaman tabanlı çıktıda yerdeğişimi ve ivme değerleri Şekil 2'de görülmektedir. Buna göre kontrolcülü durumda yerdeğişimi ve ivme değerleri oldukça başarılı biçimde sönümlenmiştir. Kontrolcülü ve kontrolcüsüz duruma istinaden, eyleyici vasıtasıyla oluşturulan kontrolcü kuvveti ise Şekil 3'te görülmektedir. Elde edilen değerlere istinaden bu performans bandında bir eyleyici kullanımı ticari açıdan mümkün görünmektedir. Frekans tabanlı performans çıktısı Şekil 4'te gösterilmiştir. H∞ normu teorik olarak sistemdeki pik noktayı, yani performansın en kötü olduğu noktayı saptayıp bastırmaya yaramaktadır. Şekilde görüldüğü üzere kontrolcülü ve kontrolcüsüz durum kıyaslamasına istinaden kontrolcülü sistemde en kötü performans noktasında bariz iyileşme görülmektedir. ISO2631-1'e göre meydana gelen ivme değerinin ortalama karekök değeri için bir konfor kıstas tablosu bulunmaktadır. Bu tabloya istinaden kontrolcülü sistemdeki durumun ise konforlu olarak tanımlanabileceği görülmektedir. Nihai olarak, H∞ normu hesaplanarak elde edilen kapalı çevrim sistemin farklı bozucu etkiler karşısında başarılı performans gösterdiği ve yolcu konforunun sağlandığı rahatlıkla anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] KYUNG, G., NUSSBAUM, M. A., REEVES, K. B., 2008, Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 516–525.

[2] FRINGS-DRESEN, M. H. W., HULSHOLF, C. T. J., TIEMESSEN, I. J., 2007, An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 245–256.

[3] YAGIZ, N., SAKMAN, L. E., GUCLU, R., 2008, Different control applications on a vehicle using fuzzy logic control, *Sadhana*, 33-1, 15–25.

[4] DEMIR, O., KESKIN, I., CETIN, S., 2012, Modeling and control of a nonlinear half-vehicle suspension system: a hybrid fuzzy logic approach, *Springer*, 67, 2139-2151.

[5] GUCLU, R., 2004, The fuzzy-logic control of active suspensions without suspension-gap degeneration, *J Mech Eng Strojniski Vestnik*, 50, 462-468.

[6] GUCLU, R., GULEZ, K., 2008, Neural network control of seat vibrations of a non-linear full vehicle model using PMSM, *Math Comput Model*, 47, 1356-1371.

[7] WEI, C., ZHANG, K., CAI, Y., WANG, Z., YU, W., 2018, A new method of static output-feedback H∞ controller design for 5 DOF vehicle active suspension system, *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 40, 132.
[8] LI, H., JING, X., KARIMI, H., 2014, Output-feedback-based H∞ control for vehicle suspension systems with control delay, *IEEE Trans Ind Electron*, 61, 436-446.
[9] SUN, W., ZHAO, J., LI, Y., GAO, H., 2011, Vibration control for active seat suspension systems via dynamic output feedback with limited frequency characteristic, *Mechatronics*, 21, 250-260.
[10] AHAN, O., MUDERRISOGLU, K., ARISOY, D. O., YAZICI, H., GUCLU, R., 2016, Vibration control of a semi-trailer truck for comfort with and output feedback H∞ controller, *International Conference on Engineering and Natural Science*, 2, 2053-2062.
[11] DU, H., LI, W., ZHANG, N., 2012, Integrated seat and suspension control for a quarter car with driver model, *IEEE Transactions On Vehicular Technology*, 61, 3893-3908.
[12] International Organization for Standardization (ISO), ISO 2631-1, 1997, Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: general requirements

DİRECT YELLOW 142 BOYAR MADDESİNİN ALÜMİNYUM ELEKTROTLU ELEKTROKOAGÜLASYON YÖNTEMİ İLE RENK GİDERİMİ VE BOX-BEHNKEN OPTİMİZASYONU

Sertel Görücü
Kocaeli Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü
195101025@kocaeli.edu.tr , ORCID: 0000-0002-0052-1928

Çisil Gülümser
Kocaeli Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü
cisgulumser@gmail.com , ORCID: 0000-0003-0602-1120

Mesut Sezer
Kocaeli Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü
mesut.sezer@kocaeli.edu.tr , ORCID: 0000-0002-0531-5592

Sevil Veli
Kocaeli Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü
sevilv@kocaeli.edu.tr , ORCID: 0000-0002-5191-4350

Özet
Bu çalışmada Direct Yellow 142 (DY142) boyar maddesinin 2 anot ve 2 katot olmak üzere monopolar paralel bağlı alüminyum elektrotlar kullanarak elektrokoagülasyon yöntemi (EK) ile arıtımı incelenmiştir. Elektrokoagülasyon yönteminde prosese etki eden; başlangıç pH, akım yoğunluğu ve elektroliz süresi gibi parametrelerin etkisi renk giderimi üzerinden değerlendirilmiştir. Tüm deneylerde sulu çözeltinin iletkenliğini arttırmak için 1 g NaCl ilave edilmiştir. Deneysel tasarım Box-Behnken (BBT) istatiksel modeli ile farklı pH (2-10), akım yoğunluğu (0,66-3,33 mA/cm^2) ve sürede (5-15 dk) bloklama olmadan toplam 15 deneyle belirlenmiştir. Optimum koşullarda pH 6, akım yoğunluğu 3,33 mA/cm^2 ve elektroliz süresinin 15 dakika olduğu parametrelerde renk giderimi en yüksek (%95,22) seviyede gerçekleşirken pH 2'de %75 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Sonuçların ANOVA tablosuna göre R^2 ve R^2_{adj} sırasıyla 0,98 ve 0,94 değerleri, modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. BBT deney tasarımından yola çıkarak EK yöntemini en çok etkileyen parametrenin pH olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum elektrot, Box-Behnken, Direct Yellow 142, Elektrokoagülasyon, Renk Giderimi

COLOR REMOVAL OF DIRECT YELLOW 142 DYES WITH ALUMINUM ELECTRODE ELECTROCOAGULATION PROCESS AND OPTIMIZATION BY BOX-BEHNKEN

Abstract
In this study, the purification of Direct Yellow 142 (DY142) dyestuff by electrocoagulation method (EK) using monopolar parallel connected aluminium electrodes with 2 anodes and 2 cathodes was investigated. In the electrocoagulation method, affecting the process; the effect of parameters such as initial pH, current density and electrolysis time was evaluated on color removal. In all experiments, 1 g of NaCl was added to increase the conductivity of the aqueous solution. With the experimental design Box-Behnken (BBT) statistical model, a total of 15 experiments were determined with different pH (2 - 10), current density (0,66-3,33 mA/cm^2) and time (5-15 min) without blocking. In the parameters pH 6, current density 3,33 mA/cm^2 and electrolysis time 15 minutes under optimum conditions, color removal was achieved at the highest level (95,22%), while at pH 2 it was 75%. According to the ANOVA table of the results, R^2 and R^2_{adj} values of 0,98 and 0,94, respectively, show that the model is significant. Based on the BBT experimental design, it was seen that the parameter that most affected the EK method was pH.
Keywords: Aluminium electrode, Box-Behnken, Color Removal, Direct Yellow 142, Electrocoagulation

1. GİRİŞ

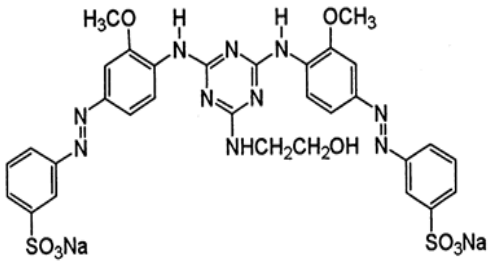
Sanayileşmenin hızlanması ve sanayi kapasitelerinin artmasıyla günümüzde endüstrilerin çevreye olan etkileri artış göstermektedir (Özkol, 1998). Çevresel kirliliğin en önemli kaynaklarından biri sucul ortama deşarj edilen arıtılmamış endüstriyel atıksulardır. Bu atıksuların doğrudan yüzeysel sulara deşarj edilmesi içme suyunda büyük kirliliğe sebep olmaktadır (Kusmierek, 2020). Endüstriyel atıksular arasında arıtılması en zor olanlardan biri boyarmadde ve tekstil endüstrilerinden kaynaklı boya atıksularıdır. Bu tür boya atıksularının kompleks organik ve sentetik yapısından dolayı biyolojik olarak parçalanmaları ve arıtılmaları zordur. Yapılan araştırmalara göre yılda 7×10^5 m/ton üretim kapasitesi ile yaklaşık 100.000 çeşit boya bulunmaktadır (Fu ve Viraraghavan, 2001). Boyalar anyonik (asit, reaktif, direkt), katyonik (bazik) ve iyonik olmayan (dispers) boyalar olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Bhatia ve ark., 2017). Direkt boyaların ana kromofor grubu sülfonik asidin sodyum tuzlarını içerir ki, bu tuzlar yapısında iki veya daha fazla azo grubu bulundururlar. Bu gruplara ek azin, azo olmayan metal kompleks boyalar ve ftalosiyanin grupları da direkt boyaların yapısını içermektedir (Wawrzkiewicz ve ark., 2019). Tekstil endüstrisinde boyama ve baskı işlemlerinde direkt boyalar yaygın şekilde kullanılmaktadır (Hassaan ve ark., 2017). Tekstil endüstrisinin %17'lik kısmını oluşturan direkt boyalar pamuk, yün, ipek ve deri boyama alanlarında geniş kullanım alanına sahiptir (Garg ve ark., 2019; Irshad ve ark., 2021). Direkt boyalar anyonik yapıda, suda çözünen boyar maddelerdir (Rápó ve Tonk, 2021). Sucul ortama deşarj edilen direkt boyalar toksisite, yüksek konsantrasyonlu organik madde yüklemesi ve boya kaynaklı estetik kirlilik gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır (Safa ve Bhatti, 2011). Boyar madde içeren atıksular genellikle kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemleri ile arıtılmaktadır. Bu yöntemlere elektrokoagülasyon, elektroflotasyon, membran filtrasyon, iyon değişimi, ozonlama, çöktürme gibi arıtım yöntemleri örnek olarak verilmektedir (Banat ve ark., 1996). Elektrokimyasal bir yöntem olan elektrokoagülasyon anotun korozyona uğramasıyla sulu çözeltiye alüminyum ve demir katyonları bırakır. Bu elektrolitik reaksiyonlara ek olarak katotta hidrojen gazı oluşmaktadır (Zodi ve ark., 2013). Uygun pH ortamında metal iyonları, kirleticileri absorbe eden ve çökelten, askıda katı maddeleri de kararsızlaştıran metal hidroksitleri oluşturmaktadırlar (Chen, 2004). Elektrokoagülasyon yöntemi renk, ağır metal, askıda katı madde, yağ-gres, kompleks organikler, virüs ve bakterilerin gideriminde uygulanmaktadır (Phalakornkule ve ark., 2009).Yüksek giderim verimliliği, basit işletim, düşük enerji tüketimi ile birlikte az çamur üretmesi ve düşük kimyasal konsantrasyonu gerektirmesi sebebiyle elektrokoagülasyon son yıllarda artan ilgi gören bir elektrokimyasal yöntemdir (Veli ve ark., 2016).

Bu çalışmada, tekstil boyar maddesi olan Direct Yellow 142 azo boyasının elektrokoagülasyon yöntemi ile renk giderimi deneysel olarak araştırılmış ve Box-Behnken (BBT) istatiksel modeli ile akım yoğunluğu, pH ve elektroliz süresinin etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Deneyde Kullanılan Materyaller

Deneysel çalışmada boyar madde olarak Direct Yellow 142 tercih edilmiştir. DY142, Kocaeli'de bulunan bir tekstil fabrikasından temin edilmiştir. Boyar maddenin kimyasal formülü $C_{31}H_{28}N_{10}Na_2O_9S_2$ ve molekül ağırlığı 794,73 g/mol' dür. Çift azo bağı bulunan ve anyonik yapıda olan DY142 tekstil boyama sektöründe kullanılmaktadır. Deneyde kullanılan DY142 boyar maddesinin kimyasal yapısı Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. DY142 boyar maddesinin kimyasal yapısı

2.1.1. Deneyde Kullanılan Kimyasallar

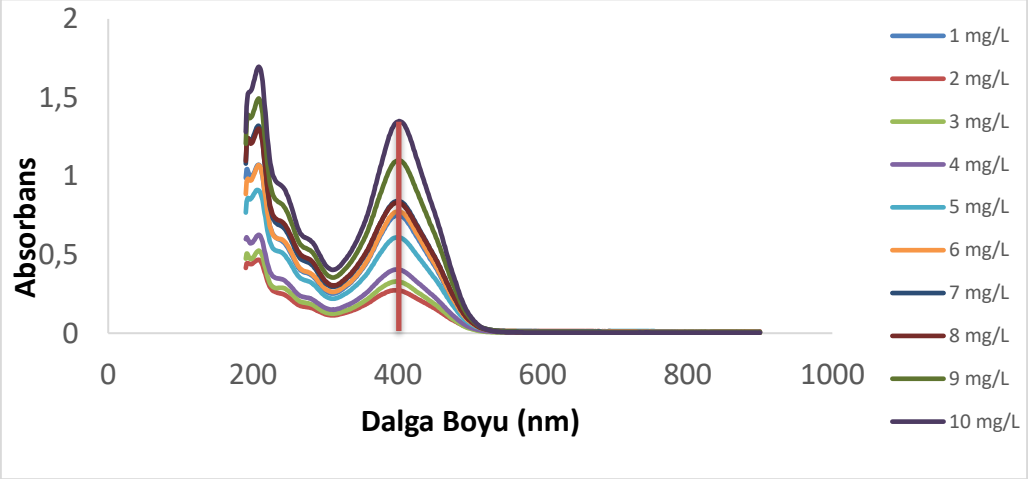
Boya çözeltisinin pH ayarlamasında 1 N sülfürik asit (H_2SO_4) ve 1N sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Boya çözeltisinin iletkenliğini arttırmak için sodyum klorür (NaCl) kullanılmıştır.

2.1.2. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Çalışmada kullanılan cihazlar: Spektrofotometre (HACH DR 6000), hassas Terazi (KERN Abs (Tip:220-4), saf su cihazı (Milipore Direct Q-UV), pH ölçer (ORION STAR A111), iletkenlik ölçer (ORION STAR A112), manyetik karıştırıcı (MTOPS MS300 HS), doğru akım güç kaynağı (ECHNI-C DC RXN-3010D-2).

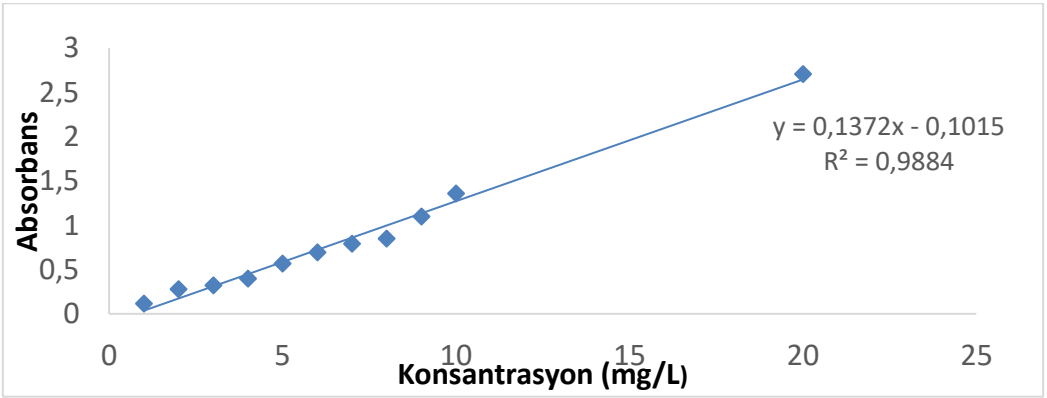
2.2. Direct Yellow 142 Boya Çözeltisinin Dalga Boyu Taraması Ve Kalibrasyonu

1000 mg/L'lik stok çözeltiden farklı konsantrasyonlarda boya çözeltileri hazırlanarak dalga boyu taraması yapılmıştır. Maksimum dalga boyu 400 nm olarak belirlenmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. DY142 boyar maddesinin dalga boyu taraması

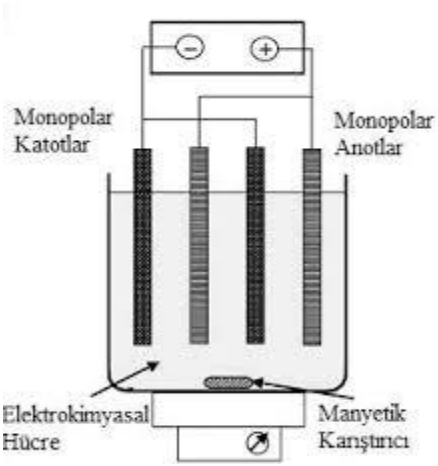
Seçilen dalga boyunda sulu çözeltilerin absorbans değerleri ölçülerek kalibrasyon eğrisi çizilmiştir Kalibrasyon eğrisinden eğim y = 0,137x-0,101 denklemi ve 0,99 R^2 değeri elde edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. DY142 boyar maddesinin kalibrasyon eğrisi

2.3. Boyar Maddenin Elektrokoagülasyon Prosesi İle Renk Giderimi

Bu çalışmada boya çözelti konsantrasyonu 20 mg/L belirlenmiş olup, yüzey yanıt yöntemi olarak Box-Behnken (BBT) tasarımı kullanılmıştır. Sonuçlar Design Expert programı ile analiz edilmiştir. Elektrokoagülasyon yöntemi için 3 seviye belirlenip bloklama olmadan tek tekrarlı 15 deney yapılmıştır. Deney çalışma aralıkları ve belirlenen parametreler (pH, akım,süre) program tarafından istatiksel model ile değerlendirilmiştir. Deney çalışma aralıkları pH (2-6-10), akım (0,1-0,3-0,5 A) ve süre (5-10-15 dk) şeklinde belirlenmiştir. Sulu boya çözeltileri 150 rpm hızında karıştırılmış ve filtre kağıtları ile süzülmüştür. Deneylerin gerçekleştiği elektrokoagülasyon reaktörü Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Elektrokoagülasyon düzeneğinin şematik gösterimi

2.6. Renk Giderim Hesapları

DY142 boyar maddesinin giderim verimleri Denklem 1'de gösterilmiştir.

$$Verim\ (\%) = \frac{C_{başlangıç} - C_{\ son}}{C_{başlangıç}} \times 100 \quad (1)$$

Burada:

$C_{başlangıç}$: Boyar maddenin başlangıç konsantrasyonu (mg/L)
C_{son}: Boyar maddenin elektrokoagülasyon sonrası konsantrasyonu (mg/L)

3. SONUÇ

3.1. BBT Deney Tasarımı ile EK Renk Giderimi

Direct Yellow 142 boyar maddesinin elektrokoagülasyon yöntemi ile renk gideriminden elde edilen verilerin istatiksel değerlendirmesi ve belirlenen parametrelerin etkilerinin araştırılması için bir yüzey yanıt yöntemi olan Box-Behnken tercih edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Elektrokoagülasyon Deney Sonuçları

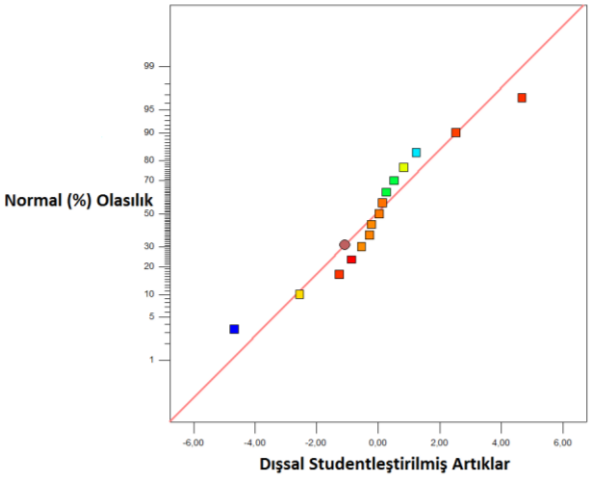
Deney No	pH	Akım (A)	Süre (dk)	Verim
1	2	0,1	10	76,78
2	10	0,1	10	92,15
3	2	0,5	10	81,93
4	10	0,5	10	94,015
5	2	0,3	5	71,315
6	10	0,3	5	91,935
7	2	0,3	15	81,79
8	10	0,3	15	94,125
9	6	0,1	5	88,615
10	6	0,5	5	93,76
11	6	0,1	15	90,075
12	6	0,5	15	95,22
13	6	0,3	10	92,41
14	6	0,3	10	92
15	6	0,3	10	92,6

Deneyler arasından en yüksek renk giderim verimi pH 6, akım 0,5 A ve sürenin 15 dk olduğu deney no 13'de gerçekleşmiştir. Sonuçların istatiksel olarak değerlendirildiği ANOVA tablosu Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. ANOVA tablosu

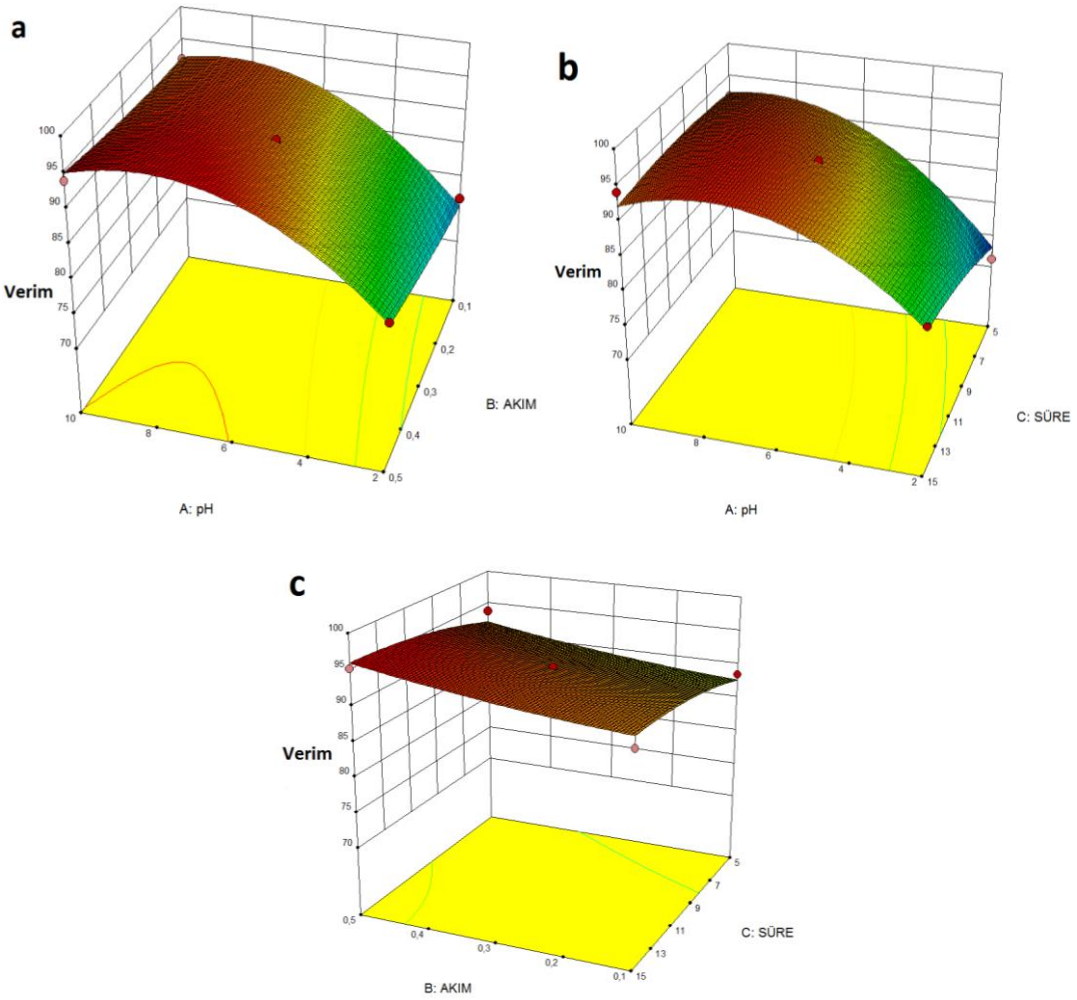
Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F-değeri	p-değeri	İstatiksel Anlamlılık
Model	710,44	9	78,94	22,97	0,0015	**anlamlı**
A (pH)	456,17	1	456,17	132,76	<0,0001	
B (akım)	37,43	1	37,43	10,89	0,0215	
C (süre)	30,36	1	30,36	8,84	0,0311	
AB	2,70	1	2,70	0,79	0,4162	
AC	17,16	1	17,16	4,99	0,0757	
BC	0,00	1	0,00	0,00	0,00	
A^2	161,92	1	161,92	47,12	0,00100	
B^2	0,94	1	0,94	0,27	0,6236	
C^2	3,15	1	8,83	0,95	0,3481	
Kalıntı	17,18	5	3,44			
Uyumsuzluk	16,99	3	5,66	60,24	0,0564	
Saf Hata	0,19	2	0,094			
Toplam	727,62	14				

Sonuçların hesaplanmasında Design Expert tarafından Tip-III kısmi kareler toplamı kullanılmıştır. Modelin p- değeri 0,05'ten küçük olduğu için anlamlılık ifade etmektedir. Bununla birlikte pH, akım ve sürenin de tek başına anlamlı olduğu görülmektedir. Elektrokoagülasyon ile renk giderimi için dışsal studentleştirilmiş artıkların normal (%) dağılım olasılık sonuçlarına göre karşılaştırması Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Elektrokoagülasyon prosesi ile renk giderimi için normal (%) olasılık grafiği

Şekil 3.1'de görüldüğü üzere dışsal studentleştirilmiş artıklar 45 derece açılı lineer çizgi etrafında rastgele ve çizgiye yakın şekilde dağılım göstererek normal dağılımı sağlamıştır. Akım, pH ve sürenin boyar maddenin renk giderimi üzerine etkilerinin ikili etkileşim grafikleri Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Elektrokoagülasyon ile renk giderimi ikili etkileşim grafikleri (a) pH-akım 3D yüzey, (b) pH-süre 3D yüzey, (c) akım-süre 3D yüzey

Şekil 3.2a pH ve akımın doğru orantıda artmasıyla renk giderimi %75'ten %95'e yükselmiştir. pH 2'de akımın artması renk giderimine etki etmezken, pH 6 ve pH 10'da akımın artması giderim verimini olumlu anlamda etkilemiştir. Şekil 3.2b'de ise sürenin ve pH değerinin artması renk giderimini olumlu etkilemiştir. pH 2'de süre artsa bile renk giderim verimi yükselmemiştir, ancak pH 6 ve pH 10 da sürenin artmasıyla birlikte renk giderimi ciddi şekilde artış göstermiştir. Şekil 3.2c'de görüldüğü üzere akım – süre ikili etkileşimlerinin renk giderim verimi üzerinde bir etkisi olmamıştır. Akım ve süre doğrusal olarak artsa bile verim değişimi çok az olmuştur. pH 6'dan daha düşük ve daha yüksek pH değerlerinde renk giderim verimi düşüş göstermiştir, çünkü alüminyum elektrotların oluşturduğu alüminyum iyonlar ortamın pH değerine bağlı olarak monomerik ve polimerik alüminyum hidroksit kompleks türleri oluşturmaktadır (Mollah vd., 2001). Düşük pH değerlerinde alüminyum Al^{3+} iyon formunda olmasından dolayı koagülasyon etkisiz şekilde gerçekleşmektedir. pH yükseldikçe $Al(OH)_3$ çözünürlüğü artarak atıksu arıtımında etkisi az olan $Al(OH)_4^-$ formuna dönüşmektedir(Zaied ve Bellakhal, 2009). Bu yüzden pH 4-6 aralığında sulu ortamda optimum yumaklaştırıcı konsantrasyonu bulunması ve pH değerinin alüminyumun düşük konsantrasyonda çözündüğü aralıkta olmasıyla birlikte renk giderimi en yüksek seviyede gerçekleşmiştir.

4.TARTIŞMA

DY142 boyar maddesinin elektrokoagülasyon yöntemi ile Box-Behnken deneysel tasarımı kullanarak arıtımı renk giderimi üzerinden gerçekleşmiştir. Arıtım sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- pH 6, akım 0,5 A ve sürenin 15 dakika olduğu parametrelerde renk giderimi %95 ile en yüksek giderim verimi elde edilmiştir.
- pH 2, akım 0,3 ve süre 5 dakikada %71 ile en düşük verimli deney olmuştur.

- R^2 ve R^2_{adj} sırasıyla 0,98 ve 0,94 değerleri, modelin anlamlı olduğunu göstermektedir.
- Yapılan deney tasarımı sonucunda renk giderimi verimine etki eden parametrelerin önem derecesine göre sıralaması pH, akım, süre şeklinde olduğu görülmüştür.

Prosese etki eden farklı parametreler (elektrolit dozu, elektrotlar arası mesafe, başlangıç boya konsantrasyonu) incelenerek renk giderimine etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

Banat, I. M., Nigam, P., Singh, D., Marchant, R. (1996), Microbial decolorization of textile-dye-containing effluents: A review, *Bioresource Technology*, *58*(3), 217–227.

Bhatia, D., Sharma, N. R., Singh, J., Kanwar, R. S. (2017), Biological methods for textile dye removal from wastewater: A review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, *47*(19), 1836–1876.

Chen, G. (2004), Electrochemical technologies in wastewater treatment, *Separation and Purification Technology*, *38*(1), 11–41.

Fu, Y., Viraraghavan, T. (2001),Fungal decolorization of dye wastewaters: A review, *Bioresource Technology*, *79*(3), 251–262.

Garg, D., Majumder, C. B., Kumar, S., Sarkar, B. (2019), Removal of Direct Blue-86 dye from aqueous solution using alginate encapsulated activated carbon (PnsAC-alginate) prepared from waste peanut shell, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *7*(5), 103365.

Hassaan, M. A., El Nemr, A., Madkour, F. F. (2017), Testing the advanced oxidation processes on the degradation of Direct Blue 86 dye in wastewater, *Egyptian Journal of Aquatic Research*, *43*(1), 11–19.

Irshad, S., Sultana, H., Usman, M., Saeed, M., Akram, N., Yusaf, A., Rehman, A. (2021), Solubilization of direct dyes in single and mixed surfactant system: A comparative study, *Journal of Molecular Liquids*, *321*, 114201.

Kusmierek, E. (2020), A CeO2 semiconductor as a photocatalytic and photoelectrocatalytic material for the remediation of pollutants in industrial wastewater: A review, *Catalysts*, *10*(12), 1–54.

Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R., Cocke, D. L. (2001), Electrocoagulation (EC)- science and applications, *Journal of Hazardous Materials*, *84*, 29–41.

Özkol, A. E. (1998), Çevre Muhasebesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *13*(1), 15–26.

Phalakornkule, C., Polgumhang, S., Tongdaung, W. (2009), Performance of an electrocoagulation process in treating direct dye: Batch and continuous upflow processes, *World Academy of Science*, Engineering and Technology, *57*, 277–282.

Rápó, E., Tonk, S. (2021), Factors Affecting Synthetic Dye Adsorption; Desorption Studies: A Review of Results from the Last Five Years (2017–2021), *Molecules*, *26*(5419).

Safa, Y., Bhatti, H. N. (2011), Kinetic and thermodynamic modeling for the removal of Direct Red-31 and Direct Orange-26 dyes from aqueous solutions by rice husk, *Desalination*, *272*(1–3), 313–322.

Veli, S., Arslan, A., Bingöl, D. (2016), Application of Response Surface Methodology to Electrocoagulation Treatment of Hospital Wastewater, *Clean - Soil, Air, Water*, *44*(11), 1516–1522.

Wawrzkiewicz, M., Polska-Adach, E., Wiśniewska, M., Fijałkowska, G., Goncharuk, O. (2019), Adsorptive removal of C.I. Direct Yellow 142 from textile baths using nanosized silica-titanium oxide, *European Physical Journal Plus*, *134*(3), 1–10.

Zaied, M., Bellakhal, N. (2009), Electrocoagulation treatment of black liquor from paper industry, *Journal of Hazardous Materials*, *163*(2–3), 995–1000.

Zodi, S., Merzouk, B., Potier, O., Lapicque, F., Leclerc, J. P. (2013), Direct red 81 dye removal by a continuous flow electrocoagulation/flotation reactor, *Separation and Purification Technology*, *108*, 215–222.

DÜŞÜK REYNOLDS SAYILI AKIŞLARDA SÜPERHİDROFOBİK KAPLAMA İLE SÜRÜKLEME KUVVETİNDEKİ DEĞİŞİM

Recep KARAASLAN
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Bölümü
kaslan4188@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5458-7714

Murat VONAL
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Bölümü
murat.vonal@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6960-9189

Hasan KARABAY
Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Bölümü
hasankarabay@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4556-6636

Özet
Günümüzde doğadan esinlenerek oluşturulmuş süperhidrofobik yüzeylerin hayatımıza katabileceği yenilikler üzerine çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bunlar arasında kirlenmeyen yüzeylerden, deniz araçlarındaki sürükleme kuvvetini azaltma noktasına kadar çok farklı Ar-Ge faaliyetleri mevcuttur. Bu bildiride süperhidrofobik kaplamanın sürükleme kuvvetine olan etkisi, bir numunenin sıvı içinde düşük Reynolds sayılı hareketinde yani viskoz kuvvetlerin dominant atalet kuvvetlerinin zayıf olduğu hal için deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla döndürülmüş NACA 0012 profilli bir numune süperhidrofobik boya ile kaplanmıştır. Kaplı numunenin gliserin dolu dikey bir havuz içerisinde gerçekleşen serbest düşüş hareketi gözlemlenmiştir. Bu gözlemler, numunenin serbest düşme hareketi esnasında alınan video kaydı üzerinden görüntü işleme tekniğiyle sayısallaştırılmıştır. Deneylerde Numunenin ağırlığı artırılarak farklı limit hızlar elde edilmiştir. Söz konusu hızlar 0.015 m/s -1.21 m/s aralığındadır. Bu hızlara karşılık gelen Re sayısı 0.5 ile 8 aralığında değişmiştir. Ayrıca süperhidrofobik deney numunesi yüzeyine hidrofilik şeritler oluşturularak, hibrit bir yüzey elde edilerek, bunun sürükleme katsayısına etkisi incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlarda süperhidrofobik yüzeylerin, sürükleme kuvvetini %15 oranında azalttığı görülmüştür. Hibrit yüzeylerin olduğu akışlarda ise, oluşturulan hidrofilik şeritlerin akışa dik doğrultuda olması sürükleme katsayısını olumsuz etkilemiş yani, sürükleme azaltma değeri düşmüştür. Sonuç olarak sürükleme kuvvetinin iyileştirilmesinin uygulamalar özelinde değerlendirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Süperhidrofobik yüzey, sürükleme azaltma, hibrit süperhidrofobik yüzey, katı-sıvı ara yüzeyi

CHANGE IN DRAG FORCE WITH SUPERHYDROPHOBIC COATING AT LOW REYNOLDS NUMBER FLOWS

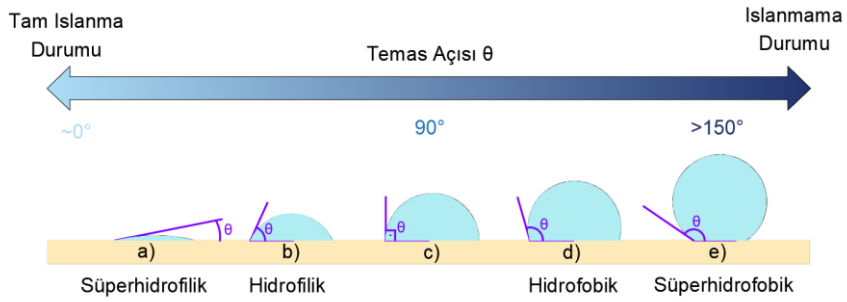
Abstract
Nowadays, there are many studies on the innovations that superhydrophobic surfaces inspired by nature can add to our lives. Among these, there are many different R&D activities from non-polluted surfaces to the point of reducing the drag force in marine vehicles. In this paper, the effect of the superhydrophobic coating on the drag force is experimentally investigated for low Reynolds number motion of a sample in liquid, that is, when the dominant inertia forces of the viscous forces are weak. For this purpose, a rotated NACA 0012 profile sample was coated with superhydrophobic paint. The free fall motion of the coated sample in a vertical pool filled with glycerine was observed. These observations were digitized by the image processing technique over the video recording taken during the free fall motion of the sample. In the experiments, different limit velocities were obtained by increasing the weight of the sample. Said velocities are in the range of 0.015 m/s -1.21 m/s. The Reynolds number corresponding to these velocities ranged from 0.5 to 8. In addition, a hybrid surface was obtained by forming hydrophilic strips on the surface of the superhydrophobic test sample, and its effect on the drag coefficient was investigated. In the experimental results obtained, it was observed that superhydrophobic surfaces reduce the drag force by 15%. In flows with hybrid surfaces, the fact that the

hydrophilic strips formed perpendicular to the flow affected the drag coefficient negatively, that is, the drag reduction value decreased. As a result, it was concluded that the improvement of the drag force should be evaluated in terms of applications.

Keywords: Superhydrophobic surfaces, drag reduction, hybrid superhydrophobic surfaces, solid-liquid interface

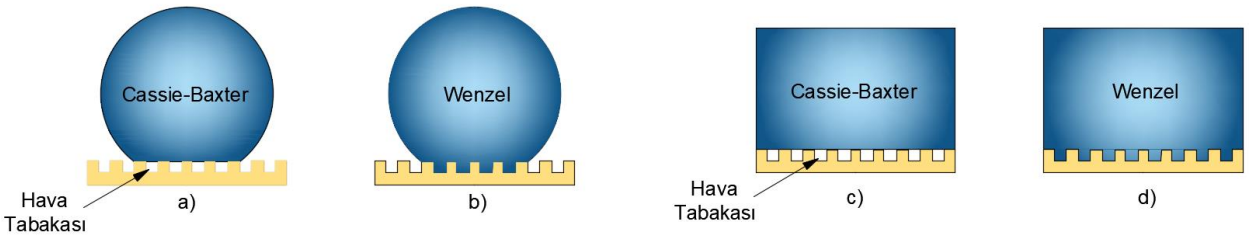
1. GİRİŞ

Islanmaz yüzey doğada sıklıkla karşımıza çıkan özelliktir. Doğadaki ıslanmaz yüzeye sahip canlılar düşünüldüğünde, su üstünde ya da içinde ıslanmadan yaşayan böcekler; ördek, kaz ve martı benzeri kuşlar; su samuru gibi memeliler, lahana, lotus çiçeği gibi bitki yaprakları ilk akla gelenlerdendir (Darmanin ve Guittard, 2015). Bu canlılar üzerinde su damlacıklarının küreleşmesi dikkat çekicidir. Bunlar arasında lotus çiçeğinin yaprağı birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur. Lotus yapraklarının devamlı temiz kalması veya yağmur suyu ile hemen temizlenmesi onu ilgi odağı haline getirmiştir. SEM (taramalı elektron mikroskobu) teknolojisinin de gelişimiyle nano seviyeye inilerek yaprakların dokusu gözlemlenmiştir. Gözlemler sonucu yaprağın yapısında nano parçacıklar ve mumsu tabaka görülmüştür (Barthlott ve Neinhuis, 1997). Bu yapıların sıklığı, boyutu ve yüzeyin enerji durumu sıvının yapışıp kalmasını veya en küçük eğimde yuvarlanıp gitmesini sağlamaktadır. Sıvının serbest yüzeyinin, katı yüzey ile yaptığı açı yüzeyin ıslanmazlığının bir ölçüsüdür (Thomas, 1805). Temas açısı adı verilen bu açı Şekil 21'de θ ile gösterilmiştir. Temas açısının değeri 0° ila 180 ° aralığında değişir. Temas açısı aralığında bazı kritik değerler vardır. Bu değerlere göre yüzeyin sınıflandırması yapılır. Temas açısı 90°den küçük olduğunda yüzey hidrofilik, bu değerden büyük olduğunda ise hidrofobik olarak sınıflandırılır. Ayrıca Şekil 1a'da görüldüğü gibi temas açısının 10°den daha az olduğu yüzey süperhidrofilik olarak tanımlanırken, Şekil 1e'deki gibi 150°nin üzerinde olması halinde ise süperhidrofobik yüzey olarak tanımlanır.



Şekil 21. Temas Açısı ve Yüzey Sınıflandırması

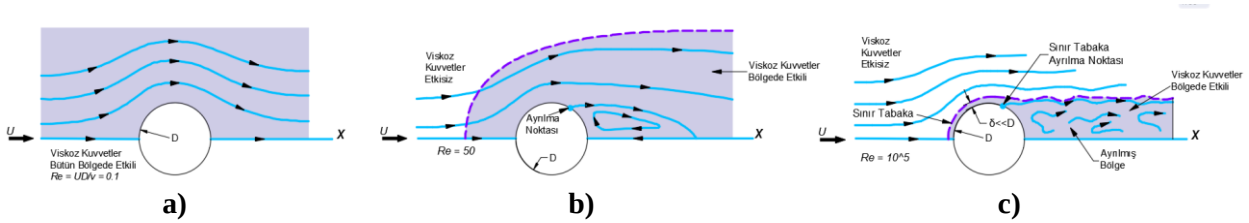
Bir yüzeyin süperhidrofobik olabilmesi için, düşük yüzey enerjisine sahip malzeme ve bu malzeme yüzeyinde mikro formlu yüzeyler üzerinde oluşturulmuş nano yapılar gereklidir. Yüzey enerjisinin tek başına düşürülmesi en fazla 120°lik bir temas açısı sağlarken, mikro formlu yüzeyler üzerinde oluşturulmuş nano yapılar temas açısının 150°nin üzerine çıkartılmasını sağlar (H. Yildirim Erbil ve ark., 2003). Yukarıda bahsi geçen mikro ve nano ölçekli yapı pürüzlülüğü arttırır. Hava ortamında yüzeye sıvı gönderildiğinde, düşük yüzey enerjisinden dolayı sıvı pürüzleri aşıp katı cidara ulaşamaz. Buna bağlı olarak sıvı ile katı arasında hava tabakası hapsolur. Hava tabakasının yüzey ile katı arasında kalması Şekil 22-a'da gösterilmiştir. Havanın hapsolmasıyla oluşan tabakaya plastron adı verilir. Plastron bölgesi hareket eden elemanın hızına veya ortam koşullarına göre bozulabilir (Husnu Yıldırım Erbil, 2020; Kibar, 2016). Bu yapının bozulması sonucu oluşan ıslanma durumu ise Şekil 22-b'de gösterilmiştir. Bu duruma Wenzel durum adı verilir (S. Wang ve Jiang, 2007). Süperhidrofobik yüzeylerin sıvı içerisine daldırılması durumunda oluşan hava tabası ise Şekil 22-c'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere normalde katı-sıvı temas hattına sahip olan durum, neredeyse sıvı-hava temas durumuna geçiş yapmıştır. Dalmış cismin yüzeyinin maruz kaldığı bozucu etkiler sonucu hava tabakası yüzeyden uzaklaşır ise Şekil 22-d'deki durum gerçekleşir.



Şekil 22. a) Cassie-Baxter Durum, b) Wenzel Durum, c) Dalmış Cisimde Cassie-Baxter Durum, d) Dalmış Cisimde Wenzel Durum

Sıvı-hava temas hattına sahip olup, akışkan içerisinde hareket eden cismin sürükleme kuvveti düşmektedir. Literatürde bu düşüşü maksimize etme amacıyla yapılan birçok çalışma mevcuttur (Rong ve ark.,2022; Sun ve ark., 2018; N. Wang ve ark., 2018). Bu çalışmalarda dalan ve yüzen cisim analizleri laminer ve türbülanslı akış koşullarında gerçekleştirilmiştir. Zhang ve ark.,(2015) bir model denizaltı üzerine süperhidrofobik kaplama yaparak sürükleme kuvvetini %15 düşürmüştür. Zhao ve ark., (2020) lazer ablasyon ile mikro yapı oluşturdukları bir levhayı ayrıca düşük yüzey enerjisine sahip bir boya ile kaplamışlardır. Dikey bir silindirik tankta çekme deneyleri sonucunda sürükleme azaltma oranı %29.7 olmuştur. Gose ve ark., (2020) süperhidrofobik yüzeylerin sürükleme kuvveti üzerindeki etkisini, bir Darpa Suboff Model Denizaltı üzerinde ve türbülanslı akış ($2x10^6 < Re < 10x10^6$) koşullarında incelemişlerdir. İnceleme sonucunda sürükleme azaltma oranı %8 ila %36 arasında değişmiştir. Cisme etkiyen sürükleme kuvvetinin iki bileşeni vardır. Bunlar yüzeye dik olarak etkiyen basınç kuvvetleri ve yüzeye teğetsel olarak etkiyen viskoz kuvvetlerdir. Şekil 3'te silindir yüzeyine akış koşullarına bağlı olarak etki eden kuvvetler gösterilmiştir. Görüldüğü üzere basınç ve viskoz kuvvetler cisim üzerinde etkilidir.

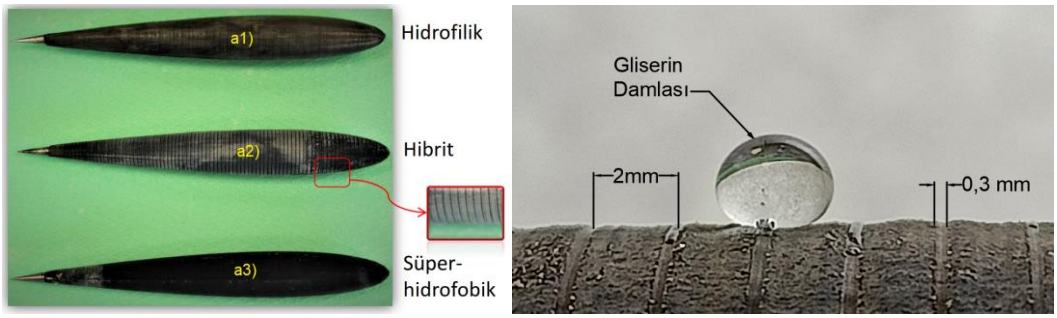
Bu çalışmada ise süperhidrofobik yüzeylerin viskoz direnç üzerindeki azaltıcı etkisi irdelenmek istenmektedir. Bu amaçla viskoz kuvvet/basınç kuvveti oranı yüksek olan NACA 0012 profilli döndürülmüş bir numune kullanılmıştır. Viskoz kuvvetlerin etkin olduğu bölge daima akış elemanının etrafında olması için düşük Reynolds sayıları gerekmektedir. Buna istinaden Reynolds sayılı 0,5 – 8 aralığında seçilmiştir. Viskoz kuvvetlerin baskın olduğu bu aralıkta, viskoz kuvvetlerin azalıp atalet kuvvetlerinin artmasıyla sürükleme kuvvetinde meydana gelen değişim gözlemlenmiştir.



Şekil 23. Bir Silindir Etrafındaki Zamandan Bağımsız, Viskoz Akış: a) düşük Reynolds Sayılı akış, b) Orta düzey Reynolds Sayılı akış, c) Yüksek Reynolds Sayılı Akış (Munson ve ark., 2009)

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada süperhidrofobik yüzeylerin sürükleme kuvveti üzerindeki etkisini deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde döndürülmüş NACA 0012 profilli numunenin serbest düşüş hareketi gözlemlenmiştir. Kullanılan numune yüzeyleri hidrofilik, süperhidrofobik ve hidrofilik şeritli süperhidrofobik (hibrit yüzey) olmak üzere üç farklı yapıdadır (Şekil 4a). Görüntü işleme yöntemiyle numune hızları belirlenip, numunelere etki eden kuvvetler hesaplanmıştır.

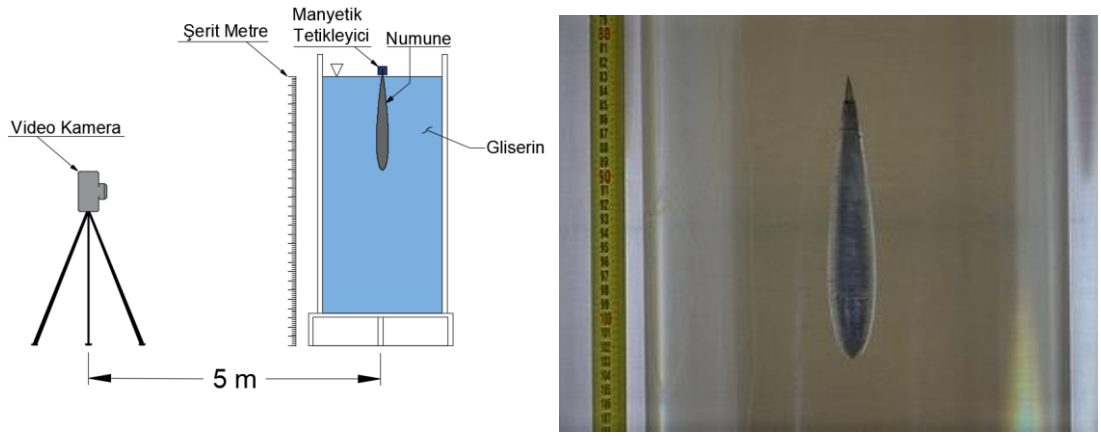


a) *b)*

Şekil 4. a) Numuneler ve Yüzey Yapıları, b) Hibrit Yüzey Yapısı

2.1. Deney Düzeneği

Şekil 4a'da çalışmada kurulan deney düzeneği gösterilmiştir. Düzeneğin ana elemanları şeffaf plexi glass, gliserin dolu silindirik havuz, bir kamera ve serbest düşen numunelerdir. Söz konusu şeffaf havuz, 2 metre yüksekliğinde ve 0,3 metre çapındadır**Şekil *24.*** a) Deney Düzeneği. Havuzun şeffaf olmasından faydalanılarak serbest düşüş hareketi video kamera ile kayıt altına alınmaktadır. Deneylerde Sony DSC-RX100M4 marka ve seri numaralı video kamera kullanılmıştır. Video kamera görüntü açısından kaynaklanan hataları gidermek amacıyla havuz merkezinden 5 metre uzağa konumlandırılmıştır. Aynı zamanda görüntüyü gerekli büyüklükte kaydetmek amacıyla optik yakınlaştırma kullanılmıştır. Optik yakınlaştırma değeri 70 mm'dir.



a) b)

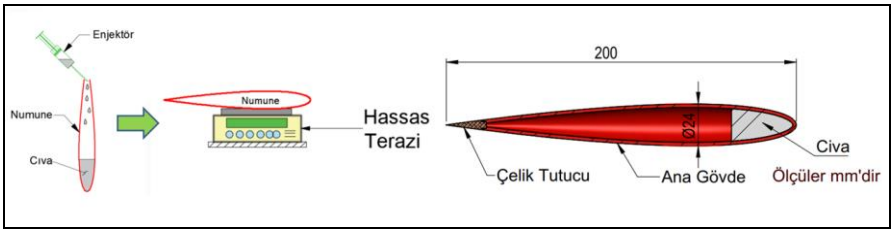
Şekil 24. a) Deney Düzeneği , b) Deney Esnasında Alınan Bir Görüntü

Görüntüleme hızı saniyede 25 karedir. Video kamera vasıtasıyla alınan görüntüler ücretsiz yazılım olan TRACKER programında görüntü işleme tekniği ile değerlendirilmiştir. Şekil 4b'de görülen havuz yanına yerleştirilmiş şerit metreden faydalanılarak numunenin hız-zaman bilgileri TRACKER programından elde edilmiştir. Deney düzeneğinde akışkan olarak gliserin seçilmiştir. Gliserinin seçim sebebi serbest düşüşte limit hıza daha kısa mesafede ulaşma ihtiyacıdır. Gliserin ve suya ait yoğunluk, dinamik viskozite ve yüzey gerilimi değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Su ile karşılaştırıldığında gliserinin yoğunluk ve yüzey gerilimleri birbirine yakındır. Ancak dinamik viskozitesi yaklaşık 1400 kat fazladır. Bu fark numunenin daha kısa bir mesafede limit hıza ulaşmasına sebep olur. Bu çalışmada numune yaklaşık 50 cm mesafe kat ettikten sonra limit hıza ulaşmıştır. Bu sayede 2 metrelik gliserin havuzu deneyleri gerçekleştirmek için yeterli olup daha yüksek bir havuza ihtiyaç kalmamıştır.

Tablo 8. Gliserin ve Su Özellikleri (20°C)

	Su	Gliserin
Yoğunluk (kg/m^3)	998.05	1260.8
Dinamik Viskozite (Ns/m^2)	0.0010049	1.4138
Yüzey Gerilimi (N/m)	0.07275	0.634

Havuzda serbest düşme hareketi yapan numune, NACA 0012 akım çizgili geometriye sahip bir tasarımdır. Numuneye ait geometrik özellikler Şekil 5b ‘de verilmiştir. Numune üç boyutlu yazıcı kullanılarak, ABS (akrilonitril bütadien stiren) malzemeden üretilmiştir. Numunenin arka kısmında çelik bir tutucu vardır. Bu çelik tutucu sökülebilir ve sızdırmaz olarak dizayn edilmiştir. Şekil 4-A’da görüldüğü üzere numunenin manyetik tetikleyici vasıtasıyla ilk hızsız olarak hareketine başlaması sağlanmıştır. Hız değişimleri numune ağırlığı arttırılarak sağlanmıştır. Ağırlık arttırma aralığı yaklaşık 2 gramdır. Bu 2 gramlık artış için Şekil 5a’da görüldüğü üzere, numune içerisine cıva enjekte edilmiştir. Her ağırlık arttırma işlemi sonrası numune hassas terazide tartılmıştır (Şekil 5a).



a) **b)**

Şekil 25. a) Cıva Enjektesi ve Numune Ağırlık Ölçümü , b) Deney Numunesi ve Ebatları

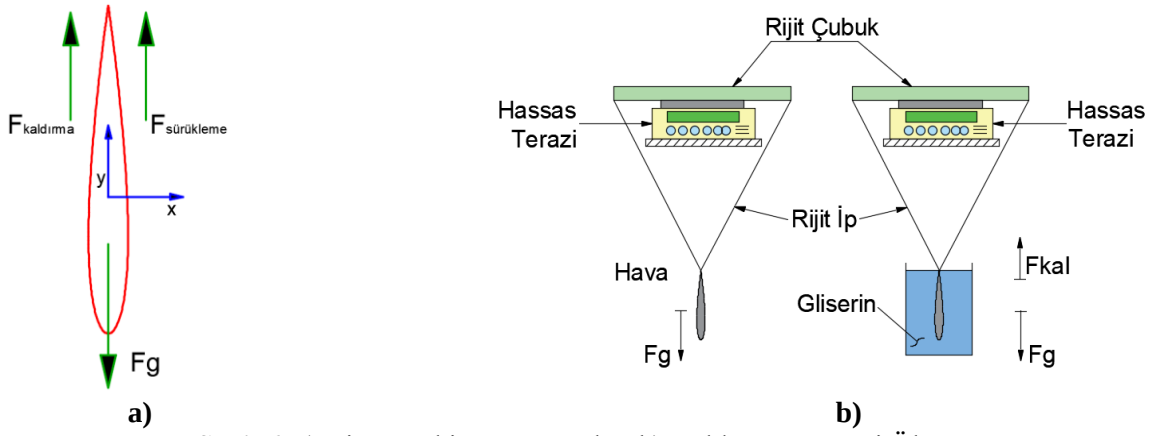
2.2 Süperhidrofobik Kaplama ve Hibrit Yüzey Yapısı

Çalışmamızda, süperhidrofobik yüzey elde etmek için iki katmandan oluşan ULTRA EVER DRY isimli ticari boya kullanılmıştır. Bu boyanın temas açısı 170°dir(Ultra dry ever, 2013). Boyama tekniği olarak püskürtme ile boyama yöntemi uygulanmıştır. Numune kuyruk kısmında bulunan çelik tapaya kaplama yapılmamıştır. Boya uygulanmayan bölge tüm yüzey alanının %1,7’sini oluşturmaktadır. Deneylerde kullanılan numuneler Şekil 4a’da görülmektedir. Şekil 4a1’de kaplama olmayan numune, Şekil 4a2’de hibrit yüzey yapıdaki numune ve Şekil 4a3’ te ise tamamen süperhidrofobik yapısına sahip numune verilmiştir. Hibrit yüzey yapısı Şekil 4b’de görüldüğü gibi, 0.3 mm genişliğinde hidrofilik şeritlerden ve 2 mm genişliğindeki süperhidrofobik şeritlerden meydana gelir. Bu hidrofilik şeritler torna tezgahında boyanın kaldırılmasıyla oluşturulmuştur. Bu yüzey üzerinde tutunan bir gliserin damlacığı şekil 4b’de görülmektedir.

2.3 Bir Cisme Etkiyen Kuvvetler ve Kaldırma Kuvveti Ölçümü

Deneylerde numune serbest düşüş esnasında limit hıza ulaşmaktadır. Limit hızda serbest düşüş hareketi yapan cisimlere etkiyen kuvvetler Şekil 6a’da verilmiştir. Cisim üzerine düşen kuvvetler sırasıyla: kaldırma kuvveti, yerçekimi kuvveti ve sürükleme kuvvetidir.

Kuvvetler için düşey eksen yönünde denge denklemleri yazılır (Denklem(1)). Bu denklemdeki kuvvet Newtonun 2. Yasasına göre Denklem (2) eşitliğine dönüştürülür. Deneylerde cisim limit hıza yani sabit hıza ulaştığından ivme ($\vec{a}$=0) sıfır değerini alacaktır. Cismin ağırlığı ölçülerek yerçekimi kuvveti (F_g) belirlenmiştir. Kaldırma kuvvetinin ölçüm basamakları ise Şekil 6b’de verilmiştir. Buna göre cismin öncelikle havada ağırlığı ölçülür. Ardından gliserin dolu bir kaba daldırılarak tekrar ağırlık ölçümü yapılır. İki ölçüm arasındaki fark kaldırma kuvvetini değerini vermektedir. Kaldırma kuvveti ve yerçekimi kuvveti değerlerine göre cisme etki eden sürükleme kuvvetleri de Denklem (2) üzerinden hesaplanmıştır.



Şekil 6. a) Cisme Etkiyen Kuvvetler, b) Kaldırma Kuvveti Ölçümü

$$\sum F_y = +F_{kal} + F_{sürükleme} - F_g \tag{1}$$

$$\sum F_y = +F_{kal} + F_{sürükleme} - F_g = m\vec{a} \tag{2}$$

Görüntü işleme programıyla limit hıza ulaşan numunelerin hızları belirlenmiştir. Ölçülerden hızlardan Reynolds Sayısı Denklem (3)' ten hesaplanmıştır. Denklemde ρ, gliserinin yoğunluğu ve μ, dinamik viskozite olup sıcaklığa göre belirlenmiştir (Volk ve Kähler, 2018). Karakteristik uzunluk L ile gösterilip cismin en büyük çapı olan 24 mm'ye eşittir.

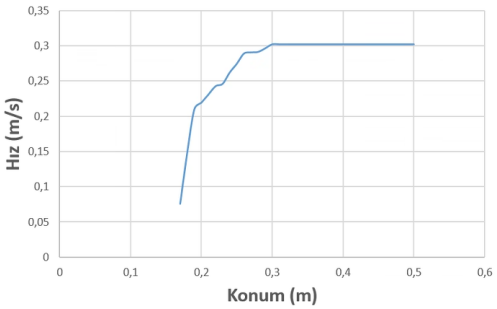
$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \tag{3}$$

Denklem (2)' den elde edilen sürükleme kuvveti Denklem (4)' te F_d değerini belirtmektedir. Bu denklemde yer alan ρ yoğunluk bilgisini, C_d sürükleme katsayısını, A karakteristik alanı, V cismin limit hızını belirtir. Karakteristik alan cismin akış yönüne dik olan en büyük kesit alanıdır.

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2}\rho A V^2} \tag{4}$$

3. SONUÇ

Deneylerde serbest düşme hareketi gözlemlenen numune limit hıza ulaşmıştır. Limit hıza ulaşılan bir örnek Şekil 7'de gösterilmiştir. Buna göre cisim başlangıç noktasından 30 cm uzaklıkta limit hıza ulaşmıştır.

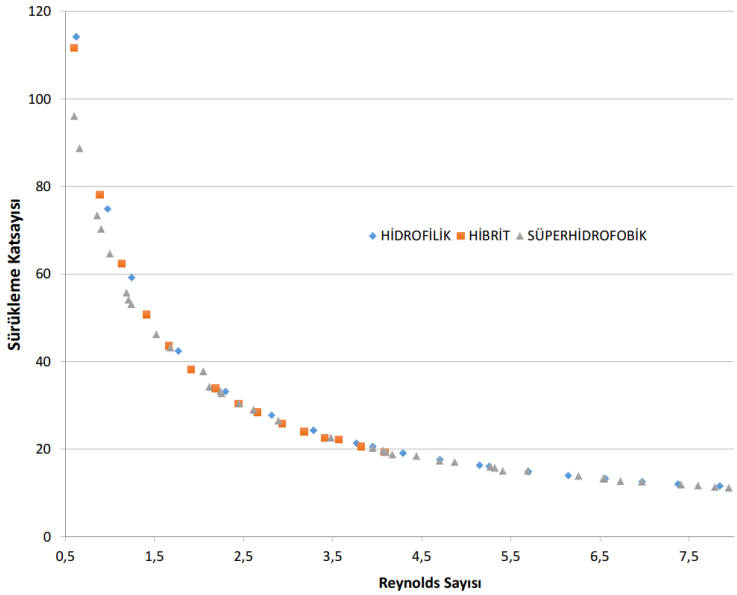


Şekil 7. Limit Hız- Konum Grafiği

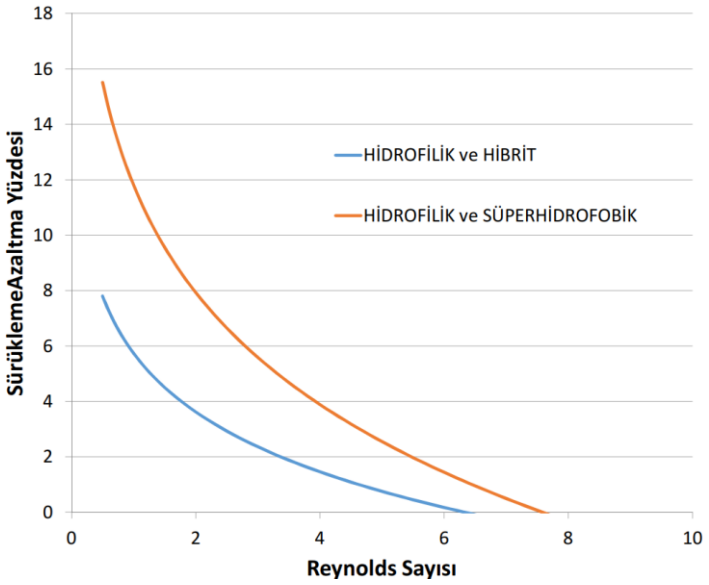
Ayrıca deney sonuçlarından elde edilen sürükleme katsayısı-Reynolds sayısı grafiği Şekil 8' de gösterilmiştir. Buna göre Reynolds sayısının artışı, Süperhidrofobik yapıdaki elemanın (Şekil 4-a3) sürükleme kuvvetlerini hidrofilik eleman seviyelerine yaklaştırmıştır. Yani hareket hızı arttıkça numune yüzeyindeki plastron bozulmuştur. Buna sebep olarak, atalet kuvvetlerinin artışı gösterilebilir. Hibrit yapıdaki eleman ise sürükleme kuvvetini, hidrofilik numune (kaplanmamış numune) seviyesine

yaklaştırmıştır. Yani sürükleme kuvvetine pozitif katkısı yok denecek kadar azdır. Üç tip numunenin değerlendirildiği deneylerde, kaplama yapılmayan numuneye (hidrofilik numune) göre ayrıca bir kıyaslama yapılmıştır. Bu kıyaslama için Denklem (5) kullanılmıştır. Şekil 9' da görüldüğü üzere tam kaplanmış süperhidrofobik numune, kaplamasıza göre 0,6 Reynolds sayılarında en fazla %15 sürükleme azaltması sağlamıştır. Aynı hızlarda hibrit yapılı numune %7 iyileştirme yapabilmiştir. Bunun sebebi olarak akışa dik yerleştirilmiş hidrofilik yapıların, süperhidrofobik bir yüzeyin sürükleme azaltmasında olumsuz etki göstermesidir (X. Wang ve ark., 2021). Sonuç olarak Şekil 9'da Reynolds sayısı arttıkça sürükleme azaltma yüzdesinde de düşüş görülmektedir.

$$Sürükleme\ Azaltma\ Yüzdesi = \frac{C_{d_{Hidrofilik}} - C_{d_{Süperhidrofobik}}}{C_{d_{Hidrofilik}}} x100 \qquad (5)$$



Şekil 8. Çeşitli Reynolds Sayılarında Elde Edilen Sürükleme Katsayılarına Ait Grafik



Şekil 9. Reynolds Sayısına Göre Sürükleme Azaltma Yüzdesi

4. TARTIŞMA

Farklı Reynolds hızlar ve viskoz kuvvetlerin baskın olduğu bir akış senaryosu deneyimlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda süperhidrofobik yapıların düşük Reynolds sayılarında sürüklemeyi azalttığı görülmüştür. Reynolds sayısının artışıyla; yüzeyin Cassie-Baxter durumdan, basınç etkisiyle Wenzel duruma dönüştüğü de söylenebilir. Ayrıca hibrit yapıdaki numune, akışa dik oluşturulan hidrofilik şeritlerin, sürükleme azaltmada yeterli iyileştirme yapamadığını göstermiştir. Bu bilgiler ışığında süperhidrofobik kaplama ile sürükleme azaltma işlemi duruma özel sonuçlar doğurmaktadır. Farklı Reynolds sayılarında, farklı bünyelerde ve farklı çalışma koşullarındaki etkilerinin gözlem ile belirlenebileceği kanısına varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmada deney düzeneği, Yükseköğretim Kurumlarının sağladığı, Bilimsel Araştırma Projeleri Desteği ile kurulmuştur. Bu destek için Yükseköğretim Kurumlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

BARTHLOTT, W. VE NEİNHUİS, C. (1997). Purity of the sacred lotus , or escape from contamination in biological surfaces, (202), 1–8.

DARMANİN, T. VE GUİTTARD, F. (2015). Superhydrophobic and superoleophobic properties in nature. *Materials Today*, *18*(5), 273–285.

ERBİL, H. YİLDİRİM, DEMİREL, A. L., AVCİ, Y. VE MERT, O. (2003). Transformation of a simple plastic into a superhydrophobic surface. *Science*, *299*(5611), 1377–1380.

ERBİL, HUSNU YILDIRIM. (2020). Industrial applications of superhydrophobic coatings: Challenges and prospects. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, *48*(5), 447–457.

GOSE, J. W., GOLOVİN, K., BOBAN, M., TOBELMANN, B., CALLİSON, E., BARROS, J., … CECCİO, S. L. (2020). Turbulent Skin Friction Reduction through the Application of Superhydrophobic Coatings to a Towed Submerged SUBOFF Body. *Journal of Ship Research*, *00*(0), 1–9.

KİBAR, A. (2016). An investigation of droplet bubble and liquid jet dynamics on superhydrophobic and hydrophobic surfaces. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, *22*(7), 613–619.

MUNSON, B. R., YOUNG, D. F., OKİİSHİ, T. H. VE HUEBSCH, W. W. (2009). *Fundamentals of Fluid Mechanics 6th edititon*. *Fundamental of Fluids Mechanics*.

RONG, W., ZHANG, H., MAO, Z., CHEN, L. VE LİU, X. (2022). Improved Stable Drag Reduction of Controllable Laser-Patterned Superwetting Surfaces Containing Bioinspired Micro/Nanostructured Arrays. *ACS Omega*, *7*(2), 2049–2063.

SUN, K., YANG, H., XUE, W., CAO, M., ADEYEMİ, K. VE CAO, Y. (2018). Tunable Bubble Assembling on a Hybrid Superhydrophobic-Superhydrophilic Surface Fabricated by Selective Laser Texturing. *Langmuir*, *34*(44), 13203–13209.

THOMAS, Y. (1805). An Essay on the Cohesion of Fluids Author(s): Thomas Young Source: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 95 (1805), pp. 65-87 Published by: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *95*(May), 65–87.

ULTRA DRY EVER. (2013). Ultra Ever Dry ®. *Ultra Ever Dry*. https://epages2.euro-web.net/WebRoot/Store/Shops/28080999/MediaGallery/ultraeverdry/presse/Produkteblatt_Ultra_Ever_Dry_Deutschland.pdf Volk, A. ve Kähler, C. J. (2018). Density model for aqueous glycerol solutions. *Experiments in Fluids*, *59*(5), 1–4.

WANG, N., TANG, L., CAİ, Y., TONG, W. VE XİONG, D. (2018). Scalable superhydrophobic coating with controllable wettability and investigations of its drag reduction. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *555*(June), 290–295.

WANG, S. VE JİANG, L. (2007). Definition of superhydrophobic states. *Advanced Materials*, *19*(21), 3423–3424. doi:10.1002/adma.200700934

WANG, X., BAO, L., YANG, W., ZHANG, J., QU, M., HU, H., … LİU, W. (2021). Instantaneous drag increase on alternate transverse superhydrophobic strips. *Tribology International*, *153*(June 2020), 106613.

ZHAO, X., XUE, Y., YANG, H., XUE, W., Lİ, F., HE, A. VE CAO, Y. (2020). Drag reduction effect of ultraviolet laser-fabricated superhydrophobic surface. *Surface Engineering*, *36*(12), 1307–1314.

TERSİNE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMIYLA TARIM MAKİNE PARÇASININ ÖZELLİK TABANLI REKONSTRÜKSİYON STRATEJİSİYLE ÜÇ BOYUTLU MODELLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Celalettin Mert
Afyon Kocatepe Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
mertcelalettin@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-0071-3206

Özgür Verim
Afyon Kocatepe Üniversitesi / Teknoloji Fakültesi / Makine Mühendisliği
ozgurverim@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1575-2630

Özet
Tersine mühendislik, belirli bir kısmı hasar görmüş veya bozulmuş nesnelerin üç boyutlu (3B) katı veya yüzey modellerinin oluşturulması, mevcut 3B katı veya yüzey modeli olmayan nesnelerin üzerinde revizyonlar gerçekleştirip yeniden üretilmesi ve seri üretimi yapılacak parçalar için kalıpların oluşturulması gibi alanlarda kullanılan bir süreçtir. Bu yaklaşım neredeyse endüstrinin bütün alanlarında kendisine kullanım alanı bulmaktadır. Biz bu çalışmamızda biçerdöver makinelerinde kullanılan birinci batör yatağının tersine mühendislik yaklaşımı çerçevesinde özellik tabanlı rekonstrüksiyon stratejisine göre 3B katı modelini gerçekleştirdik. Makine parçasının 3B sayısallaştırma prosesi NextEngine 3B lazer tarayıcı (NextEngine, Inc.) ile gerçekleştirilmiştir. Parçanın nokta bulutu ve mesh yapısı tersine mühendislik yazılımı olan Geomagic X Design programına aktarılarak katı modeli oluşturulmuş ve mevcut mesh yapısı ile katı modeli arasında sapma analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca parçanın prototipi 3B yazıcı ile oluşturulmuş ve gerçek parça, katı model ve prototip arasında boyutsal farklılıklar karşılaştırılmıştır. Bu farklılıklar literatürde yapılan benzer çalışmalar ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tersine Mühendislik, 3B Lazer Tarama, Tarım Makineleri, Özellik Tabanlı Rekonstrüksiyon

THREE-DIMENSIONAL MODELING AND EVALUATION OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS WITH A FEATURE-BASED RECONSTRUCTION STRATEGY WITH A REVERSE ENGINEERING APPROACH

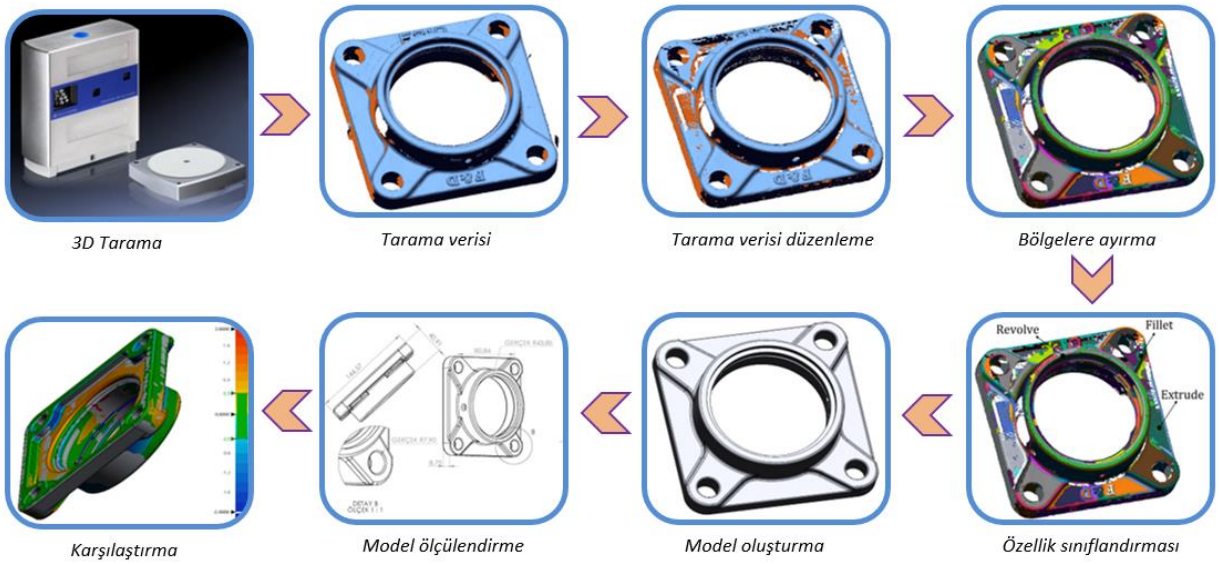
Abstract
Reverse engineering is a process used in areas such as creating three dimensional (3D) solid or surface models of partially damaged or deteriorated objects, performing revisions and remanufacturing on existing 3D solid or surface models, and creating molds for mass produced parts. This approach finds use in almost all areas of the industry. In this study, we have realized the 3D solid model of the first drum bearing used in combine harvester machines according to the feature-based reconstruction strategy within the framework of reverse engineering approach. The 3D digitization process of the machine part was performed with the NextEngine 3D laser scanner (Next Engine, Inc.). The point cloud and mesh structure of the part were transferred to the Geomagic Design X program, which is a reverse engineering software, and the solid model was created and the deviation analysis between the existing mesh structure and the solid model was performed. In addition, the prototype of the part was created with a 3D printer and the dimensional differences between the real part, solid model and prototype were compared. These differences were evaluated with similar studies in the literature.

Keywords: Reverse Engineering, 3D Laser Scanning, Agricultural Machinery, Feature-Based Reconstruction

1. GİRİŞ
Geri mühendislik olarak da adlandırılan tersine mühendislik aslında bir bilginin veya nesnenin mevcut durumları gözetilerek geliştirme, birebir tasarlama, analiz etmek, vb. durumlar için verilen emeğin geçtiği süreçtir (Şahin, 2017). Tersine mühendislik mevcut bir sistemin veya nesnenin yardımcı elemanlar kullanılarak yeniden tasarlanmasıdır. Burada amaç bir parçanın bilgisayar ortamında 3d

tasarımı yok iken bu tasarımı oluşturmaktır. Yeniden tasarlanması sonrasında geometrik modelin oluşturularak analizleri yapılabilir, 3D model üzerinden parça geliştirilebilir, prototip parça oluşturarak değerlendirme yapmak gibi istenilen sonuca ulaşılabilir (Işık, 2021). Bizim tersine mühendislik ile tarayacağımız parça bir rulman yatağıdır. Rulman yatağı rulmanın parça üzerine sabitlenmesini sağlayan bir parçadır (Arslan, 2013).

Rulman yatağını tarayacağımız cihaz NextEngine Marka bir 3D tarayıcıdır. 3D tarayıcı katı bir cismin kamera ve yansıma sensörleri yardımı ile bilgisayar ortamına aktarılması işlemine denir. Tarama işlemi birkaç defa yapılıp yapılan taramalar birleştirildikten sonra yaptığımız taramayı modelleyeceğiz. Modelleme tarama işlemi yapıldıktan sonra cismin katı model oluşturulması işlemidir (Önçağ, 2018). Modelleme işlemi için Geomagic Desing X programını kullanacağız. Geomagic Desing X programı 3D tarama verilerini katı modellemeye yarayan bir programdır (3dendustri).



Şekil 18. Genel Tersine Mühendislik Modelleme Süreci

Genel olarak bu çalışmada basit kumpas yardımı ile 3 boyutlu model çıkartabileceğimiz bir parçayı 3d tarama cihazı ile tarayacağız. Taradığımız parçayı kumpas ile ölçüp tersine mühendislik aracı olarak kullandığımız 3d tarayıcının ne ölçüde sapma ile veri işlediğini karşılaştıracağız. Yapacağımız Bu işlem Şekil 1 de modelleme süreci şeklinde gösterilmiştir.

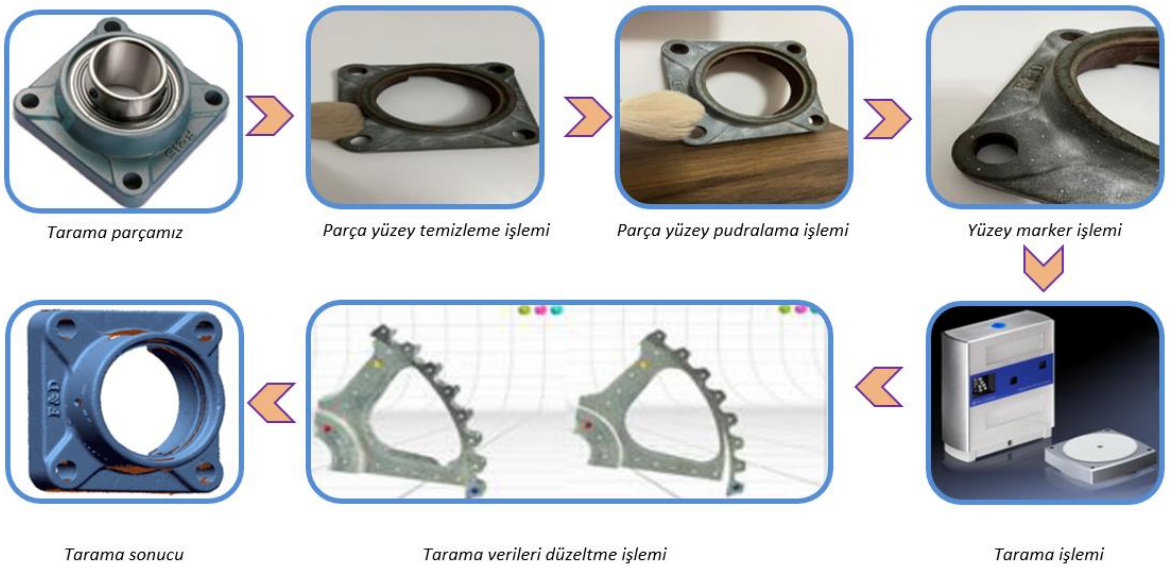
Bir biçerdöver özerinde kullanılan rulman yatağı seçerek değerlendirme yapacağız. Rulman yatağının kumpas yardımı ile 3 boyutlu modellemesini yapabileceğimiz bir basit parça olduğu için seçtik. Burada öncelikle rulman yatağını taramasını yapıp ilgili programlar ile katı modeli oluşturarak çıkan boyutlarını değerlendireceğiz. Değerlendirme sonucunda basit yöntemlerle modellemesi yapılmayacak bir parçanın ortalama ne kadar hata payı olduğu elde etmiş olacağız. Elde ettiğimiz verileri yorumlayarak yapılan işlemin hassasiyetini değerlendireceğiz.

2. MATERYAL VE METOD

Şekil 2 de gördüğümüz parçayı Şekil 1 modelleme süreci şemasında verilen sıralama ile 3D modellemesini yapıp değerlendireceğiz. İlk olarak parçamızın temizliğini yapıyoruz. Daha sonra parçamızın yüzeyine noktalama işlemi yapıyoruz. Noktalama işlemi bizim birden fazla yapacağımız taramayı birleştirme işlemine yarayacaktır. Sonrasında parçamızın yüzeyinde yansımayı azaltmak için pudralama işlemi yapacağız. Pudralama işlemi parçamızın tarama esnasında parlamasını engelleyecek ve daha sağlıklı bir tarama yapmamızı sağlayacak.

2.1 3D Tarama

Parçamız taramaya hazır olduğunda 3D tarayıcıya parçamızı yerleştiriyoruz. Sonrasında parçamızı 360 derece her noktasından görüntü alıp birleştirebileceğimiz şekilde parçamızı tarıyoruz.

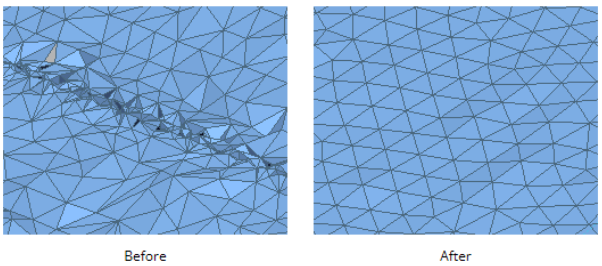


Şekil 2. Tarama hazırlama ve tarama süreci

3D tarayıcının tarama işlemleri bittiğinde parçamızı noktaladığımız yerleri referans alarak birden fazla taramayı birleştiriyoruz ve tarama işlemini sonlandırıyoruz. Tarama işlemi bittikten sonra tarama modelleme ile devam edeceğiz.

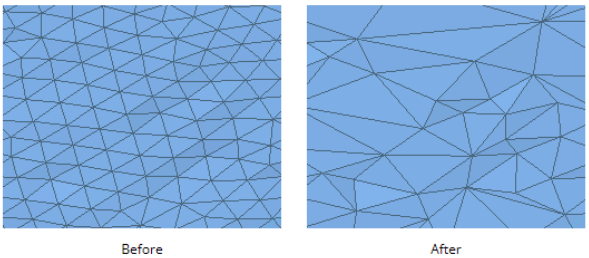
2.1 Tarama düzenleme işlemi

Taranan parçayı Geomagic Desing X programına aktarıyoruz. Program ile parçamızı Şekil 3'te gösterildiği şekilde adım adım işliyoruz. İlk olarak parçamızı Şekil 3'te Global Remesh işlemi yaparak yüzeydeki hatalı meshleri düzeltme işlemi yapıyoruz.



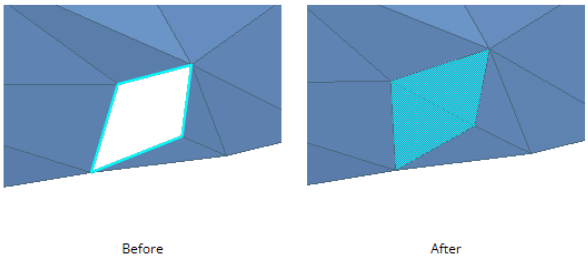
Şekil *3.* Global Remesh görüntüsü

Sonrasında parçamızı Şekil 4'te gösterildiği üzere mesh seyreltme işlemi yapacağız. Bu seyreltme işlemi mesh sayısının çok olduğu parçalar üzerinde uygulanarak, gereksiz meshlerin makineyi ve parçayı olumsuz etkilemesinin önüne geçilmiş olunur.



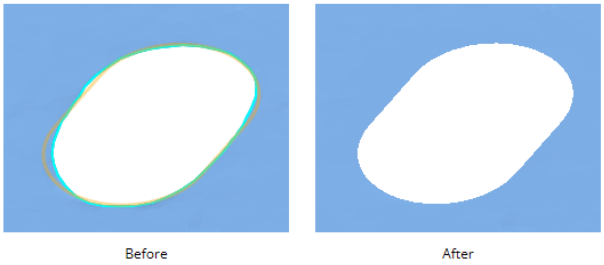
Şekil 4. Mesh seyreltme

Mesh seyreltme işleminden sonra delik düzeltme ve yapı eksiklerini tamamlamak için boşlukların doldurulması komutunu kullanarak Şekil 5'te gösterildiği gibi doldurma ve düzeltme işlemi gerçekleştiriyoruz.



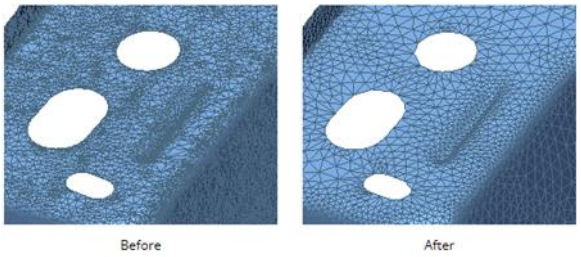
Şekil 5. Delik düzeltme ve doldurma işlemi

Daha sonra şekil 6'da gösterildiği gibi sınırları düzenleme yaparak modelimizin sınırlarını tam olarak belirliyoruz.



Şekil 6. Sınırları düzenleme

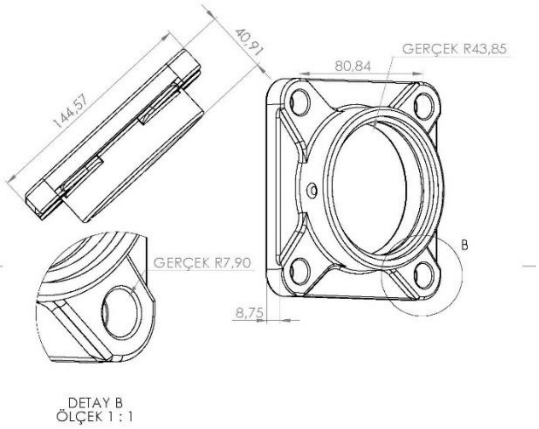
Son olarak Şekil 7'de görüldüğü üzere optimize mesh komutu ile ağ yapısını optimize ediyoruz. Bu işlemler bittikten sonra Otomatik segmentlere (bölgelere) ayırıyoruz. Bölgelere ayırdığımızda parçamız otomatik olarak birbiri ile benzer yüzeyler aynı renkte, benzer olmayan yüzeyler farklı renkte gösterilmektedir. Otomatik bölgelere ayrılan parçamızı yeniden bölgelere ayırma komutu ile aynı düzlemdeki yüzeyleri birleştirme yapıyoruz. Bölgelere ayırma işleminden sonra parçamızı modellemeye başlayacağız.



Şekil 7. Optimize mesh

2.3. Modelleme

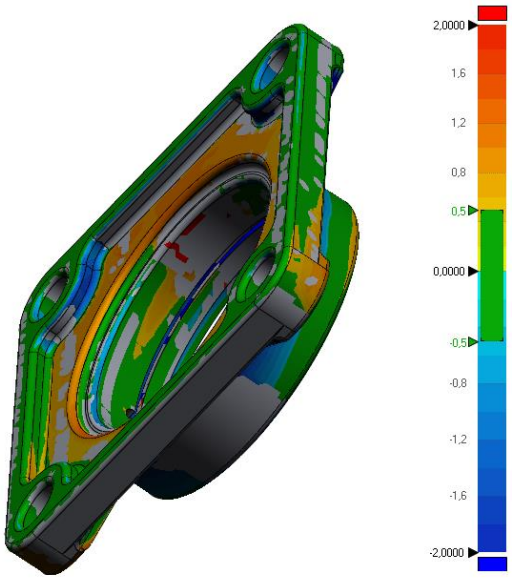
Parçamızı modellemeye alt yüzeyden (parçanın geniş yüzeyi) başlayarak yukarı doğru katı oluşturma ve kesme işlemleri ile modelledik. Modelleme işlemini parçadan ölçü yardımı almadan yaptık. Bunun amacı parçamızdan ölçü almadan yaptığımız modelleme parçamızın gerçek boyutları ile nasıl bir sapma olacağını görmek istememizdi. Modelleme işlemi bittikten sonra mevcut solidworks programına sahip olduğumuz için ölçülendirme teknik resim çıkartma işlemini solidworks programını kullanarak ½ oranda yaptık. Şekil 8'de görüldüğü üzere solidworks programı ile parçamızın bazı yerlerini ölçülendirme işlemi yaptık.



Şekil 8. SolidWorks teknik resim ölçülendirme

3. SONUÇ

Şekil 9'da parçamızın modellenme aşamasında hata değerini gösterdik. Görüldüğü üzere parçamızda 1-2 mm modelleme ve tarama arasında veri oynamaları mevcuttur. Burada tarama cihazının hassasiyeti ve hata payı ile modelleme sırasında oluşan hata payı birleştiğinde modellenmiş parçamız ile taranan parçamız arasında bir ölçü farkı oluşmuştur. Bu farkı daha iyi anlaşılabilmesi için Tablo 1 de veriler ile belirterek daha anlamlı hale getirdik.



Şekil 9. Mesh model ve katı model arasındaki sapma analizi

Sapma analizi incelendiği zaman mesh model ile katı model arasındaki veri farklılıklarının +2 ve -2 arasında olduğu görülmektedir. Yeşil bölgelerin model üzerinde yayılım alanlarının fazla olması istenilen bir durum olması nedeniyle çalışmanın ne denli doğru sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir.

Tablo 1. Parça üzerinden alınan veriler ve modellenen verilerin karşılaştırılması

Ölçülendirilen bölgeler	Model üzerinden alınan veriler	Parça üzerinden alınan veriler	% Sapma değeri
Toplam parça genişliği	144,57 mm	142 mm	% 1,81
Rulman yatağı yarı çapı	43,85 mm	42 mm	% 4,41
Cıvata delikleri çapı	7,90 mm	8 mm	% 0,13
Parça Kalınlığı	40,91 mm	42 mm	% 2,67
Parça delik kalınlığı	8,75 mm	9 mm	% 2,86

4. TARTIŞMA

Elde ettiğimiz sonuçlara göre modelleme aşamasında parçamızın %2 ile %4 arasında bir hata toleransı olmuştur. Bu hata tarama cihazının hassasiyeti, taramadan sonra modelleme hazırlama işleminde yapılan modelleme programının davranışları, modellemeyi yapan kişinin modelleme alışkanlıkları vs. etikler birleştikçe artacaktır. Aslında burada modelleme yaparken parçamız üzerinde ölçü aletler yardımıyla ölçü alarak modelleme işlemi gerçekleştirebilirdik. Ancak bu şekilde modelleme yaptığımızda karşılaştıracağımız veri doğru olmazdı ve makalemizin amacı dışına çıkmış olurduk. Bu çalışmadaki asıl amaç elimizde ölçü olmadan yaptığımız doğrular ve hataların ne denli küçük veya büyük olduğunu görmektir.

KAYNAKLAR

Şahin, İ., Şahin, T., & Gökçe, H. (2017). Hasarlı Dişlilerin Tersine Mühendislik Yaklaşımıyla Yeniden Oluşturulması. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2), 485-495.

Işık, E. & Çelik, İ. (2021). Tersine Mühendislik Çalışmalarında Solidworks Scan To 3d Modülü Kullanarak Tarama Datasından Katı Model Oluşturulması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi , 9(2) , 606-615.

Arslan, H. , Aslan, E. & Aktürk, N. (2013). BİLYALI RULMAN HASARLARININ TİTREŞİM ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ . Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , 21 (3)

Önçağ, A. Ç. , Tekcan, Ç. & Özden, H. (2018). Mekanik parçaların tersine mühendislik ile modellenmesinin değerlendirilmesi ve bir uygulama . Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi , 24 (1) , 43-49

Verim, Ö., & YUMURTACI, M. (2020). Application of reverse engineering approach on a damaged mechanical part. International Advanced Researches and Engineering Journal, 4(1), 21-28.

İnternet kaynakları

(3dendustri) http://www.3dendustri.com/ (2018)

(Yatak resmi) https://www.atalayendustriyel.com/ (2012)

(Next Engine) www.nextengine.com (spring, 2007)

(TÜBİTAK) https://www..ume.tubitak.gov.tr (2020)

DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI İLE GÖMÜLÜ SİSTEMLER İÇİN GERÇEK ZAMANLI ARAÇ SAYIM VE TAKİP SİSTEMİ

Abdulrezzak DURAN, Fevzi DERELİ, Ayhan KÜÇÜKMANİSA, Ramazan DUVAR, Oğuzhan URHAN

Özet

Günümüzde gelişen görüntüleme teknolojileri sayesinde devletlerin güvenlik ve denetleme amaçlarıyla kullandıkları görüntüleme sistemleri ile sivillerin kaydettiği video içerikler artmıştır. Bunun bir sonucu olarak da oluşturulan büyük ölçekteki verinin otomatik şekilde işlenmesi gereksinimi nedeniyle nesne tespiti algoritmalarına olan ilgi ve bu konuda yapılan araştırmalar buna paralel şekilde artmıştır. Bu çalışmada araç ve yaya sınıflandırma amacıyla derin öğrenme temelli nesne tespit yaklaşımlarından olan YOLOv4, YOLOv5 ve EfficientDet yöntemleri kullanılmış ve bu nesne tespit yaklaşımlarının performansları kıyaslanarak probleme en uygun yaklaşımın tespit edilmesi amaçlanmıştır. Böylece en uygun yöntem seçilerek araç trafiğine açık rotalarda denetleme amaçlı görüntüleme sistemleri, anlık veya belirli bir zaman diliminde yoldan geçen farklı tiplerdeki araç ve yaya sayısının tespitini ve takibini yapabileceklerdir. Bu çalışma kapsamında son olarak önceden test edilen ve karşılaştırılan tespit yöntemleri ve sayım algoritması düşük maliyetli işlem birimleriyle gerçek zamanlı olarak çalıştırılmış ve performansları incelenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar bu tip sistemlerin kara yollarında, şehir içi yollarda ve otoparklarda kullanıma uygun olan sistem gömülü sistemler üzerinde gerçek zamanlı çalışabilecek performansta ve başarımda olduğunu göstermiştir. Karşılaştırma sonucunda F1 skoru açısından en başarılı yöntem YOLOv5, çalışma hızı olarak en başarılı yöntem YOLOv4 bulunmuştur.

Abstract

Thanks to the developing imaging technologies, the imaging systems used by the governments for security and surveillance purposes and the video contents captured by civilians have increased. As a result of this, due to the need for automatic processing of large-scale generated data, the interest in object detection algorithms and researches on this subject have increased. In this work, YOLOv4, YOLOv5 and EfficientDet methods which are deep learning based object detection approaches are used for vehicle and pedestrian classification. In this study, it is aimed to determine the most appropriate method to the problem by comparing the performances of these object detection approaches. Thus, by selecting the most appropriate method, they will be able to identify and track the number of vehicles and their types and pedestrians crossing the road in real time or specific time period for inspection purposes on any roads. Finally, within the scope of this study, the deep learning methods and the counting algorithm are employed in real time and their performances are examined. These results show that this type of systems has the performance and accuracy to work in real time on embedded systems, which are suitable for use on highways, urban roads and parking lots. As a result of this work, the most accurate method in terms of F1 score is found as YOLOv5, the fastest method in terms of processing speed is found as YOLOv4.

Giriş

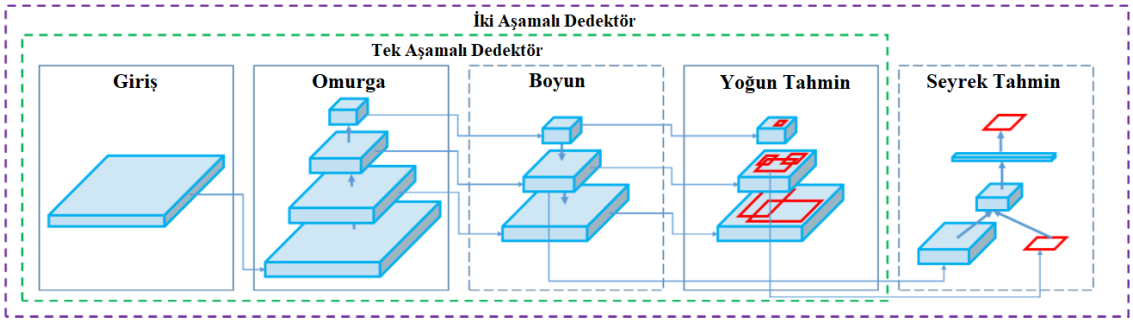
Araç tespiti, araç tanıma ve sınıflandırma hem akıllı taşıma sistemleri için hem de denetleme sistemleri için gelişmekte olan önemli bir alandır. Üzerinden geçen araçları sayan manyetik döngü tabanlı sensörler veya ultrasonik dedektörler trafik parametrelerini takip edebilmek için kullanılmaktadır. Bu sistemlere karşılık olarak görüntü işleme tabanlı sistemler bir dizi avantaj sunmaktadır. Görüntü işleme ve derin öğrenme tabanlı sistemler sadece araçları saymakla kalmaz, bunlara ek olarak araçları sınıflarına göre ayırabilmeyi ve şerit değişiklikleri sıklığını tespit edebilmeyi mümkün kılmaktadır. Bunlara ek olarak montajları ve bakımları diğer sensörlere göre daha az masraflıdır (Gupte ve diğ., 2002; Zhou ve diğ., 2007). Kameralardan alınan görüntüler ile trafik takibi ve araç sayımı işlemleri görüntü işleme yaklaşımlarıyla yapılabilmektedir. Başarılı görüntü işleme uygulamaları ortamın tüm koşullarında çalışabilmelidir. Araç ve yaya tespiti için temel zorlayıcı koşullar ortam aydınlatması ve hava şartlarıdır. Bunlara ek olarak araçların farları da çoğu durumda nesne tespitini zorlaştırmaktadır. Örneğin gece saatlerinde araçların farları yolu aydınlatmaktadır ve görüntü işleme temelli sistemlerin tespit etmesi gereken araçların kameraya gelen görüntüsü yola göre çok daha az aydınlık olacağı için farlar büyük ölçüde gürültüye sebep olurlar ve bu da tespit işini zorlaştırmaktadır (Liu ve diğ., 2013).

Nesne Tespiti

Nesne tespiti, bilgisayar görüsünün bir alt dalıdır ve bilgisayarların da nesneleri insanlar gibi tanımasına ve sınıflandırmasına denmektedir. Çoğu bilgisayar görüsü uygulaması gibi (nesne tespiti, nesne takibi) nesne sınıflandırma da zor ve önemli bir görevdir ve diğer bilgisayar görüsü uygulamalarının genelde temelini oluşturmaktadır. Nesne sınıflandırma ile nesne tespiti farklı şeylerdir; nesne tespiti görüntüde belirli bir nesnenin aranması ve bulunması durumunda konumunu söyleyen uygulamaya denmektedir, nesne sınıflandırma ise var-yok bilgisi aranmaksızın imgeye daha önce öğretilmiş nesnelerin (veya matematiksel kuralların) sınıflarının benzerliğine bir skor verme işlemidir. İnsanlar için oldukça kolay olan bu işlemler bilgisayarlar için büyük bir sorundur. Bu sorunun çözümü için bilgisayar bilimleri alanında makine öğrenmesi tanıtılmış ve uygulanmaya başlanmıştır. Akabinde özellikle sabit nesnelerde kötü olmayan sonuçlar elde edilmiştir (Sarkale ve diğ, 2018). Bu çalışma kapsamında araç ve yaya sınıflandırma problemi bir nesne tespit problemi olarak ele alınıştır.

YOLOv4 Yöntemi

Tipik bir nesne tespit etme mimarisi giriş, omurga, baş ve boyun olmak üzere dört temel bileşenden oluşur. Omurga kısmında önceden eğitilmiş ağ bulunur ve bu kısımda alınan giriş imgesinden özellik çıkarma işlemi gerçekleştirilir; kafa kısmında nesnenin tespitinin yapılması ve sınıfının tahmin edilmesi işlemleri yapılır. Boyun kısmı da daha gelişmiş filtreler kullanılarak ara aşamalarda çıkarılan özellikleri toplayarak gürbüzlüğü arttırma amacına hizmet eder. Şekil 1'de YOLOv4 mimarisi gösterilmiştir.

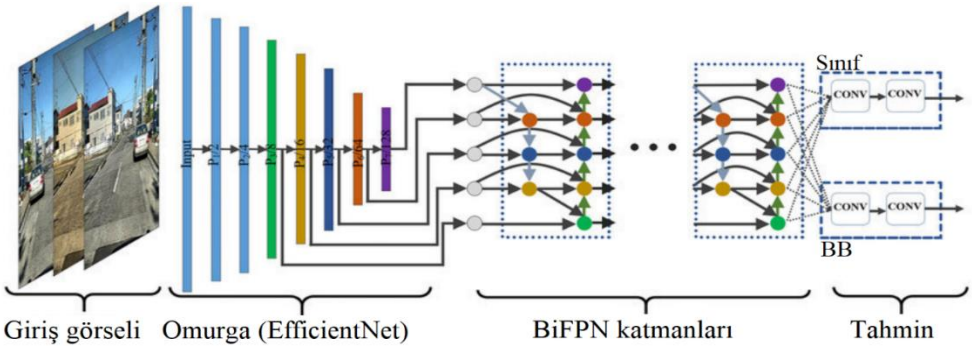


Şekil 1: YOLOv4 Mimarisi (Bochkovskiy ve diğ., 2020)

YOLOv4, önceki versiyonlarına göre gürbüzlüğü arttırmak amacıyla geliştirilmiş, daha modüler ve dolayısıyla daha esnek bir yapıdadır. Daha yüksek başarım elde etmek için daha derin bir ağ sistemi tasarlayan araştırmacılar, Dense (her nöronun bir önceki ve bir sonraki katmanda bulunan tüm nöronlara bağlantılı olma şekli) bloklar kullanmıştır. Yığın normalleştirme işleminden sonra birden fazla evrişimsel katman içeren sistemin bu katmanlarının çıkışında aktivasyon fonksiyonu olarak ReLU (doğrultulmuş doğrusal birim) seçilmiştir. CSP (durum çapraz bölücü), giriş katmanındaki özellik haritalarını ikiye böler; bir kısmı direkt olarak daha sonraki katmana diğeri ise doğrudan Dense bloğa geçer, ki bu bloktaki hesaplama maliyeti diğerlerine oranla daha yüksek olduğundan ve tüm özellik haritaları bu katmana girmediğinden ötürü sistemin hesap yükü azalmakta ve performans artışı sağlanmaktadır.

EfficientDet Yöntemi

EfficientDet, diğer birçok nesne tespiti yöntemleri gibi hem başarıma hem de performansa odaklanmakta ve bunu maksimize etmek istemektedir. Araştırmacıların bu amaçlarını gerçekleştirebilmek için öncelik verip üstüne eğildikleri birkaç konu bulunmaktadır. Bunlardan ilki verimli bir çok ölçekli özellik füzyonudur. Diğer çalışmaların çoğunda giriş imgesinden çıkartılan özellikler birleştirilirken direkt olarak toplanmaktdır fakat araştırmacılar bu özelliklerin füzyon çıktı özelliğine eşit olmayan bir şekilde katkıda bulunduğunu gözlemlemiştir; bunun sebebinin de giriş özelliklerinin neredeyse her zaman farklı çözünürlükte olması olduğunu düşünmektedirler. Bu sorunun çözümü için de basit ve verimli bir yöntem olan çift yönlü ağırlıklandırılmış özellik piramit ağını önermektedirler, bu ağ giriş özelliklerini ağırlıklandırabildiği için her özelliğe aynı önemi vermemekte ve daha akılcı bir çok ölçekli bir özellik birleştirme yöntemi elde edilmiş olmaktadır (Tan ve diğ., 2020). Şekil 2'de EfficientDet mimarisi görülmektedir.

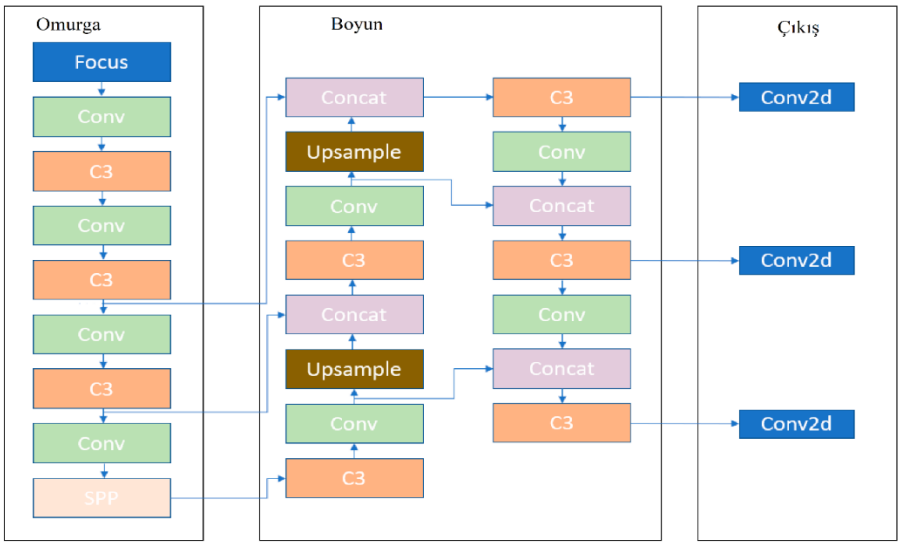


Şekil 2: EfficientDet mimarisi (Tan ve diğ., 2020)

Araştırmacıların diğer üzerine düştükleri konu ise model ölçeklendirmedir. Önceki çalışmalarda doğruluğu arttırmak için giriş imgesinin boyutu büyük seçilse de, bu çalışmada araştırmacılar verimlilik ve doğruluk konusunda özellik ölçeklendirmenin sınıf tahmininde büyük önem taşıdığını gözlemlemiştir. Bunun için de araştırmacılar çözünürlüğün, derinliğin ve genişliğin birlikte ölçeklendirildiği bileşik bir tespit yöntemi önermektedir (Tan ve diğ., 2020). Ölçekleme katsayısı da hız ve performansı etkilemektedir. D0 en hızlı çalışan ölçekleme durumunu, D7 ise en yüksek doğrulukla çalışan katsayının kullanıldığını göstermektedir. Aynı araştırmacıların daha önceki çalışması olan EfficientNet (Tan ve Le, 2019) omurgası ile BiFPN ve bileşik ölçeklendirme yöntemi birleştirildiğinde ortaya çıkan EfficientDet, tutarlı performans veren bir nesne sınıflandırma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

YOLOv5

Diğer YOLO versiyonlarının aksine özgün geliştiricileri tarafından geliştirilmeyen bu versiyon, özellikle mobil cihazlarda kolay eğitim ve yüksek performansa çalışma vadetmektedir. YOLOv3 ve YOLOv4 tabanlı bu sistem, tıpkı EfficientDet gibi bileşik ölçekli bir tespit algoritması içermektedir. Doğruluk için YOLOv4 üzerinde yaptıkları değişikliklerin hepaplama maliyetlerini dengelemek için geliştiriciler CSPNet (Cross State Partial Net) kullanmıştır. Ayrıca ağdaki optimizasyonları sayesinde ağırlık dosyaları büyük ölçüde azaltılmıştır. EfficientDet gibi birden fazla versiyonu olan sistem, “s”, “m”, “l” ve “x” versiyonlarına sahiptir. “s” en hızlı fakat en düşük başarıma sahip olan model iken x en çok işlem gücü gerektiren fakat en yüksek başarıma sahip model olarak tanımlanmıştır. Geliştirilmesi hala devam etmekte de olsa şimdiden perfomans ve geliştirme kolaylığı açısından test edilebilir olduğu düşünülmüştür. Şekil 3’te YOLOv5 mimarisi görülmektedir.



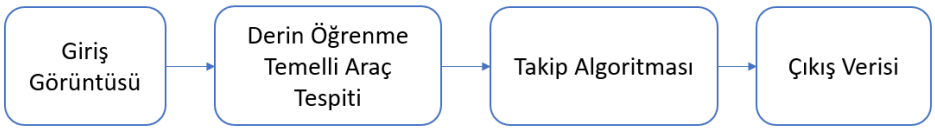
Şekil 3: YOLOv5 Mimarisi (Nepal ve Eslamiat, 2022)

Gömülü Sistemler

Gömülü sistemler bilgisayarların gerçekleştirdikleri işleri daha düşük hacim ve güç tüketimi ile gerçekleştirmeleri için tasarlanmışlardır fakat bilgisayarlara göre daha farklı bir mimariye sahip olmaları ve depolama, işlem kapasitesi gibi parametrelerde limitli kaynaklara sahiptirler. Bu nedenle gömülü sistemler için yazılım geliştirmenin kendine has zorlukları bulunmaktadır. Günümüzde gelişmekte olan bir alan olan gömülü sistemler, bilgisayar ortamı yeteneklerine sahiptir, ancak her gömülü sistemin kendi tasarım ve yazılım geliştirme ortamı vardır, bu nedenle gömülü sistem cihazlara yazılım geliştirmenin kendisi bir araştırma ve geliştirme alanı haline gelmiştir. Gömülü sistemler mimari, bellek, giriş/çıkış birimleri, donanım özellikleri ve ilgili yazılım bileşenlerine göre birçok değişiklik gösterebilirmektedir. Günümüzde en yaygın gömülü sistem mimarisi olan ARM ile birçok firma çeşitli cihazlar üretmektedirler.

ÖNERİLEN YÖNTEM

Yöntem ve çalışmalar bölümü üç ana aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak ağların eğitimi için ihtiyaç duyulan verinin oluşturulması ve etiketlenme işlemi anlatılmıştır. Devamında test edilen yöntemlerin eğitim sürecinden bahsedilmiştir. Bölüm 2.3'te araç takip sistemi ve son olarak da araç sayım sistemi anlatılmıştır. Şekil 4'te önerilen yöntemin akış şeması verilmiştir.



Şekil 4: Önerilen yöntemin akış şeması

Veri Setinin Oluşturulması

Çalışma sonunda elde edilmesi beklenen sistemin görüntüyü alacağı kamera yüksekteki bir platformdan açılı bir şekilde kendisinden aşağıda bulunan yola bakmakta, bu sayede yol üzerinden geçen yaya ve araçları sınıflandırabilmektedir. Bunun için gereken veri seti de en optimum performans için bu şekilde bir düzenek ile toplanmalıdır. Bu çalışma için İstanbul-İzmit karayolundaki köprülerin üzerinden 1920×1080 çözünürlüğünde saniyede 30 kare içeren video kayıtları toplanmıştır. Aşırı öğrenmeden kaçınabilmek için görüntüleri farklı zaman dilimlerinden ve hava koşullarından elde edilmiştir fakat kameranın yola uzaklığı, bakış açısı gibi parametreler sabit tutulmaya çalışılmıştır. Daha sonra bu kayıtlar kare kare ayrılarak toplamda 7 farklı araç sınıfı (kamyon, otobüs, panelvan, tır, motosiklet, kamyonet, otomobil) ve yaya olarak (toplamda 8 sınıf) etiketlenmiştir. Etiketleme işlemine bir örnek Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Nesne etikleme çalışmasından bir örnek

Eğitilecek olan ağın her sınıfı eşit şekilde öğrenebilmesi için eğitim verisinide her sınıfta 2000 örnek vardır. Bazı sınıflardan yeterince veri elde edilemediği için (özellikle yol kenarındaki yaya sayısının yoldan geçen araç sayısına göre oldukça düşük kaldığı gözlemlenmiştir) ek olarak başka bir çalışmanın veri setinden (Sochor, 2019) de faydalanılmıştır. Veri etiketlemede kullanılabilecek açık kaynaklı birkaç farklı etiketleme aracı bulunmaktadır (LabelImg, BBox, Fast Annotation Tool, ImageTagger, LabelMe gibi); bu çalışmada direkt olarak YOLO formatına etiketleme yeteneği için için LabelImg seçilmiştir ve toplam 10.000'i aşkın imge yaklaşık bir ayda işaretlenmiştir.

Eğitim

Bu çalışma kapsamında eğitim işlemi 2 adet NVIDIA 2080 GPU (Graphics Processing Unit) üzerinde gerçekleştirilmiş olup, işletim sistemi olarak Ubuntu 16.04 kullanılmıştır. Hesaplama işlemlerininin hızlanması ve donanımın performansından tamamen faydalanılabilmesi için grafik sürücüsü CUDA ile birlikte yüklenmiştir. Bu sayede eğitim aşamasında GPU hesaplamalarına ihtiyaç duyulduğunda CUDA devreye girebilmekte, bu da eğitim süresinin düşmesini sağlarken geliştirme sürecinin hızlanmasını sağlamaktadır (Ghorpade, 2012). Tüm ağların performansını eşit kritlerler ile kıyaslayabilmesi için tüm ağların eğitim sırasında kullanılan hiperparametreler Tablo 1'de verilmiştir. Bu parametreler deneysel çalışmalar sonucu elde edilmiştir.

Tablo 9: Modellerin Eğitim Parametreleri

Parametre adı	**Değer**
Eğitim adımı	30000
Öğrenme oranı (learning rate)	0.0261
Düşüş (decay)	0.0005
Momentum	0.949
Batch boyutu	16

Yön tespiti

Aracın tespit edildiği ilk karede aracın merkez noktası belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu merkez noktası, aracın tespiti esnasında etrafına çizilen sınırlayıcı kutunun merkezidir. Fakat nesne tespit ağının çizdiği sınırlayıcı kutu, aracı kusursuz bir şekilde çerçeveleyememektedir, bunun sebebi hem ağ eğitiminde kullanılan etiketlenmiş verinin etiketlerinin kusursuz bir şekilde çizilmemiş olması, hem de ağın başarımının %100.0 olmamasıdır. Bu nedenle aracın etrafına çizilen sınırlayıcı kutuya aracın merkezi değil aracın ağırlık merkezi denmiştir. Aracın ağırlık merkezi, x ve y koordinatlarını içeren bir değişkendir. Bir sonraki karede tekrar tespit edilen aracın ağırlık merkezleri arasındaki fark da iki boyutlu bir datadır, bu data kameranın konumuna göre yorumlanarak aracın yönü tayin edilebilir. Örneğin kamera araçların önünü veya arkasını görecek (yola dik) bir şekilde bakıyorsa, sabit olmayan bir aracın yönünü tespit etmek için ağırlık merkezinin y bileşenine bakmak yeterlidir, alınan karenın orijini sol-üst kabul edildiğinde ağırlık merkezinin y bileşeninin pozitif olması aracın kameraya yaklaştığını, negatif olması aracın kameradan uzaklaştığını göstermektedir.

DENEYSEL SONUÇLAR

Kıyaslama sonuçlarının nesnel bir şekilde karşılaştırılabilmesi için aşağıdaki parametreler hesaplanmıştır. TP: konumu ve sınıfı doğru tespit, FP: konumu veya sınıfı yanlış tespit, FN: eksik tespit anlamına gelmektedir. Testler NVIDIA Jetson NANO üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hassaslık hesabı pozitif tespitlerin doğruluğunun oranını vermektedir ve matematiksel olarak denklem 3.1'deki gibi hesaplanmaktadır:

$$\text{Keskinlik} = TP / (TP + FP) \quad (3.1)$$

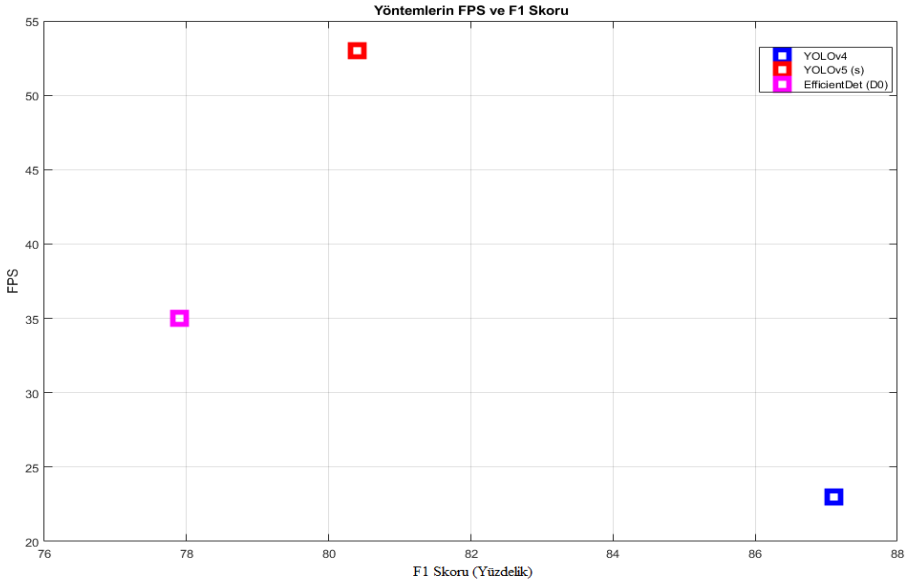
Hatırlama (recall) hesabı pozitif tespitlerin olması gereken tüm potansiyel tespitlere oranını vermektedir ve denklem 3.2'de verilmiştir:

$$\text{Hassasiyet} = TP / (TP + FN) \quad (3.2)$$

F1 Skoru keskinlik ve hassasiyet arasındaki dengenin korunmasını sağlar, keskinlik ve hassasiyetin harmonik ortalamasıyla denklem 3.3'deki gibi hesaplanmaktadır:

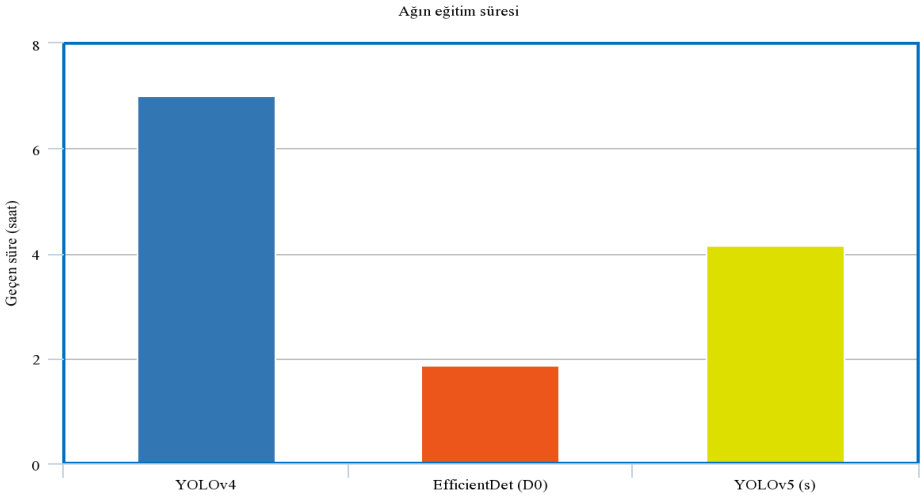
F1 Skoru = 2 × (Keskinlik × Hassasiyet) / (Keskinlik + Hassasiyet) (3.3)

Modellerin performans karşılaştırması Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: Modellerin performans karşılaştırması

Şekil 7'de görüldüğü gibi YOLOv4 en uzun eğitim süresine sahipken EfficientDet en kısa eğitim süresine sahiptir.



Şekil 7: Modellerin eğitim süresi karşılaştırması

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araç sınıflandırma işlemlerinde içi çeşitlilik olduça yüksek olduğu için (aynı sınıftaki arabalar çok farklı şekilde boyaya, cam filmlerine ve modifiyelere sahip olabilirler) bu işlemler diğer sınıflandırma işlerinden farklılaşmaktadır. Bununla birlikte ve sınıflar arası benzerlik oldukça yüksek olup (birçok araç kameranın gördüğü açıya göre oldukça benzeyebilmektedir) araçların sabit bir şekli yoktur. Bunlara ek olarak diğer sınıflandırma uygulamalarıyla karşılaştırıldığında arka planın oldukça değişken olduğu gözlenmektedir. Karşılaştırılan bu yöntemlerde hız ve performans birlikte dikkate alındığında YOLOv5'in daha optimum bir model sunduğu görülmekte birlikte henüz gelişmekte olan bir model olmasından dolayı başarımın birincil hedef olduğu durumlarda YOLOv4'ün ön plana çıktığı

görülmektedir. EfficientDet ise sağlamış olduğu kısa eğitim süresi sayesinde temel çalışmaların ilk yürütülebileceği model olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada çeşitli şekillerde elde edilen ve etiketlenen 20 bin civarında imge işaretlenmiştir ve başta YOLOv4 olmak üzere birkaç farklı ağda eğitilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında sistem NVIDIA Jetson Nano ve Jetson NX gibi düşük güç tüketimli gömülü sistem cihazlarına entegre edilmiş ve gerçek zamanlı çalıştırılmıştır. Gelecek çalışmalarda YOLOv4 modeli üzerinde optimizasyon çalışmalarının yapılması planlanmaktadır.

REFERANSLAR

Bochkovskiy, A., Wang, C-Y., Liao H-Y. M. (2020). "Yolov4: Optimal Speed And Accuracy Of Object Detection", arXiv preprint arXiv:2004.10934.

Ghorpade., J. (2012). "GPGPU Processing in CUDA Architecture", *Advanced Computing: An International Journal (ACIJ),* 3(1), 105-120

Gupte, S., Masoud, O., Martin, R.F.K., Papanikolopoulos, N.P. (2002). "Detection and classification of vehicles", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,* 3(1), 37-47.

Liu, C., Chang, F. (2019). "Hybrid cascade structure for license plate detection in large visual surveillance scenes", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 20(6), 2122-2135.

Nepal, U., Eslamiat, H. (2022). "Comparing YOLOv3, YOLOv4 and YOLOv5 for Autonomous Landing Spot Detection in Faulty UAVs", *Sensors 2022*, 22(2), 464.

Sarkale, A., Shah, K., Chaudhary, A., Nagarhalli, T. (2018). "An Innovative Machine Learning Approach for Object Detection and Recognition", *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies* Coimbatore, Hindistan, 20-21 Nisan 2018.

Sochor, J., Juránek, R., Špaňhel, J., Maršík, L., Široký, A., Herout, A. (2019). "Comprehensive Data Set for Automatic Single Camera Visual Speed Measurement", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,* 20(5), 1633 – 1643.

Tan, M., Pang, P., Le, Q. V. (2019). "EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection", 2020 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR),* Seattle, WA, A.B.D., 13-19 Haziran 2020.

Tan, C., Sun, F., Kong, T., Zhang, W., Yang, C., Liu, C. (2018). "A survey on deep transfer learning", *27th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN 2018),* Rhodes, Yunanistan, 4-7 Ekim 2018.

Zhao, R., Wang, X. (2013). "Counting vehicles from semantic regions", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 14(2), 1016-1022.

DALGA ENERJİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN ZONGULDAK İLİ ÖZELİNDE KARŞILAŞTIRILMASI

Necmi Cemal ÖZDEMİR
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr

Emre ADIGÜZEL
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
96emre58@gmail.com

Cansu ERDEM
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü
cansuerdmm1@gmail.com

Özet
Bu çalışmada Zonguldak ili için güneş enerjisi ve dalga enerjisi ile elektrik üretimini karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı bir kıyı şehri olan Zonguldak'ta güneş enerjisi ile elektrik üretiminin coğrafi anlamda zorluğu sebebiyle farklı enerji potansiyellerinin değerlendirilmesidir. Ülkemizde elektrik üretimi anlamında çok değerlendirilmeyen dalga enerjisinin tanıtımı, dalga enerjisinin potansiyeli ve türbin çeşitleri açıklanmıştır. Dalga enerjisi ile elektrik üretimi, 2012 yılında Northwest Energy Innovations (NWEI) tarafından Hawaii açıklarında konuşlandırılan 20 kW kapasiteye sahip olan ABD Donanması'nın desteğiyle adadaki Deniz Piyadeleri üssüne enerji sağlayan ve halen aktif olarak çalışan Azura'nın teknik verileriyle açıklanmıştır.(NWEI, 2015) Buradaki teknik veriler 2014 yılında Zonguldak il merkezine 48 km uzaklıkta yapılan bir çalışmayla desteklenmiştir. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi ise il merkezine 5 km mesafedeki Kozlu ilçesinde bulunan bir kamu binası için 02.12.2018 tarihli bir çalışma ile açıklanmıştır. Bu iki elektrik üretim yöntemi; enerji potansiyeli, ilk yatırım maliyeti, amortisman süresi ve ihtiyaç duyulan alan olarak dört başlıkta karşılaştırılmıştır. Elektrik üretimi için yeterli olan kapasite Zonguldak Belediyesi elektrik tüketim verileriyle belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dalga Enerjisi, Güneş Enerjisi, Türbin Çeşitleri, Enerji Potansiyeli, İlk Yatırım Maliyeti, Amortisman Süresi, İhtiyaç Duyulan Alan

COMPARISON OF ELECTRICITY GENERATION FROM WAVE ENERGY AND SOLAR ENERGY FOR ZONGULDAK PROVINCE

Abstract
In this study, solar energy and wave energy with electricity production were compared for the province of Zonguldak. The aim of the study is to evaluate different energy potentials in Zonguldak, a coastal city, due to the geographical difficulty of electricity generation with solar energy. The definition of wave energy, which is not used much in terms of electricity production in our country, the potential of wave energy and turbine types are explained. Electricity generation by wave energy is explained by the technical data of Azura, which was deployed in 2012 by Northwest Energy Innovations (NWEI) off Hawaii with the support of the US Navy, which has a capacity of 20 kW and still actively operating and providing energy to the Marine Corps base on the island. (NWEI, 2015) The technical data here were supported by a study conducted in 2014 at a distance of 48 km from the provincial center of Zonguldak.The production of electricity by solar energy was explained by a study dated 02.12.2018 for a public building located in Kozlu district, 5 km from the city center.These two methods of electricity generation are compared in four headings as energy potential, initial investment cost, depreciation period and required area.The capacity sufficient for electricity generation has been determined by Zonguldak Municipality electricity consumption data.

Keywords: Wave Energy, Solar Energy, Turbine Types, Energy Potential, Initial Investment Cost, Depreciation Period, Required Area

1. GİRİŞ

Dünya genelinde her geçen gün artan enerji tüketimi ve enerji üretim maliyetleri, ülkeleri yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Ancak her bölge yenilenebilir enerji kullanımı açısından farklılık göstermektedir. Bazı bölgelerde güneş enerjisi potansiyeli fazlayken bazı okyanus veya deniz kıyısındaki bölgelerde dalga enerjisi potansiyeli ön plana çıkmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için tarıma elverişli olmayan geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktayken dalga enerjisinden elektrik üretimi için çok az karasal alan gereklidir. Bir kıyı şehri olan Zonguldak ilimizde güneşten elektrik üretimi için bahsedilen türde geniş araziler kısıtlı olduğundan Zonguldak Belediyesi'nin elektrik tüketim verileri de dikkate alınarak dalga enerjisinden yararlanılması amacıyla bu iki elektrik üretim yöntemi; enerji potansiyeli, ilk yatırım maliyeti, amortisman süresi ve ihtiyaç duyulan alan olarak daha önceden bu bölgede yapılan çalışmalarla hareketle hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak sonuçlar çalışmada sunulmuştur.

2. MATERYAL VE METOD

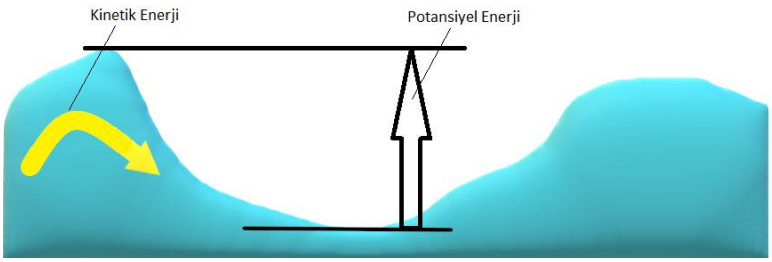
Dalga enerjisi ve güneş enerjisinden elektrik üretimi karşılaştırılırken Zonguldak özelinde daha önceden yapılan araştırmalar ve çalışmalar incelenmiştir. Buradan hareketle bu çalışmadaki ilk yatırım maliyeti, amortisman süresi ve ihtiyaç duyulan alan, Zonguldak Belediyesi'nin elektrik tüketimini karşılayacak olan üretim kapasitesine sahip elektrik santralleri üzerinden hesaplanmıştır.

3. DALGA ENERJİSİNİN TANITILMASI

3.1 Dalga Enerjisi Kavramı

Deniz ve okyanus kaynaklı yenilenebilir enerji türleri arasında dalga, gel-git, buzul, deniz akıntısı ve deniz suyu sıcaklık farkından enerji eldesi yer almaktadır. Bunlardan dalga ve gel-git enerjisi şu anda dünyada en çok kabul görmekte ve bulunulan coğrafi koşullara göre yararlanılmaktadır. Dalga, aynı zamanda en yüksek enerji yoğunluğuna sahip olup, yaygın olarak kullanılan deniz/okyanus enerjisi türüdür. Okyanus ve iç denizlerdeki su yüzeyi değişimleri çeşitli etkiler altında deniz yüzeyine aktarılan enerjinin kaynağına, etki süresine ve gücüne bağlı olmaktadırlar. Deniz yüzeyi değişimlerinin salınım periyotları da değişimi yaratan etkene bağlıdırlar.

Dalga enerjisinin oluşumu sürecinin temelinde, dünya üzerindeki deniz ve karaların farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi yatmaktadır. Bu süreçte denizde esen rüzgâr, sahip olduğu kinetik enerjiyi deniz yüzeyine aktarmaktadır. Aktarılan kinetik enerji, dalga formunda deniz yüzeyinde depolanmakta ve çok fazla yük kaybına uğramadan kilometrelerce ötedeki mesafelere iletilebilmektedir. Bu iletim, dalganın sahip olduğu enerjinin göstergesidir. Dalgaya aktarılan kinetik enerji farklı şekillerde dalga içerisinde depolanarak dalganın hareketini sağlamaktadır. Bu hareket boyunca dalga içerisindeki enerji de değişimler ve dönüşümler göstermektedir. Dalgalarda enerji, kinetik ve potansiyel enerji olmak üzere iki şekilde depolanmaktadır. Kinetik enerji, deniz yüzeyindeki parçacıkların dairesel hareketi, potansiyel enerji ise dalgaların deniz seviyesinden yükselmesinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır **(Şekil 3.1)**. Lineer bir dalganın ortalama kinetik enerjisi, potansiyel enerjisine yaklaşık olarak eşit olup, bir dalga ile taşınan enerji akısı dalganın yüksekliğine ve periyoduna bağlıdır.



Şekil 3.1: Dalgada depolanan kinetik ve potansiyel enerji

Rüzgâr etkisi ile oluşan dalgalar, rüzgârların oluştukları bölgede yarattıkları ve fırtına süresince giderek gelişen ve enerjisi artan ağırlık dalgaları ve rüzgâr etkisi sona erdikten sonra, oluşum bölgesinin dışında, enerjiyi taşımaya devam eden ölü deniz dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ölü deniz

dalgalarının periyotları 30 sn'den daha uzun iken, aktif ağırlık dalgalarının periyotları 1-15 sn arasında gerçekleşmektedir. Bu açıdan bakıldığında, dalga enerjisinde ana kaynak rüzgâr etkisi altında meydana gelen ağırlık dalgalarıdır. Dalga enerjisinden yararlanma yönündeki araştırmalar, kıyıya ulaşan ve sonunda harcanan bu önemli enerji kaynağının kullanılabilir enerji türlerine dönüştürerek Dünya'nın enerji talebinin belirli miktarının temiz enerji sistemleri ile karşılanmasına katkıda bulunmaktadır**. [1]**

4. DALGA ENERJİSİ TÜRBİN ÇEŞİTLERİ

Birçok dalga enerjisi dönüştürme teknolojisi vardır. (1000'den fazla patentli ürün olduğu tahmin edilmektedir.) Ancak bunlar çoğunlukla beş teknoloji türü olarak ifade edilebilir:

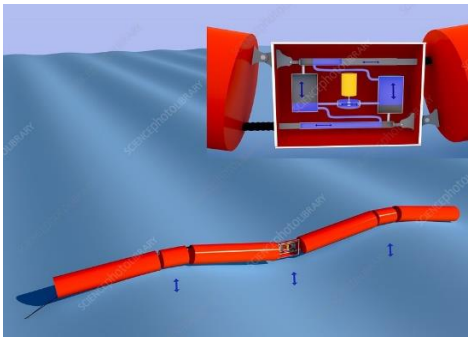
- Attenuator (Pelamis)
- Power Buoy
- Osprey (Salınımlı Dalga Dönüştürücü)
- Salınımlı Su Sütunu (OWC)
- Overtopping Cihazları

4.1 Attenuator (Pelamis)

Pelamis, dalganın yayılma yönüyle hizalanmış şekilde yüzen cihazlardır. Cihaz seçici olarak kısıtlanmış dalganın enerjisini yakalar. En iyi bilinen zayıflatıcı dalga dönüştürücüdür ve muhtemelen dalga enerji dönüştürücülerden en tanınanı Pelamistir.



Şekil 4.1 : Pelamis



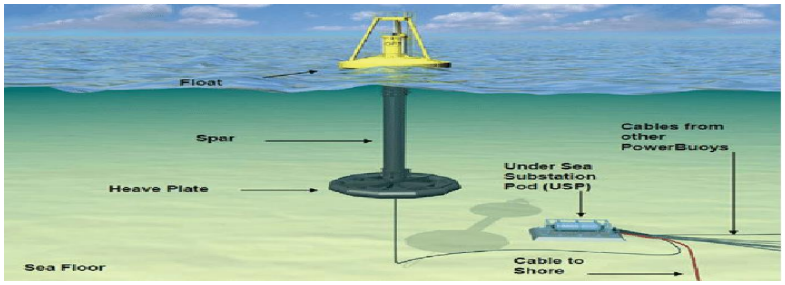
Şekil 4.2 : Pelamis şematik resmi

4.2 Power Buoy

Power Buoy, dalga enerjisini her yönden emen yüzen yapılardır. (Yani bir zayıflatıcı dalga dönüştürücü cihazın aksine). Bu cihazlar tipik dalga boyutlarına nispeten küçük boyutlardadır ve bunlar birkaç metre çapındadır.



Şekil 4.3 : Powerbuoy



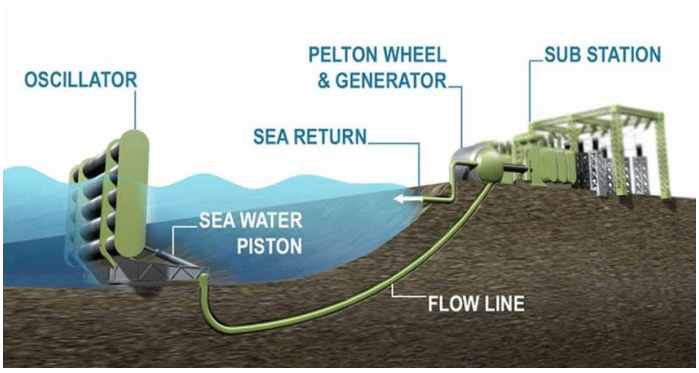
Şekil 4.4 : Powerbuoy şematik resmi

4.3 Osprey (Salınımlı Dalga Dönüştürücü)

Osprey, deniz dibine yakın, ekseni etrafında dönen bir kol üzerine monte edilmiş deniz yüzeyine yakın kollektörlerden oluşur. Kol, dalgalardaki su parçacıklarının hareketi nedeniyle ters bir sarkaç gibi salınım yapar. Ayrıca bu cihazlar ters sarkaç olarak da bilinir. Bunun en iyi bilinen örneği Oysterdir.



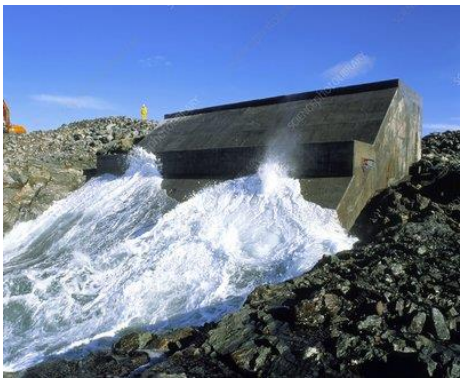
Şekil 4.5 : Osprey



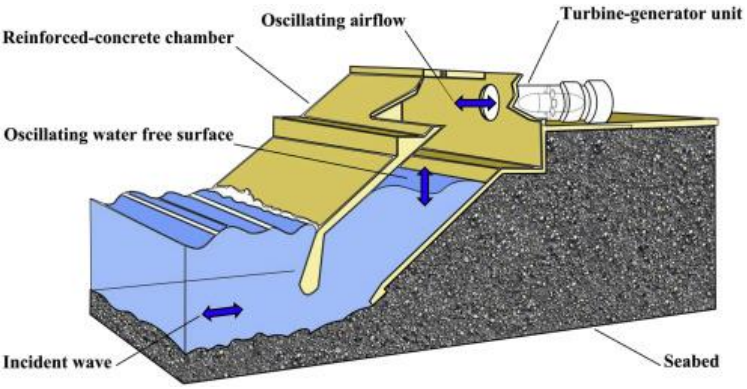
Şekil 4.6 : Osprey şematik resmi

4.4 Salınımlı Su Sütunu (OWC)

Salınan su kolonu (OWC) cihazları kısmen su altında kalmış, içi boş yapılardır. Yukarıda hapsolmuş havayı içerecek şekilde su yüzeyinin altında denize açılan bir su sütunudur. Dalgalar, havayı sıkıştırıp gevşeterek kolonun bir piston gibi hareket ederek yükselip alçalmasına neden olur. Hava, elektrik üretmek için bir hava türbinine yönlendirilir. OWC'ye bir örnek, Limpet'tir.



Şekil 4.7 : Salınımlı su sütunu



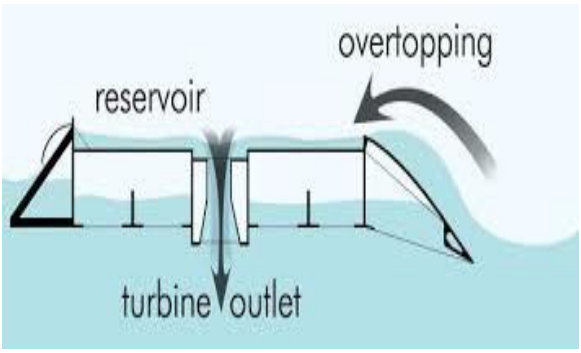
Şekil 4.8 : Salınımlı su sütunu şematik resmi

4.5 Overtopping Cihazları

Overtopping cihazları, dalgaların çarptığı ve suyu bir depolama rezervuarında topladığı bir duvardan oluşur. Gelen dalgalar bir su tepesi oluşturur, açığa çıkan dalgalar rezervuarın altında kurulu olan geleneksel türbinler aracılığıyla denize yönlendirilir. Bir overtoppin cihazı dalga enerjisini yoğunlaştırmak için kollektörler kullanabilir. Wave Dragon overtopping cihazlarına bir örnektir. **[2]**



Şekil 4.9 : Overtopping



Şekil 4.10 : Overtopping şematik resmi

5. DALGA ENERJİSİ VE GÜNEŞ ENERJİSİNİN KIYASLANMASI

Kıyaslama yapılırken Zonguldak Belediyesi'nin 2021 yılı için üç aylık enerji tüketimi ve buna karşılık gelen fatura tutarı esas alınarak gerçek rakamlar üzerinden incelenmiştir. Tablolar hazırlanırken arıtma terfi merkezleri, su terfi merkezleri, hizmet binaları ve aydınlatma-diğer şeklinde dört gruba ayrılarak her bir gruba ait tüketim ve fatura tutarları ayrı ayrı verilmiştir.

Tablo 5.1'de aylık gerçekleşen aktif tüketim miktarı kWh olarak, Tablo 5.2'de aylık ödenen elektrik fatura tutarı TL olarak verilmiştir. Kıyaslama yapılırken veri olarak 2021 yılında gerçekleşen üç aylık elektrik tüketiminin ortalaması esas alınmıştır.

Tablo 5.1: Aylık gerçekleşen aktif tüketim miktarı

	AKTİF TÜKETİM TABLOSU (kWh)				
	ARITMA TERFİ	SU TERFİ	HİZMET BİNALARI	AYDINLATMA	**GENEL TOPLAM**
OCAK	244.908,80	236.130,21	90.006,64	6.155,43	**577.201,07**
ŞUBAT	179.216,63	221.135,30	77.649,76	9.069,71	**487.071,40**
MART	257.082,03	265.229,01	94.364,21	6.707,31	**623.382,56**
ORTALAMA	227.069,15	240.831,51	87.340,20	7.310,82	**562.551,68**

Tablo 5.2: Aylık ödenen elektrik fatura tutarı

	FATURA TUTAR TABLOSU (TL)				
	ARITMA TERFİ	SU TERFİ	HİZMET BİNALARI	AYDINLATMA	**GENEL TOPLAM**
OCAK	175.522,60	210.579,33	80.427,38	6.184,55	**472.713,86**
ŞUBAT	129.177,20	197.373,13	79.051,11	8.940,19	**414.541,63**
MART	183.736,69	236.698,95	84.142,34	6.710,22	**511.288,20**
ORTALAMA	162.812,16	214.883,80	81.206,94	7.278,32	**466.181,23**

Görüldüğü üzere Zonguldak Belediyesi'ne ait 2021 yılının ilk üç ay ortalama elektrik tüketimi aylık **562.551,68 kWh** ve ortalama fatura tutarı aylık **466.181,23 TL** olarak gerçekleşmiş olup bu veriler esas alınmıştır.

5.1 Zonguldak Belediyesi Özelinde Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretimi

a) Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneş enerjisi ile elektrik üretimi için Zonguldak özelinde 02.12.2018 tarihinde yapılan çalışma esas alınmıştır. Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için önemli faktörlerden biri güneşlenme süreleridir. Zonguldak ilinin ortalama güneş radyasyon değeri 3,67 kWh/m2-gün iken ortalama güneşlenme süresi ise 6,51 sa. olmaktadır. Bu verilere göre Zonguldak ilinde 1400-1450 kWh/m2 güneş radyasyonunun olduğu belirlenmiştir. Yine güneş enerjisi değerlerinin hesaplamasında kullanılacak olan Zonguldak iline ait aylık ortalama sıcaklık değerleri de Meteoroloji Genel Müdürlüğünün internet sitesinden alınmıştır. Bu verilere göre de en yüksek ortalama sıcaklıkların Temmuz ve Ağustos aylarında yaklaşık 20°C olduğu görülmektedir.

b) İlk Yatırım Maliyeti

Yapılan çalışmada Kozlu EML için şebeke bağlantılı çatı uygulamalı olarak 23 kWh gücünde bir fotovoltaik güç sistemi kurulması planlanmıştır. HOMER programında çatı uygulamalı olarak kullanılacak toplamda 23 kW'lık her biri 250 W gücünde olan 92 tane Generic marka düz güneş panelinin her birinin panel verimi %16'dır. Güneş panelinin ömrünün 25 yıl ve tehdit faktörünün de %80 olduğu programda tanımlanmıştır. Ayrıca 1 kW'lık elektrik kapasitesinin birim fiyatı 2288 ₺ olarak hesaplanmış ve girilmiştir. Aynı değerin yerine konulmasında da 2288 ₺ girilmiştir. Yıllık bakım maliyeti 35 ₺ olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma örnek alınmakla birlikte çalışmada kullanılan batarya maliyetleri kıyaslamanın dışında tutulup sadece şebeke bağlantılı ve tüm tüketim noktalarına yetecek güçte güneş paneli sistemi kurulum maliyeti oransal yaklaşımla hesaplanmıştır. Zonguldak Belediyesi için gerekli tüketim miktarını karşılayan güneş enerjisi ile elektrik üretim sisteminin

kurulumu düşünülmüş ve yükleri doğrudan beslemeyecek şekilde şebekeden enerji temini yapılıp kurulması düşünülen güneş santralinden şebekeye enerji sağlayacak şekilde sistem ele alınmıştır. Kurulumda kullanılan 15 kW değerlikli çevirici için analizler incelendiğinde kapasite faktörünün %21,9 olduğu görülmüştür. Güneş panelleri için analizlerde ortalama çıkış gücünün 3,58 kW, ortalama günlük çıkış gücü 85,9 kWh/gün belirlenmiştir. Kapasite faktörü %15,6 olup 1 yıllık toplam enerji üretimi ise 31.367 kWh/yıl'dır. **[3]**

Zonguldak Belediyesi için aylık ortalama elektrik tüketimi 562.551,68 kWh olup tüketimin yıllık ortalama miktarı **6.750.620,16 kWh'tir**. Zonguldak Belediyesi'nin tüketimine karşılık gelen sistem oransal olarak;
6.750.620,16 ÷ 31.367 = **215,214 kat** büyüklüğünde bir sistem olduğu düşünülmektedir.
Yapılan çalışmadaki güneş santralinin ilk yatırım maliyeti ve 25 yıllık işletme giderleri dâhil toplam 85.882,57 TL olarak hesaplanmıştır. Zonguldak Belediyesi tüketimini karşılayacak sistemin 25 yıllık işletme giderleri de göz önünde bulundurularak toplam maliyeti hesaplanacak olursa;
215,214×85.882,57 = **18.483.131 TL** bulunmuştur.

c) Amortisman Süresi
Zonguldak Belediyesi'nin yıllık ortalama fatura tutarı ise;
466.181,23×12 = **5.594.174 TL** bulunmuştur.

Üretilen elektriğin tamamı şebekeye verilecektir. Verilen elektriğin birim fiyatı hesaplanırken lisanslı üretici **[8]** olarak değerlendirilip 29/1/2021 tarihli ve 3453 sayılı cumhurbaşkanı kararının ekindeki (Ek-1) fiyat esas alınmıştır. Buna göre üretim tesisine dayalı elektrik üretiminin YEK Destekleme Mekanizması birim fiyatı 10 yıl boyunca 32 kr/kWh ve 5 yıl boyunca 8 kr/kWh yerli katkı fiyatı eklenmiş ve amortisman süresi hesabında bu 10 yıllık süreç esas alınmıştır. **[8] [9]** Ayrıca üreticiler için veriş yönündeki tek terimli dağıtım tarifesi olan 2,722 kr/kWh hesaba negatif olarak dâhil edilmiştir. **[10]**

Satışı yapılacak olan elektriğin birim fiyatı;
İlk 5 yıl için;
32+8-2,722 = 37,278 kr/kWh

İlk 5 yılda elde edilen gelir:
5× (6.750.620,16×0,37278) = 12.582.481 TL'dir.

Yatırım maliyeti 18.483.131 TL olduğu için;
18.483.131 - 12.582.481 = 5.900.650 TL'lik kısım ikinci 5 yılda uygulanacak tarifeden hesaplanacaktır.
İkinci 5 yıl için;
32-2,722 = 29,278 kr/kWh bulunur.

İkinci 5 yılda elde edilen yıllık gelir:
6.750.620,16×0,29278 = 1.976.447 TL'dir.

5.900.650÷1.976.447 = 2,985 yıl olarak bulunur.

Sonuç olarak amortisman süresi; 5 + 2,985~ **8 yıl** olarak bulunmuştur.

d) İhtiyaç Duyulan Alan
İhtiyaç duyulan alan hesaplanırken iki farklı yaklaşımla örnek çalışmada kullanılan alan tespit edilip buradan Zonguldak Belediyesi elektrik tüketimine denk gelen elektrik üretimi için yeterli alan bulunacaktır.

Birinci yol:
Zonguldak ilinin ortalama güneş radyasyon değeri 3,67 kWh/m2-gün

Ortalama günlük çıkış gücü 85,9 kWh/gün
Panel verimi: %16

Bu verilere göre;
$\frac{85,9}{3,67}\times\frac{100}{16}$ = **146 m²** olarak bulunur.

İkinci yol:
Panel özellikleri aşağıda verilmiştir. **[11]**

- Poly-crystalline panel, 250 watts
- 72 (6 x 12) cell framed solar panel
- Excellent module efficiency of up to 16.97%
- Outstanding low irradiance performance of up to 96%
- To be used with MPPT charge controllers, large PWM controllers, Grid-tie inverters
- Open circuit volts (VOC) 45.6VDC
- Short circuit current (Isc) 9.45
- Size (L x W x H cm): 1640*992*35
- Weight (kg): 18.5

Bu solar panelden 92 adet kullanıldığı için; 1 adet panelin kapladığı alan = 1,627 m^2
92 adet panelin kapladığı alan = **149,68 m^2**
Aynı özellikte paneller kullanılarak yine oransal olarak hesap edilecek olursa;
215,214×149,68 = **32.213 m^2** alana ihtiyaç duyulur.

Zonguldak merkez olarak engebeli ve alan olarak kısıtlı olması sebebiyle güneş santrali kurulumu için gerekli yer problemi yaşanmakta ayrıca bulutluluk oranının yüksek olması güneşlenme süresi ve solar radyasyonun en düşük yerlerden olması sebebiyle dezavantajlı duruma düşmektedir. Kent merkezi içinden geçen su kanalı da taşkın riskini barındırması ayrıca kanal üstü güneş santrallerinin yatırım maliyetleri sebebiyle de yatırımın önünü kesen diğer doğal ve coğrafi zorluklardandır.

5.2 Zonguldak Belediyesi Özelinde Dalga Enerjisi İle Elektrik Üretimi

a) Dalga Enerjisi Potansiyeli

Dalgaların oluşturduğu enerji, rüzgâr ve hava arasındaki sürtünmenin ürettiği enerjiden 800-1000 kat daha büyüktür. Bu nedenle dalgalara yüksek yoğunluklu rüzgâr enerjisi de denir. Dalga enerjisi potansiyeli Türkiye kıyılarında 18,5 milyar kWh olacağı tahmin ediliyor. Bu, Türkiye'nin enerji talebinin yaklaşık % 13'üne denk geliyor. Bunu Türk sahilleri boyunca dalga enerjisi potansiyelinin elektrik talebini karşılamak için kullanılabilir olması takip eder. Türkiye denizlerinde dalga oluşumları açısından bu dalgaların sahip olduğu en fazla nitelikler ve en verimli bölge Karadeniz kıyı şeridir. **[4]**
Basitçe üç boyutlu deniz dalgalarının birim uzunluğuna tekabül eden güç:

$P = \rho \frac{g \times H^2 \times Cg}{8}$ bağıntısı ile verilir. (1)

Burada;
ρ : Deniz suyu yoğunluğu (1025 kg/m^3),
g : Yerçekimi ivmesi (9.81m/sn^2),
Cg : Grup hızı (m/sn),
H : Ortalama dalga yüksekliği (m),
P : Güç (kW)

Üç boyutlu deniz dalgalarının birim uzunluğuna göre güç denkleminde sabit ve bilinen değerler yerine konduğunda;

$P = 1256{,}91 \times H^2 \times Cg$ (W/m) ifadesi elde edilmektedir. **[5]** (2)

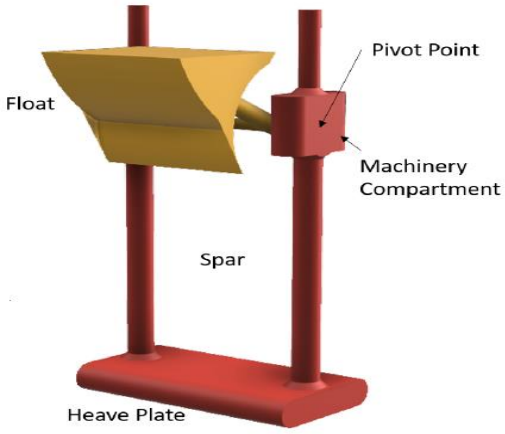
Deniz dalgalarının güç potansiyelinin metre başına güç olarak hesaplanması ortak kabul görmüş bir yöntemdir. Herhangi bir kıyı şeridinin güç potansiyelini hesaplayabilmek için dalga yüksekliği ve dalganın hızının bilinmesine ihtiyaç vardır. Dalga grubu hızının 10 m / s (36 km / h) olduğu varsayılırsa, Akçakoca kıyılarının dalga gücü potansiyeli en düşük 6 kW / m ve en yüksek 28 kW / m olarak bulunmuştur. **[4]**

b) İlk Yatırım Maliyeti

Zonguldak kent merkezi için yapılan diğer çalışmalar arasında, buraya en yakın noktada yapılan çalışma olan Zonguldak'a 48 km mesafedeki Ereğli özelinde yapılan çalışma incelenmiştir. Ereğli, salınımlı bir tesisatın montajı için uygun alanlara sahiptir. Jeolojik özellikleri bakımından OWC (salınımlı su sütunu) ve TAPCHAN (daralan kanal) sistemlerinin kurulumu bölgede ideal çözümler üretir. Ancak son yapılan tasarımlarla daha verimli dalga dönüştürücüler elde edilmiştir. **[4]** Bu noktada çok verimli çözümler üreten ABD donanmasının bir deniz piyadesi üssüne enerji sağlayan Azura'nın verileri hesaplamalarda esas alınacaktır.

Aşağıdaki şekil dalgaların hem dikey hem de yatay hareketlerinden güç elde etmek için 360 derece dönen bir şamandıra mekanizmasına sahip 45 tonluk bir nokta emici olan Azura'yı göstermektedir. Oregon kıyılarında yarım ölçekli bir prototip birkaç yıl test edildikten sonra, 2012 yılında Northwest Energy Innovations (NWEI) tarafından Hawaii açıklarında konuşlandırılmıştır. Azura 20 kW kapasiteye sahip olmakla birlikte şu anda Hawaii Üniversitesi tarafından test edilirken ve ABD Donanması'nın desteğiyle adadaki Deniz Piyadeleri üssüne enerji sağlıyor ve çalışıyor (NWEI, 2015). Azura ticari prototipi, NWEI'nin Kurucusu ve CEO'su Steve Kopf'a göre (Kopf, 2016) 0,5 $ / kWh'den daha düşük seviyelendirilmiş enerji maliyeti hedefi olan başarılı bir yarı ölçekli tanıtım programıydı. Azura'nın tahmini sermaye maliyeti yaklaşık 10 milyon dolardı ve Okyanus Enerji Konseyi ve EIA'ya göre Azura, en iyi ihtimalle 0,075 $ / kWh'lik bir performansa ulaşabilir. (ABD EIA, 2015). Bu uygulama projesindeki seviyelendirilmiş birim maliyet olan 0,5 $ / kWh değerine göre hesaplamalar yapılmıştır. **[7]** Zonguldak Belediyesi için aylık ortalama elektrik tüketimi 562.551,68 kWh olup tüketimin yıllık ortalama miktarı **6.750.620,16 kWh'tir**.

6.750.620*0,5= 3.375.310 $
1 $ = 8,325 TL (06.05.2021 09:48)
3.375.310*8,325= **28.099.455 TL**
sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 5.1 : Azura

c) Amortisman Süresi
Zonguldak Belediyesi'nin yıllık ortalama fatura tutarı ise;
466.181,23×12 = **5.594.174 TL** bulunmuştur.

Üretilen elektriğin tamamı şebekeye verilecektir. Verilen elektriğin birim fiyatı hesaplanırken lisanslı üretici olarak değerlendirilip 29/1/2021 tarihli ve 3453 sayılı cumhurbaşkanı kararının ekindeki (Ek-1) fiyat esas alınmıştır. Buna göre üretim tesisine dayalı elektrik üretiminin YEK Destekleme Mekanizması birim fiyatı 10 yıl boyunca 32 kr/kWh ve 5 yıl boyunca 8 kr/kWh yerli katkı fiyatı eklenmiş ve amortisman süresi hesabında bu 10 yıllık süreç esas alınmıştır. Ayrıca üreticiler için veriş yönündeki tek terimli dağıtım tarifesi olan 2,722 kr/kWh hesaba negatif olarak dâhil edilmiştir.
Satışı yapılacak olan elektriğin birim fiyatı;

İlk 5 yıl için; İlk 5 yılda elde edilen gelir:

32+8-2,722 = 37,278 kr/kWh
Yatırım maliyeti 28.099.455 TL olduğu için;
28.099.455 - 12.582.481 = 15.516.974 TL'lik kısım ikinci 5 yılda uygulanacak tarifeden hesaplanacaktır.
İkinci 5 yıl için;
32-2,722 = 29,278 kr/kWh bulunur.

5× (6.750.620,16×0,37278) = 12.582.481 TL'dir.
İkinci 5 yılda elde edilen yıllık gelir:
6.750.620,16×0,29278 = 1.976.447 TL'dir.

15.516.974÷1.976.447 = 7,85 yıl olarak bulunur.

Sonuç olarak amortisman süresi; 5 + 7,85~ **12,85 yıl** olarak bulunmuştur.

d) İhtiyaç Duyulan Alan

Elektrik santrali deniz içerisinde olduğu için karasal bir alan işgal etmesi söz konusu değildir.

6. SONUÇ

Tablo 5.4: Dalga enerjisi ve güneş enerjisinin karşılaştırılması

KAYNAK TÜRLERİ	GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ	DALGA ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ
Örnek alınan çalışma	Kozlu EML için şebeke bağlantılı çatı uygulamalı fotovoltaik güç sistemi	ABD donanmasının bir deniz piyadesi üssüne enerji sağlayan Azura
Örnek çalışmanın yapıldığı yıl	2018	2015
Örnek çalışma santral gücü	23 KW	20 KW
Zonguldak enerji potansiyeli	1400-1450 KWH	6 KW/MT - 28 KW/MT
İlk yatırım maliyeti	18.483.131 TL	28.099.455 TL
Amortisman süresi	**8 YIL**	**12,85 YIL**
İhtiyaç duyulan karasal alan	32.213 m2	0 m2

7. TARTIŞMA

Bu çalışmada çalışma alanının kısıtlı coğrafi imkânları sebebiyle elektrik üretimi için ihtiyaç olan karasal alana dikkat çekilmiştir. Dalga enerjisinden elektrik üretimi için karada sadece trafo merkezi konumlandırılmakta olup üretim prosesleri için karada herhangi bir alana ihtiyaç duyulmadan üretim sağlanmaktadır. Ancak dalga enerjisi türbininin parçalarının ithal edilecek olması sebebiyle ilk yatırım maliyeti, dolayısıyla da amortisman süresi yüksek çıkmaktadır. Dalga enerjisi için gerekli tüm proseslerin ülkemizde üretilmesi dalga enerjisini elektrik üretimi açısından güneş enerjisinden daha avantajlı hale getirebilecektir. Güneş enerjisi üretmek için gerekli ilk yatırım maliyeti ve amortisman süresi dalga enerjisine göre avantajlar sunsa da Zonguldak gibi sık ormanlık alanlar ve kısıtlı coğrafi bölgelerde bu enerji potansiyelinin kullanımına negatif etki etmektedir. Dalga enerjisi üretim proseslerine yapılacak yatırımlar bu problemin dolaylı yoldan çözümüne katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Mert S., 2012. Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi Tasarımı ve Deneysel Çalışması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kıyı Bilimler ve Mühendisliği Anabilim Dalı Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Programı , Yüksek Lisans Tezi

[2] Simon P. Neill, M. Reza Hashemi, 2018. Wave Energy, in Fundamentals of Ocean Renewable Energy.

[3] Mamur H., YAKAR M.C., ZERAFET A., 2018. Bir Kamu Binası İçin Hibrit Enerji Sistemi Fizibilitesi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Manisa

[4] H. Keskin Citiroglu, A. Okur, 2014. An approach to wave energy converter applications in Eregli on the western Black Sea coast of Turkey. YIKOB, Investment Monitoring and Coordination Presidency, Aydin, Turkey; Alapli District National Education Directorate, Eregli, Zonguldak, Turkey

[5] Batı Karadeniz Bölgesindeki Dalga Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması, 2004. U. İlyas, D. Recep, S. Hamit, Ö. Arif, B. İbrahim, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 81620/Düzce; Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 14280/Bolu, Mühendislik Bilimleri Dergisi Sayı:1, Sayfa:7-13

[6] Ozer Erselcan İ., Abdi Kükner A., 2020. A parametric optimization study towards the preliminary design of point absorber type wave energy converters suitable for the Turkish coasts of the Black Sea. Department of Naval Architecture and Marine Engineering, National Defence University Naval Academy, Tuzla, 34940, Istanbul, Turkey; Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering, Istanbul Technical University, I.T.U Ayazaga Campus, Maslak, 34469, Istanbul, Turkey

[7] U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renevable Energy, 2019. Azura Demonstration at the Navy's Wave Energy Test Site. Marine and Hydrokinetics Program PI: Steven Kopf Presenter: Bradley Ling Northwest Energy Innovations
[8] Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Madde 5, Kanun Numarası : 5346, Kabul Tarihi : 10/5/2005, Yayımlandığı R.Gazete : Tarih: 18/5/2005 Sayı : 25819, Yayımlandığı Düstur : Tertip : 5 Cilt : 44
[9] Cumhurbaşkanı Kararı, Karar Sayısı: 3453, Resmî Gazete Sayı : 31380, 30 Ocak 2021 Cumartesi
[10] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Kurul Kararı, Karar No:10115, Karar Tarihi: 25.03.2021, Resmî Gazete Sayı : 31435
[11] Internet: https://www.jumia.com.ng/generic-250w-poly-solar-panel-41851553.html

BİR BOYUTLU FOTONİK KRİSTAL YAKININDA İKİ KÜRESEL PARÇACIĞIN OPTİK YANITI

Nurgül AKINCI
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Fen Edebiyat Fakültesi / Fizik Bölümü
nurozdede@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-6470-0650

Özet
Düzlemsel alt katman varlığında bir parçacığın saçılma ve soğurma tesiri gibi optik yanıtı için kutuplanabilirlik tensörü anahtar niceliktir. Bir boyutlu fotonik kristal yakınına konumlanmış küçük küresel parçacık için etkin kutuplanabilirlik tensörü Mie teorisine dayanarak türetilmiştir. Alt katmanın etkisi tensör-Green fonksiyonları aracılığıyla hesaba katılmıştır. Ardından model özdeş iki parçacık durumu için geliştirilmiştir. Foton enerjisine bağlı olarak toplam tesir kesitinin nümerik sonuçları, deneysel olarak gözlemlenen plazmon rezonansı- mavi/kırmızıya kaymaları açıklamada kullanılmıştır. Sonuçlar, kırmızı veya maviye kaymaların parçacık ile fotonik kristal arasındaki uzaklık azaldığında veya (bu uzaklık sabit tutulurken) iki parçacığın arasındaki uzaklık azaldığında oluşabileceğini ve bu farklılıkların polarizasyona ve dipol yönelimine bağlı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler Kutuplanabilirlik tensörü, soğurma tesir kesiti, bir boyutlu fotonik kristal.

OPTICAL RESPONSE OF TWO SPHERICAK PARTICLES NEAR ONE DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL

Abstract
For optical response of a particle in vicinity of a planar substrate, as scattering and absorbing efficiency, polarizability tensor is a key quantity. Based on Mie theory, effective polarizability tensor for a small spherical particle located near one dimensional photonic crystal is derived. Effect of substrate is taken account by the way of dyadic-Green's functions. Then, the model is developed for the case of two identical particles. Depending on photon energy, numerical results of the extinction cross section is used for the explanation of plasmon resonance- blue/red shifts which are already observed experimentally. The results show that red or blue shifts arise when the distance between particle and the photonic crystal or between two particles (at the fixed surface distance) decrease and these differences depend on the polarization and the orientation of the dipole.

Keywords: Polarizability tensor, absorption cross section, one dimensional photonic crystal.

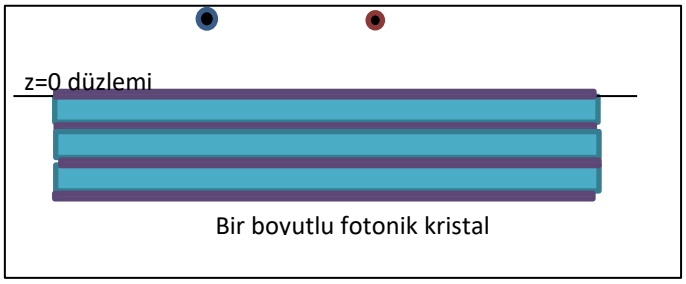
1. GİRİŞ

Küçük metal parçacıklar ışıkla etkileştiklerinde yüzey plazmon rezonans uyarımı sergilerler ve bu etki klasik elektrodinamik çerçevesinde Mie teorisiyle açıklanabilir (Mie, 1908). Işık dalgaboyundan küçük çapa sahip küresel simetrik metal parçacıklarda Laplace denkleminin çözümüyle yola çıkılır ve saçılma ve soğrulma özelliklerine ulaşılabilir. Küresel simetriye sahip olmayan parçacıklarda genel olarak kesikli dipol yaklaşımı (Lance Kelly ve ark., 2003), sonlu fark denklemleri, T-matrisi metodu (Bohren ve ark., 1998) uygulanır. Küresel parçacığın bir yüzey yakınında veya başka bir parçacık ile elektromanyetik etkileşim sonucu anizotropik optik karakteristiği ortaya çıkar (Pinchuk ve ark. 2005; Yoshida ve ark.1971; Wang ve ark. 2016) Bu çalışmada bir boyutlu fotonik kristal yakınına konumlanmış parçacık için etkin kutuplanabilirlik tensörü araştırılmıştır. Alt katmanın etkisi tensör-Green fonksiyonları aracılığıyla hesaba katılmıştır. Ardından model özdeş iki parçacık durumu için geliştirilmiştir. Kutuplanabilirlik tensörü toplam tesir kesiti hesabında kullanılmıştır. Plazmon uyarım davranışının belirlenmesinde ve parçacık-parçacık veya parçacık-yüzey etkileşimlerini anlamada literatürekatkı sağlayacağı düşünülmektedir.

.

2. MATERYAL VE METOD

Şekil 1'de $z = na$ düzlemlerinde konumlanmış, elektriksel geçirgenliği ε_1 olan çok ince düzlemsel katmanların, ε_2 geçirgenlikli izotropik, homojen ortam içinde bir boyutlu periyodik dizilmesiyle oluşan 1B fotonik kristal görülmektedir (n tamsayı ve a örgü parametresidir). 1B fotonik kristalden d uzaklığında konumlanmış iki küresel parçacık yer almaktadır. Parçacıkların arasındaki uzaklık l'dir.



Şekil 1. Bir boyutlu fotonik kristalden d uzaklıkta iki küresel parçacık.

Rayleigh yaklaşımında alt-dalgaboyu koşulunda, parçacık elektrik dipol gibi davranır. Tek parçacığın kutuplanabilirliği $\alpha = \frac{i6\pi\varepsilon_0 a_1}{k_0^3}$ ile tanımlıdır. a_1 Mie saçılma katsayısıdır. Şekil 1'de görülen iki parçacıklı sistem için dipol momenti

$$\vec{p} = \tilde{\alpha}\left[\vec{E}_{gelen}\left(1 + R^i e^{ikz}\right) + \mu_0\omega^2\overleftrightarrow{G}\cdot\vec{p}\right] \quad (1)$$

ile verilir. Burada $\tilde{\alpha}$ relatif kutuplanabilirlik, R^i Fresnel katsayıları ve $\overleftrightarrow{G}$ yüzey etkileşmelerini hesaba katan tensor Green fonksiyonlarıdır. Green fonksiyonları diferansiyel denklemleri integral denklemlere dönüştüren bir kernel olarak görülebilir. Problemin sınır koşullarının belirlenmesiyle Green fonksiyonları nokta kaynak tarafından üretilen alan ile yakından ilişkilidir. Maxwell denklemlerinden başlayarak, elektrik ve manyetik alan Green fonksiyonları cinsinden

$$\vec{E}(\vec{r}) = i\omega\mu_0 \int d^3\, r' \overleftrightarrow{G}(\vec{r},\vec{r}')\cdot\vec{J}(\vec{r}') \quad (2)$$

$$\vec{H}(\vec{r}) = \frac{1}{i\omega\mu_0}\vec{\nabla}\times\vec{E}(\vec{r}) \quad (3)$$

olarak yazılır. Çoklu düzlemsel yapılar gibi karmaşık sınır şekillerinde, elektromanyetik dalganın elde edilmesi için Green fonksiyonlarını yapılandırmak zor olabilir. Fourier açılımları, sınır koşulları ile lineer ve inhomojen kısmi diferansiyel denklemler üzerinden çözüm elde etmeyi sağlar.
Reel ve dalga vektörü uzayında tensör Green fonksiyonlarının Foruier açılımları

$$\overleftrightarrow{g}(z,z') = \int d^2\,(\rho-\rho')e^{-i\vec{k}_n\cdot(\vec{\rho}-\vec{\rho}')}\overleftrightarrow{G}(\vec{r},\vec{r}') \quad (4)$$

$$\overleftrightarrow{G}(z,z') = \frac{1}{(2\pi)^2}\int d^2\, k_n e^{i\vec{k}_n\cdot(\vec{\rho}-\vec{\rho}')}\overleftrightarrow{g}(\vec{r},\vec{r}') \quad (5)$$

ile verilir $\left(k_n^2 = k_{nx}^2 + k_{ny}^2\right)$. Reel uzay tensör Green fonsiyonu için $\vec{\nabla}\times\vec{\nabla}\times\overleftrightarrow{G}(r,r') - k^2\overleftrightarrow{G}(r,r') = \overleftrightarrow{I}\delta(r-r')$ denklemi sağlanır. Elektrik alan ve manyetik alan bileşenlerine süreklilik sınır koşullarının uygulanmasıyla tensör Green fonksiyonun bileşenleri elde edilir. Elektrik alan bileşeni yüzeye dik iken,

$$\begin{aligned} G_{zz}(r,r') &= \frac{1}{(2\pi)^2}\lim_{\rho\to 0,\rho'\to 0}\int d^2\, k_n e^{i\vec{k}_n\cdot(\vec{\rho}-\vec{\rho}')}g_{zz}(\vec{r},\vec{r}') \\ &= -\frac{\pi}{k_f^2}\int_0^\infty dk_n \frac{k_n^3}{q_{nf}}\frac{R_{n\|}^{fa}e^{2q_{nf}d}e^{-2q_{nf}z} - 2R_{n\|}^{fa}R_{n\|}^{fs}e^{-2q_{nf}z} + R_{n\|}^{fs}e^{-2q_{nf}d}}{1-R_{n\|}^{fa}R_{n\|}^{fs}e^{-2q_{nf}z}} \end{aligned} \quad (6)$$

ve paralel iken,

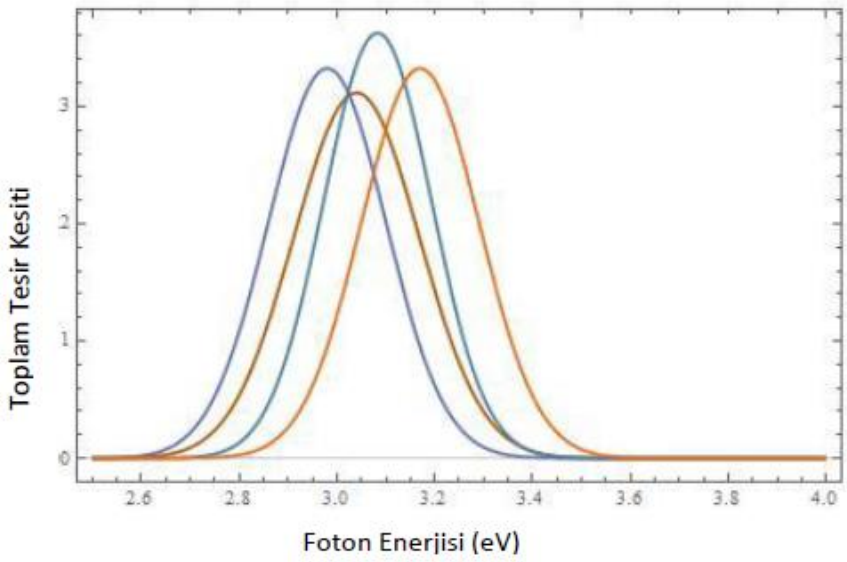
$$G_{xx}(r,r') = \frac{1}{(2\pi)^2}\lim_{\rho\to 0,\rho'\to 0}\int d^2\, k_n e^{i\vec{k}_n\cdot(\vec{\rho}-\vec{\rho}')} g_{xx}(\vec{r},\vec{r}') =$$
$$-\frac{1}{2k_f^2}\int_0^\infty dk_n q_{nf} k_n \frac{R_{n\parallel}^{fa} e^{2q_{nf}d} e^{-2q_{nf}z} - 2R_{n\parallel}^{fa}R_{n\parallel}^{fs} e^{-2q_{nf}z} + R_{n\parallel}^{fs} e^{-2q_{nf}d}}{1 - R_{n\parallel}^{fa}R_{n\parallel}^{fs} e^{-2q_{nf}z}} +$$
$$+\frac{1}{2}\int_0^\infty dk_n \frac{k_n}{q_{nf}} \frac{R_{n\perp}^{fa} e^{2q_{nf}d} e^{-2q_{nf}z} + 2R_{n\perp}^{fa}R_{n\perp}^{fs} e^{-2q_{nf}z} + R_{n\perp}^{fs} e^{-2q_{nf}d}}{1 - R_{n\perp}^{fa}R_{n\perp}^{fs} e^{-2q_{nf}z}} \qquad (7)$$

olarak yazılır. (6) ve (7) denklemlerinde geçen R katsayıları ve q_n dalga vektörü, sırasıyla,

$R_{n\perp}^{fa} = \frac{q_{ns}-q_{na}}{q_{ns}+q_{na}}$, $R_{n\parallel}^{fa} = \frac{\varepsilon_1 q_{ns}-\varepsilon_s q_{na}}{\varepsilon_1 q_{ns}+\varepsilon_s q_{na}}$, $q_n^2 = k_n^2 - \varepsilon\frac{\omega^2}{c^2}$ olarak tanımlıdır.

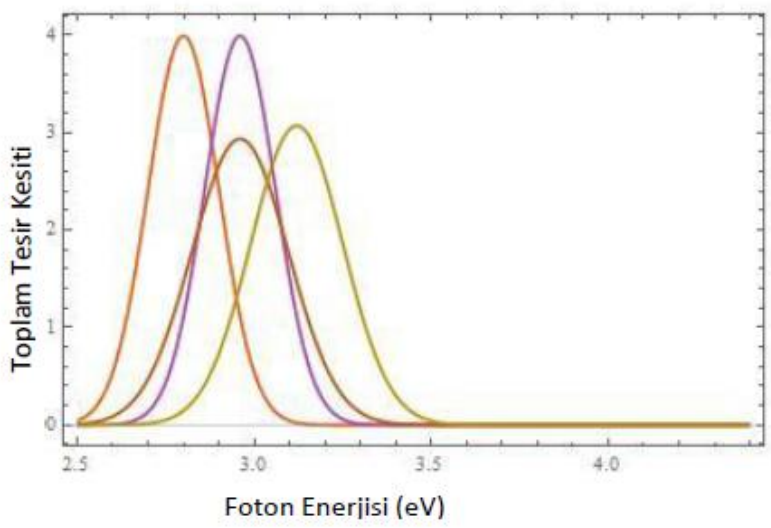
3. SONUÇ

Bir metal parçacığın optik özelliklerine altkatmanın etkisi daha önce geniş olarak çalışılmıştır (Gozhenko ve ark. 2003; Yoshida 1971). Bu nedenle, burada alt katman yapısal olarak bir boyutlu fotonik kristal düşünülmüştür. İki parçacık varlığında, her birinin dipol gibi davrandığı düşünülerek, birbirlerine göre ve yüzeye göre farklı uzaklıklarda toplam tesir kesitleri elde edilmiştir. Şekil 2'de yüzeye paralel elektrik alan için toplam tesir kesiti enerjiye göre hesaplanmıştır. R=5nm alınmıştır. İki parçacığın birbirine göre uzaklığı l ve parçacıkların yüzeye uzaklıkları d ile temsil edilirse, sırasıyla sonuçlar, *l=10R, d=10R* için mavi eğri ile, *l=2R, d=10R* için mor eğriyle, *l=2R, d=2R* için kahverengi eğriyle *ve l=10R, d=2R* için kırmızı eğriyle gösterilmiştir. Sonuçlara göre, iki parçacık yüzeye doğru yaklaştığında rezonansta kırmızıya kayma, birbirine yaklaştırldığında maviye kayma görülmektedir. Enerji farkı 50meV civarıdır.



Şekil 2. Yüzeye paralel alan için toplam tesir kesiti

Şekil 2'deki uzaklıkların aynısı alınarak, elektrik alan yüzeye dik iken sonuçlar Şekil 3de gösterilmiştir. Her iki parçacık yüzeye daha yakın iken rezonansta kırmızıya kayma, parçacıklar birbirine yakın iken maviye kayma görülmektedir. Burada enerji farkı 200meV değerine yakındır.



4. TARTIŞMA

Altkatman yakınında parçacıkların anizotropik etkin kutuplanabilirlik tensörü ile hesaplanan toplam tesir kesitinde rezonansın maviye ya da kırmızıya kaymaları tespit edilmiştir. Mavi/kırmızıya kaymaların sebebi alt katman olarak bir boyutlu fotonik yapı veya iki parçacığın varlığından kaynaklı indüklenmiş dipoller olarak açıklanır. Dipollerin farklı yönelimleri veya alt katmana olan uzaklık bu kaymaları değiştirir. Bu çalışmada kullanılan model ışıma etkileşimi dolayısıyla oluşan optik kuvvetlerin hesaplanmasında ve yakın-alan ışıması çalışmalarında kullanışlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Bohren C. F. and Huffman D. R. 1998. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles* (New York: Wiley) s 140.

Gozhenko V. V., Grechko L. G. and Whites K. W. 2003. Phys.Rev. B 68 125422.

Lance Kelly K., Coronado E., Zhao L. L. and Schatz G. 2003. The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment J. Phys. Chem. B 107, 668-677.

Mie G. 1908. Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen Ann. Phys., Lpz. 25, 377

Pinchuk A. and George Schatz G. 2005. Anisotropic polarizability tensor of a dimer of nanospheres in the vicinity of a plane substrate. Nanotechnology. 16, 2209-2217.

Wang S., Chan C. T. 2016. Strong optical force acting on a dipolar particle over a multilayer substrate. Opt. Exp.. 24 (3) 4254113-4254120

Yoshida A., Yamaguchi T. and Kinbara A. 1971. Optical Properties of Aggregated Silver Films.J. Opt. Soc. Am. 61, 62-69

GALVANO MANYETİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI VE UYGULAMA ALANLARI

Kadir Dinçer AYIK
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği
kadirdincerayik@gmail.com , ORCID: 0000-0002-1960-5531

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Ufuk KURU
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
ufuk.kuru@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0002-6990-3414

Özet
Fiziksel büyüklüklerden birisi olarak ifade edilen kuvvet, farklı ölçme metotları ile ölçülebilir. Farklı ölçüm yöntemlerine göre tasarlanmış olan birçok dönüştürücü (kuvvet ölçme cihazı) tipi ve çeşidi vardır. Galvano manyetik prensipli kuvvet dönüştürücüde bu grupta yer alır. Üzerinden akım geçen bir plakaya dik olarak etki eden bir manyetik alan sonucu ortaya çıkan Hall etkisi temelinde çalışan kuvvet ölçüm cihazlarıdır. Bu dönüştürücülerin kullanım alanlarına göre farklı yapıdaki tipleri vardır. Bu çalışmada galvano manyetik kuvvet dönüştürücülerinin çalışma prensibi, elektronik yapısı, fiziksel prensiplerine göre ölçme yönteminin teorik bilgisi ve bu yapıların endüstriyel olarak kullanım alanları ele alınmıştır. Bu sayede galvano manyetik kuvvet ölçme cihazı üzerinde çalışma yapacak araştırmacılar için bir rehber doküman oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Galvano manyetik kuvvet dönüştürücü, kuvvet ölçüm cihazı, Hall etkisi, Galvano manyetiklik, Kuvvet Ölçümü

GALVANO MAGNETIC FORCE MEASURING DEVICES AND APPLICATIONS

Abstract
Force, which is expressed as one of the physical quantities, can be measured with different measurement methods. There are many models and types of transducers (force measuring devices) designed for different measurement methods. The force transducer with Galvano magnetic principle is in this group. They are force measurement devices that work on the basis of the Hall effect, which is the result of a magnetic field acting perpendicularly to a current-carrying plate. These converters have different types according to their usage areas. In this study, the working principle, electronic structure, theoretical knowledge of the measurement method according to the physical principles of Galvano magnetic force converters, and the industrial use of these structures are discussed. In this way, it is aimed to create a guide document for researchers who will work on the Galvano magnetic force measuring device.

Keywords: Galvano magnetic force transducer, force measuring device, Hall effect, Galvano magnetism, Force Measurement

GİRİŞ

Ölçme, bilinen bir niceliği bilinmeyen bir nicelikle karşılaştırarak değerlendirme işlemi olarak tanımlanır. Ölçme işlemi bütün mühendislik dalları ile ilgilidir ve mühendislik dallarında birçok fiziksel büyüklüğün ölçümü gerçekleştirilir. Kuvvet de ölçülmesi gereken bu fiziksel büyüklüklerdendir. Kuvvet, hareketi başlatan, hareketin hızını veya yönünü değiştiren ya da cisimlerde şekil ve basınç değişikliklerine neden olan itme ya da çekme etkileşimidir. Kuvvet ölçümleri inşaat, makina, uçak, otomotiv gibi mühendisliğin birçok dalında kullanılmaktadır. Mühendislik çalışmalarının doğru ilerleyebilmesi için kuvvetin doğru ve hassas ölçülmesi büyük önem taşımaktadır. Kuvvet ölçümü için 3 adet yöntem tanımlanmıştır.

Bunlar:

1. Bilinen Yük ile Dengeleme
2. Esnek Gövde Üzerinde Kuvvet ile Oluşturulan Deformasyondan Yararlanma
3. Uygulanan Kuvvet Etkisiyle Fiziksel Özelliklerin Değişiminden Yararlanmadır.

Bu yöntemleri kullanarak pek çok cihaz tasarlanmıştır. Kuvvet ölçümleri için kullanılan cihazlar şekil 1'de gösterilmektedir. Ölçüm kabiliyeti, kullanım alanı, ölçüm hassasiyeti vb. kriterlere göre tercih edilecek kuvvet ölçme cihazı uygun şekilde seçilmelidir. Şekil 2'de çeşitli kuvvet dönüştürücü örnekleri görülmektedir. Bu çalışmada Galvano manyetik kuvvet ölçme cihazları ele alınmıştır.

A. Mekanik Kuvvet Dönüştürücüler

1. Jiroskopik Kuvvet Dönüştürücüler
2. Rezonatör Kuvvet Dönüştürücüler
3. Titreşim Telli Kuvvet Dönüştürücüler
4. Hidrolik Kuvvet Dönüştürücüler
5. Martens Aynalı Kuvvet Dönüştürücüler
6. Ölçme Halkaları

B. Elektriksel Kuvvet Dönüştürücüler

1. Galvanomanyetik Kuvvet Dönüştürücüler
2. Kapasitif Kuvvet Dönüştürücüler
3. Direnç Uzama Ölçerli Dönüştürücüler
4. İndüktif Kuvvet Dönüştürücüler
5. Piezoelektrik Kuvvet Dönüştürücüler
6. Elektromanyetik Kuvvet Dönüştürücüler
7. Magnetoelastik Kuvvet Dönüştürücüler
8. Elektrodinamik Kuvvet Dönüştürücüler
9. Akustik Kuvvet Dönüştürücüler

Şekil 1. Kuvvet dönüştürmede kullanılan cihazların ölçüm prensiplerine göre sınıflandırılması

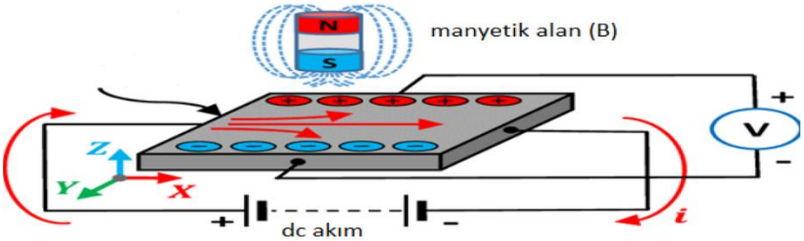


Şekil 2. Çeşitli kuvvet dönüştürücü cihaz örnekleri

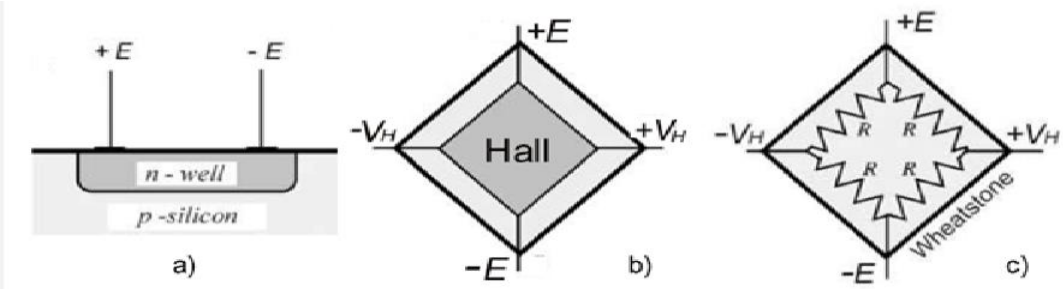
GALVANOMANYETİK KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI VE TİPLERİ

Hall Etkisi

Elektrik akımı taşıyan ve dikey yönde manyetik alana maruz kalmış bir numune içinde çapraz elektromotor kuvvetinin oluşumuna Hall Etkisi adı verilir. Geometriye bağlı olarak bu kuvvet, Hall gerilimi olarak adlandırılan, numunede akım sapmasına ya da numune boyunca enine gerilimin ortaya çıkmasına neden olabilir(Şekil 3). Aynı zamanda manyetik alan etkisi altında dirençte de artmakta olmakta olup, buna da manyeto rezistans etkisi denilmektedir. Hall sensörünü üretmenin yollarından biri iyon implante edilmiş n kuyuları ile silicon p-substrate kullanmaktır (Şekil 4a). Elektriksel bağlantılar güç kaynağı (yada kontrol) terminallerinde ve diferansiyel çıkışlarda (Vh) bağlantı sağlamaktadır. Bir hall elemanı dört elektrotun elemandaki köşegenlerin uçlarına bağlanmış basit bir kare kuyudur(Şekil 4b). Hall sensörünü bir dirençli wheatstone köprüsü olarak resmedebiliriz(Şekil 4c). Bu yöntem hall sensörünün pratik uygulamalarını daha kolay yorumlanır hale getirir.



Şekil 3. Hall etkisinin şematik gösterimi



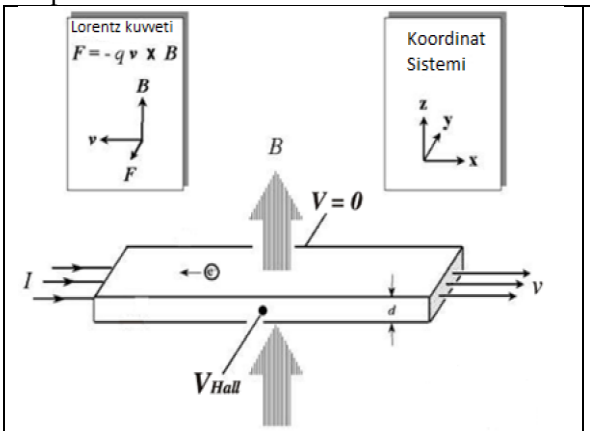
Şekil 4. Silikon Hall etkisi sensörünün yapısına ait örnekler

Genel olarak 4 adet elektrik kontağı ile bağlanmış, elektriksel açıdan iletken malzemelerin her bir parçası Hall aygıtı olarak kullanılabilir. Ancak, pratik uygulamalarda makul ölçüde verimli ve kullanışlı olması için bir hall aygıtı plaka formunda üretilir. Bağlantılar plakanın sınırında, birbirlerinden en uzakta olacak şekilde konumlandırılır. Bunlardan ikisi bağlantı akım kaynağı(E) içindir. Hall gerilimini (Vh) algılamak için kullanılan diğer iki bağlantı ise sıfır manyetik alanda yaklaşık olarak eşit potansiyelleri elde etmek için yerleştirilir, bu durumda algılama bağlantılarında potansiyel fark Hall gerilimine eşittir. Bir Hall plakasının tasarımını ve üretimini basitleştirmek için oldukça simetrik bir şekil, üniform bir malzeme ve plaka kalınlığı olağan olarak seçilir.

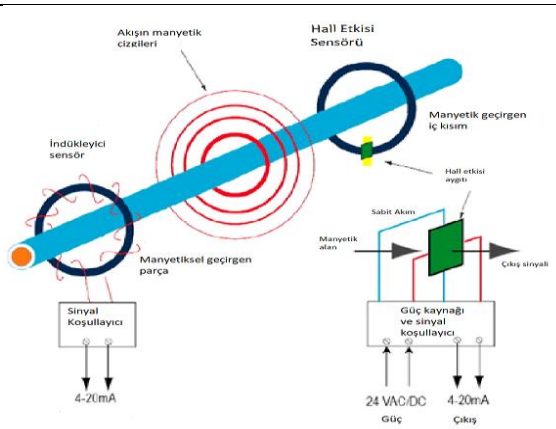
Amerikalı fizikçi Edwin Herbert Hall 1879 yılında hall etkisini; yani katı bir malzemenin elektrik akım taşırken akıma dik bir manyetik alana yerleştirildiğinde katı malzeme üzerinde enine elektrik alan oluşumunu keşfetmiştir. Bu etki yarı iletken malzemelerde metalik malzemelere göre daha güçlüdür. Eğer bir I akımına dik bir B manyetik alanı uygulanırsa, hem alana hem de akım yönüne dik hareketli yüklere etki eden bir Lorentz kuvveti olacaktır (Şekil 2). Bu Lorentz kuvveti bir elektrik alan (Hall Gerilimi Vh) ile tanımlanabilir:

$$V_H = \frac{R_H \cdot I \cdot B}{d} \qquad (1)$$

Formülde d iletken kalınlığını, Rh ise yük taşıyıcılarının sayısıyla ters orantılı olan Hall katsayısını ifade etmektedir. Hall etkisi, yarı iletken malzemelerdeki Lorentz kuvvetinin bir sonucudur. Yarı iletken malzemeli levhanın bir ucundan diğer ucuna gerilim uygulandığında, yük taşıyıcıları v hızıyla akmaya başlar(Şekil 5). Aynı anda levhaya dik bir manyetik alan uygulanırsa, akım taşıyıcıları Lorentz kuvveti tarafından yana doğru sapar. Yan taraf boyunca, ortaya çıkan elektrik alanı, yüklü parçacık q üzerinde Lorentz kuvvetine karşı koymaya yetecek bir kuvvet oluşturana kadar yük birikir. F_l, v ve B nicelikleri vektörel nicelikler olduğundan dolayı hem bir büyüklüğe hem de yöne sahiptirler. Lorentz kuvveti F_l, hız ve manyetik alanı temsil eden vektörler arasındaki vektörel çarpımla orantılıdır, her ikisine de diktir ve pozitif yüklü bir taşıyıcı için v yönünden B yönüne döndürülmüş sağ el vidası şeklinde ilerlemeye sahiptir.



Şekil 5. Lorentz kuvvetinin oluşumu



Şekil 6. Hall etkisi sensörü - otomasyon uygulamaları için akım algılaması

Akım sensörleri, esasen kuvvetli akımlar (yüksek voltaj, yüksek akıma sahip olan) için tasarlanan Hall elemanlarına sahip DC transformatörünün daha da geliştirilmiş halini temsil ederler. Günümüzde elektronik devrelerde, örneğin kapalı çevrim kontrolü ve koruyucu görevler için anahtarlamalı güç kaynaklarında kullanılmaktadırlar. Bu elektromanyetik ölçme cihazları, çeşitli akım dalga formları için boyutlandırılmış, yarıklı, oldukça geçirgen bir nikel-demir toroidal çekirdeğin veya katmanlı bir çekirdeğin boşluğunda düzenlenen bir Hall elemanı içerir. Hall metodu 12 $mA \cdot m^{-1}$'e kadar olan yüksek alanların ölçümü için iyi olmasına karşın yaklaşık 8 $A \cdot m^{-1}$ sınırlı hassaslığa sahiptir.

Galvano manyetik Hall etkili dönüştürücü, indüktif dönüştürücülere bir alternatif olarak görülebilir. Çekirdek, hall etkisi cihazı ve sinyal koşullandırma devresi olarak 3 parçadan oluşur (Şekil 6). Enerji verilmiş hall sensörü çekirdekten manyetik alana maruz kaldığı zaman bir potansiyel fark (gerilim) üretir. Bu fark ölçülebilir, 4-20 mA aralığında süreç seviye sinyallerine veya kontak kapatma sinyallerine yükseltilebilir. Bu sensörler tipik olarak doğru akımla enerjilendirilir, belirli bir aralıkta manyetik akı yoğunluğu ile doğrusal olarak değişen yüksek bir DC çıkışı sağlamaktadır ve günümüzde mükemmel sıfır ve aralık sıcaklık kararlılığına sahiptirler. Ayrıca hafif (0.35 g), küçük ve ucuzdurlar.

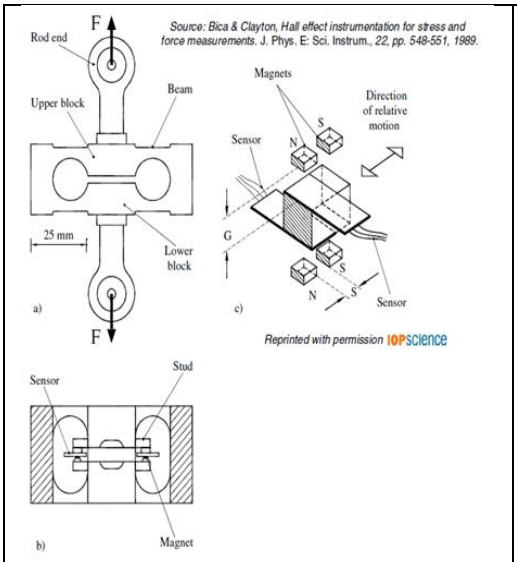
1.1 Hall etkisine dayalı kuvvet ölçme cihazları

Birçok üniversitesinde yapılan araştırmalardan edinilen sonuçlara bakıldığında lineer çıkışlı hall etkisi sensörlerinin kolay ve ucuz bir şekilde jeoteknik laboratuvar aletlerinin özel olarak geliştirilmesi için faydalanılabileceği görülmüştür. Bu cihazlar ölçme cihazlarında algılama elemanı olarak:

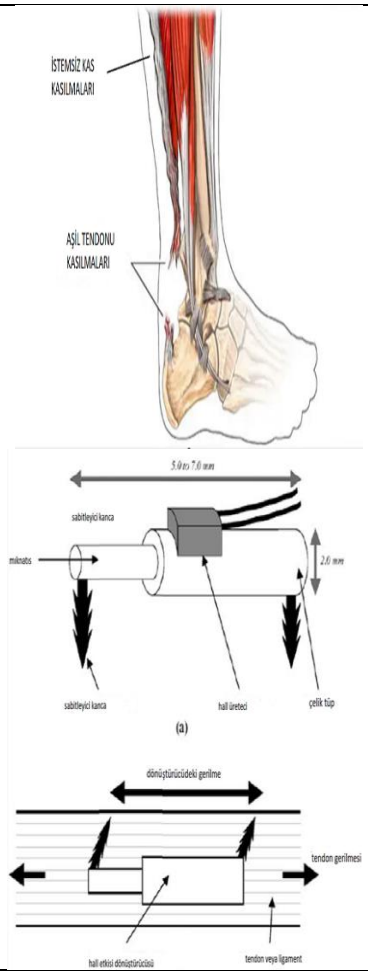
- Eksenel ve radyal yer değiştirme
- Ortaya çıkan normal ve kesme gerilmeleri
- Genel kuvvetleri ölçmek için kullanılırlar.

Bu ölçümler ilgili sensörün geometriye göre uygun konumlandırılması sonucunda yapılabilir. Sensörden alınan elektriksel çıktı değişimi sonucunda gösterge cihazından ilgili ölçüm sonucu alınır.

Şekil 7a ve 7b'de birkaç ince kirişle birbirine bağlanan iki katı bloğun eğilme yer değiştirmelerinin ölçümü hedeflenmiştir. Doğrusal çıkışlı Hall etkisi sensörleri daha sonra bir bloğa yapıştırılan küçük çelik saplamalara bağlanmıştır. Benzer şekilde mıknatıs çiftleri karşı bloğa bağlanmıştır Şekil 7c'de kuvvetlerin ölçümünde faydalı olan iki sensör ve dört mıknatıstan oluşan bir konfigürasyon gösterilmektedir. Bu konfigürasyonda, her sensör, bir çift mıknatısa göre, önce bir manyetik kutbun üzerinden ve ardından karşıt kutup üzerinden geçecek şekilde yer değiştirir. Ortaya çıkan çıktının yer değiştirme ile arasındaki ilişki her bir sensör için mıknatıslar arasındaki ayrılmanın ortasına (S) doğru doğrusaldır. Hassasiyet (yaklaşık 15 mV/μm'ye kadar) mıknatıs çifti arasındaki mesafeyi sıfıra kadar azaltarak ve sensör ile mıknatıs çifti arasındaki G adı verilen boşluğu mümkün olan en düşük değere (yaklaşık 0,1 mm) düşürerek artırılabilir. Düşük maliyetli bir seçenek olarak lineer çıkışlı Hall etkisi sensörlerini kullanarak bu sensöreler yeniden tasarlanabilir. Bu sensörlerin geleneksel dirençli uzama ölçerli cihazlardan çok daha yüksek tam ölçekli çıktı elde etme avantajı da vardır.



Şekil 7. Hall etkili kuvvet dönüştürücü, a) yan görünüm b) orta kesit c) Bir çift Hall sensörü yapısı

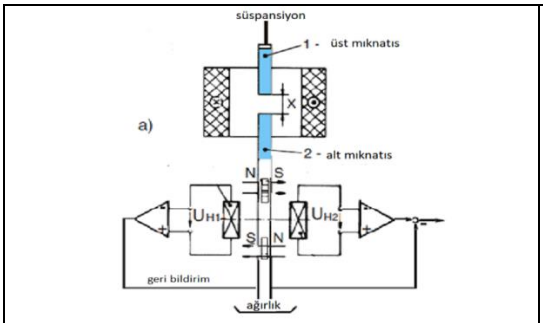


Şekil 8. Hall etkisi dönüştürücünün şematik diyagramı (a) Hall etkisi dönüştürücünün şematik görünümü ve boyutları. (b) Dönüştürücünün tendon veya bağ içindeki konumu.

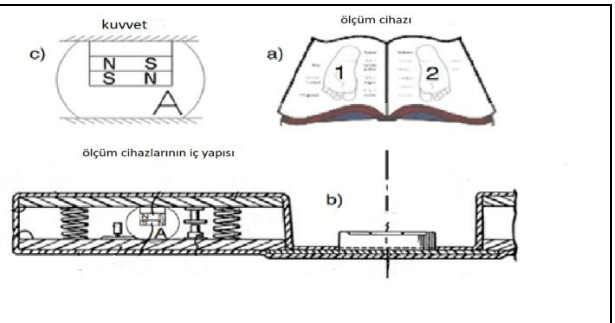
Vücudun yumuşak dokularının mekanik davranışının ölçümü için yumuşak vücut dokusuna değiştirilebilir implantasyon için uyarlanmış bir cihaz yapısı Şekil 8'de sunulmaktadır. Cihaz, bir manyetik çekirdeğin doğrusal hareketini algılayan bir Hall etkili gerinim dönüştürücüsünden oluşur. Kancalı kuvvet dönüştürücü, doku liflerinin dönüştürücünün yanlarına doğru sıkışmasını algılayan, mil gövdesi içinde yer alan basınç sensörlerine sahiptir. Hall etkisi gerinim dönüştürücüsü ve kancalı kuvvet dönüştürücünün kombinasyonu, operatörün aynı anda belirli bir yumuşak doku üzerindeki gerilimi ve kuvveti ölçmesine olanak tanır.

Hall etkisi gerinim dönüştürücüsü, teflonla kaplanmış ve bir Hall jeneratörüne Şekil 9'daki gibi bağlanmış çelik bir boru olarak düşünülebilir. Manyetik bir çekirdek veya manyetik olarak yüklenmiş bir metal tel, tüp içinde serbestçe kayar. Tüpün bir ucu bir sabitleme pimine bağlanmıştır ve mıknatısın uzak ucu da benzer şekilde sabitlenmiştir. Sabitleme pimleri, transdüserin tendon veya bağa bağlanmasına hizmet eder. Dönüştürücü sinyali, yani Hall jeneratörü çıkış voltajı, manyetik alan kuvveti ve manyetik çekirdek yer değiştirmesi ile orantılıdır. Bir üniversitede yapılan çalışmada esnek bir eklem ile birbirine bağlanan iki tartım düzeneğinden (Şekil 10b) oluşan hafif ve taşınabilir bir "kitap terazisi"ni (Şekil 10a) ortaya çıkarmıştır, böylece iki düzenek kompakt bir kasa oluşturmak üzere birbirine doğru katlanabilmektedir. Ağırlık ölçümü, bir Hall etkisi sensörü (Şekil 10c) ile platform üzerine monte edilmiş mıknatısların hareketinin neden olduğu manyetik akı yoğunluğundaki değişimi ölçen her montaj işleminde yapılabilir. Hall etkisi sensörlerinden gelen çıktı toplanır ve toplam ağırlık dijital bir okumada görüntülenir.

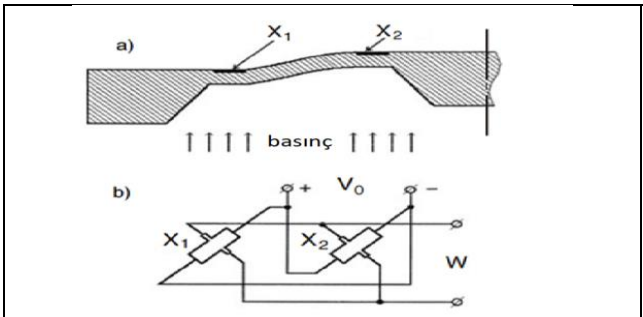
Çalışma prensibi enine elektromotor kuvvet etkisine dayanan diğer modern silikon basınç dönüştürücülerinin (Şekil 11) hassas elemanı, genellikle Wheatstone piezo dirençli köprü ile birlikte kullanılır. Dört terminal ölçer veya enine voltaj gerinim ölçer (TVSG) olarak bilinen hassas eleman, iki akım ve iki potansiyel terminali olan tek bir piezo dirençli eleman formuna sahiptir.



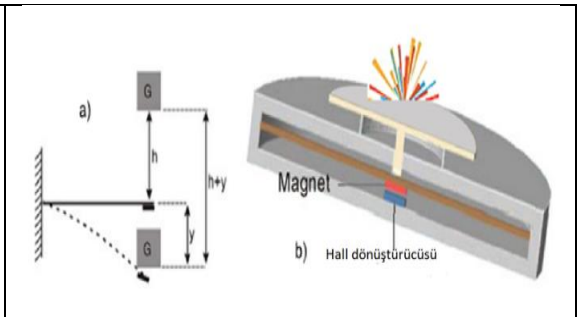
Şekil 9. Galvanomanyetik dönüştürücülerle dikey (a) ve yatay (b) konumlandırma için Hall cihazlarının şekli ve devresi



Şekil 10. Platformun altına monte edilen Hall cihazlarına (b) dayalı tartım için bir "açık kitap" (a), Galvano manyetik algılama cihazları ile ilgili detay (c).



Şekil 11. a) Diyaframın ince parçasının iki tarafına yapıştırılmış kare şekilli piezo dirençli dönüştürücüler, b) Bunlar yarı-Hall topolojisine sahip iki paralel bağlı dört terminalli piezo dirençli dönüştürücü gibi bağlanabilirler



Şekil 12. a) Konsol kirişe düşen bir ağırlık, b) Hall etkisi sensörüne dayalı bir şok dönüştürücü

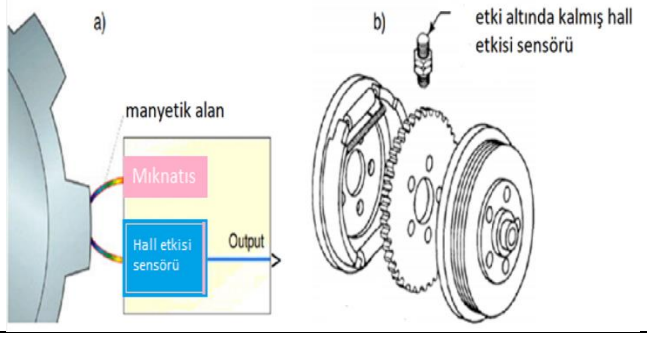
Serbest düşme durumunda olan bir ağırlık, yörüngesi üzerinde örneğin bir konsol kiriş gibi bir engelle karşılaştığında, sistemin bu iki parçası arasında bir enerji transferi yapılacaktır. Pratik olarak, yer değiştirme sırasında (Şekil 12a) depolanan potansiyel enerji, parabolik bir formüle göre kirişe aktarılacaktır:

$$m \cdot g\,(h+y) = 0.5\,k_H \cdot y^2 \qquad (2)$$

m kütle [kg], g – yerçekimi ivmesi [m/s^2], h – fırlatma yüksekliği [m], y – kirişin yer değiştirmesi [m] ve k_H – elastik sabit [N/m] .

Şekil 12b'de çift konsol kirişe dayalı bir şok dedektörü sunulmaktadır. Cihaz, üstten başlayarak şu bileşenlerden oluşmaktadır: Algılama plakası, yay, elastik kiriş, kalıcı mıknatıs ve Hall etkisi dönüştürücü ve dedektör kasasıdır. Düzlemsel bir konfigürasyonda hareketli düzeneğin en önemli parçası, algılama elemanının doğru çalışması için gerekli olan manyetik alanı oluşturma rolüne sahip olan uyarma bobinidir. Sabitleme tertibatı, iletken ve manyetik olmayan malzemeden yapılmalı, ancak aynı zamanda parazit dış titreşimini de absorbe edebilmelidir. Dedektörün ana parçası bir Hall etkili dönüştürücüsüdür. Sinyal işleme devreleri, dönüştürücü ile aynı çip veya film üzerine entegre edilmiştir. Dönüştürücü, manyetik alanla etkileşim, ölçülebilir, tekrarlayan ve işlenmesi kolay bir Hall voltajı oluşturacak şekilde yerleştirilir.

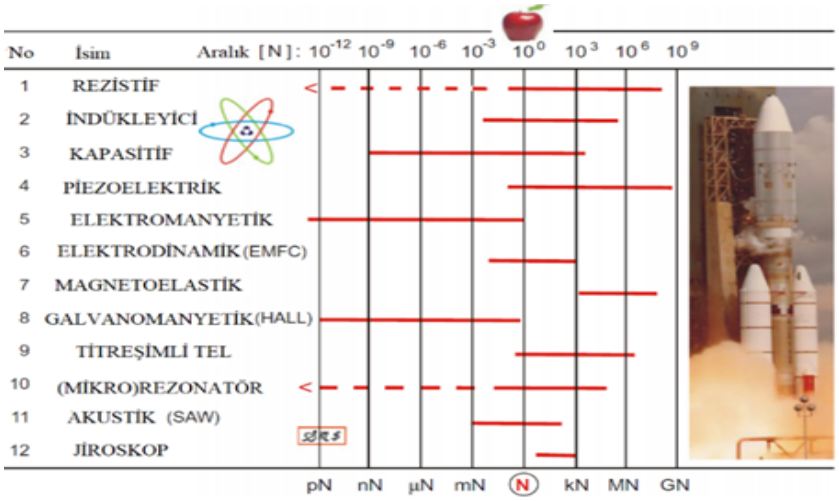
Hall etkili takometrik dönüştürücü [14], vites hızı sensörünün dahili manyetik alanındaki değişikliklerini algılayan çok çeşitli ölçüm frekanslarına sahiptir (Şekil 13a). Kolay kurulum, yağ ve su geçirmezlik özellikleri, bu tip dönüştürücülere otomobil, gemi, elektrik ve petrokimya gibi çeşitli endüstrilerde geniş uygulamalar sağlamıştır.



Şekil 13. a) Çift kirişli kuvars rezanatörlü kuvvet dönüştürücü genel yapısı, b) tek bağlantılı silikon MEMS rezonatör

GALVANO MANYETİK KUVVET DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN KULLANIM ALANLARI

Manyeto rezistörler, Hall etkisi sensörlerden daha büyük bir manyetik alanı tespit ederler. Ancak hall etkisi sensörleri, mekanik kuvvetlerin ölçümü ile ilgili daha geniş bir uygulama alanının kullanılırlar. Hall etkisi cihazları, tüm elektromanyetik kuvvet dönüştürücüleri arasında en iyi doğrusallığa sahiptir. Bir kaynakta ise galvano manyetik tip kuvvet dönüştürücüler 10^{-12} N ile 10^{0} N aralığında ölçüm yapabilmektedir (Şekil 11). Ölçüm aralığı genel olarak küçük kuvvetlerde olup iyi bir hassasiyet ve yüksek çözünürlük avantajları sunarlar.



Şekil 14. Kuvvet dönüştürücülerinin ölçüm prensiplerine göre ölçüm aralıklarının gösterimi

SONUÇLAR

Galvano manyetik kuvvet ölçme cihazları diğer kuvvet ölçme cihazlarına göre düşük kuvvet değerinde daha yaygın bir ölçüm aralığına sahiptir. Bunun yanında yine diğer ölçme cihazları ile karşılaştırıldığında sahip oldukları yüksek doğrusallık değeri önemli bir avantaj oluşturmakta ve sağlık, tarım, ulaşım vb. alanlarda uygulama imkânının çeşitlenmesinde etkili olmaktadır. Bu çalışmada Hall etkisi ile çalışan Galvano manyetik kuvvet ölçme cihazlarının çalışma prensibi açıklanmış ve endüstriyel kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışma Galvano manyetik kuvvet dönüştürücüleri ile ilgili uygulama ve araştırmalar için bir rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Aydemir B. (2021), *Kuvvet Kalibrasyon Rehberi*, TÜBİTAK UME, Eylül 2021.
[2] Aydemir B., Dizdar H., Vatan C., (2017), *Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı, G2KV-010*, TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Aralık 2017.

[3] Bica, A.V.D., Clayton, C.R.I.: Hall effect instrumentation for stress and force measurements. J. Phys. E: Sci. Instrum. 22, 548–551 (1989)
[4] Boll, R., Borek, L.: Magnetic sensors of new materials. SIEMENS Forschungs- und Entwicklungsberichte 10(2), 83–90 (1981)
[5] Boatright, J.R., Peindl, R.D.: Apparatus and method for measuring abduction strength of a patient's thumb. US Patent: 5471996-95
[6] Stefanescu, D. M. (2011), *Handbook of Force Transducers*, Berlin: Springer-Verlag.
[7] Ştefănescu, D.M. (1999), *Methods for increasing the sensitivity of strain gauge force transducers*. PhD dissertation (160 pages, 26 tables, 86 figures and 336 references), Universitatea "Politehnica" Bucureşti, Romania.
[8] Hauptmann, P. (1991), *Sensors: Principles and Applications*. Carl Hanser Verlag, Munich.
[9] Hunt, A. (1998), *Guide to the Measurement of Force*. The Institute of Measurement and Control, London.
[10] Hall Effect Sensing and Application. PDF Hallbook Honeywell (January 28, 2004)
[11] Interface Electronic Circuits,09.05.2022 tarihinde https://www.philadelphia.edu.jo/academics/kaubaidy/uploads/Sensor-Lect5.pdf adresinden alındı.
[12] Katasak, J, High performance current sensing for automation applications – Hall effect sensor. Images/current-sensor. gif, NK Technologies, San Jose, CA (2010)
[13] Nguyen Anthony, Hall Effect Proximity Switches, 09.05.2022 tarihinde https://infinispark.com.au/5-things-you-need-to-know-about-inductive-and-hall-effect-sensor-proximity-switches/ adresinden alındı.
[14] Sun, Y., Lin, J., Ma, D., Zeng, Q., Lammers, P.S.: Measurement of penetration force using a Hall current-sensor. Soil and Tillage Research 92(1-2), 264–268 (2007)
[15] Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Elektro Manyetik Kuvvet Ölçme Cihazı Yapısının ve Kullanım Yerlerinin İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
[16] Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Manyeto Elastik Kuvvet Ölçme Cihaz Yapılarının İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey
[17] Akbas F., Güler F., Aydemir B., (2021). "*Kapasitif Etki Prensipli Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Türleri ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi*", 6th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2021) October 25-27, 2021, Alanya Antalya/Turkey, p. 275-281
[18] Aydemir, B., Ayan, E., Elmas, B.S., Dizdar, H. (2019), Piezoelektrik Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Avantajları ve Kalibrasyonu, 4th International Mediterranean Science and Engineering (IMSEC 2019), Alanya/Turkey.
[19] Aydemir, B., Elmas, B.S., Ayan, E., (2019), Jiroskopik Kuvvet Ölçme Cihazlarının incelenmesi, IMASCON spring 2019, Kocaeli/Turkey.

CONSEQUENCES OF COVID-19 ON FOREIGN DIRECT INVESTMENT

Alma ZISI
Department of Economics, Faculty of Business, University "Aleksander Moisu", Durrës
alma_zisi@yahoo.com

Bitila SHOSHA
Department of Finance and Accounting, Faculty of Business, University "Aleksander Moisu", Durrës
bitilashosha@yahoo.com

Abstract
Foreign direct investments are support for the economic growth of countries because, with the potentials they have, FDI creates new jobs, brings innovation, transfers technology, etc. The contributions of Foreign Direct Investment (FDI) to the Albanian economy have been increasing in recent years, mainly in the energy sector and the processing industry. But the spread of the pandemic was accompanied by many uncertainties and many impacts on human health, social aspects and economic development of countries around the world. Albania also faced the consequences of the Corona virus pandemic (COVID-19). As a result of the pandemic, the FDI flow fell significantly during 2020. According to Bank of Albania data, foreign direct investment flows fell by 11%, although this decline was within the UNCTAD forecast. This study examines how COVID-19 damages have impacted foreign direct investment in Albania. the difficulties faced by investors and the prospects of foreign direct investment in the future.

Key words: *COVID-19, foreign direct investment, economic growth, Albania.*

Introduction

Health pandemics have always been associated with uncertainty and negative impacts on the economies of different countries. Even with the outbreak of the COVID-19 pandemic, all countries of the world were concerned about the impact that this pandemic would have both economically and socially. The rapid spread of the corona virus meant that the world would not only face a health emergency, but also profound lifestyle changes. Due to the lack of information on what the consequences of the COVID-19 pandemic would be, the prediction was very difficult, due to external factors such as: the extent and impact of interventions such as social isolation, progress in developing a vaccine, changes in human behavior etc. (World Bank, 2020).

The new reality that people had to face found them unprepared and their reactions were different. A large part of these reactions were reflected in economic aspects, leaving the world in the face of a real economic crisis. The fear that people began to feel greatly influenced their way of life, the products they sought in the market and the way they interacted with the market. Based on previous studies, it is observed that pandemics are likely to occur at intervals of 10-50 years and come as a result of biological changes of viruses which in themselves create their own subspecies (Potter, 2001). Risk mitigation decision making is a process based on risk assessment and exposure to it (Bruinen de Bruin et al., 2007). Socio-economic, epidemiological, health, political and technological aspects need to be considered simultaneously in order to establish rules for COVID -19 risk mitigation.

The COVID-19 pandemic would affect many sectors of the economy such as health, education, tourism, trade, etc. All countries would have to deal with economic recession, unemployment, lower savings, rising inequality, debt, and so on. According to the forecast of the International Monetary Fund (IMF), for 2020, the global economy would shrink by 4.4 percent. This is the largest decline since the Great Depression of 1930. Major advanced economies, which account for 60% of global economic activity, are projected to operate below their potential output by 2024, indicating economic prosperity, lower national and individual levels compared to pre-pandemic levels (Jackson et al., 2021).

Even in Albania, the COVID-19 pandemic would cause a major shock. Since the confirmation of the first case on March 9, 2020, the Albanian government declared a state of natural disaster until June 23.

People who suffer from chronic diseases, those with disabilities, the elderly, women and victims of domestic violence, minorities, people affected by the earthquake are those who face the greatest risk of COVID-19 (Gjermeni and Lika 2021). Its impact, the COVID-19 pandemic, was manifesting itself in all sectors of the economy, reflecting a decline in GDP. Market providers began to have problems with raw material supplies initially as a result of the isolation or closure of borders, which was practiced by the governments of many countries. Many states practiced the temporary closure of various businesses causing many businesses to face difficulties and consequently a good portion of people to lose their jobs. Some other businesses started operating from home (online) in order to minimize economic losses. The double shock, demand and supply, will be reflected in the decline of economic activity during 2020 and beyond (Djurovic, G. 2020).

The purpose of this study

COVID-19 will continue to have a strong impact in all economical und social indicators. Considering the fact that COVID-19 is now part of our life and we are learning to adapt with it, we have done this study having in focus the impact of the pandemic at FDI in Albania. The purpose of this study is to give general view of global pandemic impact of COVID-19 in FDI in Albania, the well-being of the economy, focusing on difficulties faced by investors and foreign direct investment prospects in the future.

The paper is organised as follows. Section 2 reviews the literature on the impacts caused by health pandemics on FDI. Section 3 presents methodology of the study. Section 4 presents and discuss the Impact of COVID-19 on Foreign Direct Investment in Albania. Section 5 concludes the study with key findings and implications.

Literature Review

Foreign direct investments occupy a large place in theoretical approaches as, with the potentials they have, FDI is seen as one of the key factors in economic development. According to Wang (2009) FDI has positive effects on the host economy, as it transfers advanced technology and influences best management practices of leading-administration. Moosa (2002) analyzes the effects of FDI in host countries, emphasizing that FDI has a positive impact on capital inflows, output growth, etc. Borenstein, De Gregorio & Lee (1995) addressed the link between FDI and human capital and concluded that FDI has a positive impact on economic growth only if countries possess a certain level of human capital. The relationship between FDI and human capital has been measured by Borenstein, De Gregorio & Lee (1998) empirically. Although there are objections regarding the positive impact of FDI on the economies of host countries (Saltz, 1992), it is generally agreed that FDI promotes job creation, innovation and the use of more advanced technologies influencing economic growth (OECD, 2020).

But 2020 was not a year like any other. The spread of the COVID-19 pandemic would cause major challenges both socially and economically. The effects of the pandemic would also be seen in foreign direct investment flows causing a significant decline. According to UNCTAD forecasts, the COVID-19 pandemic during 2020 would bring about a 40 percent reduction in foreign direct investment flows (UNCTAD, 2020a). More than two-thirds of multinational corporations (MNEs) reported the impact of COVID-19 on their business (ITM, UNCTAD 2020). The COVID-19 crisis was conveying a high level of uncertainty to investors, severely damaging their confidence (Saurav, et al., 2020).

Ho and Gan (2021) investigate the impacts of health pandemics on FDI net inflows using the new pandemic uncertainty measure WPUI in 142 economies from 1996 to 2019. The findings of this paper show that the behavior of international firms is significantly affected by pandemic uncertainty by reflecting declining FDI inflows to host countries. Even in their study Chaudhary et al., (2020) point out that the COVID-19 pandemic has affected the reduction of FDI inflows. Until 2019, FDI in Nepal was on the rise but the Covid-19 pandemic reduced FDI inflows and affected Nepal's economic development. Leading economists have expressed in unanimity that the COVID-19 pandemic will bring about a greater recession than the 2008 financial crisis unless various measures are taken to better protect and cope with this situation. Most governments through support policies have sought to facilitate and recover the economy (Vaitilingam, 2020). The main supportive policies of governments for private sector

recovery are: tax relief (including tax cuts, tax credits, and deferred payments) and financial support (low interest loans, grants, broad-based subsidies and loan guarantees) (Saurav, et al., 2020).

In their paper Alfaro and Chen (2012) addressed how multinational subsidiaries around the world responded to the crisis compared to local enterprises. The findings showed that foreign-owned subsidiaries, including small and medium-sized enterprises, can show greater resilience during crises thanks to their connections and access to the financial resources of their parent companies.

Methodology

The working methodology is the way of proceeding for the collection of data, the instruments used for the evaluation of this data in relation to the interests of our study. This study is based on certain stages which enabled the recognition of the context for the assessment and impact of the pandemic (COVID -19) of FDI in Albania, the difficulties faced by investors and the prospects of foreign direct investment in the future. The realization of this study begins with a review of the contemporary literature of foreign and domestic authors on this phenomenon. Based on the valuable work of all researchers who have analyzed and addressed the impact of COVID -19 on FDI as well as including the latest statistical data published in various reports, it was possible to determine the problems of the study.

The rest of the paper consists of a descriptive analysis of the Impact of COVID -19 on Foreign Direct Investment: Albania Case. Secondary data from sources such as the Bank of Albania, the Institute of Statistics, the World Bank, the OECD, etc. were used for the analysis. Through secondary research, researchers can identify and understand how their peers have previously approached the focus of the topic. Secondary data collection is recommended to reinforce the results of a study, making the findings more convincing. Secondary research also allows researchers to collect data in a shorter period and at a lower cost. In the end, conclusions are reached, which are also compared with the bibliographic conclusions underlined at the beginning of the study. Our small contribution regarding the forecast, analysis but also conclusions for the future of FDI in pandemic conditions would be valuable for other studies.

Impact of Covid-19 on Foreign Direct Investment: Albania Case

Nowadays, developing countries pay a lot of attention to foreign direct investments, as these investments play an important role in economic development. Among the main advantages of FDI, in the host countries, we can mention the transfer of technology, the promotion of competition in the country, the creation of new jobs, the economic growth of the host countries, etc.

Foreign Direct Investment in Albania began to appear mainly after the 90s, but only after the 2000s began to grow significantly. The governments of our country have undertaken and implemented favorable policies to promote FDI such as improving the legal and institutional framework, stability and sustainable economic growth, infrastructure improvements, improvements in the business climate, etc. The Albanian Investment Development Agency in Albania (AIDA) estimates that some indicators such as geographical position, free market access, legal framework supporting FDI, competitive workforce favor the promotion of foreign investments in Albania.

But the spread of the COVID-19 pandemic would bring a second major shock to the entire country, as in November 2019 Albania was hit by a high magnitude earthquake. These shocks would have impacts on both health, social and economic aspects for all. As everywhere in the world, in Albania, the COVID-19 pandemic was accompanied by a significant decline in GDP. As can be seen from the figure below, during the second quarter of 2020, Albania experienced a large decline in GDP due to the effects of the pandemic. According to INSTAT, after the COVID-19 pandemic, GDP during 2020 fell by 3.31% compared to 2019.

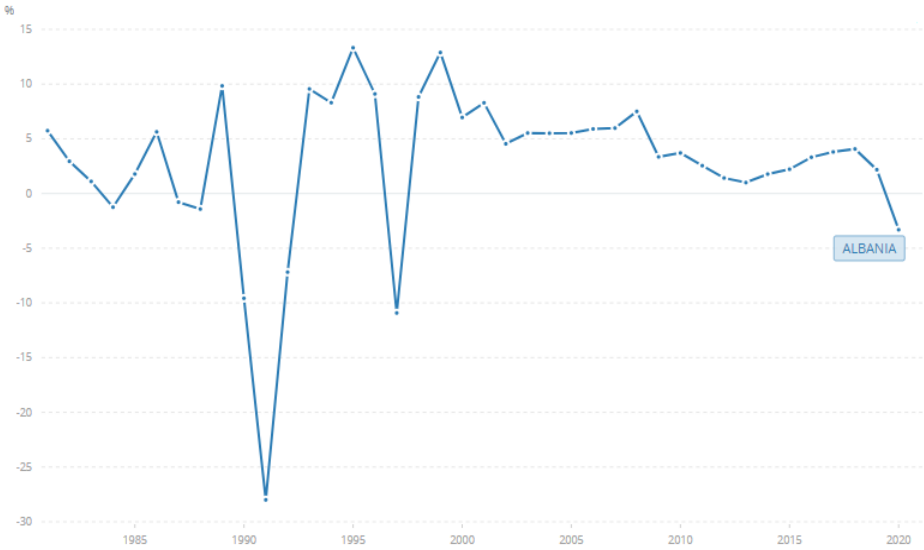


Figure 1: GDP Growth in Albania

Source: World Bank, 2021

The impact of the COVID-19 pandemic on domestic demand and supply caused economic activity to decline. The downturn in the economy was accompanied by a contraction in public and private investments, private and public consumption, and a sharp decline in exports of 35%. Important branches of the Albanian economy, such as trade, transport and hospitality services, fell by 27%. One of the sectors most affected by the pandemic was tourism due to the restriction of tourist movements. In July 2020, the number of foreign tourists had decreased by 61.5% compared to last year (OECD, 2020).

Due to the impact of the COVID-19 pandemic, foreign direct investment flows declined. As seen in the figure below, for the second quarter of 2020, foreign direct investment flows fell by approximately 11% compared to the same period in 2019 (AIDA, 2021). Foreign direct investments in Albania come mainly from Italy, Switzerland, Canada, Netherlands, Greece, Turkey, Austria, etc. The dependence of FDI on countries of origin means that FDI inflows will decline because these countries are severely affected by the COVID-19 pandemic. Since 2015, the stock of FDI in Albania has maintained an increasing trend until the fourth quarter of 2019. The impact of the COVID-19 pandemic can be seen in the figure below, where during the second quarter of 2020, investment flows. Foreign direct investment fell by approximately 11% compared to the same period in 2019. During the first quarter of 2021 there is a decrease in FDI inflows by 1.3% compared to a year ago, while the stock of FDI was increases by 14.7% (AIDA, 2021).

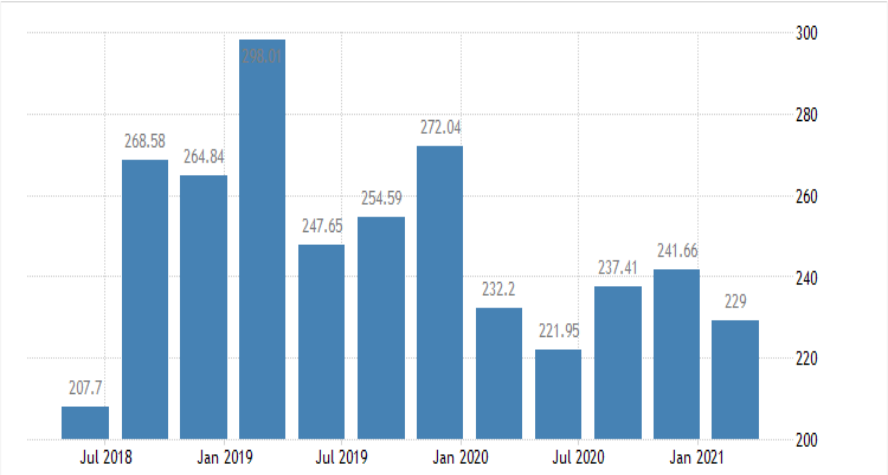


Figure 2: Flow of Foreign Direct Investment in Albania

Source: TRADINGECONOMICS.COM / Bank of Albania, 2021

Regarding the main investment countries in Albania, we can say that they have changed over time. For example, Greece was the country with the most foreign direct investment in Albania, while in 2018 we see Switzerland with the highest stock of FDI. The stock of foreign direct investment, from Switzerland, has been increasing from 2014 to 2020 (Bank of Albania, 2020). Currently, the main investment countries with the highest values of the direct investment stock, according to the Bank of Albania, are: Switzerland (with investments related to the Trans Adriatic Pipeline) and the Netherlands (Hydropower plants on the river Devoll).

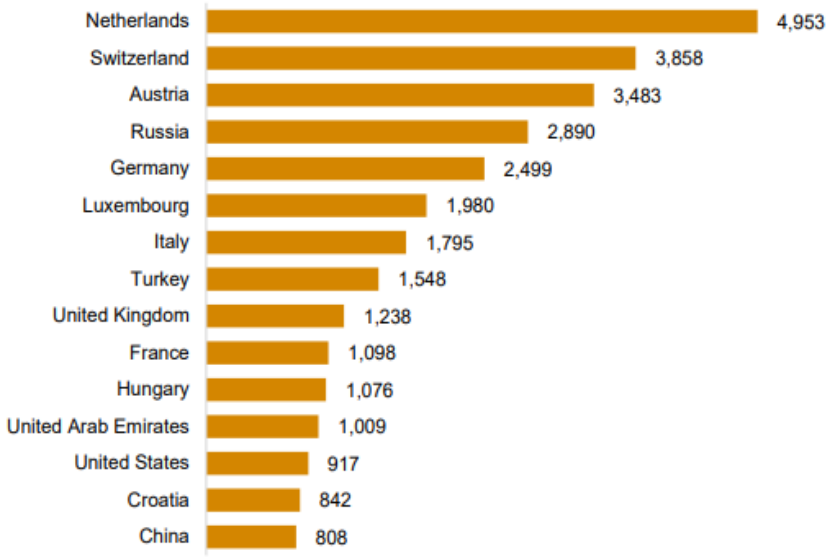


Figure 3: FDI inflows by country of origin (EUR million)
Source: wiiw FDI database, (2013-2019)

Foreign direct investment is mainly in the oil, metal or, infrastructure, construction and telecommunication sectors. The most attractive sectors for FDI remain Electricity, Mining and Quarrying Industries.

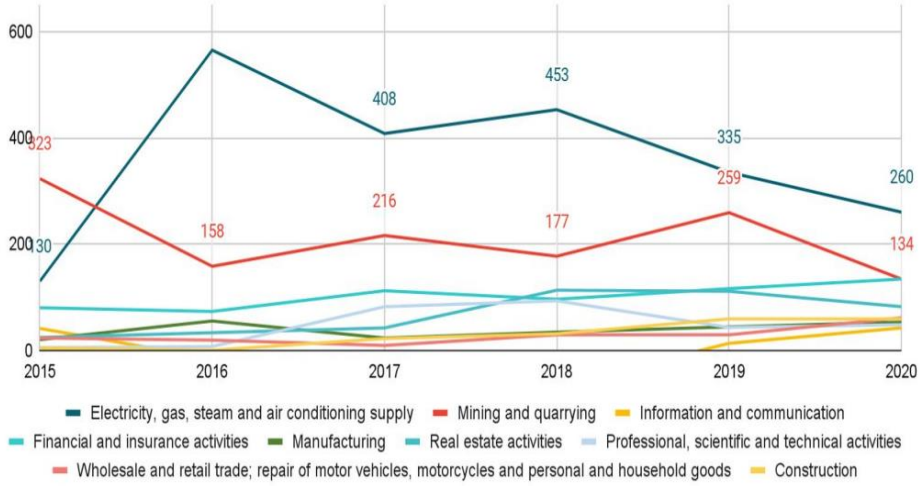


Figure 4: FDI flows according to economic activity
Source: AIC / Bank of Albania (2021)

It takes time for economic activity to return to normal, as this depends on the duration of the COVID-19 pandemic and the intensity with which new variants of the virus continue to emerge. In order to

increase the levels of foreign direct investment in Albania, but not only, the security and trust of investors must be increased.

Conclusion

Foreign direct investments are support for the economic growth of countries because, with the potentials they have, FDI creates new jobs, brings innovation, transfers technology, etc. The contributions of Foreign Direct Investment (FDI) to the Albanian economy have been increasing in recent years, mainly in the energy sector and the processing industry. In order to attract as many investors as possible, special state agencies such as AIDA have been set up focused on facilitating and supporting foreign direct investment in Albania.

But the spread of the pandemic was accompanied by many uncertainties and many impacts on human health, social aspects and economic development of countries around the world. Although a year has passed since the spread of the COVID-19 pandemic, there are still many questions ahead: how long will the pandemic last, will new variants of the virus continue to appear, will vaccines be able to curb the spread of the virus?

In order to prevent the spread of the virus all countries applied various restrictive measures. The imposition of these restrictive measures, on one hand, slowed down the spread of the virus, but on the other hit hard the economies. Even in Albania, the COVID-19 pandemic would affect many sectors of the economy such as health, education, tourism, trade, etc. reflecting concern and insecurity. According to Bank of Albania data, foreign direct investment flows fell by 11%, although this decline was within the UNCTAD forecast.

As FDI is an important pillar for the country's economy, measures must be taken to recover foreign direct investment in Albania. For the country's recovery, after the spread of the COVID-19 pandemic, the European Union allocated to Albania 4 million Euros of immediate support for the health sector and 46.7 million Euros of support for social and economic recovery (Jovanović, et al., 2021). Albania will continue to provide support to all foreign and domestic investors by encouraging investments in strategic sectors that will affect the country's economic development. Attracting and supporting foreign direct investment in key sectors such as tourism, manufacturing and energy will help increase the confidence of foreign investors and accelerate the country's economic growth. An important conclusion relates to the measures taken to prevent the virus on the one hand and the negative effects they have on the level of FDI decline, thus leading to an economic depression. Although much of the restrictions imposed to prevent the spread of the COVID-19 pandemic have been minimized, consumer reluctance will continue to slow economic growth for much longer even after the end of the COVID-19 pandemic.

References

AIDA (Albanian Investment Development Agency) www.aida.gov.al

Alfaro, L. and M. Chen (2012), "Surviving the Global Financial Crisis: Foreign Ownership and Establishment Performance," American Economic Journal: Economic Policy, 4(3): 30-55.

Borenstein, De Gregorio, E. & Lee, J. W. 1998. "How does foreign direct investment affect economic growth"?, *Journal of International Economics* , vol. 45, fq. 115-135.

Borenstein, De Gregorio, J. & Lee, J. W. 1995. "How does FDI affect economic growth"?, *Journal of International Economics* , Working paper, Nr. 5057.

Chaudhary, M.K., Ghimire, R.P., & Ghimire, D.M., (2020). "Impact of Covid -19 Pandemic on Foreign Direct Investment in Nepal from South Asian Perspectives," JDE (*Journal of Developing Economies*), Vol. 5 (2), 137-146

De Bruin. B, Y., Hakkinen, P., Lahaniatis, M. (2007), "Risk management measures for chemicals in consumer products: documentation, assessment, and communication across the supply chain". *J Expo Sci Environ Epidemiol* 17, S55–S66.
https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500587

Djurovic, Gordana (2020), "Analysis of economic and social consequences of the covid-19 pandemic in Western Balkans Administrations" *ReSPA project* https://www.researchgate.net/publication/344724153

Gjermeni, Erik and Lika, Alban (2021), "COVID-19 Impact in the Western Balkans Deep-dive in Albania and how the pandemic impacted the SDG's"
https://statswiki.unece.org/download/attachments

Ho, Linh Tu, and Christopher Gan. (2021). "Foreign Direct Investment and World Pandemic Uncertainty Index: Do Health Pandemics Matter? *Journal of Risk and Financial Management* 14: 107. https://doi.org/10.3390/jrfm14030107

International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook, October 2020.

Jackson . J, Weiss. M, Schwarzenberg. A, Nelson. R, Sutter. K, Sutherland. M, (2021), "***Global Economic Effects of*** *COVID-19"* Retrieved from Congressional Research Service website: https://fas.org/sgp/crs/row/R46270

Jovanović. B, Ghodsi. M, Zijverden. O, Kluge. S, Gaber. M, Mima. R, Hasić. B, Lalović. O, Ibrahimi. M, Manova Stavreska. A, Nikolova. S, Ćulafić. B, Vasić. J and Mandić. M (2021). Getting Stronger After COVID-19: Nearshoring Potential in the Western Balkans (Research Report 453). The Vienna Institute for International Economic Studies. *https://wiiw.ac.at/getting-stronger-after-covid-19-nearshoring-potential-in-the-western-balkans-p-5814.html*

Moosa, I. A. 2002. *Foreign Direct Investment Theory, Evidence and Practice.* Palgrave Macmillan.

OECD (2020), *THE COVID-19 CRISIS IN THE WESTERN BALKANS*
https://www.oecd.org/south-east-europe/COVID-19...

Potter, C. W., (2001). "*A history of influenza"*, Journal of applied microbiology.

Saltz, I. S. (1992). The negative correlation between foreign direct investment and economic

Saurav, Abhishek; Kusek, Peter; Kuo, Ryan.April, (2020). "The Impact of COVID-19 on Foreign Investors: Early Evidence from a Global Pulse Survey," World Bank, Washington, DC.
https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33774

Saurav, Abhishek; Kusek, Peter; Kuo, Ryan, and Viney, Brody. September, 2020. *The Impact of COVID-19 on Foreign Investors:*
Evidence from the Second Round of a Global Pulse Survey", World Bank, Washington, DC.
https://blogs.worldbank.org/psd/impact-covid-19-foreign-investors-evidence-second-round-global-pulse-surve

UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (2020a) World Investment Report 2020: International Production Beyond the Pandemic. Geneva: UNCTAD

UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (March, 2020) Investment Trend Monitor:IMPACT OF THE CORONAVIRUS OUTBREAK ON GLOBAL FDI" https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/diae_gitm34_coronavirus_8**march2020**.pdf

Vaitilingam, R. (2020). Likelihood of a corona virus recession: Views of leading US and European economists. VoxEU.

Wang, M. 2009. "Manufacturing FDI and Economic Growth: Evidence from Asian economies", *Applied Economics*, fq. 991-1002.

World Bank (2020): "The Economic and Social Impact of COVID-19 for Western Balkans Regular" ECONOMIC REPORT No.17 Spring 2020.

NANO-DELİKLİ PLAZMONİK ANTEN TABANLI PEROVSKİTE GÜNEŞ PİLİ TASARIMI

Sare Nur Çuhadar
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Bölümü
sarenurcuhadar22@gmail.com, 0000-0003-4461-877X

Habibe Durmaz
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik-Elektronik Bölümü
hdurmaz@kmu.edu.tr, 0000-0002-5929-861X

Özet
Organik ve inorganik metal halojenürlerden oluşan perovskit güneş pilleri birçok avantaj sağlayan özelliğe sahiptir. Bu özellikler düşük eksitosin bağlanma enerjisi, yüksek soğurum, soğurum bölgesinin geniş olması, difüzyon mesafesinin uzun olması, eksitosin bağlanma enerisinin düşük olması şeklindedir. Bahsettiğimiz avantajların yanı sıra optoelektronik cihazların geliştirilmesinde büyük bir kullanım potansiyeline sahip olduklarından dolayı günümüzde yoğun ilgi görmektedirler. Ek olarak kullanılan malzeme bileşenlerinin doğada fazla bulunması, diğer güneş pilleri ile karşılaştırıldığında kolay işlenebiliyor ve yüksek soğurum yapabilme yeteneğine sahip olması güneş pillerinde perovskit malzemesinin seçilmesini daha da ilgi çekici kılmıştır. Bu çalışmada nano-delikli plazmonik anten tabanlı perovkit güneş pilleri zaman uzayda sonlu farklar (FDTD) programı ile tasarlanmıştır. Tasarımda iki farklı perovskit malzemesi, metilamonyum kurşun-iyodür ($MAPbI_3$) ve metilamonyum kurşun-bromür ($MAPbBr_3$), soğurum katmanı olarak kullanılmış ve bu malzemelerin optik soğuruma olan etkileri gözlemlenmiştir. Perovskite güneş pillerinin yüzeyi plazmonik anten tabanlı nano-delik yapılar ile kaplanıp, bu yapıların soğurum üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre $MAPbI_3$ perovskite üzerine eklenen plazmonik nano-delik antenlerin, normal $MAPbI_3$ perovskite yapıdan elde edilen soğurum performansını ~%26 oranında artırdığı görülmektedir. Diğer taraftan, soğurum katmanında $MAPbBr_3$ perovskite yapısının nano-delik yapıların eklendiği güneş pilinin soğurumunun ~%16.57 oranında artırdığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, soğurum katmanı olarak $MAPbI_3$ perovskite malzemesinin kullanıldığı güneş pili soğurumundaki artış daha fazladır. Teorik çalışmalarda ~%29.40 değerlerinde verime ulaşmış olan PSC'lere nano-delikli plazmon antenlerin eklenmesiyle soğurum verimi mevcut verim üzerinden ~%26 ve ~%16.57 oranında artırılabilecektir. Bu çalışmanın sonucuna göre nano-delikli plazmon antenlerle güçlendirilmiş perovskit güneş pilleri yapısal olarak düşük maliyetli ve daha yüksek verime sahip güneş pilleri üretiminde kullanılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Perovskite güneş pilleri, plazmonik yapılar, nano-delikler, güneş pilleri

PEROVSKİTE SOLAR CELL DESİGN BASED ON NANO-HOLE PLASMONİC ANTENNAS

Abstract
Perovskite solar cells consisting of organic and inorganic metal halides have many advantages. These features are low excitosine binding energy, high absorption, wide absorption zone, long diffusion distance, and low excitosine binding energy. In addition to the advantageous features we have mentioned, they have a great potential for future applications in optoelectronic devices and attract great attention today. Also, it is easy to process compared to other solar cells since the material components used are abundant in nature, and having a high absorption ability made the selection of perovskite material in solar cells even more interesting. In this study, we designed nano-hole plasmonic antenna-based perovkite solar cells. We observed the effect of nano-hole plasmonic antenna-based perovskite solar cells on optical absorption with a finite difference time domain (FDTD) program. In the design, two different perovskite materials, methylammonium lead-iodide ($MAPbI_3$) and methylammonium lead-bromide ($MAPbBr_3$), are used as an absorption layer and the effects of these materials on optical absorption were observed. We compared the absorption results obtained by adding plasmonic nano-hole structures to the top of perovskite solar cells with the absorption results of perovskite solar cells without nano-holes. According to the results obtained, it is seen that the plasmonic nano-hole antennas added to the $MAPbI_3$ perovskite increase the absorption performance obtained from the normal $MAPbI_3$

perovskite structure by ~26%. On the other hand, it is observed that the $MAPbBr_3$ perovskite structure as an absorption layer with nano-hole arrays increased the absorption efficiency of the solar cell by ~16.57%. As a result, the increase in solar cell absorption using $MAPbI_3$ perovskite material as the absorption layer is greater. By adding nano-hole plasmon antennas to PSCs, which have reached ~29.40% efficiency in theoretical studies, the absorption efficiency can be increased by ~26% and ~16.57% over the current efficiency. According to the results of this study, perovskite solar cells powered by nano-hole plasmon antennas can be used in the production of solar cells with structurally low cost and higher efficiency.

Keywords: Perovskite solar cells, plasmonic structures, nanoholes, solar cell

1. GİRİŞ

Dünyada yakın zamanda gerekli enerji taleplerini karşılamak için fosil yakıtlara alternatif olarak fotovoltaik teknolojilerin kullanımında belirgin bir artış olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülemez enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında büyük ölçüde daha düşük üretim maliyetine sahiptir ve çevreye zararlı etkileri yoktur. Güneş enerjisi bu yenilenebilir enerji kaynakları arasında bedava, tükenmeyen ve temiz olması yönüyle en uygun kaynaklardan birisidir. Bu nedenle bilim insanları yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi üzerinde uzun zamandır yoğun çalışmalar yapmaktadırlar. Bu alanda yapılan çalışmalar sonucunda Perovskite güneş pilleri (PSC'ler), üçüncü nesil ince film fotovoltaik yapıların arasında kendine yer edinmiştir. PSC'ler, sahip olduğu ayarlanabilir bant aralığı, yüksek soğurum katsayısı, uzun taşıyıcı difüzyon yolu, düşük biriktirme sıcaklığı, kolay üretim ve düşük işlem maliyeti gibi avantajlar sayesinde (Mahesh ve ark. 2020, Gao ve ark. 2020, Hou ve ark. 2020, Park. 2015, Kojima ve ark. 2009) mevcut silikon (Si) fotovoltaik (PV) teknolojilerine alternatif olarak tercih edilmiştir (Yan ve Saunders, 2014).

PSC'ler, perovskit olarak adlandırılan ABX_3 kristal yapısının, çözünüm süresinde kalay ya da halojenürleri kullanarak aktif ışık soğurum katmanı olarak kullanılan güneş pilleridir. 2009 yılında Miyasak ve ark. tarafından güneş pillerinde ilk defa soğurucu malzeme olarak kullanılan perovskit uygulamasında %3.8 verimlilik elde edilmiştir. İlk uygulamadan bu yana PSC verimliliği, polikristal silikon cihazlarının sahip olduğu en yüksek teorik verimden (%3.8) daha fazla teorik verime (%29.40) ulaşmıştır (Kojima ve ark. 2009). Yüksek verimli perovskit güneş pilleri yapısal olarak genellikle katot / elektron transfer tabakası (ETL) / perovskit / hole transfer tabakası (HTL) / anot sıralaması ile oluşmaktadır (You ve ark, 2016). Yapılan birçok araştırmada verimi arttırmak için perovskit materyal kalitesi (Dong ve ark. 2019, Xi ve ark. 2019, Dong ve ark. 2015, Jeon ve ark. 2015), taşıma katmanları performansı (Shin ve ark. 2017, Arora ve ark. 2017), soğurucu katman ve taşıyıcı katmanlar arası temas (Christians ve ark. 2018, Jiang ve ark. 2016) gibi parametreler incelenmiştir.

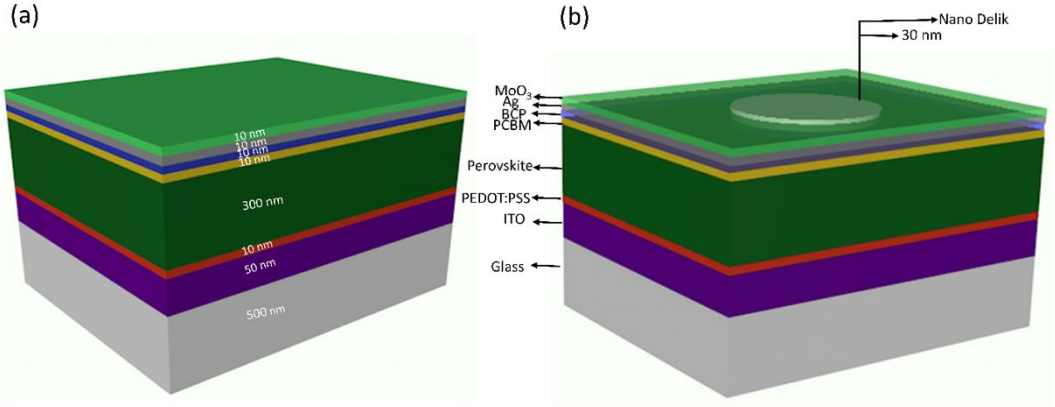
Bu çalışmada metilamonyum kurşun iyodür ($MAPbI_3$) ve metilamonyum kurşun bromür ($MAPbBr_3$) perovskit soğurucu katmanlarından oluşan perovskit güneş pillerine, silindirik nano delik yapısı ilave edilerek numerik sonuçlar zaman uzayda sonlu farklar (FDTD) simülasyon programı ile karşılaştırılmıştır. Önerilen ters çevrilmiş (p-i-n, inverted) güneş pili yapısında maksimum verimi elde edebilmek için farklı soğurucu yapıların, soğurucu katman kalınlıklarının, nano deliklerin boyutu ve kullanılan diğer malzemelerin kalınlıkları incelenerek en optimum sonuçlar elde edilmiştir. Nano-delik yapılarının verim artışına olan etkisi ve elektrik alan dağılımları yine FDTD programı yardımı ile incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Numerik Analiz

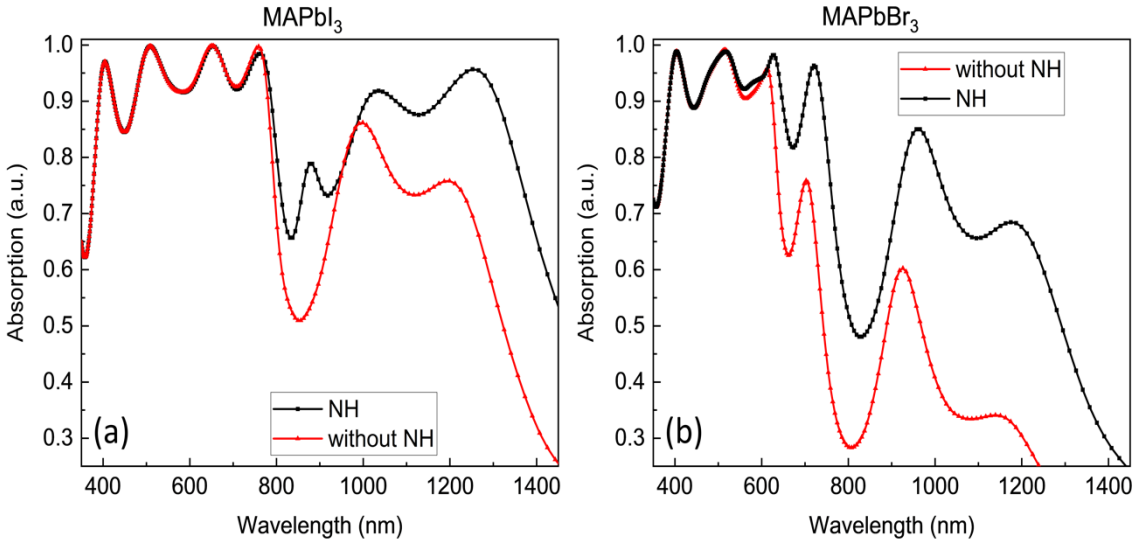
Önerdiğimiz ters çevrilmiş perovskit güneş pilinin şematik görüntüsü Şekil 1'de yer almaktadır. Nano-delik plazmonik yapı eklenmiş güneş pili ise Şekil 1(b)' de gösterilmektedir. Perovskit tabanlı güneş pili aşağıdan yukarıya sırasıyla, cam alttaş/ ITO/ Hole transfer takası (HTL), PEDOT:PSS (10 nm)/Soğurucu tabaka, Perovskit malzeme, $MAPbBrxI_{3-x}$(300 nm) /Elektron transfer tabakası (ETL),PCBM (10 nm)/alt kontak katmanları BCP (10 nm), Ag (10 nm), MoO_3 (10 nm) verilmektedir. Plazmonik tabanlı nano deliklerin perovskit güneş pilinin soğurum kapasitesine olan etkisini araştırmak

için Şekil 1(a)' da yer alan yapının üst kısmına Şekil 1(b)'de gösterildiği gibi nano-delikler açılmıştır. Delik kalınlıkları 30 nm ve çapı 50 nm' den oluşmaktadır. Nano delikler x- ve y- doğrultusunda düzenli olarak 50 nm' lik periyodik aralıklarla yerleştirilmiştir.



Şekil 26. P-I-N perovskite güneş hücresinin şematik gösterimi (a) ve Perovskite güneş hücresine nanodeliklerin eklenmesi ile oluşan görünüm (b).

FDTD numerik analizlerinde nano-delik yapılar için sınır koşulları x-ekseninde anti-simetrik, y-ekseninde simetrik ve z-ekseninde de mükemmel uyumlu katman (PML) olarak belirlenmiştir. Plazmonik antenlerin periyodu 150 nm' dir. Perovskit güneş pili tasarımı için her bir katmanın geçirgenlik (μ) ve dielektrik (ε) sabitleri hesaplanarak FDTD veri tabanına eklenmiştir. Şekil 2'de oluşturulan plazmonik güneş pilinin nano-delikli ve nano-deliksiz soğurum spektralleri yer almaktadır. Nano-deliklerin olmadığı $MAPbI_3$ tabanlı perovskit güneş pilinde soğurumun özellikle 800 nm-1400 nm arasında önemli ölçüde düştüğü gözlenirken bu düşüş $MAPbBr_3$ tabanlı yapıda 600 nm-1400 nm arasında oldukça fazla düşüş olduğu göstermektedir. Nano-delik plazmonik yapıların eklenmesiyle soğurum spektrumları optimum seviyeye çıkarılmıştır. Spektrallerde gözlenen küçük dalgalanmalar üst üste eklenen tabakalardan kaynaklanan girişimden dolayıdır.

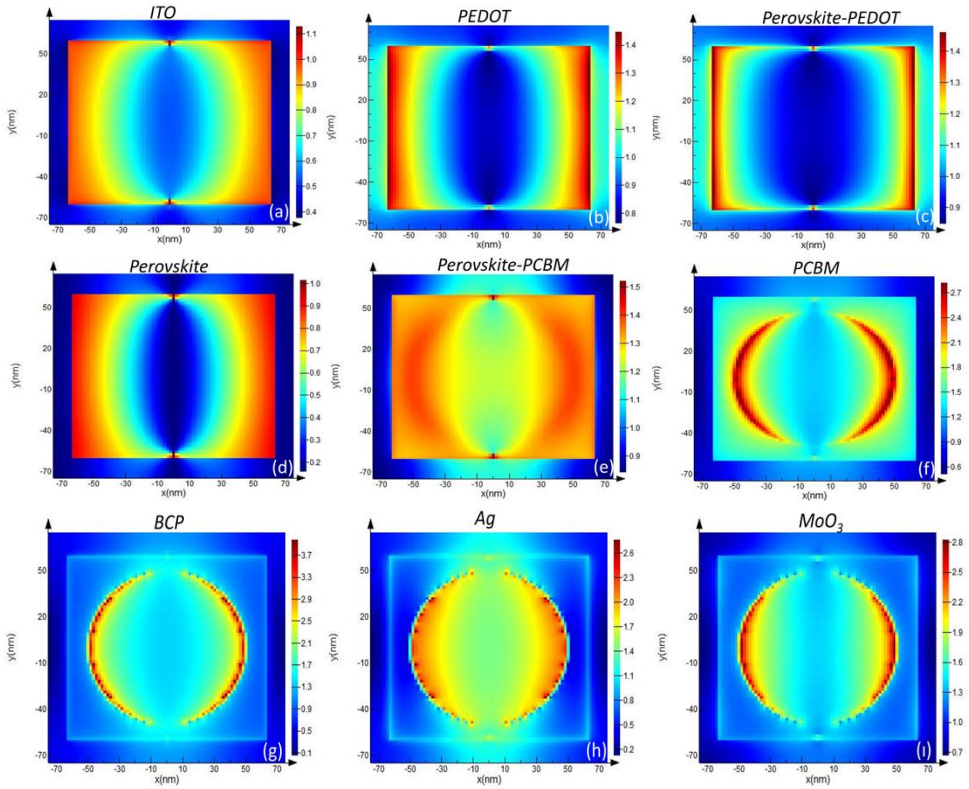


Şekil 27. Perovskit güneş hücresinin soğurum spektrumu. a) Soğurum katmanın da $MAPbI_3$ perovskit malzeme kullanılan nano-deliklerden ve nano-deliksiz yapılardan oluşan güneş hücresinin soğurum spektrumu. b) Soğurum katmanın da $MAPbBr_3$ perovskit malzeme kullanılan nano-deliklerden ve nano-deliksiz yapılardan oluşan güneş hücresinin soğurum spektrumu.

Şekil 2(a)' da görüldüğü gibi $MAPbI_3$ üzerine nano-delik eklenmesi ile soğurum değeri ~%26 artırılırken Şekil 2(b)'de $MAPbBr_3$ malzeme üzerine nano delik eklenmesi ile soğurum değeri yaklaşık ~%16.57 olarak artırılmıştır.

2.2. Alan Dağılımları

Perovskit güneş pilinin soğurum mekanizmasının fiziksel temelini anlamak için Şekil 3'de her bir katmandaki elektrik alan dağılımları FDTD yöntemi ile incelenmiştir. Şekil 3(a) 'da 50 nm kalınlığa sahip ITO katmanını, Şekil 3 (b) 'de hole transfer tabakası ve 10 nm kalınlığa sahip PEDOT, Şekil 3(c-e)'de soğurucu tabaka olarak kullanılan 300 nm perovskite tabakasındaki, Şekil 3 (f)' de 10 nm kalınlığı olan elektron transfer tabakasındaki PCBM, Şekil 3 (g)'de 10 nm BCP, Şekil 3 (h)'de 10 nm Ag ve Şekil 3 (ı)' da 10 nm kalınlığa sahip MoO_3 katmanındaki elektrik alan dağılımları görülmektedir. Alan dağılımlarına bakıldığı zaman perovkit katmanda yüksek soğurum olduğu ve güneş pilindeki soğurum mekanizmasının büyük çoğunluğunun bu katmanda gerçekleştiği açıkça görülmektedir. Perovskit malzeme üzerine eklenen yuvarlak şekilli nano-delik antenlerin yan yüzeylerinde görülen yoğunlaşmış elektrik alan dağılımı ise, bu plazmonik yapıların yüzeye düşen elektromanyetik ışımanın antenler ile en üst katman arasına sıkıştırılıp hapsedildiğini göstermektedir. Gelen elektromanyetik dalganın empedansının boş uzay empedansına eşleştirilmesiyle, gelen ışıma malzeme içerisine maksimum seviyede hapsedilebilmektedir. Bölgesel olarak hapsolan bu enerji yeni elektron-hole çiftlerinin oluşumuna dolayısıyla daha yüksek verime olanak sağlamaktadır. Numerik analizler sonucu plazmonlu perovskit güneş pilinin normal perovskit güneş pillerine nazaran daha geniş bir alanda soğurum yaptığı ve daha fazla soğuruma sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 28. Tasarlanan $MAPbI_3$ tabanlı perovskit güneş pilinin katmanlara göre elektrik alan dağılımları. Katmanların kalınlıkları ITO = 50 nm, PEDOT = 10 nm, Perovskit = 300 nm, PCBM = 10 nm, BCP = 10 nm, Ag = 10 nm, MoO_3 =10 nm, nano-delik = 30 nm'dir. (a) ITO, (b) PEDOT, (c) Perovskite-PEDOT arası, (d) Perovskit, (e) Perovskit-PCBM, (f) PCBM, (g) BCP, (h) Ag ve (ı) MoO_3 katmanlarındaki elektrik alan dağılımları.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, p-i-n ters çevrilmiş düzlemsel $CHNH_3PbBrxI_{3-x}$ bazlı perovskit güneş pilinin yapısı oluşturulmuş ve oluşturulan yapının üst kısmına plazmonik nano-delikler yerleştirilerek soğurum

karakteristiği FDTD yöntemi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular, gelen elektromanyetik dalganın perovskit güneş pili tarafından soğurumu plazmonik nano-deliklerin ilave edilmesiyle $MAPbI_3$ için %26 ve $MAPbBr_3$ için ise ~%16.57 oranında artırılabileceğini göstermektedir. Nano-deliklerin varlığı sonucu sıkıştırılıp güçlendirilen bölgesel elektrik alan dağılımları soğurumun en çok nanodelikler civarında ve perovskit malzemede gerçekleştiğini göstermektedir. Plazmonik yapılar vasıtası ile güneş pili verimi soğurumun artmasında etkili olmuştur. Bu çalışmanın sonucuna göre plazmon nano-deliklerde güçlendirilmiş plazmonik tabanlı perovskit yapı ucuz ve daha yüksek verimli güneş pilleri üretiminde tercih edilebilecektir.

TEŞEKKÜR
Bu çalışmanın yürütülmesinde destek veren Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ARORA, N. DAR, M.I. HINDERHOFER, A. PELLET, N. SCHREIBER, F. ZAKEERUDDIN, S.M. GRATZEL, M. (2017), Perovskite solar cells with CuSCN hole extraction layers yield stabilized efficiencies greater than 20%, *Science 358*, 768–771.

CHRISTIANS, J.A. SCHULZ, P. TINKHAM, J.S. SCHLOEMER, T.H. HARVEY, S.P. TREMOLET DE VILLERSremolet, B.J. SELLINGER, A. BERRY, J.J. LUTHER, J.M. (2018), Tailored interfaces of unencapsulated perovskite solar cells for > 1,000 hour operational stability, *Nat. Energy 3*, 68–74.

DONG, Q. FANG, Y. SHAO, Y. MULLIGAN, P. J. QIU, J. CAO, L. HUANG, J. (2015), Electron-hole diffusion lengths > 175 μm in solution-grown $CH_3NH_3PbI_3$ single crystals, *Science 347*, 967–970.

DONG, H. XIi, J. ZUO, L. LI, J. YANG, Y. WANG, D. YU, Y. MA, L. RAN, C. GAO, W. JIAO, B. XU, J. LEI, T. WEI, F. YUAN, F. ZHANG, L. SHI, Y. HOU, X. WU, Z. (2019), Facet design promotes electroreduction of carbon dioxide to carbon monoxide on palladium nanocrystals, *Adv. Funct. Mater.,* 29.

GAO, F. ZHAO, Y. ZHANG, X. YOU, J. (2020), Recent progresses on defect passivation toward efcient perovskite solar cells, *Adv. Energy Mater.* 10, 1902650.

HOU, Y. AYDIN, E. DE BASTIANI, M. XIAO, C. ISIKGOR, F.H. (2020), Pervasive functional translation of noncanonical human open reading frames, *Science 367*, 1135.

JEON, N.J. NOH, J.H. YANG, W.S. KIM, Y.C. RYU, S. SEO, J. SEOK, S.I. (2015), Compositional engineering of perovskite materials for high-performance solar cells, *Nature 517*, 476–480.

JIANG, Q. ZHANG, L. WANG, H. YANG, X. MENG, J. LIU, H. YIN, Z. WU, J. ZHANG, X. YOU, J. (2016), One-Year stable perovskite solar cells by 2D/3D interface engineering, *Nat. Energy 1*, 16177.

KOJIMA, A. TESHIMA, K. SHIRAI, Y. MIYASAKA, T. (2009), Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovol- taic cells. *J. Am. Chem. Soc.* 131, 6050-6051. MAHESH, S. BALL, J.M. OLIVER, R.D.J. MCMEEKIN, D.P. NAYAK, P.K. et al. (2020), Revealing the origin of voltage loss in mixed halide perovskite solar cells, *Energy Environ. Sci*, 13-258.

PARK, N.G. Perovskite solar cells: an emerging photovoltaic technology. (2015), *Mater.* Today 18, 65.

SHIN, S.S. YEOM, E.J. YANG, W.S. HUR, S. KIM, M.G. IM, J. SEO, J. NOH, J.H. SEOK, S.I. (2017), Colloidally prepared La-doped $BaSnO_3$ electrodes for efficient, photostable perovskite solar cells, *Science 356*, 167–171.

YAN, J., SAUNDER, B. (2014), Third-generation solar cells: A review and comparison of polymer: Fullerene, hybrid polymer and perovskite solar cells. *RSC Adv*. 4, 43286–43314.

YOU, J. MENG, L. SONG, T. GUO, T. YANG, Y. CHANG, W. HONG, Z. CHEN, H. ZHOU, H. QI, C. LIU, Y. MARCO, N.D. (2016), Improved air stability of perovskite solar cells via solution-processed metal oxide transport layers, *Nat. Nanotechnol.* 11 (1), 75–81.

XI, J. XI, K. SADHANALA, A. ZHANG, K.H.L. LI, G. DONG, H. LEI, T. YUAN, F. RAN, C. JIAO, B. COXON, P.R. HARRIS, C.J. HOU, X. KUMAR, R.V. WU, Z. (2019), Chemical sintering reduced grain boundary defects for stable planar perovskite solar cells, *Nano Energy*, 56, 741–750.

REZONATÖR TİP KUVVET ÖLÇÜM CİHAZLARI VE DİĞER SENSÖRLERE GÖRE FARKLILIKLARI

Bülent AYDEMİR
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
bulent.aydemir@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0001-6848-2681

Ufuk KURU
TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (TÜBİTAK UME), Gebze/Kocaeli
ufuk.kuru@tubitak.gov.tr, ORCID: 0000-0002-6990-3414

Özet
Metroloji bilimi ile ölçümü sağlanan fiziksel büyüklüklerden olan kuvvet, farklı yöntemler ile ölçülebilmektedir. Farklı prensibe göre ölçüm yapabilen çok çeşitli kuvvet ölçme cihazları mevcuttur. Bunlardan birisi olan rezonatör tip kuvvet dönüştürücüsünün prensibi uygulanan dış kuvvetin titreşim enerjisine dönüştürülmesidir. Rezonatör tip sensörler (teller, kirişler, membranlar, silindirler veya tüpler), elastik bir elemanın, giriş miktarına göre doğal frekansına bağlı olarak titreşimle uyarıldığı mekanik dönüştürücülerdir. Bu çalışmada rezonatör tip kuvvet dönüştürücülerinin çalışma prensibi, elektronik yapısı, fiziksel prensiplerine göre ölçme yöntemi ve tipleri incelenmiştir. Ayrıca uygulama alanları ve diğer sensörler ile kıyaslaması verilmiştir. Bu çalışma ile rezonatör tip kuvvet dönüştürücülerine ilişkin uygulamalar ve araştırmalar için rehber bir doküman oluşturulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuvvet dönüştürücü, Rezonatör tip kuvvet dönüştürücü, Kuvvet ölçümü

RESONATOR TYPE FORCE MEASURING DEVICES AND THEIR DIFFERENCES FROM OTHER SENSORS

Abstract
Force, which is one of the physical quantities measured by metrology, can be measured by different methods. There is a wide variety of force measuring devices that can measure according to different principle. The principle of the resonator type force transducer, which is one of them, is to convert the applied external force into vibration energy. Resonator type sensors (wires, beams, membranes, cylinders or tubes) are mechanical transducers in which an elastic element is excited by vibration depending on its natural frequency with respect to the amount of input. In this study, the working principle, electronic structure, measurement method and types of resonator type force transducers were examined according to their physical principles. In addition, application areas and comparison with other sensors are given. With this study, it is aimed to create a guide document for applications and researches related to resonator type force transducers.

Keywords: Force transducer, Resonator type force transducer, Force measurement

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:

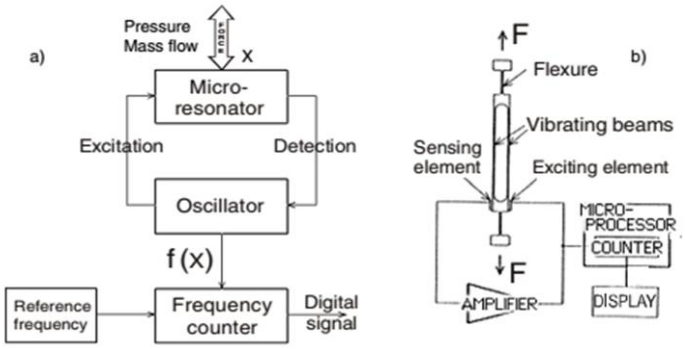
A. Mekanik Kuvvet Ölçme Cihazları
   1) Rezonatör Kuvvet Ölçme Cihazları
   2) Ölçme Halkaları
   3) Hidrolik Kuvvet Ölçme Cihazları
   4) Titreşim Telli Kuvvet Ölçme Cihazları
   5) Martens Aynalı Kuvvet Ölçme Cihazları
   6) Jiroskopik Kuvvet Ölçme Cihazları

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 rezanatör kuvvet ölçme cihazları ele alınmıştır.

REZANATÖR KUVVET ÖLÇME CİHAZLARI VE TİPLERİ

Rezonatör tip sensörler (teller, kirişler, membranlar, silindirler veya tüpler), elastik bir elemanın, giriş miktarına göre doğal frekansına bağlı olarak titreşimle uyarıldığı mekanik dönüştürücülerdir. Uygun şekilde uyarılmış dönüştürücülerde olduğu gibi, bu sensörler de elastik bir gövdeye uygulanan gerilme ile orantılı bir frekans sinyali üretir. Rezonans sensörleri, titreşen bir mikro mekanik yapısı rezonans frekansına (veya salınımın bağıl fazına), rezonatör sertliğine veya geometrisini değiştiren parametrelere göre etkilenen oldukça hassas cihazlardır. Bir rezonans mikro sensorun genel şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.



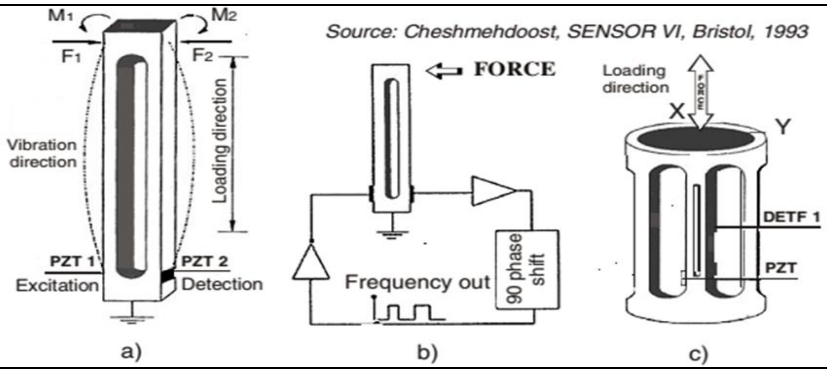
Şekil 1. Rezonatör mikrosensörün genel şeması, a) blok şeması, b) ayarlama elemanlarının gösterimi

Mikromekanik rezonatörlerin uyarılma ve algılama için en sık uygulanan teknikleri türleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Mikrorezonatörler için uyarma ve algılama türleri

Uyarma / Çalıştırma prensibi	Algılama prensibi
Elektro termal	Piezo dirençli
Elektrostatik	Kapasitif
Piezo elektrik	Piezo elektrik
Elektromanyetik	Elektromanyetik
Optik	Optik

Rezonatör tip sensörlerin çalışma prensibini ve teorik denklemini ortaya koyabilmek için şekil 2 de verilen dönüştürücü yapısı dikkate alınacaktır.



Şekil 2. Çift uçlu rezanatör, a) uyarma ve algılama bölümleri, b) kapalı döngü rezonans devresi, c) dört kollu boru şeklindeki rezonatör sensör

Bir kirişin temel frekansı, ana malzeme özelliğinin ve boyutlarının bir fonksiyonudur. Bu frekans, uygulanan eksenel kuvvetin artmasıyla artar ve T gerilimi altındaki bir kirişin titreşimini yöneten denklem aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$T.\frac{d^2Y}{dX^2} - E.I.\frac{d^4Y}{dX^4} = \rho.A.\frac{d^2Y}{dt^2}$$

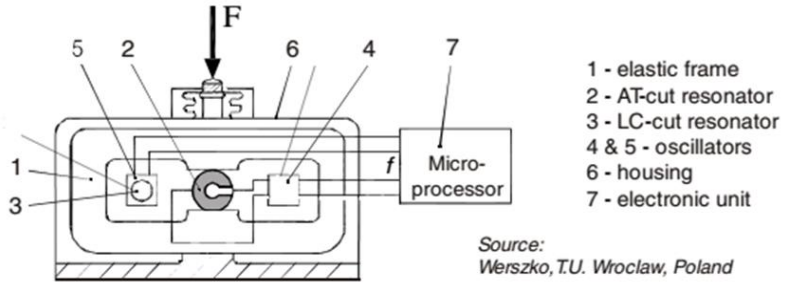
T – eksenel kuvvet
I – atalet momenti ($b.h^3$)/12
E – elastisite modülü
ρ - malzeme yoğunluğu,
A - kesit alanı (b.h)
b *ve* h – kesitin eni ve yüksekliği
t - zamandır.

Bu denklem kullanılarak rezanatör tip kuvvet dönüştürücülerin teorik hesaplamaları gerçekleştirilebilir. Denklem için gerekli sınır koşulları tanımlanıp ve hareket basit harmonik bir hareket olarak varsayılarak frekansa geçiş yapılabilir. Rezanatör tip kuvvet ölçme cihazlarının aşağıda verildiği şekilde farklı tipleri ve şekilleri bilinmektedir. Gruplandırmaların yanında verilen şekil numaralarında da örnek sensör yapıları verilmiştir. Rezanatör tiplerine göre kuvvet ölçme sensörleri aşağıdaki şekildedir.

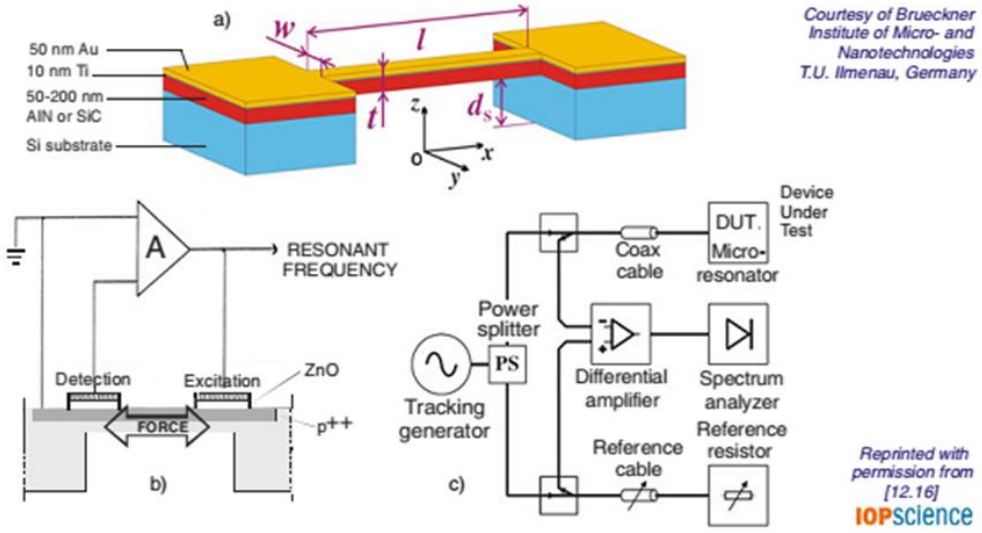
1. Kuvars rezanatörlü kuvvet sensörleri (Şekil 3)
2. Silikon rezanatörlü kuvvet sensörleri (Şekil 4)

Rezanatörlerin şekillerine göre ise sensörler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

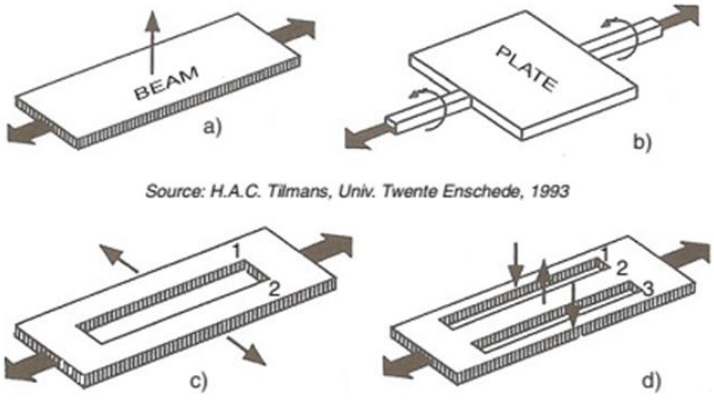
1. Rezanatör çubuklar, kirişler (Şekil 5)
   a. Tek kirişli (Şekil 6,7)
   b. Çift kirişli (Şekil 8)
   c. Üç kirişli (Şekil 9)
2. Rezanatör diyaframlar (Şekil 10)
3. Rezanatör borular (Şekil 2c)



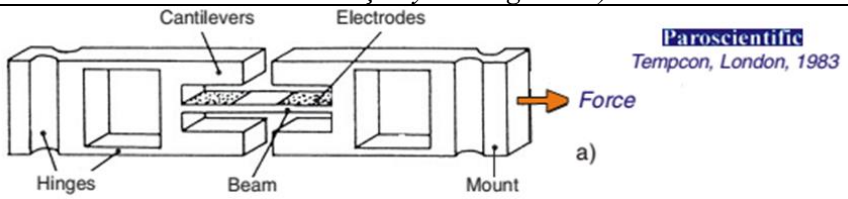
Şekil 3. Kuvars rezanatörlü kuvvet sensörü içyapısı



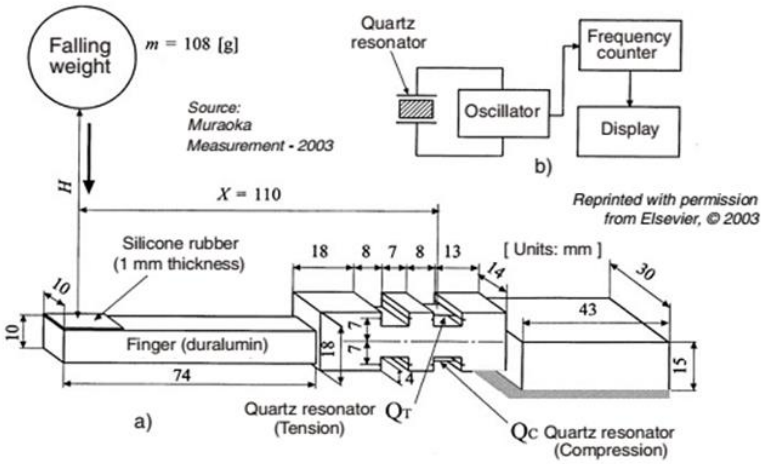
Şekil 4. a) Silikon rezanatörlü kuvvet sensörü, b) klasik osilatör yapısı, c) RF uzama sensörü yapısı



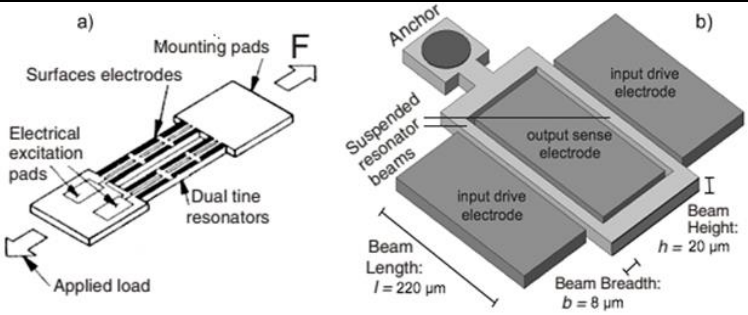
Şekil 5. Rezonatör yapılarına örnekler: a) basit eğme kirişi, b) burulma rezonatör plakası, c) çift uçlu ayar çatalı, d) üçlü kiriş *(şeillerdeki "Geniş" oklar uygulanan eksenel kuvveti gösterirken "dar" oklar titreşim yönünü gösterir)*



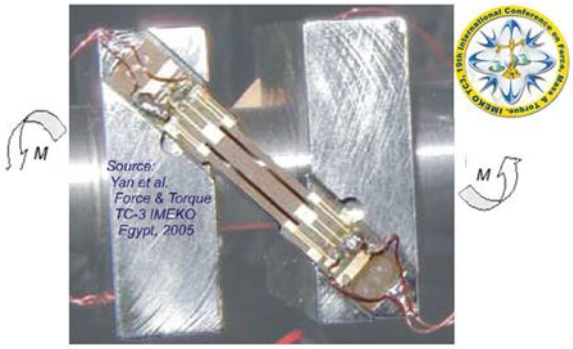
Şekil 6. Rezanatör tip tek kiriş kuvvet dönüştürücüler, a) titreşen kuvars Paroscientific marka sensör



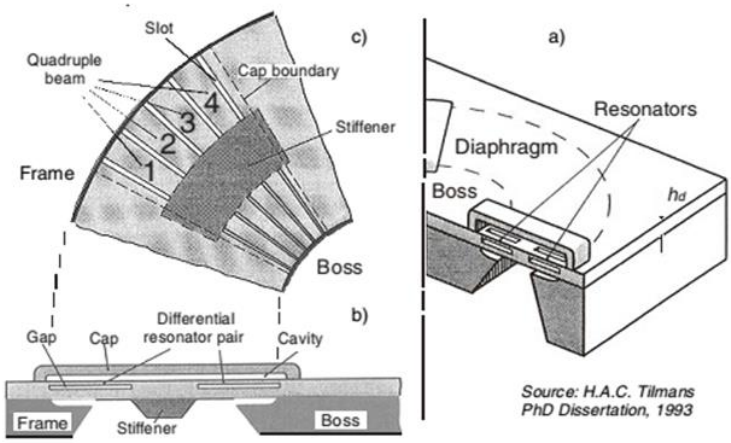
Şekil 7. a) tek kirişli kuvars rezanatörlü kuvvet dönüştürücü genel yapısı, b) sistemin blok şeması



Şekil 8. a) Çift kirişli kuvars rezanatörlü kuvvet dönüştürücü genel yapısı, b) tek bağlantılı silikon MEMS rezonatör



Şekil 9. Üç kirişli tork dönüştürücü şekli



Şekil 10. Diyafram tipi rezanatörler, a) genel görünüşü, b) enine kesiti, c) üstten görünümü

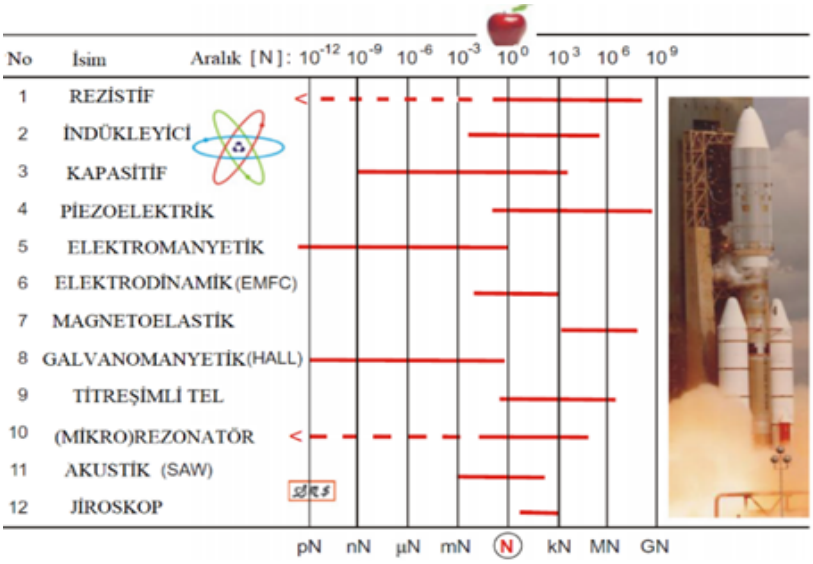
REZANATÖR KUVVET DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİN KULLANIM ALANLARI VE FARKLILIKLARI

Rezanatör tip kuvvet dönüştürücülerin kullanım alanlarını anlayabilmek için özelliklerini ve güçlü yönlerini bilmek gereklidir. Aşağıda Tablo 2'de verilen kriterlerle rezanatör tip kuvvet dönüştürücüler ile farklı prensipli kuvvet dönüştürücüler karşılaştırılmıştır. Tablodan görüldüğü gibi rezanatör kuvvet dönüştürücüler en düşük doğrusallık hatasına sahip kuvvet dönüştürücülerden biridir. Kuvvet ölçümünün hassasiyetinin, diğer dönüştürücülere (R, L veya C) göre daha yüksek olduğunu kanıtlanmıştır. Bu avantajları ile pek çok kullanım alanları vardır. Ancak < 1 kg ölçüm aralığında kullanılması ise hem avantaj hem de dezavantajı olarak görülmektedir. Ayrıca bu dönüştürücüler yüksek kararlılık ve düşük hizterisiz değeri sunarlar.

Tablo 2. Farklı kuvvet dönüştürücülerin özelliklerinin karşılaştırılması tablosu

Kriter	RLC Kuvvet Dönüştürücü	Dirençli Uzama Ölçerli Kuvvet Dönüştürücü	Manyeto Elastik Kuvvet Dönüştürücü	Titreşimli Tel Kuvvet Dönüştürücü	Rezanatör Kuvvet Dönüştürücü
Kuvvet aralığı	1g ⇨1000t	0.1 ⇨1000t	0.1 ⇨1000t	< 1 kg	< 1 kg
Çökme miktarı [mm]	< 1	< 0.5	< 0.5	< 0.2	-
Doğrusallık Hatası	> 0.5 %	< 0.02 – 1 %	> 1 %	< 0.02 %	< 0.02 %
Termostabilite	-	15	30	10	10
Çözünürlük [ppm]	-	100	500	100	20

Başka bir kaynakta ise rezanatör tip kuvvet dönüştürücüler 10^{-2} N ile 10^{4} N aralığında ölçüm yapabilmektedir (Şekil 11). Ölçüm aralığı daha az olmasına rağmen, frekans çıkışını kullanarak artırılmış hassasiyet ve yüksek çözünürlük avantajları sunar. Rezonatörler, dinamik ölçümler için çok uygundur ve çıkış, darbe sayımı ile doğrudan dijital sistemlerde ölçülebilen zamana bağlı bir sinyal olduğundan, geleneksel analog dönüştürücülere göre bir avantaja sahiptirler. Sinyali iletmek için genlik yerine frekansın kullanılması, rezanatör sensörlerinin elektrik gürültüsünden, uzun kablolardan ve kablo direncindeki diğer değişikliklerden kaynaklanan sinyal bozulmasına nispeten diğer kuvvet dönüştürücülerinden daha dayanıklı olduğu anlamına gelir.



Şekil 11. Kuvvet dönüştürücülerinin ölçüm prensiplerine göre ölçüm aralıklarının gösterimi

SONUÇLAR

Rezanatör sensörler, uygulanan dış kuvvetin titreşim enerjisine dönüştürme prensibine göre ölçüm yapabilirler. Rezonatör tip sensörler (teller, kirişler, membranlar, silindirler veya tüpler), elastik bir elemanın, giriş miktarına göre doğal frekansına bağlı olarak titreşimle uyarıldığı mekanik

dönüştürücülerdir. Sinyali iletmek için genlikten ziyade frekansın kullanılması, elektrik gürültüsünden, uzun kablolardan ve kablo direncindeki diğer değişikliklerden kaynaklanan sinyal bozulmasına engel olur. Bu bazı kullanım alanlarında avantaj olarak karşımıza çıkar. Dönüştürücüler arasında yüksek kararlılık ve düşük hizterisiz hatasına sahip kuvvet dönüştürücülerden birisidir. Uzun süre kullanım ömrü sunar. Bakım maliyetlerinin ve genel maliyetlerin azaltılması, sağlamlığı, kararlılığı ve sapmasız ölçüm yetenekleri ile şiddetli ortamlarda da aktif olarak kullanılır. Bu çalışmada, rezanatör prensibi ile çalışan rezanatör tip kuvvet dönüştürücülerin yapıları, çalışma prensibi ve kullanım alanları özetlenmiştir. Bu çalışma rezanatör tip kuvvet dönüştürücüleri ile ilgili uygulama ve araştırmalar için bir rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

Aydemir B. (2021), *Kuvvet Kalibrasyon Rehberi*, TÜBİTAK UME, Eylül 2021.

Aydemir B., Dizdar H., Vatan C., (2017), *Genel Kuvvet Metrolojisi Eğitim Dokümanı, G2KV-010*, TÜBİTAK UME, Gebze-Kocaeli, Aralık 2017.

Farina, A., Langhoff, A., Tronchin, L. (2000), *Realization of "virtual" musical instruments: measurements of the impulse response of violins using MLS technique*.

Hauptmann, P. (1991), *Sensors: Principles and Applications*. Carl Hanser Verlag, Munich.

Hunt, A. (1998), *Guide to the Measurement of Force*. The Institute of Measurement and Control, London.

Stefanescu, D. M. (2011), *Handbook of Force Transducers*, Berlin: Springer-Verlag.

Ştefănescu, D.M. (1999), *Methods for increasing the sensitivity of strain gauge force transducers*. PhD dissertation (160 pages, 26 tables, 86 figures and 336 references), Universitatea "Politehnica" Bucureşti, Romania.

Usher, M.J., Keating, D.A., (1996), *Sensors and Transducers – Characteristics, Applications, Instrumentation, Interfacing*, 2nd edn. MacMillan, Houndmills.

Wirth, J. (2007), *Vibrating wire sensor. An example of the element Copper*. Internet text updated.

02.11.2021 tarihinde https://www.digisens.ch/en/ adresinden alındı.

Akbas F., Güler F., Aydemir B., (2021). "*Kapasitif Etki Prensipli Kuvvet Ölçme Cihazlarının Yapısı, Türleri ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi*", 6th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2021) October 25-27, 2021, Alanya Antalya/Turkey, p. 275-281

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.

AYDEMİR, B., ELMAS, B.S., AYAN, E., (2019), Jiroskopik Kuvvet Ölçme Cihazlarının incelenmesi, IMASCON spring 2019, Kocaeli/Turkey.

Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Elektro Manyetik Kuvvet Ölçme Cihazı Yapısının ve Kullanım Yerlerinin İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey

Altınok M., Aydemir, B, Gülen A.U, (2020), Manyeto Elastik Kuvvet Ölçme Cihaz Yapılarının İncelenmesi, 5th International Mediterranean Science and Engineering Congress, (IMSEC 2020) April 20-22, 2020, Alanya Antalya/Turkey

MANYETİK KAÇAK AKI SİSTEMİNİN MANYETİK EŞDEĞER DEVRE VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Okan KARA
Milli Savunma Üniversitesi, Deniz Astsubay Meslek Yüksek Okulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü
okara2@msu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3388-6920

Hasan Hüseyin ÇELİK
Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
hcelik@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2885-0501

Özet
Manyetik Kaçak Akı (MKA) yöntemi ferromanyetik materyallerin yapılarında oluşan kusurların tespit edilmesinde kullanılan tahribatsız test yöntemlerinden biridir. MKA yöntemi çalışma prensibinde test edilen materyalin manyetik doyuma eriştirilmesi test güvenilirliği açısından çok önemlidir. Manyetik doyum miktarının gerekenden daha az veya daha çok olması gerçekleştirilen testin doğruluğunu önemli oranda etkilemektedir. Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) kullanılarak MKA sistemi ile test edilen materyal yapısında oluşan manyetik alan yoğunluğu (B) dağılımları yüksek doğrulukla belirlenir. Fakat SEY, işlem karmaşıklığı, yüksek maliyet, yüksek işlem zamanı gibi dezavantajlara sahiptir. Manyetik eşdeğer devre (MED) teorisi ise manyetik sistemlerin elektrik devresi gibi modellenerek B değerlerinin hesaplandığı yüksek maliyet ve yüksek işlem zamanı gerektirmeyen bir yöntemdir. Bu çalışmada MED yöntemi ile çeşitli NI (manyetomotor kuvveti) değerleri için test edilen materyal yapısında oluşan B değeri hesaplanmıştır. Ayrıca SEY hesaplamaları için MKA sistemi Ansys Maxwell 3D yazılım ortamında kurulmuş ve çeşitli NI değerleri için benzetim işlemleri gerçekleştirilerek test edilen materyal yapısında oluşan B değeri hesaplanmıştır. MED yönteminden elde edilen değerler Ansys maxwell 3D ortamından alınan sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. MED yönteminin Ansys maxwell 3D ortamından alınan sonuçlara göre göreceli olarak hatalar ürettiği ve sonuç olarak MED yönteminin kabul edilebilir doğrulukta sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: manyetik kaçak akı testi, sonlu elemanlar yöntemi, tahribatsız test, manyetik analiz.

ANALYZİNG MAGNETİC FLUX LEAKAGE SYSTEM USİNG FİNİTE ELEMENT METHOD AND MAGNETİC EQUİVALENT CİRCUİT

Abstract
Magnetic Leakage Flux (MFL) method is one of the non-destructive testing methods used to detect defects in the structures of ferromagnetic materials. The magnetic saturation of the tested material is very important in terms of test reliability. The fact that the amount of magnetic saturation is less or more than required, significantly affects the accuracy of the test performed. Using the Finite Element Method (FEM), the magnetic field intensity (B) distributions formed in the material structure tested with the MFL system are determined with high accuracy. However, FEM has disadvantages such as transaction complexity, high cost, and high processing time. The magnetic equivalent circuit (MEC) theory, on the other hand, is a method that does not require high cost and high processing time, in which B values are calculated by modeling magnetic systems like electrical circuits. In this study, the B value formed in the material structure tested for various NI (magnetomotor force) values was calculated with the MEC method. In addition, for FEM calculations, the MFL system was set up in the Ansys Maxwell 3D software environment and the B value in the tested material structure was calculated by performing simulations for various NI values. The values obtained from the MEC method are given in comparison with the results obtained from the Ansys maxwell 3D environment. It was determined that the MEC method produced relatively errors compared to the results obtained from the Ansys maxwell 3D environment, and as a result, the MEC method gave results with acceptable accuracy.

Keywords: magnetic flux leakage, finite element method, nondestructive testing, magnetic analysis.

1. GİRİŞ

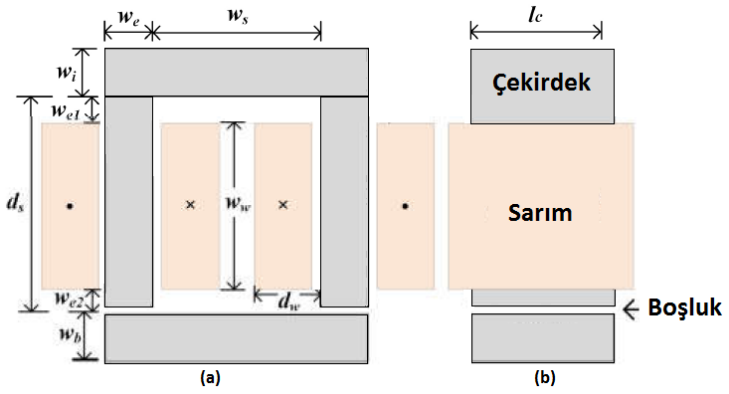
Manyetik Kaçak Akı(MKA) yöntemi ferromanyetik malzemelerde kusur tespiti gerçekleştirilmesini sağlayan tahribatsız test yöntemlerinden biridir. MKA yöntemi çalışma prensibinde, malzeme yapısında oluşturulması gereken manyetik alan yoğunluğu (B) miktarının büyük bir önemi bulunmaktadır. Bu miktarın istenen değerin altında veya üstünde olması test sonuçlarını önemli oranda etkilemektedir. Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) ve Manyetik Eşdeğer Devre (MED) gibi yöntemler, B dağılımlarının hesaplanmasında kullanılan metotlardır. SEY ile manyetik akı dağılımları doğru bir şekilde oluşturularak, B, kaçak manyetik akılar(magnetic flux leakages), kenar etkisi(edge effect) ve saçak akı(Fringing effect) gibi dağılımlar doğru bir şekilde hesaplanır (Balakrishnan ve ark., 1997). Ancak bu yöntemler, maliyet, işlem karmaşıklığı ve işlem zamanı fazlalığı gibi dezavantajlara da sahiptir. MED yöntemi ise sistem geometrisi ve malzeme manyetik özelliklerine bağlı olarak kabul edilebilir doğrulukta sonuçlar ortaya koyarak SEY yöntemlerine alternatif olabilmektedir. MED yöntemi ile sonuçlar SEY yöntemlerine göre çok daha hızlı elde edilebilmektedir. MED yönteminde akı yollarına karşılık gelen dirençlerin yeterli sayıda olması ve istenen doğruluğu sağlayacak şekilde devre tasarımının yapılması gerekmektedir (Cale ve ark., 2006). MED modeli oluşturulmasında, kaçak akıların modellenmesi sonuçların doğruluğunu direkt olarak etkilediğinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Kaçak akıların modellenmesinde literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, hava boşluğu manyetik direnci, bobin sarımından kaynaklı kaçak akı manyetik direnci, saçak akı manyetik direnci gibi kaçak manyetik akı direnç hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca manyetik akıların aktığı ana yol olan ferromanyetik nüve, doğrusal olmayan (non-linear) mıknatıslanma eğrisine sahiptir. Doğrusal olmayan manyetik dirençlerin hesaplanması birçok çalışmanın konusu olmuştur (Sudhoff ve ark., 2018).

Bu çalışmada SEY yöntemini uygulamak için Ansys Maxwell 3D yazılımı kullanılmıştır. Ansys 3D yazılımı ortamında MKA test sistemi kurularak simülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Farklı NI değerlerine göre test edilen malzeme yapısında oluşan ***B*** değerleri tespit edilmişdir. Bu çalışmada ayrıca MKA test sisteminin MED modeli kurulmuştur. MED modeli kullanılarak MKA test sistemi bir elektrik devresi gibi kurularak kirşof akımları kanunu üzerinden manyetik akı hesaplamaları yapılmıştır. Ø=B/A formülü üzerinden test edilen malzeme üzerindeki ***B*** değeri hesaplanmıştır. Ansys Maxwell ve MED modelleri sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu MED modeli Ansys Maxwell sonuçlarına göre hatalar üretmiştir. Ancak bu hataların kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

2. MKA TEST SİSTEMİ MODELLENMESİ

2.1 MKA Test Sistemi Geometrisi

MKA sistemi yapısında mıknatıslanma işlemi doğal mıknatıslar ile oluşturulabildiği gibi ferromanyetik nüve üzerine yapılan bobin sarımı ile de gerçekleştirilebilir. Akı ayarlanabilirliği ve sistem geometrisine kolay adapte edilebilirliği açısından bobin sarımı ile kurulan MKA sistemi önemli avantajlara sahiptir. Ayrıca bobin sarımının ferromanyetik nüvenin bacak kısmına yapılması, test edilen malzeme üzerine manyetik akı aktarımını daha az kayıplı şekilde oluşturacaktır. Bu sebeple, bu çalışmada ferromanyetik nüvenin bacak kısımlarına sarım yapılarak mıknatıslanma işlemi sağlanmıştır. Oluşturulan MKA sistem geometrisi Şekil 1'de, sistem parametreleri ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. MKA Sistemi geometrisi

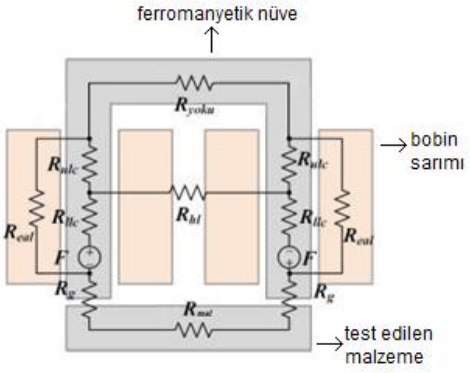
MKA sistemi yapısal parametreleri, Şekil 1(a)'da önden görünüşü, Şekil 1(b)'de yandan görünüşü sunulmuştur. Sarım akımı yönü • ve × sembolleri ile ifade edilmiştir. • sembolü sarımdaki akımın dışa doğru × sembolü ise içe doğru aktığını sembolize etmektedir.

Tablo 1. MKA sistem parametreleri

Sembol	**Tanım**
Ws	Nüvenin bacaklar arası uzaklığı
Wi	Nüve üst kısmının genişliği
Wb	Test edilen materyalin genişliği
We1	Sarım üst boşluk kısmı
We2	Sarım alt boşluk kısmı
We	Nüvenin bacak genişliği
ds	Nüve bacak yüksekliği
dw	Sarım genişliği
lc	Nüvenin derinliği
I	Sarımdan akan akım
N	Sarım sayısı

2.2 MKA Sisteminin MED ile modellenmesi

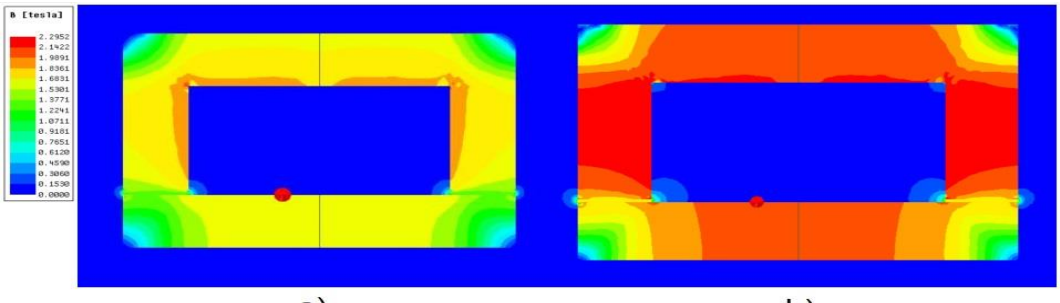
MKA sistemi MED modeli, manyetik akıların aktığı ana yol olan nüve manyetik dirençleri (Rllc, Rulc ve Ryoku) ve malzeme manyetik direnci (Rmal) ve bobin sarımı kaçak akıları (Real), iki bacak arası oluşan kaçak akı (Rhl) ve hava boşluğu direncinden (Rg) oluşmaktadır. Belirtilen MKA MED modeli Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. MKA sistemi MED modeli (Xiaodong ve Ark., 2020)

2.3 3D Ansys maxwell yazılımı ile MKA sistemi simülasyonu

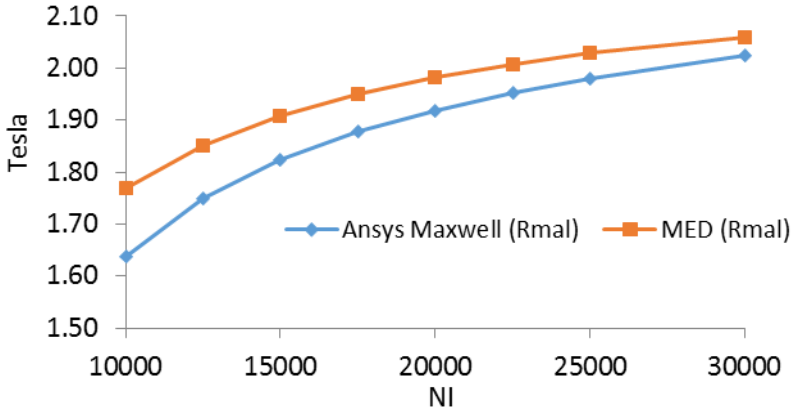
Ansys Maxwell 3D yazılımı, MKA sisteminin manyetik analizini yaparak, nüvede ve havada oluşan kaçak B dağılımlarını görebilmemizi sağlar. NI=1000 ve 30000 Amper.sarım için B dağılımları Şekil 3'de gösterilmiştir. NI değeri yükseldiğinde, hem nüvedeki B dağılımlarının hem de havada oluşan kaçak B dağılımlarının değerlerinin yükseldiği açıktır.



Şekil 3. MKA sisteminin B dağılımları a) NI=1000 Amper.sarım b) NI=30000 Amper.sarım

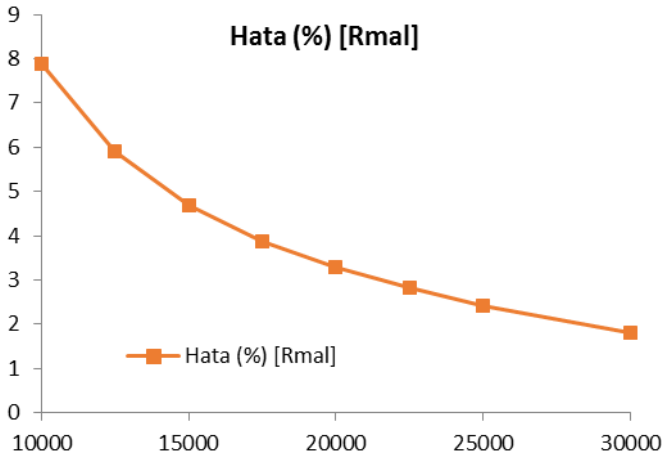
3. GERÇEKLEŞTİRİLEN DENEYLER

Bu çalışmada, test edilen malzeme (Rmal) üzerinde B hesaplamaları yapılmıştır. Ansys Maxwell ve MED modeli üzerinden elde edilen sonuçlar Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. MKA sistemi malzeme üzerinde oluşan B dağılımları

MED hesaplamaları tüm NI değerleri için Ansys Maxwell 3D yazılımına göre daha yüksek değerler vermiştir. Ansys Maxwell 3D yazılımı ile MED B hesaplamaları sonuçları arasında oluşan göreceli hatalar bulunmuştur. Sonuçlar Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Ansys Maxwell 3D ve MED modeli arası oluşan göreceli hatalar

Rmal üzerinden alınan B değerine göre hesaplanan göreceli hatalar Şekil de görülmektedir. NI değeri arttıkça Rmal üzerinden alınan değerlerde Ansys Maxwell ve MED modeli arası hatanın azalarak sıfıra yaklaştığı, Ryoku üzerinden alınan ölçümlerde ise hatanın %6 düzeylerinde sabitlendiği görülmüştür.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada MKA sisteminin MED modeli oluşturularak tüm sistem direnç değerleri hesaplanmıştır. Ansys Maxwel yazılımı ortamında da MKA sistemi kurularak manyetik simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu iki yöntem ile yapılan hesaplamalar ile test edilen malzeme üzerindeki ***B*** değerleri hesaplanmıştır. Farklı NI değerlerine göre bu işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre MED modeli Ansys maxwell yazılımına göre daha yüksek ***B*** değerleri vermiştir. Bu durumun sebebinin MED modelinde, MKA sisteminde oluşan birçok kaçak akının modellenememesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca iki yöntem arası hesap sonuçlarına göre göreceli hatalar gösterilmiştir. NI değeri arttıkça malzeme üzerinden alınan ölçümlerde hatanın giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Gelecek çalışmalarda MKA sistemi MED modelinin daha hassas oluşturulması, modele eklenmesi gereken ekstra kaçak akı dirençlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Balakrishnan A, Joines W. T., ve Wilson T. G.. 1997. Air-gap reluctance and inductance calculations for magnetic circuits using a schwarzchristoffel transformation,. IEEE Trans. Power Electro., 12, 654-663.

Sudhoff S. D., Swanson R. R., Kasha A. E. ve. Duppalli V. S. 2018. Magnetic analysis of symmetrical three-phase Y-core inductors, IEEE Trans. Energy Convers., 33(2), 576- 583.

Cale J., Sudhoff S. D., ve Tan L. (2006)"Accurately modeling EI core inductors using a high-fidelity magnetic equivalent circuit model," IEEE Trans. Magn., 42(1), 40-46.

Xiaodong W, Lyes D., Xia Z., Mingquan S. (2020). Improved Magnetic Equivalent Circuit with High Accuracy Flux Density Distribution of Core-Type Inductor. IEICE Transactions on Electronics. E103.C. 10.1587/transele.2019ECP5042.

M3 SINIFI ELEKTRİKLİ BİR ARAÇ İÇİN ELEKTRO HİDROLİK DESTEKLİ DİREKSİYON SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Halil Mert CENGİZ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
halilmertcengiz@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Hakan KÖYLÜ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
hkoylu@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Özet
Her geçen gün gelişmekte olan otomotiv endüstrisinde konvansiyonel içten yanmalı motorlu araç ar-ge çalışmalarının giderek azaldığı; elektrikli araç teknolojilerinin geliştirildiği bir dönemdeyiz. Büyük, küçük neredeyse tüm araç üreticileri uluslararası regülasyonlar ve sıkılaşan egzoz emisyon standartlarını karşılayabilmek adına hibrit veya batarya elektrikli araç teknolojilerine odaklanmaktadır. Gelişen bu elektrikli araç sektörünün bir sonucu olarak günümüz araçlarında kullanılan direksiyon sistemleri elektrikli motorlarla tahrik edilerek daha çevreci, yüksek verimli, güvenlik ve sürücü odaklı bir hal almıştır. Bu çalışmada M3 sınıfı sabit ön akslı soldan direksiyonlu elektrikli bir araç için direksiyon sistemi tasarımı ve ön aks geometrisinin mekanik tasarım optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca günümüzde revaçta olan elektrikli araçlarda direksiyon sisteminin kontrol yöntemleri incelenecektir. Çalışmaya konu bu aracın uzunluk, genişlik gibi ölçüleri hem kullanılacağı pazarda yapılan araştırma çalışmaları hem regülasyonlar hem de diğer mühendislik ekiplerinin taleplerini karşılayacak şekilde belirlenmiş ve bu ölçülere uygun şekilde direksiyon sisteminin de hedeflere ulaşması planlanmıştır. Seçilen sabit ön aks ve bilyeli tip direksiyon kutusu (recirculating ball and nut - RCB) koordinatları kullanılarak oluşturulan Adams View modelinde tekerlek yükleri hesaplanmış böylece direksiyon sisteminin statik manevralarda başarılı olması hedeflenmiştir. Bu direksiyon kutusu seçimine bağlı olarak direksiyon sistemine ait tüm diğer bileşenlerin (gövde bağlantı braketleri, rot kolu, pitman kolu, dönüştürücü, şaft) tasarımları da gerçekleştirilmiştir. Direksiyon sistemi tasarımında ön aks tekerleklerini döndürebilmek için ihtiyaç duyulan direksiyon kutusu çıkış momentini belirleyebilmek adına karşılaştırmalı değerlendirme çalışmaları, pachejka formüllerinden ve Adams View yazılımından yararlanılmıştır. Uygun direksiyon kutusu belirlendikten sonra araç gövdesinde yeterli paket alanının olup olmadığı kontrol edilmiştir. Olası yerleşim alanları belirlendikten sonra direksiyon kutusunun yerleşim pozisyonu için çeşitli optimizasyon çalışmaları yapılarak kinematik ve moment analizleri tamamlanmıştır. Bu çalışmaların sonrasında pitman kolu, rot kolu gibi parçaların mekanik tasarımları yapılmıştır. Tasarım optimizasyonları sırasında direksiyon kutusunun yeterli tahrik kuvvetini üretebilmesi için ihtiyaç duyduğu hidrolik basıncı sağlayabilecek şekilde elektro hidrolik direksiyon pompası seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araçlar, Direksiyon, Elekto-Hidrolik Pompa

DEVELOPMENT OF ELECTRO HYDRAULIC POWER ASSISTED STEERING SYSTEM FOR AN M3 CLASS ELECTRIC VEHICLE

Abstract
In the automotive industry, which is developing day by day, conventional internal combustion engine vehicle R&D studies are gradually decreasing; We are in a period where electric vehicle technologies are being developed. Almost all vehicle manufacturers, large or small, focus on hybrid or battery electric vehicle technologies in order to meet international regulations and tightening exhaust emission standards. As a result of this developing electric vehicle sector, the steering systems used in today's vehicles have been driven by electric motors and have become more environmentally friendly, highly efficient, safety and driver-oriented. In this study, steering system design and mechanical design optimization studies of front axle geometry for an M3 class fixed front axle left hand drive electric vehicle were carried out. In addition, the control methods of the steering system in electric vehicles, which are in demand today, will be examined. Dimensions such as the length and width of this vehicle,

which is the subject of the study, have been determined in a way that will meet both the research studies carried out in the market where it will be used, the regulations and the demands of other engineering teams, and the steering system is planned to reach the targets in accordance with these dimensions. Wheel loads were calculated in the Adams View model, which was created using the selected fixed front axle and recirculating ball and nut - RCB coordinates, so that the steering system was aimed to be successful in static maneuvers. In order to determine the steering box output torque needed to turn the front axle wheels in the design of the steering system, comparative evaluation studies, pachejka formulas and Adams View software were used. After the possible settlement areas were determined, various optimization studies were carried out for the placement position of the steering box, and kinematic and moment analyzes were completed. After these studies, mechanical designs of parts such as pitman arm and tie rod arm were made. During the design optimizations, an electro-hydraulic steering pump was selected to provide the hydraulic pressure needed for the steering box to produce sufficient driving force.

Keywords: Electric Vehicles, Steering, Electro-Hydraulic Pump

1. GİRİŞ

Bu çalışmaya konu elektrikli araç için ticari araç gruplarında yaygın kullanımı olan bilyeli kutu tipi direksiyon sistemi kullanımı tercih edilmiştir. Böylelikle binek araç gruplarına kıyasla nispeten daha yüksek olan direksiyon momentleriyle kolayca başa çıkılabilecektir. Kullanılacak bu bilyeli kutu tipi direksiyon kutusunun hidrolik destek ihtiyacı için elektro-hidrolik direksiyon pompası kullanılacak ve sistemin genel optimizasyonu sağlanacaktır. Hazır bir ürün olarak seçilen ön aks tasarımı ile araç iç teker dönüş açısı maksimum 52° olarak belirlenmiştir. Bu teker açısının üzerindeki değerler tekerlekler ile aks bileşenleri arasında girişime neden olabileceği için sağlanamamaktadır. Tasarlanan aracın kullanılması öngörülen markette rekabetçi bir ürün olması ve manevra kabiliyetlerinin arttırılabilmesi adına bilyeli kutu tipi direksiyon sistemi kullanımı tercih edilmiştir. Böylelikle hem yüksek ön aks yükleri ile baş edilebilecek hem de aracın manevra kabiliyetleri iyi olacaktır. Aracın öngörülen tasarımı ile sadece ön akstan yönlendirilerek hedeflenen dönüş yarıçaplarına ulaşabilmesi hedeflenmektedir. Aracın iki dingil arası mesafesine uygun şekilde hem sağ ve sol yönde simetrik dönüş karakteristiğini hem de Ackermann prensibine uygun bir karakteristik sağlayabilmek adına hazır ürün olarak kullanılması hedeflenen ön aksın deve boynu ve rot kollarında ADAMS üzerinde kurulan model ile bazı geliştirmeler elde edilmiş bu revizyonların daha sonra ön aks dizaynına yansıtılması sağlanmıştır.

Direksiyon sisteminin hedeflenen dönüş yarıçapı, moment ve sürüş konfor parametrelerini sağlayabilmesi adına pitman kolu ve deve boynu ölçüleri ADAMS modelinde gerçekleştirilen optimizasyon çalışmaları ile belirlenmiştir. ADAMS modeli üzerinde yapılan optimizasyon çalışmaları ile Ackermann geometrisi ve direksiyon simetrikliği belirlendikten sonra bölgeye direksiyon kutusunun yerleşimi CATIA V5 yazılımı ile kontrol edilip optimizasyon çalışmalarının geometrik olarak uygulanabilirliği test edilmiştir. Ayrıca bazı konumlandırmalar ile pitman kolunun hareket için ihtiyaç duyduğu alanın araç gövdesinde teknik sebeplerle sağlanamadığı bazı bölgelerde ise direksiyon kutusu için ihtiyaç duyulan çıkış momentinin sağlanabilecek değerlerden çok fazla olması nedeniyle optimizasyon çalışmaları tekrar edilmiş ve tasarım araç özelinde idealize edilmiştir. Yine bazı bölgelerde mekanizma düzgünsüzlüğü sağlanamamış mekanizmanın geometrik olarak revize edilmesi gerekli görülmüştür. Bu durumdan kaçınmak için pitman kolu merkez konumu araç yanal+ eksenine göre açısal farkla yerleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1.Direksiyon Kutusu Tork Hesabı

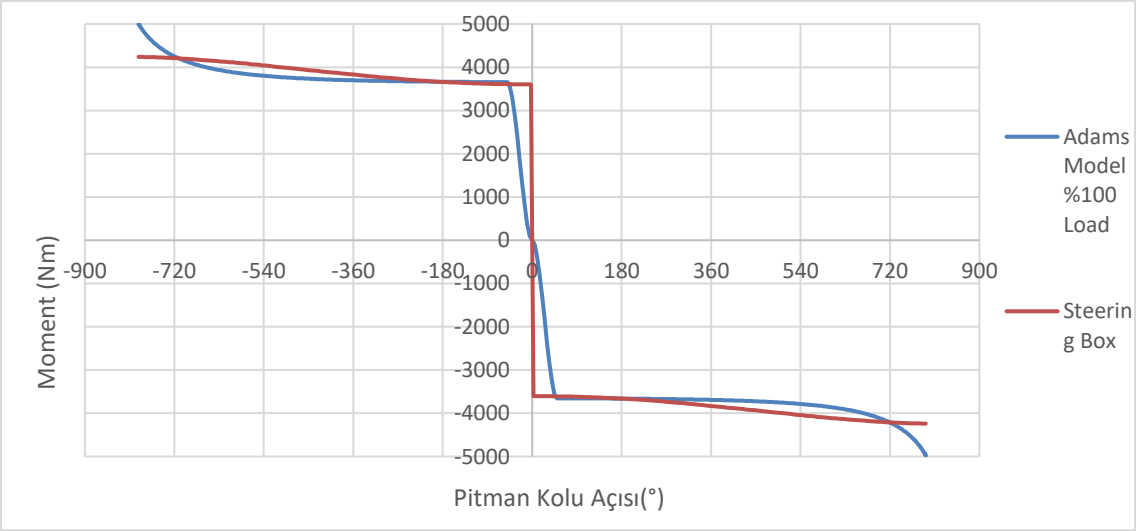
Direksiyon mekanizmasının seçiminde en önemli kriter direksiyon mekanizmasının taşıtın yönlendirilmesi için gereken momenti karşılayabilmesidir [3]. Direksiyon sistemi tasarımına başlamadan önce kullanılması öngörülen direksiyon kutusu teknik özelliklerini belirlenirken tasarım çalışmaları sürdürülen aracın yönlendirilebilmesi için ihtiyaç duyduğu direksiyon kutusu çıkış torkunun belirlenmesi gerekmektedir. Bilyeli kutu tipi direksiyon sistemlerin için direksiyon kutusu üreticilerinin aracın ön aks ağırlığına göre önerdikleri çeşitli ürünleri bulunmaktadır. Direksiyon kutusu tercihini büyük oranda etkileyen ön aks yükünün yanında ön aks geometrisinin etkileri de göz ardı edilmemelidir. Direksiyon kutusu çıkış torkuna etkileyen başlıca parametreler yönlendirme yapılan aksın ağırlığı,

taşıtın dönüş esnasındaki hızı, yol sürtünme katsayısı, aracın ön aks geometrisi ve kullanılan lastiğin dinamik özellikleridir [7].

2.2.1. Direksiyon döndürme momenti hesaplama metodu

Tasarımı yapılacak olan araçta kullanılacak ön aks yükü aksın maksimum taşıma kapasitesi koşullarında 5500kg'a ulaşmaktadır. Modelde araç hızının sıfır olduğu durumda direksiyon simidinin en sağa ve en sola olacak şekilde çevrilmesi durumunda ihtiyaç duyulan moment hesaplanmaktadır. Bu hesaplama metodunun doğru şekilde çalışabilmesi için tüm aks bileşenlerine ait bağlantı noktalarına ait koordinatlar ADAMS/View modeline işlenmiştir. Bunlar kingpin ekseni, kamber, kaster, toe açılarını da belirleyen aks bağlantı noktalarıdır. Test aracından elde edilen parametreler de kullanılarak ADAMS/View modeli analiz sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre direksiyon momentleri farklı yol yüzeylerinde ve farklı yükleme koşullarına göre aşağıdaki tablodaki gibidir.

Açı (°)		**Yük**	**Pitman Çıkış Torku (Nm)**			
Pitman	**Direksiyon**	**Pitman**	**GVW**		**Kerb**	
			Beton	Asfalt	Beton	Asfalt
46,8	792	100%	4998	4064	3641	2960
41,8	702	89%	4200	3400	3050	2480
37	612	77%	3938	3200	2860	2330
31,7	522	66%	3792	3080	2770	2250
26,6	432	55%	3724	3045	2720	2205
21,2	342	43%	3700	2998	2685	2185
15,8	252	32%	3673	2988	2674	2174
10,2	162	20%	3662	2979	2665	2165
4,6	72	9%	3657	2971	2661	2162



Şekil 3. Direksiyon kutusu torku ile ADAMS analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Direksiyon kutusu beton yüzeyde ihtiyaç duyulan momentin %93'ünü karşılayabilmektedir. Pek çok araç üreticisi tarafından tam statik koşullarda ihtiyaç duyulan momentin %80'inden fazlasının sağlanması yeterli görülmektedir. Direksiyon kutusunun maksimum çalışma basıncı ve farklı basınç talepleri karşısında ihtiyaç duyulan debi karakteristiği aşağıdaki yöntemler ile hesaplanmıştır.

$T = 4999{,}3$ Nm (Maksimum giriş mili momenti)

$T_{max} = 4999{,}3 / 0{,}935^{*} = 5346{,}8$ Nm

$C = 18$ mm / devir

$S = 42{,}55$ mm

$\eta = 0{,}9$

$A_c = 7615$ mm^2

$F_s = 800$ N (Avrupa için varsayılan değer)

$$P_{maks} = \frac{T}{A_c \times S * 10^{-4} * 0{,}935} \times 10^{-5} \qquad (3.1.)$$

(Maksimum gerekli hidrolik basınç)

$$P_{n,maks} = \frac{4999{,}3}{7615 * 42{,}55 \times 10^{-3}} \times 10 = 165 \text{ bar}$$

ABD Ulaştırma Bakanlığı Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi tarafından Haziran 2005'te yayınlanan "An Assessment of Human Driver Steering Capability" makalesine göre, ESC Duraklamalı Sinüs testi sırasında profesyonel bir sürücü tarafından elde edilebilir maksimum direksiyon hızı ESC olmadan 963°/sn ve ESC ile 876°/sn olarak raporlanmıştır. Binek araç projeleri için maksimum talep edilen direksiyon hızı 900°/sn olarak seçilmiştir. Ancak SAE projesi Euro NCAP testlerini içermediğinden yönlendirme hızı değeri ilgili yönergelere göre 720°/sn olarak seçilmiştir.

$V_{s,maks} = 720°/sn$
$P_{maks} = 165\ bar$
$E_i = 1\ l/dk$

$$E_{v,maks} = E_i \times \sqrt{P_{n,maks}/P_{maks}}$$

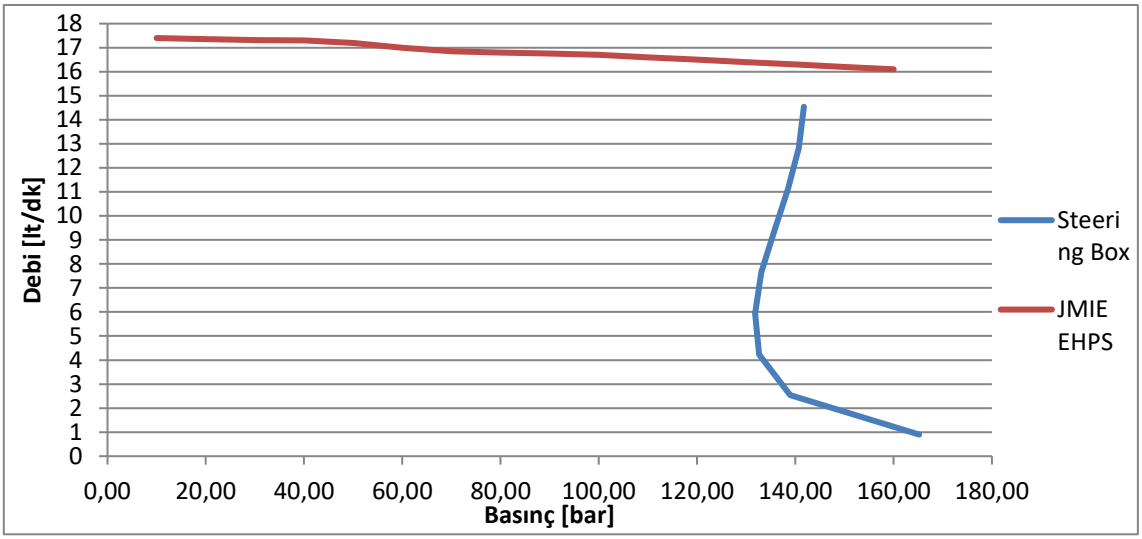
$$E_{v,maks} = 1 \times \sqrt{165/165} = 1 \text{ l/dk}$$

$$Q_{maks} = \frac{V_{s,maks}}{360} \times 60 \times \frac{C}{100} \times \frac{A_c}{100} + E_i \times \sqrt{P_{n,maks}/P_{maks}}$$

$$Q_{max} = \frac{720}{360} \times 60 \times \frac{16{,}5}{100} \times \frac{76{,}15}{100} + 1 \times \sqrt{165/165} = 14{,}54 \text{ l/dk}$$

Tablo 3. GVW beton yüzeyde direksiyon kutusu için hesaplanan değerler

GVW Beton Yüzey %100							
% maks Direksiyon Yükü	Direksiyon Sistemi Tork Talebi	Direksiyon Açısı (°)	Direksiyon Hızı (° / sn) (hedef)	Debi Talebi (l/dk)	Maksimum Yükte Basınç Talebi (bar)	GVW Basınç Talebi (bar)	Curb Basınç Talebi (bar)
100%	4999,26	792	0	0,9	165,19	165,2	140,4
89%	4168,29	702	90	2,53	138,9	138,9	117,1
77%	3903,34	612	180	4,23	132,6	132,6	109,6
66%	3786,48	522	270	5,94	131,8	131,8	106,4
55%	3725,99	432	360	7,66	133,08	133,1	104,7
43%	3692,81	342	450	9,38	135,71	135,7	103,7
32%	3674,29	252	540	11,1	138,49	138,5	103,2
20%	3662,91	162	630	12,8	140,72	140,7	102,9
9%	3656,64	72	720	14,5	141,76	141,8	102,7



Şekil 3. Pompa ve Direksiyon kutusu karakteristiği karşılaştırması

Akış hızı ve yönlendirme hızı açısından, elektro-hidrolik direksiyon pompası, aynı basınç ve devirde 119500629Y'den daha fazla akış hızı sağlayabilir ve daha yüksek yönlendirme hızını destekleyebilir. Tepe basınç değeri 170 Bar'da sistemi 20 saniye süre ile besleyebilir.

3. SONUÇ

İçten yanmalı motora akuple direksiyon pompası, asfalt yüzeylerde statik durumda yaklaşık %80 direksiyon yükü için direksiyon kutusu için gerekli hidrolik desteği sağlar. Ancak beton ve asfalt yüzeylerde %80'den fazla yükte yeterli debi sağlanamadığından direksiyon tutunma problem gözlemlenebilir. Elektro-hidrolik direksiyon pompasının kullanılmasıyla, EV varyantında Q/P karakteristikleri geliştirerek direksiyon yakalama problemlerini çözmeyi öneriyoruz.

	Birim	Hedef	EV	Değerlendirme
Statik Durumda Desteksiz Direksiyon Eforu	N	<45	41	Uygun
Statik Durumda Destekli Direksiyon Eforu	N	<20	15	Uygun
Asfalt Yüzeyde Direksiyon Torku Talebi	Nm	4065	4844	Uygun
Beton Yüzeyde Direksiyon Torku Talebi	Nm	4999	4844	Uygun
İç tekerlek Açısı	Açı (°)	52	52	Uygun
Direksiyon açısı	(° / saniye)	540	720	Uygun
Asfalt Yüzeyde Direksiyon Tutunması (%80 Statik Yük)	(° / saniye)	540	720	Uygun
Beton Yüzeyde Direksiyon Tutunması (%100 Statik Yük)	(° / saniye)	540	720	Uygun

TEŞEKKÜR

Yapılan bu çalışma süresince hem lisans hem de yüksek lisans eğitiminde desteğini esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Hakan KÖYLÜ' ye, KOÜ Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'ndaki değerli hocalarıma, Heksagon Mühendislik ve Tasarım A.Ş. firmasında yöneticim olan Baki Orçun ORGÜL; Şasi ve Araç Dinamiği ekibinde uzun zamandır birlikte çalıştığım değerli çalışma arkadaşlarım Deniz Can ERBİL, Remzi Can AKİLE, Sümeyra KOÇ ve diğer tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Balachandran, A., Gerdes, J. C. (2015). Designing Steering Feel for Steer-by-Wire Vehicles Using Objective Measures, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 20(1), 373-383. DOI: 10.1109/TMECH.2014.2324593.

Becker, C., Brewer, J., Arthur, D., Attioui, F. (2018). Functional Safety Assessment Of A Generic Steer-By-Wire Steering System With Active Steering And Four-Wheel Steering Features, National Highway Traffic Safety Administration.

Choi, H.-R., Choe, G.-H. (2010). A Multiobjective Parametric Optimization for Passenger-Car Steering Actuator, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 57(3), 900-908. DOI: 10.1109/TIE.2009.2038397.

Choi, J.H., Namb, K., Oh, S. (2021). Steering feel improvement by mathematical modeling of the Electric Power Steering system. Mechatronics, 78, 102629. DOI: 10.1016/ j.mechatronics.2021.102629

Dell'Amico, A., Krus, P. (2015) Modeling, Simulation, and Experimental Investigation of an Electrohydraulic Closed-Center Power Steering System IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 20, (5) 2452 – 2462. DOI: 10.1109/TMECH.2014.2384005

Guiggiani, M. (2011). The Science of Vehicle Dynamics (1st ed). Cham, Switzerland

Hang, P., Han, Y., Chen, X., Zhang, B. (2018). Design of an Active Collision Avoidance System for a 4WIS-4WID Electric Vehicle, SAE International, 51(31), 771-777. DOI: /10.1016/j.ifacol.2018.10.132.

Harrer, M., Pfeffer, P. (2017). Steering Handbook (1st ed). Springer, Munich, Germany

He, L., Li, F., Guo, C., Gao, B., Lu J., Shi, Q. (2022) An Adaptive PI Controller by Particle Swarm Optimization for Angle Tracking of Steer-by-Wire, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 1-11. DOI: 10.1109/TMECH.2021.3137848.

Heißing, B., Ersoy, M. (2011). Chassis Handbook (1st ed). Springer, Berlin, Germany

Jazar, R. (2014). Vehicle dynamics: Theory and application, (2nd ed). Springer, Cham, Switzerland

Kemmetmuller, W., Muller, S., Kugi, A. (2007). Mathematical Modeling and Nonlinear Controller Design for a Novel Electrohydraulic Power-Steering System. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 12, 85-97. DOI: 10.1109/TMECH.2006.886257

Kim, W., Son, YS., Chung, CC. (2016) Torque-Overlay-Based Robust Steering Wheel Angle Control of Electrical Power Steering for a Lane-Keeping System of Automated Vehicles, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 65(6), 4379-4392, DOI: 10.1109 /TVT.2015.2473115.

L7 SINIFI MİKRO ELEKTRIKLI ARAÇ TASARIMI VE YANAL TAŞIT DİNAMİĞİ OPTİMİZASYONU

Sümeyra KOÇ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
koc.sumeyraa@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Hakan KÖYLÜ
Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
hkoylu@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0000-0000-0000

Özet
Çağımızın problemlerinden bir olan trafik ve park sorunu gün geçtikçe artmaya devam etmektedir. Bununla birlikte artan yakıt sarfiyatı, çevre ve hava kirliliğininde de büyük ölçüde artışına sebep olmuştur ve bu artış her geçen gün devam etmektedir. Günümüzde pandemi süreciyle birlikte paket sipariş ve kurye yoğunluğu oldukça artmış bulunmaktadır. Genellikle bu tür paket servisler motosiklet ile sağlanmaktadır fakat kuryelerin yoğunluk sebebiyle trafikte yaşadığı problemler, yakıt sarfiyatı ve kötü hava şartları da göz önünde bulundurulduğunda mikro araçlara olan ilgi oldukça artmıştır. Dolayısıyla paket servis iletimi sağlan birçok firma küçük ölçülerde elektrikli araç arayışına girmiştir. Özellikle ülkemizde otomotiv Ar-Ge merkezlerine gelen talepler bu durumu doğrular niteliktedir. Durum böyle olunca otomotiv piyasasındaki birçok firma L6 ve L7 sınıfı elektrikli mikro-araç tasarımları gerçekleştirmeye başlamıştır. Bu tür küçük ölçülere sahip mikro araçların avantajlarını sıralayacak olursak; binek bir taşıta nazaran daha küçük ölçülere sahip olduğundan park yeri problemini minimize edecektir, özellikle kargo-paket teslimatı yapan kuryeler için kötü hava koşullarından korunmalarını sağlayacaktır, kısa mesafe ulaşımları için idealdir, binek araçlara göre daha ucuzdurlar. Avantajlarının yanı sıra en büyük dezavantajlarından biri de viraj anında devrilmeleridir. Hafif olmaları ve dar iz genişliğine sahip olmaları sebebiyle ve ağırlık merkezi yüksekliği de ne kadar yukarıdaysa bu durum kaçınılmaz bir hal almaktadır. Bazı mikro araçlarda devrilmeyi önlemek için ek aktüatörler kullanılır veya devrilme momenti oluşturmak için araç frenlerini kullanır. Fakat ek aktüatörler kullanmak ekstra maliyet demektir. Tam da bu noktada tezin amacına değinilmiştir. Bu çalışmada ek bir maliyet gerektirmeden kendi sınıfında yer alan benzer araçlardan daha da küçük boyutlara sahip bir mikro aracın, Adams/Car programında süspansiyon sistemlerinin optimum tasarımı ve Adams/Insight programı ile yapılan ağırlık merkezinin optimizasyonu ile aracın yanal dinamik davranışlarını optimum seviyede tutarak güvenli sürüş ve iyi bir manevra kabiliyetine sahip araç modeli elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşıt Dinamiği, Mikro-Araç, Optimizasyon, L7 Sınıfı Araçlar, Süspansiyon, Ackermann

L7 CLASS MICRO ELECTRIC VEHICLE DESIGN AND LATERAL VEHICLE DYNAMICS OPTIMIZATION

Abstract
Traffic and parking problem, which is one of the problems of our age, continues to increase day by day. However, increasing fuel consumption has also caused a great increase in environmental and air pollution, and this increase continues day by day. Today, with the pandemic process, the density of package orders and courier has increased considerably. Usually, such package services are provided by motorcycle, but the interest in micro vehicles has increased considerably, considering the problems experienced by the couriers in traffic due to the density, fuel consumption and bad weather conditions. Therefore, many companies that provide package service delivery have started to search for electric vehicles in small sizes. In particular, the demands received from automotive R&D centers in our country confirm this situation. As this is the case, many companies in the automotive market have started to design L6 and L7 class electric micro-vehicles. If we list the advantages of micro-tools with such small dimensions; Since they have smaller dimensions compared to a passenger vehicle, they will minimize the parking problem, they will protect them from bad weather conditions, especially for the couriers who deliver cargo-packages, they are ideal for short distance transportation, they are cheaper than

passenger vehicles. In addition to their advantages, one of the biggest disadvantages is that they tip over when cornering. This is inevitable due to their light weight and narrow track width, and the higher the center of gravity is. Some micro vehicles use additional actuators to prevent rollover or use vehicle brakes to generate rollover torque. But using additional actuators means extra cost. At this point, the aim of the thesis is mentioned. In this study, the optimum design of suspension systems in the Adams/Car program and the optimization of the center of gravity made with the Adams/Insight program of a micro vehicle, which has even smaller dimensions than the similar vehicles in its class, without requiring any additional cost, keep the vehicle's lateral dynamic behaviours at the optimum level and ensure safe driving and safety. A vehicle model with good manoeuvrability has been obtained.

Keywords: Vehicle Dynamics, Micro-car, Optimization, L7 Class Vehicles, Suspension, Ackermann

1. GİRİŞ

Araçlar; boyutlarına, iç hacimlerine ve performanslarına ve ağırlıklarına göre sınıflandırılırlar. . Bu çalışmada L7 sınıfı bir aracın tasarım ve taşıt dinamiği optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. L7 sınıfı; ağır dört tekerlekli bisikletler olarak da adlandırılan dört tekerlekli bisikletler (L7e), 2002/24/EC Çerçeve Yönergesi tarafından, yüksüz ağırlığı 450 kg'dan fazla olmayan dört tekerlekli "(hafif dört tekerlekli bisikletler olarak adlandırılanlar hariç) motorlu araçlar olarak tanımlanmaktadır. Günümüz otomotiv sektörünü incelediğimizde birçok otomobil markası L7 sınıfı mikro araç konsept tasarımlarını dünyaya tanıtmıştır. Bunlardan en popüler olanı ve ülkemizde de satışa sunulan Renault Twizy ilk kez 2009 yılında tanıtılmıştır (Pulman, 2009). Buna benzer tasarımları Avrupa ve Asya ülkerinde görmek mümkündür. Nüfus artışıyla beraber artan trafik, park yeri ve ulaşım problemleri nedeniyle özellikle ülkemizde kargo-paket dağıtım ve kısa mesafe ulaşımlar için mikro araçların kullanımına başlanılmıştır. Dar kabin tasarımları, birçok ulaşım sorununun çaresi gibi görünüyor, ancak aynı zamanda bu tür araçlar için hayati bir sorunu da beraberinde getiriyor; uygun bir kontrol olmadan kolayca devrilme sorunları yaşayabilirler (Khajepour ve ark, 2018). Bu tür araçların devrilmelerini önlemek için iki farklı konseptte tasarımlar yapılmıştır. Bunlardan ilki yalpa sertliği yüksek araç modelidir. Süspansiyon yalpalama sertliği ile viraj anındaki yalpa momentinin kontrol edildiği konsepttir. İkinci konsept ise kamber yapan araç modelidir. Araç gövdesinin tekerleklerle birlikte kamber hareketi yaparak viraj almasını sağlamaktadır. Bu iki konsept arasındaki farklar şunlardır; yalpa sertliği yüksek araç modelinde viraj anında araç gövdesinin virajın dışına doğru, kamber yapan araç modelinin ise viraj anında gövdenin içe doğru yalpa hareketi yapmasıdır. Bununla birlikte yalpa sertliği yüksek araç modelinide sürücü direksiyonu aracı sadece yönlendirmek için, kamber yapan araç modeli ise aracı yönlendirmekle beraber gövdenin de içe doğru yalpa yapmasını sağlamak için kullanır (Jacobson, 2017). Bu tür süspansiyon devirme mekanizmalarının tasarımları zor ve kompakttır. Özet bölümünde bahsedildiği üzere çalışmanın temel amacı, aracın güvenli sürüş sağlayabilmesi ve iyi bir manevra kabiliyeti kazandırılması için süspansiyon sistemlerinin tasarımlarıyla ve ağırlık merkezinin optimum konumuyla ile sağlamaktır. Çalışmaya başlamadan önce piyasadaki benzer araçlar araştırılmıştır ve literatür taraması ile birlikte araç hedefleri belirlenmiştir. Direksiyon sisteminin Ackermann hesapları yapılmıştır ve aracın ön süspansiyon ve direksiyon sistemleri Adams/Car programında modellenmiştir. Direksiyon analizleri gerçekleştirilerek hesaplanan Ackerman geometrisine uygunluğu kontrol edilmiştir. Ardından ön ve arka süspansiyon sistemlerinin yarım taşıt analizleri gerçekleştirilmiştir. Yarım taşıt seviyesinde yapılan analizlerin tamamlanmasıyla birlikte tüm araç taşıt dinamiği modeli kurulmuştur ve Adams/Insight programı ile birlikte ağırlık merkezi optimizasyonu gerçekleştirilerek belirlenen araç hedeflerinin sağlandığı optimum ağırlık merkezi yüksekliği belirlenmiştir. Tamamlanan son araç modeli ile birlikte yol simülasyonları gerçekleştirilerek sonuçlar incelenmiştir.

2. DİREKSİYON KİNEMATİĞİ

Aracın ön, arka süspansiyon ve direksiyon sistemi Adams/Car programında modellenmişitr. Öncelikle ön süspansiyon sistemi ve direksiyon sistemi modeli oluşturulup direksiyon geometrisi ayarlanmıştır.

Tablo 1. Mikro-araç Özellikleri

ARAÇ ÖZELLİKLERİ		
Ön Süspansiyon Tipi	Çift Lades Kemiği Asılışlı	
Arka Süspansiyon Tipi	Yön Verici Çubuk	
Max Araç Genişliği	1020	mm
Dingil Aralığı	1500	mm
Ön İz Genişliği	857	mm
Arka İz Genişliği	857	mm
Lastik	145 / 70 R13	
Ön Süspansiyon Yükü@ Azami	250	kg
Arka Süspansiyon Yükü@ Azami	250	kg

Yarım taşıt analizleri öncesinde direksiyon sisteminin aşağıdaki (1);(7) formüller doğrultusunda Ackermann hesaplamaları yapılmıştır.

$$\cos \delta o - \cos \delta i = \frac{w}{l} \quad (1)$$

$$\cot \delta = \frac{\cot \delta o + \cot \delta i}{2} \quad (2)$$

$$\tan \delta i = \frac{l}{R1 - \frac{w}{2}} \quad (3)$$

$$\tan \delta o = \frac{l}{R1 + \frac{w}{2}} \quad (4)$$

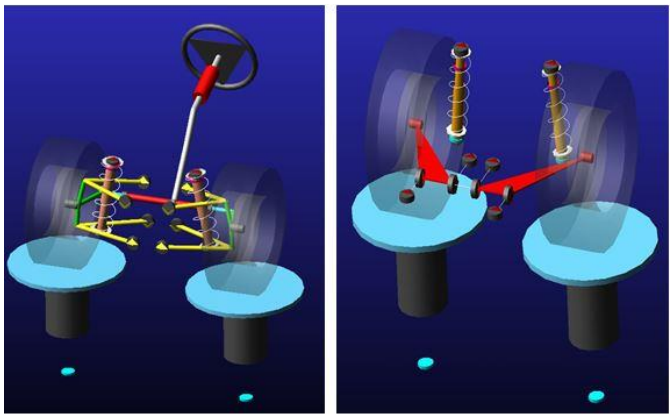
$$R1 = \frac{w}{2} + \frac{l}{\tan \delta i} \quad (5)$$

$$R^2 = a_{2^2} + R1^2 \quad (6)$$

$$Rmin = \frac{l}{\tan \delta i} \quad (7)$$

3. SÜSPANSİYON KİNEMATİĞİ

Direksiyon hesaplamalarının tamamlanması ile birlikte direksiyon, ön ve arka süspansiyon sistemleri Adams/Car programında modellenmiştir.



Şekil 1. Ön ve arka süspansiyon modeli

Yapılan yarım taşıt direksiyon ve süspansiyon analizlerinin ardından elde edilen sonuçlar tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Direksiyon ve Süspansiyon Sistemlerinin Parametreleri

Direksiyon Sistemi	**Pinyon&Kramyer**	
Direksiyon teker açıları	30.3° / 23,8°	
Ackermann hatası	0.7°	
Direksiyon eforu	0.57 Nm	
Direksiyon turu	±2.02 tur (= ±730°)	
Rmin	2566.6mm	
	Ön Süspansiyon	**Arka Süspansiyon**
Süspansiyon tipi	Çift lades kemiği asılışı	Yön verici çubuk
Azami aks yükü	250kg	250kg
Tekerlek hareketi	±60mm	±60mm
Kaster açısı	4°	-
King-pin açısı	9.2°	-
Sapma dairesi yarıçapı	25.1mm	-
Kamber açısı değişimi	4.5°	-0.5°
Toe açısı değişimi	-0.8°	0.03°

4. TAM TAŞIT MODELİ

Yarım taşıt analizlerinin tamamlanmasıyla birlikte Adams/Car programında tam araç modeli kurulmuştur. Araca tam taşıt simülasyonları yapılmadan önce ağırlık merkezinin doğru bir şekilde ayarlanması çok önemlidir. Yapılan literatür taraması ve incelenen benzer araçların özellileri doğrultusunda araç için bir hedef tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3. Araç Hedef Değerleri

Parametre	**Değer**
Azami Hız	45 km/h
Azami Yanal İvme	≥ 0.4g
Yalpa Gradyeni	< 5 °/g

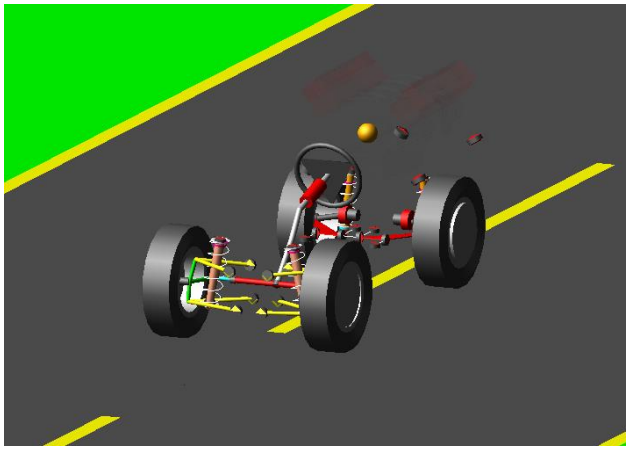
4.1. Ağırlık Merkezi Optimizasyonu

Giriş bölümünde, dar ölçülere sahip araçların en büyük problemlerinden birinin azami hızlarda viraj alırken devrilemeleri olduğundan bahsedilmişti. Dolayısıyla ağırlık merkezi iterasyonlarını gerçekleştirirken bu problemi etkileyen parametreler çıktı olarak seçilmiştir. Bu çıktı parametreleri; azami yanal ivme ve bu yanal ivmeyi karşılayacak azami hız değerleridir. Ağırlık merkezi optimizasyonu Adams/Insight programında gerçekleştirilmiştir. İterasyonlara başlamadan önce Adams/Car programında çıktı parametrelerinin kontrol edileceği 'sabit yarıçapta dönüş' analizi yapılmıştır. Bu test ISO 4138 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Test esnasında araç 50m yarıçaptaki bir çember üzerinde hızlanarak dönüş manevrası yapmaktadır. Adams/Insight programına geçilmesiyle birlikte programda yer alan iterasyon yöntemlerinden Study-sweep yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, belirlenen iterasyon sayısına bağlı olarak verilen faktör değerini verilen sınırlar içinde eşit aralıklara bölerek iterasyonları tanımlar. Tek bir faktör için iyi bir interpolasyon sunsa da birden fazla faktör için önerilmez. Study-sweep yöntemiyle birlikte 20 iterasyon gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. İterasyon Sonuçları

Durum	Ağırlık Merkezi Yüksekliği (teker merkezinden mm)	Azami Yanal İvme (g)	Hız (km/h)	Ön lastik kuvveti (N)	Arka lastik kuvveti (N)	Tekerin yerden kesilidiği anki yanal ivme (g)	Hızı (km/h)
İterasyon 1	163	0.50	56.3	1563.2	2497.98	0.47	44.2
İterasyon 2	174.76	0.50	56.3	1581.27	2525.16	0.47	44.2
İterasyon 3	186.5	0.50	56.3	1658.75	2519.85	0.44	44.3
İterasyon 4	198.29	0.50	56.3	1728.76	2522.79	0.43	44.4
İterasyon 5	210.05	0.49	56.3	1785.39	2525.05	0.42	44.5
İterasyon 6	221.8	0.50	56.3	1863.34	2521.21	0.4	44.5
İterasyon 7	233.58	0.50	56.3	1923.27	2527.12	0.39	44.6
İterasyon 8	245.34	0.49	56.3	1984.55	2529.65	0.39	44.5
İterasyon 9	257.1	0.49	56.3	2056.73	2530.61	0.38	44.6
İterasyon 10	268.87	0.49	56.3	2130.36	2531.61	0.36	44.6
İterasyon 11	280.63	0.49	56.3	2198.73	2534.28	0.36	44.8
İterasyon 12	292.39	0.49	56.3	2272.37	2534.3	0.35	44.9
İterasyon 13	304.15	0.49	56.3	2346.34	2535.88	0.34	44.8
İterasyon 14	316	0.48	56.3	2420.86	2556.47	0.33	44.6
İterasyon 15	327.68	0.65	56.1	2874	0		
İterasyon 16	339.45	0.96	55.6	0	79.855		
İterasyon 17	351.21	1.60	55.1	0	0		
İterasyon 18	362.97	1.31	39.4	4515.89	0		
İterasyon 19	374.7	3.15	39.4	1237.23	4305.25		
İterasyon 20	386.5	1.53	39.3	0	0		

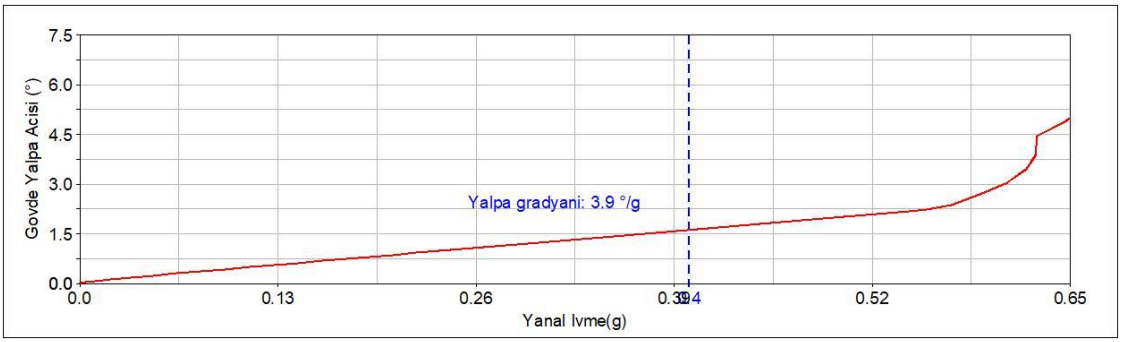
5. SONUÇ



Şekil 2. Tam taşıt modeli

Yapılan iterasyon sonucunda tablo 4'de kırmızı alanda yer alan değerlerde aracın devrilerek analizi tamamlayamadığı gözlemlenmiştir. 7. ile 14.iterasyonda yer alan değerlerde ise araç simülasyon esnasında devrilememektedir fakat aracın arka tekerleği yerden kesildiği gözlemlenmiştir. Bu durum araç için tehlike teşkil edeceğinden bu değerler araç için uygun görülmemiştir. Çalışmada amaç, aracın azami hızında viraj alırken devrilmeden güvenli bir şekilde sürüşünü devam ettirebilmesidir. Bu noktada azami hızda $\geq$ 0.4g yanal ivme hedefini yakaladığı ağırlık merkezi değeri iterasyon 6. maddesinde görülmektedir. Buna göre aracın 44.5 km/h hızda viraj alırken hedeflenen azami yanal ivme değerini yakaladığı anda devrilmeden sürüşünü devam ettirebilmesi için aracın ağırlık merkezi yüksekliğinin

tekerlek merkezinden 221.8mm yukarıda olması gerektiği uygun görülmüştür ve araç modeli bu değer ile tamamlanmıştır.



Şekil 3. Yalpa gradyeni ve azami yanal ivme grafiği

Aracın yalpa gradyeni 3.9°/g'dir. Bu değerin mikro araçlar için 5°/g'den az olması istenmektedir (Shetty ve ark, 2022).

6.TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlara göre aracın dinamik davranışları incelendiğinde, binek taşıtlara göre çok daha küçük boyutlara sahip bir aracın viraj anında karşılayabildiği azami ivme değeri ve bununla birlikte yalpa gradyeni değerinin araca oldukça iyi bir manevra kabiliyeti kazandırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle aracın yalpa gradyeni değeri, viraj anında karşılaştığı yanal ivme değerine göre araç gövdesinin yaptığı yalpa açısı değerini ifade etmektedir ve bu değerin belirlenen hedef değerin altında olması devrilme riskini minimize ettiği gözlemlenmiştir. Bu durum, yapılan optimum süspansiyon sistemi tasarımı ve ağırlık merkezi çalışmalarıyla birlikte çalışmanın amacına başarıyla ulaştığını göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca, bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan ve her konuda beni yönlendiren değerli Tez Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Hakan Köylü 'ye, çalışma hayatım boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli bölüm müdürüm Baki Orçun Orgül'e ve sevgili Hexagon Studio şasi ve taşıt dinamiği ekip arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Jacobson, B., (2017), *Vehicle Dynamics Compendium,Chalmers* (8th ed.), Göteborg: Repro-centralen.

Pulman, B. (2009), *Renault Twizy ZE electric concept at 2009 Frankfurt motor show,* 5 Ocak 2022 tarihinde https://www.carmagazine.co.uk / adresinden alındı.

Shetty, K., Mache, A., Joshi, A., Kulkarni, M., (2022), Vehicle Dynamics Analysis and Optimization of Electric All-Terrain Vehicle, *SAE International*.

Tang, C., He, L., Khajepour, A., (2018), Design and Analysis of An Integrated Suspension Tilting Mechanism For Narrow Urban Vehicles, *Elsevier*.

GÜÇ SİSTEMLERİNDE HARMONİK YÜK TESPİTİ İÇİN KULLANILAN V-I ORANI YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ

Ferhat Özel
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
ferhatozel96@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5863-7045

Nuran Yörükeren
Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Elektrik Mühendisliği
nurcan@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5092-4952

İbrahim Gürsu Tekdemir
Bursa Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği
ibrahim.tekdemir@btu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1381-3513

Özet
Güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılan doğrusal olmayan karakteristiğe sahip yükler, akım ve gerilimde harmonik bozulmalara neden olmakta, bu durum bozulmanın ciddiyetine bağlı olarak motor, generatör, kondansatör, transformatör gibi elemanların zarar görmesine neden olabilmektedir. Bir güç kalitesi problemi olan harmonikler, enerji verimliliğinin düşmesine ve sistemin işletmesi açısından sorunlara neden olabilmektedir. Sistemdeki herhangi bir ortak bağlantı noktasında (OBN) oluşan harmoniklere, genellikle birden fazla harmonikli yük neden olmaktadır. Bu nedenle, harmonikli yüklerin yerinin belirlenmesi ve harmonik azaltma yöntemlerinin uygulanması uluslararası standartlardaki sınır koşullarının sağlanması açısından önemlidir. Bu çalışmada, harmonikli yüklerin tespit edilmesine yönelik bazı çalışmalar incelenmiştir. Literatürde harmonikli yüklerin tespiti ile ilgili birçok yöntem önerilmiştir. Bunlar içinden sıkça ele alınmış olan gerilim-akım (V-I) oranı yöntemiyle ilgili bu çalışmada farklı senaryolar üretilerek incelenmiştir. Bu bağlamda, farklı harmonik bileşenlere sahip yüklerin sisteme katılması durumları analiz edilmiştir. Gerekli analizler, PSCAD/EMTDC programında yapılmış ve ilgili test sistemi üzerinde yapılan analizler sonucunda, gerilim ve akım harmonik bileşenlerinin genlik ve açı değerleri ile toplam harmonik bozulma gibi parametreler elde edilmiştir. Sonrasında, senaryolardan elde edilen veriler, MATLAB programına aktarılmış ve bu programda uygun hesaplamalar yapılarak yöntemin harmonik kaynağının yerini belirlemedeki başarımı ortaya konulmuştur. Böylece yöntemin, farklı durumlarda verdiği sonuçlar açısından incelenmiş ve uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yöntemin harmonik kaynağı yerini belirlemede başarılı olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güç Sistemlerinde Harmonikler, Harmonik Yük Yöntemi, V-I Oranı Yöntemi

INVESTIGATION OF V-I RATIO METHOD USED FOR HARMONIC LOAD DETECTION IN POWER SYSTEMS

Abstract
Loads with non-linear characteristics, which are widely used in power systems, cause harmonic distortions in current and voltage, which may cause damage to elements such as motors, generators, capacitors, transformers, depending on the severity of the deterioration. Harmonics, which are a power quality problem, can cause a decrease in energy efficiency and problems in terms of operation of the system. Harmonics occurring at any common connection point (OBN) in the system are usually caused by loads with more than one harmonic. For this reason, it is important to determine the location of harmonic loads and to apply harmonic reduction methods in order to ensure the boundary conditions in international standards. In this study, some studies on the detection of harmonic loads were examined. Many methods have been proposed for the detection of harmonic loads in the literature. In this study, about the voltage-current (V-I) ratio method, which is frequently discussed among these, different scenarios are produced and examined. In this context, the cases of adding loads with different harmonic components to the system have been analyzed. The necessary analyzes were made in PSCAD/EMTDC

program and as a result of the analyzes made on the related test system, parameters such as amplitude and angle values of voltage and current harmonic components and total harmonic distortion were obtained. Afterwards, the data obtained from the scenarios were transferred to the MATLAB program and the success of the method in determining the location of the harmonic source was demonstrated by making appropriate calculations in this program. Thus, the method was examined in terms of the results it gave in different situations and its application was made. According to the results obtained, it is seen that the method is successful in determining the harmonic source location.

Keywords: Harmonics in Power Systems, Harmonic Load Method, Voltage-Current Ratio Method

1. GİRİŞ

Bir güç sisteminde; bilgisayarlar, motor sürücüleri, ark fırınları, fotovoltaik sistemler ve konvertörler gibi doğrusal olmayan yüklerin bulunması nedeniyle harmonikli akımlar oluşmaktadır. Farklı genlikte ve sinüsoidal olmayan dalga şekline sahip bu harmonikli akımlar, sistemdeki elemanların üzerinden akarken harmonikli gerilimlere de neden olabilmektedirler (Hui ve diğ., 2010), (Shojaie ve Mokhtari, 2014). Güç sisteminde harmonik bozucuların olması durumunda, harmonikli yüklerin sistem üzerindeki etkisi dikkate alınarak tespit edilmesi veya ortak bağlantı noktasındaki harmonik bozulmaya katkılarının ayrı ayrı belirlenmesi, güç kalitesinin kontrol altında tutulması ve harmonik bozulmaları azaltmaya yönelik uygulamaların gerçekleştirilmesi adına önem arz etmektedir.

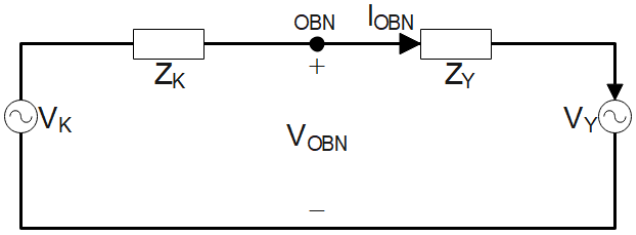
Literatürde harmonik güç akış yönlerini tespit etmek için hem çok noktalı hem de tek noktalı ölçümler olmak üzere farklı yöntemler önerilmiştir (Tanaka ve Akagi, 1995), (Davis ve diğ., 2000). Çok noktalı ölçüm yöntemleri, güç sisteminin harmonik durumları hakkında doğru bilgi vermekte olup, uygulanması zor olmakla birlikte maliyetli bir ölçüm sistemi gerektirmektedir. Tek noktalı ölçüm yöntemleri ise uygulanması kolay olup maliyet açısından oldukça uygundur. Ancak gerçek uygulamalarda bu yöntemler, baskın harmonikli yükün konumu hakkında yanlış bilgi vermektedir. Omran ve diğ. (2009) tarafından önerildiği gibi bir noktadan ölçüme dayalı olan ve Norton eşdeğer devresi ile ifade edilen şebeke ve tüketicinin bulunduğu sistemin her harmonik bileşeninin belirlenebilmesi için süperpozisyon yöntemi kullanılması gerekmektedir. Ayrıca her harmonik bileşen için Norton eşdeğer devresi, tekrar tekrar hesaplanmalıdır. Çoklu ölçüme dayalı yöntemlerde ise ölçüm noktasının yukarı veya aşağı tarafında harmonikli yükü belirlemek için aktif olmayan güce dayalı yöntemler vardır (Jain ve diğ., 2017). Ancak aktif olmayan gücün genel anlamda bir kabul edilebilirliği olmaması sebebiyle bu yöntemler, tartışmaya açıktır. Bir devrede bulunan herhangi bir düğümdeki aktif harmonik gücü hesaplayan aktif güç akışına bağlı yöntemler hem radyal hem de radyal olmayan sistemlerde kullanılabilir (Abu-Hashim ve diğ., 1999), (Safargholi ve diğ., 2018b). Güç sistemlerinde bulunan harmonikli yüklerin sisteme zarar vermesini önlemek için ilk olarak bu yüklerin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, harmonik bozucuların tespit edilmesine ilişkin V-I oranı yöntemi hem teorik açıdan hem de yapılan benzetim çalışmaları ile incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bir güç sisteminde bulunan harmonikli yüklerin tespit edilmesi, sistemin güç kalitesinin takip edilebilmesi ve tespit aşamasının sonraki adımı olan harmonik azaltma yöntemlerinin (Örnek: filtreler) uygulanabilmesi gibi pratik işlemler açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla, literatürde incelenen yöntemlerden, V-I oranı yöntemi değerlendirilmiştir.

2.1. V-I Oranı Yöntemi

OBN'de ölçülen gerilim ve akım değerleri ile tüketicinin eşdeğer empedans değerleri kullanılarak V-I oranı yöntemiyle harmonik kaynağı tespiti yapılmaktadır (Malekian, 2015). Ayrıca Malekian (2015) kaynak ve tüketici arasındaki harmonik katkıları da belirleyebilmiştir. Şekil 1'deki devrede belirtilen parametreler kullanılarak V-I oranı yöntemi ile ilgili denklemler elde edilir. Bu devrede; V_K, kaynak tarafındaki gerilim değeridir. Z_K, kaynak tarafındaki empedans değeridir. V_{OBN}, OBN'deki gerilim değeridir. V_Y, yük tarafındaki gerilim değeridir. Z_Y, yük tarafındaki empedans değeridir.



Şekil 1. V-I oranı yöntemi için oluşturulan temsili bir güç sistemi

V-I oranı yöntemi şu amaçlara ulaşmak için kullanılabilir:

1) Baskın eşdeğer harmonik kaynağının belirlenmesi ($\frac{V_K}{V_Y} > 1$ veya $\frac{V_K}{V_Y} < 1$);
2) Eşdeğer harmonikli gerilimlerin oranının belirlenmesi ($\frac{V_K}{V_Y} = k$).

Bu yöntem kullanılırken kaynak empedansı (Z_K) ve yük empedansının (Z_Y) bilindiği varsayılır ve OBN'den ölçülen gerilim ve akım değerleri alınır. Malekian (2015) bu yöntemi özetlemiştir. Bunun sonucunda OBN'nin V-I oranı (R_{vi}) , her harmonik bileşeni için Denklem (1)'deki gibi hesaplanır (Safargholi ve diğ., 2018a), (Sinvula ve diğ., 2019).

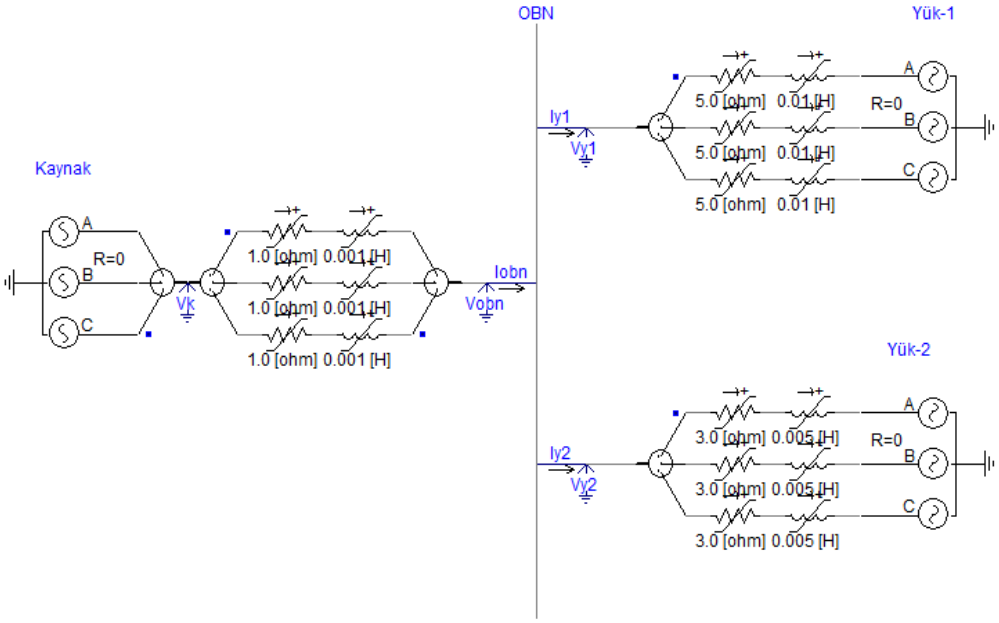
$$R_{vi} = \frac{V_{OBN}}{I_{OBN}} \tag{1}$$

$\frac{V_K}{V_Y} = 1$ olması durumunda baskın eşdeğer harmonik gerilim kaynağını belirleyebilmek için R_{vi}, Z_K ve Z_Y değerleri ile şu şekilde karşılaştırılmalıdır:

1) Eğer $|R_{vi} + Z_Y| > |R_{vi} + Z_K|$ ise müşteri tarafının eşdeğer harmonik gerilim kaynağı baskındır ve $\frac{V_K}{V_Y} < 1$'dir.
2) Eğer $|R_{vi} + Z_Y| < |R_{vi} + Z_K|$ ise kaynak tarafının eşdeğer harmonik gerilim kaynağı baskındır ve $\frac{V_K}{V_Y} > 1$'dir.

2.1.1. V-I Oranı Yöntemi ile İlgili Analizler

Bu bölümde, bir güç sisteminde bulunan harmonikli yüklerin V-I oranı yöntemi ile tespiti incelenmiştir. Analizler için Park ve diğ. (2020) tarafından sunulan ve PSCAD/EMTDC programı ile oluşturulan Şekil 2'deki 1 kaynak ve 2 yüke sahip test sistemi, kullanılmıştır. V-I oranı yönteminin uygulanması amacıyla gerekli olan anlık gerilim ve akım değerleri, söz konusu test sisteminin OBN'den alınmıştır. Alınan bu değerler kullanılarak gerekli hesaplamalar, MATLAB programı ile yapılmıştır.



Şekil 2. 1 kaynağa ve 2 yüke sahip test sistemi

Oluşturulan senaryolarda tüm harmonikli bileşenlerin dengeli olduğu kabul edilmiştir. Sisteme ait veriler, 50 Hz şebeke frekansına göre hesaplanmıştır ve Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sisteme ait veriler (Park ve diğ., 2020)

Harmonik Derecesi		Kaynak	Yük-1	Yük-2
Gerilim [kV]	1.	12,999+j2,292	-	-
	3.	0,002+j0,001	0,884+j0,511	1,139+j0,415
	5.	0,001+j0,001	1,161+j0,640	2,300+j0,792
	7.	0,001+j0,001	0,448+j0,253	0,761+j0,292
Empedans [Ω]	1.	1,000+j0,377	5,000+j3,770	3,000+j1,885
	3.	1,000+j1,131	5,000+j11,310	3,000+j5,655
	5.	1,000+j1,885	5,000+j18,850	3,000+9,425
	7.	1,000+j2,639	5,000+j26,389	3,000+j13,195

Senaryo 1: Sadece 3. Harmonik Bileşenlerin Olduğu Durum

Şekil 2.'deki test sisteminin OBN'den alınan gerilim ve akım ölçüm değerleri ve bu değerlere göre elde edilen R_{vi} ile $\frac{V_K}{V_Y}$ oranı, Tablo 2.'deki gibidir.

Tablo 2. 3.harmonik olması durumunda elde edilen sonuçlar

	Gerilim Değeri (V)	Gerilim Faz Açısı	Akım Değeri (A)	Akım Faz Açısı
OBN	0,000000000000507	-137,4218	0,000000000000434	-8,9589
R_{vi}	1,1682∠-128,4629			
$\frac{V_K}{V_Y}$	1,0000			
$\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ ile $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ karşılaştırılması	$\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ = 2,5157, $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ = 0,2748 Bu durumda, $\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert > \lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ olur.			

Tablo 2.'deki sonuçlar incelendiğinde, test sistemindeki baskın tarafı belirleyebilmek için yöntem gereği, $\frac{V_K}{V_Y}$ değeri hesaplanmıştır ve bu değer baskın eşdeğer harmonik gerilim kaynağını belirleyebilmek için yeterli olmamıştır. Bunun sonucunda, $\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ ile $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ karşılaştırması yapılmış ve bu kez harmonikli kaynak tespit edilerek yük tarafında bulunan 3. harmonikli bileşenler, kaynak tarafında bulunan harmoniklere göre daha baskın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Senaryo 2: Sadece 5. Harmonik Bileşenlerin Olduğu Durum

Şekil 2.'deki test sisteminin OBN'den alınan gerilim ve akım ölçüm değerleri ve bu değerlere göre elde edilen R_{vi} ile $\frac{V_K}{V_Y}$ oranı, Tablo 3.'teki gibidir.

Tablo 3. 5.harmonik olması durumunda elde edilen sonuçlar

	Gerilim Değeri (V)	Gerilim Faz Açısı	Akım Değeri (A)	Akım Faz Açısı
OBN	0,000000000000415	45,1150	0,000000000000300	141,7587
R_{vi}	1,3833∠-96,6437			
$\frac{V_K}{V_Y}$	1,0000			
$\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ ile $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ karşılaştırılması	$\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ = 4,2344, $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ = 0,9831 Bu durumda, $\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert > \lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ olur.			

Tablo 3.'teki sonuçlar incelendiğinde, test sistemindeki baskın tarafı belirleyebilmek için yöntem gereği, $\frac{V_K}{V_Y}$ değeri hesaplanmıştır ve bu değer baskın eşdeğer harmonik gerilim kaynağını belirleyebilmek için yeterli olmamıştır. Bunun sonucunda, 1.senaryodaki gibi $\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ ile $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ karşılaştırılması yapılarak yük tarafında bulunan 5. harmonikli bileşenler, kaynak tarafında bulunan harmoniklere göre daha baskın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Senaryo 3: Sadece 7. Harmonik Bileşenlerin Olduğu Durum

Şekil 2.'deki test sisteminin OBN'den alınan gerilim ve akım ölçüm değerleri ve bu değerlere göre elde edilen R_{vi} ile $\frac{V_K}{V_Y}$ oranı, Tablo 4.'teki gibidir.

Tablo 4. 7.harmonik olması durumunda elde edilen sonuçlar

	Gerilim Değeri (V)	Gerilim Faz Açısı	Akım Değeri (A)	Akım Faz Açısı
OBN	0,000000000000197	157,8585	0,000000000000186	-46,8530
R_{vi}	1,3833∠-96,6437			
$\frac{V_K}{V_Y}$	1,0000			
$\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ ile $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ karşılaştırılması	$\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ = 6,2050, $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ = 1,1774 Bu durumda, $\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert > \lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ olur.			

Tablo 4.'teki sonuçlar incelendiğinde, test sistemindeki baskın tarafı belirleyebilmek için yöntem gereği, $\frac{V_K}{V_Y}$ değeri hesaplanmıştır ve bu değer baskın eşdeğer harmonik gerilim kaynağını belirleyebilmek için yeterli olmamıştır. Bunun sonucunda, önceki iki senaryoda olduğu gibi $\lvert R_{vi}+Z_Y\rvert$ ile $\lvert R_{vi}+Z_K\rvert$ karşılaştırılması yapılarak yük tarafında bulunan 7. harmonikli bileşenler, kaynak tarafında bulunan harmoniklere göre daha baskın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, bir güç sisteminde harmonik yüklerin tespit edilmesi ve harmonik açısından baskın tarafın belirlenmesi amacıyla literatürde bulunan çeşitli yöntemlerden V-I oranı yöntemi incelenmiş ve PSCAD/EMTDC programı ile oluşturulan 3 farklı senaryodaki başarımı ortaya konmuştur. Senaryo 1'de sadece her iki taraf için 3.harmonik bileşen incelenmiş ve sonuçta yük tarafındaki 3.harmoniğin daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Senaryo 2'de 5.harmonik bileşen, senaryo 3'de 7.harmonik bileşen incelenerek burada da yük tarafındaki harmoniklerin daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Bunların sonucunda V-I oranı yönteminin, harmonik yük tespitinde başarılı olduğu görülmüştür. Fakat bu yöntemi, güç sistemleri üzerinde uygulayabilmek için ilgili devreyi eşdeğer harmonikli gerilim kaynakları ile modelleyerek ancak gerekli analizler yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Abu-Hashim, R., Burch, R., Chang, G., Grady, M., Gunther, E., Halpin, M., Harziadonin, C., Liu, Y., Marz, M., Ortmeyer, T., Rajagopalan, V., Ranade, S., Ribeiro, P., Sim, T., Xu, W. (1999), Test Systems for Harmonics Modeling and Simulation, *IEEE Transactions on Power Delivery, 14*(2), 579-587.

Davis E.J., Emanuel, A.E., Pileggi, D.J. (2000), Evaluation of Single-Point Measurements Method for Harmonic Pollution Cost Allocation, *IEEE Transactions on Power Delivery, 15*(1), 14-18.

Hui, J., Yang, H., Lin, S., Ye, M. (2010), Assessing Utility Harmonic Impedance Based on the Covariance Characteristic of Random Vectors, IEEE Transactions on Power Delivery, 25(3), 1778-1786.

Jain P., Tiwari, A.K., Jain, S.K. (2017), ESPRIT-THP Method for Harmonic Source Identification in Distribution System, 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), Chennai, India, 1-2 Aug. 2017.

Malekian, K. (2015), A Novel Approach to Analyze the Harmonic Behavior of Customers at the Point of Common Coupling, 2015 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE), Costa da Caparica, Portugal, 24-26 June 2015.

Omran W.A., El-Goharey, H.S.K., Kazerani, M., Salama, M.M.A. (2009), Identification and Measurement of Harmonic Pollution for Radial and Nonradial Systems, IEEE Transactions on Power Delivery, 24(3), 1642-1650.

Park, J., Lee, H., Yoon, M., Park, C. (2020), A Novel Method for Assessing the Contribution of Harmonic Sources to Voltage Distortion in Power Systems, IEEE Access, 8, 76568-76579.

Safargholi, F., Malekian, K., Schufft, W. (2018), On the Dominant Harmonic Source Identification—Part I: Review of Methods, IEEE Transactions on Power Delivery, 33(3), 1268-1277.

Safargholi, F., Malekian, K., Schufft, W. (2018), On the Dominant Harmonic Source Identification—Part II: Application and Interpretation of Methods, IEEE Transactions on Power Delivery, 33(3), 1278-1287.

Shojaie, M., Mokhtari, H. (2014), A Method for Determination of Harmonics Responsibilities at the Point of Common Coupling Using Data Correlation Analysis, IET Generation, Transmission & Distribution, 8(1), 142-150.

Sinvula, R., Abo-Al-Ez, K.M., Kahn, M.T. (2019), Harmonic Source Detection Methods: A Systematic Literature Review, IEEE Access, 7, 74283-74299.

Tanaka T., Akagi, H. (1995), A New Method of Harmonic Power Detection Based on the Instantaneous Active Power in Three-phase Circuits, IEEE Transactions on Power Delivery, 10(4), 1737-1742.

UYUMLU MESH-GRİD ŞEKİLLİ FREKANS SEÇİCİ YÜZEY (FSY) KULLANILARAK SİLİNDİRİK NESNELER İÇİN MANTO PELERİNİNİN ANALİZİ VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Abdullah Al Hasan
Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
hasanabdullahal@outlook.com, ORCID: 0000-0003-0484-0173

Hande Bodur
Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
hande.bodur@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8639-0166

Sibel Çimen
Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
sibelgunduz@kocaeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6809-1119

Özet
Silindirik nesnenin yüzey empedansı ile ilgili olarak uyumlu mesh-grid manto pelerininin yüzey empedansının modellenmesi yoluyla silindirik nesneyi gizlemek için bir yaklaşım önerilmiştir, model alt dalga boyu elemanlarının iki taraflı sınır koşulları aracılığıyla empedansı tanımlayan saçılma teorisini kullanır. Düzgün seçilmiş bir mesh-grid pelerin geometrisi, bir dizi frekans için silindirin saçılmasını azaltabilir ve sonuç olarak nesnenin görünmezliği sağlanır. Analitik çözümün MATLAB kodlaması ile frekans seçici yüzeyin (FSY) birim hücresi için tasarlanan parametre elde edilmiş ve daha sonra simülasyon ile doğrulanmıştır. Ardından CST'de yapılan simülasyonlarla manto pelerin ve manto pelerin hariç silindirin radar kesit alanı (RKA) analizleri yapılmıştır. Manto pelerin kaplanmış ve kaplanmamış silindirlerin toplam radar kesit alanı için simülasyon sonuçları, kaplanan durumda ilgili frekansta saçılmada önemli bir azalma olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Frekans Seçici Yüzey (FSY), Manto Pelerini, Elektromanyetik Görünmezlik, Saçılma İptalİ, Radar Kesit Alanı (RKA)

ANALYSIS AND REALIZATION OF MANTLE CLOAKS FOR CYLINDRICAL OBJECTS USING CONFORMAL MESH GRID SHAPED FREQUENCY SELECTIVE SURFACE (FSS)

Abstract
An approach to conceal the cylindrical object is proposed through the modelling of the surface reactance of the conformal mesh grid mantle cloak in relation to the surface impedance of the cylindrical object, the model utilizes scattering cancelation which describes the impedance of the sub-wavelength elements through two-sided boundary conditions. A properly selected geometry of mesh-grid cloak can reduce the scattering of the cylinder for a range of frequencies resulting in the invisibility of the object. The design parameter for the unit cell of the frequency selective surface was obtained through MATLAB coding of the analytical solution, and then it was verified through simulation. Then the simulation to find the radar cross-sections of the uncloaked and cloaked cylinder were done. Radar cross-section (RCS) analysis of the simulation graphics for dielectric cylinder with mantle cloak show a notable reduction of scattering field in relation to the RCS of the uncloak cylinder.

Keywords: Frequency Selective Surface (FSS), Mantle Cloak, Electromagnetic Invisibility, Scattering Cancellation, Radar Cross Section (RCS)

1. GİRİŞ
Elektromanyetik görünmezlik teknolojisi üzerine yapılan çalışmalar, ilk olarak 2006'da [16] piyasaya sürülmesinden bu yana yaklaşık yirmi yıldır devam etmektedir. Gizleme terminolojisi, nesne üzerine gelen elektromanyetik dalgaların bir taşın etrafındaki su gibi diğer tarafa yönlendirilebileceği anlamına gelir. Buradaki prensip, cismin elektromanyetik dalga saçılmanın azaltarak elektromanyetik görünmezlik ile sonuçlanmasıdır. Bunu yapmak için literatürde bulunan mevcut yöntemler, koordinat

dönüşümü [16,12,14], paralel plakalı pelerin [6,17], iletim hattı [2,3], mikroşerit tabanlı pelerin [15,19], manto pelerini [4,13] ve plazmonik pelerini [5] içerir. Yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem, frekans seçici yüzey (FSY) kullanılarak saçılma iptali sağlayan manto pelerinidir [9-11]. Frekans seçici yüzey kullanılarak oluşturulacak elektromanyetik pelerin, geniş bant genişliği, ultra incelik, hafiflik, kolay tasarım ve kolay imalat gibi birçok avantaja sahiptir. Manto pelerini çalışma prensibi, frekans seçici yüzey tarafından sağlanan saçılma iptaline dayanır. Nesne, elektromanyetik saçılmayı azaltmak ve dolayısıyla elektromanyetik görünmezliğe neden olmak için FSY ile sarılır. FSY geometrisinin, görünmezliğin gerekli olduğu istenen frekans aralığı arasında çalışması çok önemlidir. Bunu gerçekleştirmek için ve tasarımın buna göre değiştirilebilmesi için FSY'nin yüzey empedansı ile çalışma frekansları arasındaki ilişkinin bulunması gerekir. Bu şekilde, elektromanyetik pelerine (EMP) çarpan EM dalga, nesnenin etrafında dolaşmak için bükülecek ve yansıma saçılımı en aza indirilecektir.

Bu çalışmada, silindirik bir cismin elektromanyetik görünmezliğini sağlamak için bir EMP tasarımı önerilmiştir. Çalışma, mesh-grid şeklindeki mikroşerit frekans seçici yüzey kullanılarak silindirik bir nesnenin elektromanyetik dalga saçılımının azaltılmasına dayanan elektromanyetik görünmezlik teorisinin kısa bir açıklamasını içerir. Elektromanyetik görünmezliği elde etmek için çalışma frekansları boyunca FSY tarafından saçılmanın azalmasını ölçmek için radar kesit alanı analizleri sunulmuştur.

2. TEORİK ANALİZ

Manto pelerini, desenli bir metalik yüzeyin enine empedansına dayandığı, geliş açısı ve dalga polarizasyonundan bağımsız olduğu için pratik olarak gerçekleştirilebilir. Manto pelerini FSY ile oluşmaktadır ve saçılma iptali sağlanarak görünmezlik sağlanır. Pelerini oluşturan periyodik FSY modellerinin beklendiği gibi çalışabilmesi için operasyonun dalga boyundan çok daha küçük olması gerektiği açıktır. Ayrıca elektromanyetik davranışı, yüzeydeki ortalama teğetsel elektrik alan, ortalama indüklenen elektrik akımı yoğunluğu ile ortalama yüzey empedansı Zs ile aşağıdaki gibi tanımlanır [18]:

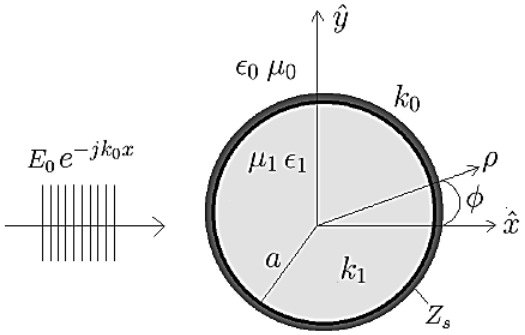
$$\overrightarrow{E_{tan}} = Z_s \cdot \vec{J_s} \qquad (1)$$

Saçılma sorunu, aşağıdaki sınır koşullarıyla birlikte Lorenz-Mie saçılma teorisi [7] uygulanarak çözülür: çekirdeğin sınırında elektrik ve manyetik alanların teğetsel bileşenlerinin sürekliliği (ρ = a) (1) ve manto pelerininin arayüzünde iki taraflı empedans sınır koşulları (ρ = ac) (2).

$$\vec{J_s} = \hat{n} \times (\overrightarrow{H_{\tan}}^{+} - \overrightarrow{H_{\tan}}^{-}) \qquad (2)$$

$\vec{J_s}$ elektrik yoğunluğunu temsil eder, $\overrightarrow{H_{\tan}}$ teğetsel manyetik alan elemandır.

Zs = Rs - jXs olmasına rağmen, radyo frekanslarında genellikle kayıp olmadığı varsayılır ve bu nedenle ortalama yüzey empedansı tamamen reaktiftir, yani Zs= - jXs 'dir. Xs yüzey reaktansını temsil etmektedir. Şekil 1 yapıya pelerin eklendikten sonra silindirin düzenini göstermektedir.



Şekil 29. Silindir ve pelerin geometrik düzeni [18].

Şekil 1 için silindirin yüzey empedansı Zs'in hesaplanması için denklem (3) [18]'de verildiği gibi aşağıda gösterilmiştir: ($a \ll \lambda$ ve baskın terim n=0 ve a_0=0)

$$Z_S = \frac{j\eta_0 J_0(k_0 a) J_0(k_1 a)}{\eta_0 J_0(k_0 a) J_1(k_1 a) - J_1(k_0 a) J_0(k_1 a)} \qquad (3)$$

Enine elektrik (TE) ve enine manyetik (TM) polarize modların aynı anda çözülmesi gerekmez, çünkü saçılma esas olarak bu iki yanıttan biri tarafından yönetilir. TM durumu genellikle baskın olduğundan, bu senaryoda maksimum bastırma elde edilecek şekilde pelerin optimize edilir. Mesh-grid tasarımları, ortaya çıkan empedansın büyüklüğünü belirlemek için esas önem taşıyan birkaç parametreye göre modellenebilir. TM polarize durumda, yüzey empedansı Zs aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [18]:

$$Z_S^{TM} = \frac{jw\eta_0 D}{2c\pi} \ln\left(\csc\left(\frac{\pi w}{2D}\right)\right)\left(1 - \frac{Sin^2\theta_s}{\varepsilon_r + 1}\right) \qquad (4)$$

Burada w açısal çalışma frekansıdır, η_0 boşluktaki empedanstır, c boşluktaki ışık hızıdır ($3x10^8$ m/s), θ_s geliş açısıdır, ε_r silindirin dielektrik sabiti, D ve w sırasıyla mesh-grid FSY'nin birim hücresinin uzunluğu ve birim hücrede kullanılan geometrinin genişliğini temsil eder (Şekil 2).

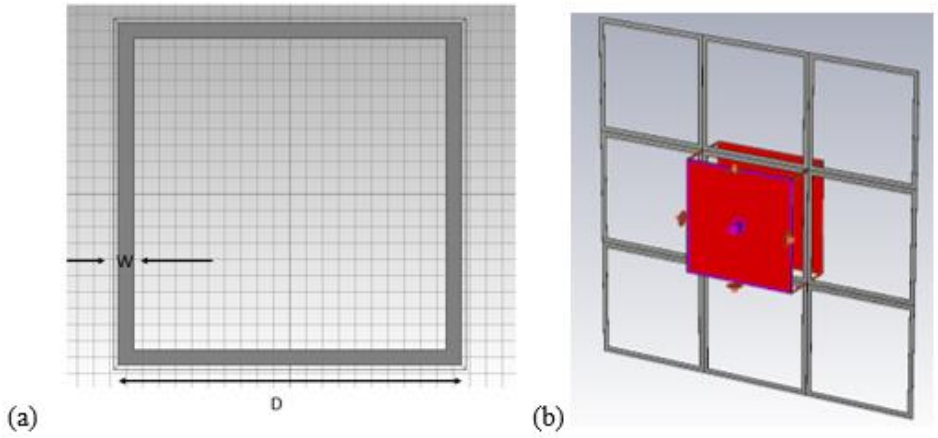
3. TASARIM VE SİMÜLASYON

3.1. Birim Hücrenin Yüzey Empedansınım Hesaplanması

Saçılma iptalinin gerçeklemesi amacıyla çalışma frekansı, silindirin yarıçapı, dielektrik sabiti, EM dalganın geliş açısı kullanılarak birim hücrenin yüzey empedansı MATLAB kodu ile hesaplanır. Parametreler:
Çalışma Frekans, f_0= 3 GHz
Silindir Yarıçapı, a = 18 mm
Pelerin yarıçapının silindire göre oranı, a_c/a=1
Dielektrik Katsayısı, ε_r = 2.4
Geliş Açısı, $\theta_s = \pi/2$
MATLAB Kodu ile elde edilen saçılma iptalini sağlamak için gerekli yüzey empedans 213.7Ω olarak hesaplanmıştır.
Birim hücrenin uzunluğu, D denklem (5) yardımıyla hesaplanır [18]:

$$D = \frac{2\pi a}{N} \qquad (5)$$

Silindir yarıçapı a ve N silindire sarılmak için olan birim hücre sayısıdır, N=4 olarak alındığında MATLAB kodu ile elde edilen birim hücre uzunluğu D=28.3 mm olarak bulunmuştur. Mesh-grid yüzey empedansı bu konfigürasyona karşılık gelen en basit durumda, genişlik hesaplaması yukarıda belirtilen değerler kullanılarak ve denklem (4) yardımıyla hesaplanır. TM polarize durumda, yüzey empedansı Zs yukarıda hesaplanmıştır. Birim hücrede kullanılacak FSY'nin genişliği denklem (4) kullanarak MATLAB kodu ile hesaplanmış ve w = 2.4 mm bulunmuştur.



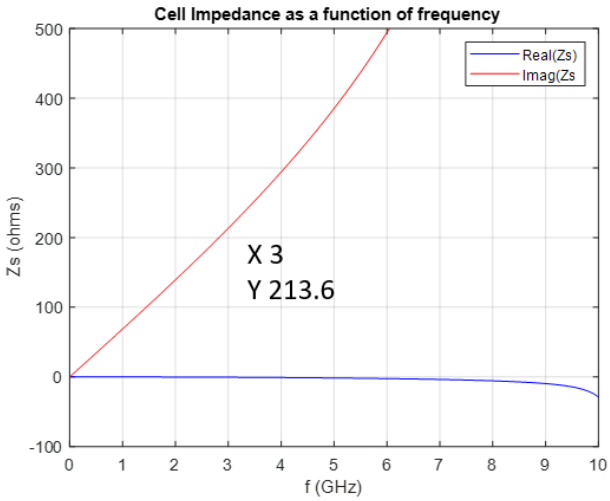
Şekil 2. (a) Mesh-Grid Birim Hücre Yapısı, (b) mesh-grid yapısının genişletilmiş halinin gösterimi.

3.2. Simülasyon ile Mesh-Grid Birim Hücre Yüzey Empedansının Bulunması

Frekansın bir fonksiyonu olarak mesh-grid birim hücre empedansı CST'de elde edilen S_{11} parametresi kullanılarak hesaplanır. Analiz edilecek sonuç, $S_{Zmax(2)\ Zmax(2)}$ (S_{11}) parametresidir, çünkü TM simüle edilen ikinci moda karşılık gelir. Frekans aralığı 0 ile 20 GHz olarak ayarlanmıştır.

$$S_{11\,cell} = S_{11\,port} \cdot e^{\frac{j2\pi d}{\lambda}} \qquad (5)$$

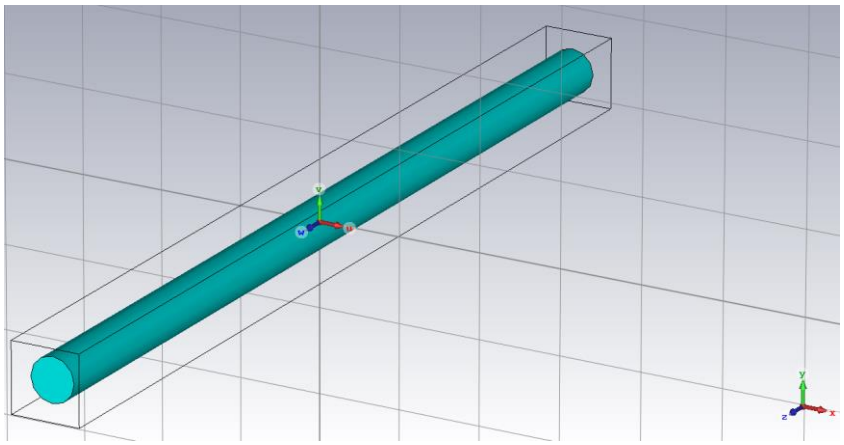
Burada d birim hücre ile floquent port'un arasındaki mesafedir ve $\lambda/2$'ye karşılık gelmektedir.
CST'de birim hücre analizi ile elde edilen Zs=j213.6Ω olarak bulunmuştur (Şekil 3). Bu değer istenen Zs=j213.71Ω değerine çok yakındır. Yüzey reaktansı Xs frekansa karşı duyarlıdır.



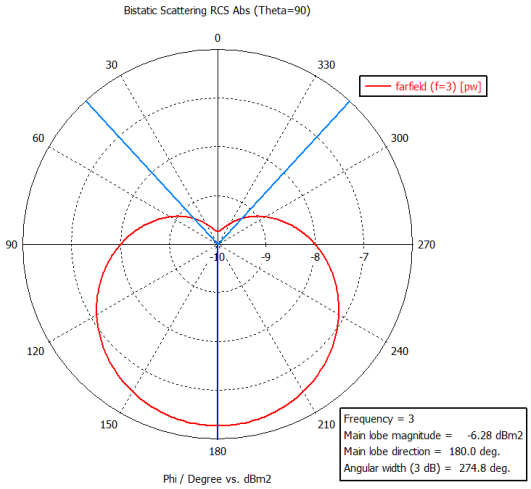
Şekil 3. Frekansın bir fonksiyonu olarak mesh-grid birim hücre empedansı.

3.3. Dielektrik Silindire Tam Dalga Simülasyonu Uygulanması

Silindir üzerindeki FSY kaplamasının gizleme etkisi yapılan simülasyonlar sonucu incelenmektedir. İlk önce dielektrik silindir FSY sarılmadan simüle edilir (Şekil 4). Silindirin uzunluğu L=566 mm, yarıçapı a=18 mm, dielektrik sabiti ε_r =2.4 olarak tasarlamış bir silindirin simülasyonu 1.5 GHz'den 4.5 GHz'e kadar yapılmıştır. Elektromanyetik dalga olarak düzlem dalga gönderilmiştir ve düzlem dalga ayarları: Propagation normal= (-1,0,0) ve Electric Field Vector= (0,0,1)=Ez şeklindedir. CST'de bi-static RKA analizleri yapılmıştır. Sonuçlar yalnızca dielektrik silindir için Şekil 5'te, FSY kaplı olan yapı için Şekil 7'de verilmiştir.

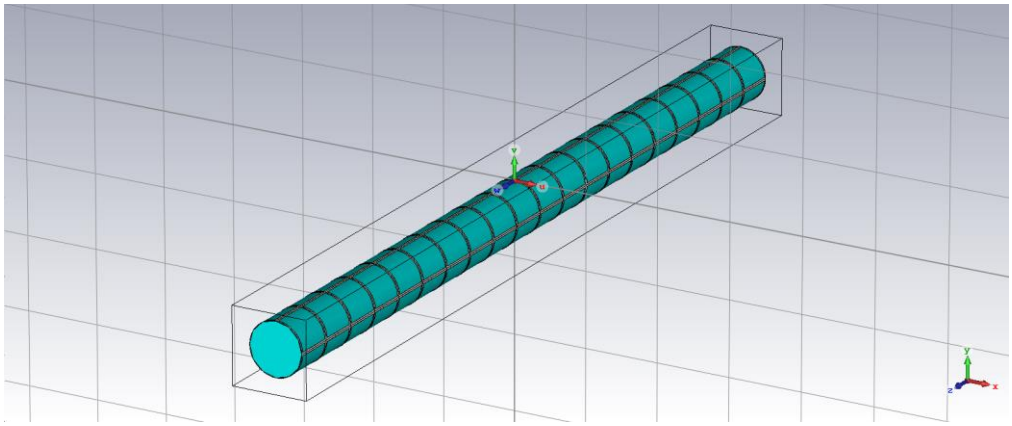


Şekil 4. CST'de dielektrik silindirin yapısı.

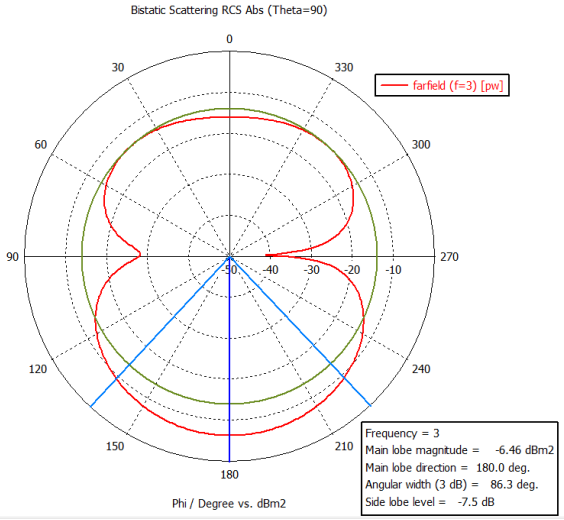


Şekil 5. 3 GHz için sadece dielektrik silindirin bi-static RKA analizi.

Aynı koşullar altında FSY kaplı dielektrik silindir için de CST analizleri yapılmıştır (Şekil 6).

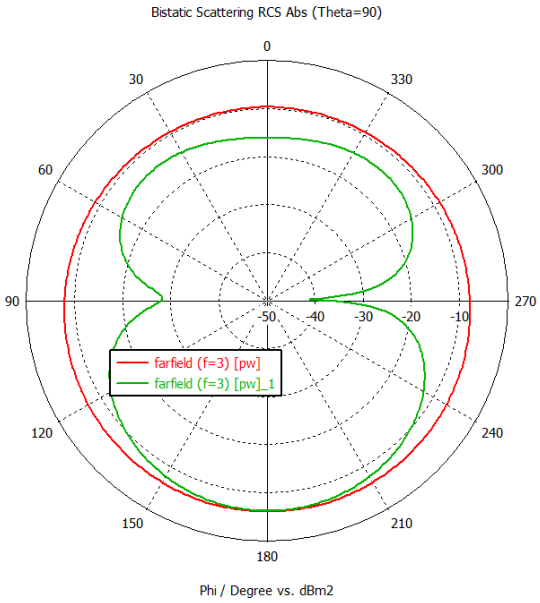


Şekil 6. CST'de FSY kaplı dielektrik silindirin yapısı.



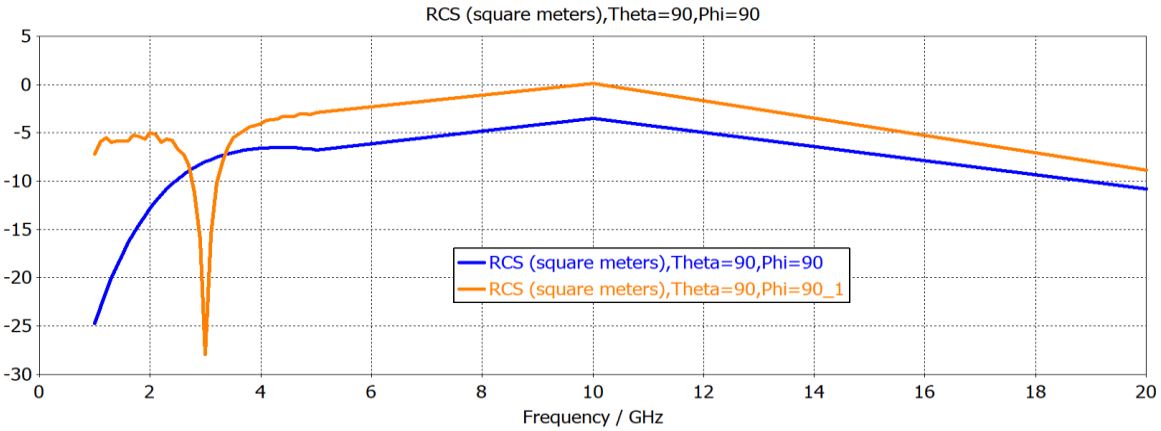
Şekil 7. 3 GHz için FSY kaplı silindirin bi-static RKA analizi.

Şekil 5 ve Şekil 7'de ayrı ayrı verilen sonuçların karşılaştırılması Şekil 8'de verilmiş ve saçılma iptalinin sağlanıp sağlanmadığına bakılmıştır. Şekil 8'den görüleceği üzere FSY kaplı yapı ile saçılma iptali sağlanmıştır.

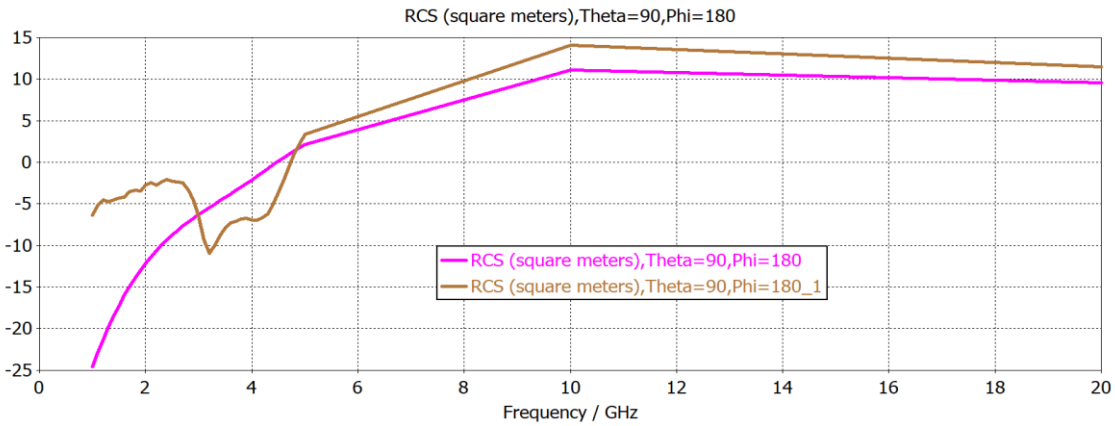


Şekil 8. Bi-static RKA analizlerinin karşılaştırılması.

FSY kaplı olan ve olmayan yapıların frekansa göre RKA grafikleri Θ=90̊ , φ=90̊ ve Θ=90̊ , φ=180̊ için Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir. Bu grafiklere bakılarak yapının ilgili frekansta çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. Frekansa göre RKA grafiklerine bakıldığında tasarım frekansı olan 3 GHz'de RKA düşümü elde edilmiştir.



Şekil 9. Frekansa göre RKA grafiği (*Θ=90˚, φ=90˚*).



Şekil 10. Frekansa göre RKA grafiği (*Θ=90˚, φ=180̊*).

4. SONUÇ

Şekil 8'de görüldüğü üzere simülasyon sonuçları 3 GHz'de FSY kaplı olmayan silindir ve FSY kaplı olan silindirin bi-static RKA analizine göre mesh-grid ile sarılan silindirin gelen elektromanyetik dalganın neticesinde oluşan saçılma azaltılmıştır. Ayrıca Şekil 9 ve Şekil 10'da verilen frekansa göre bi-static RKA grafikleri iki yapı için karşılaştırılarak tasarım frekansı olan 3 GHz'de RKA düşümü elde edildiği gözlemlenmiştir. 3 GHz merkez frekansı için $\Theta=90^{\circ}$ sabit tutularak $\varphi=90^{\circ}$ ve $\varphi=180^{\circ}$ için sonuç aynı bulunmuştur. Belirli frekans aralığı için yapılan CST analizine göre FSY kaplı silindirin saçılma iptalini sağladığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada CST kullanılarak manto pelerin analizi yapılmıştır. Analiz yapılmadan önce saçılma iptalini sağlayan yüzey empedansı hesaplamaları, silindirin ve FSY'nin boyutları MATLAB tarafından hesaplanmıştır. Manto pelerinli tasarlanan silindir, istenilen çalışma frekansında saçılma iptalini sağlamıştır. Bu tasarım elektromanyetik görünmezlik sağlayan bir manto pelerini olarak önerilirmiştir. Bir sonraki adım, tasarımı laboratuvarda geliştirmek ve gerçek hayattaki pratik koşullar altında ölçmek olacaktır.

TEŞEKKÜR

Türkiye burslusu öğrencisi olarak yüksek lisans eğitimim için burs sağlayan Türkiye Devleti Hükümetine ve Türk halkına teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Alitalo, P. (2009), "Electromagnetic cloaking with metamaterials", *Materials Today*, vol:12, 22–29.
2. Alitalo, P. (2012), "Experimental characterization of a broadband transmission-line cloak in free space", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol:60, no:10, 4963–4968.
3. Alitalo, P. (2009), "Experimental verification of broadband cloaking using a volumetric cloak composed of periodically stacked cylindrical transmission-line networks", *Applied Physics Letters*, vol:94, no:1, 014103.
4. Al`u, A. (2009). "Mantle cloak: Invisibility induced by a surface", *Phys. Rev. B*, vol:80, no:24, 245115.
5. Alù, A. (2012), Invisibility and Cloaking Based on Scattering Cancellation. Adv. Mater., 24: OP281-OP304. https://doi.org/10.1002/adma.201202624
6. Alitalo, P., (2012), "Bistatic scattering characterization of a three-dimensional broadband cloaking structure", *Journal of Applied Physics*, vol:111, no:3, 034901–034901–5.
7. (Bohren C. F. and D. R. Huffman, 1998) Absorption and Scattering of Light by Small Particles *Wiley*, New York.
8. Balanis, Constantine A. (1989), Advanced Engineering Electromagnetics, Appendix IV, p. 936, *Arizona State University*, published by John Wiley and Sons.
9. Monti, A. (2015 'Anisotropic mantle cloaks for TM and TE scattering reduction', *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no.4, pp. 1775.
10. Monti, A. (2012). 'Overcoming mutual blockage between neighboring dipole antennas using a low-profile patterned metasurface' *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 1414–1417,
11. Monti, A. (2015.), 'Anisotropic Mantle Cloaks for TM and TE Scattering Reduction', *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 4, pp. 1775 – 1788.
12. Pendry, J. B. , (2006), "Controlling electromagnetic fields", *Science*, vol:312, 1780–1782.
13. Padooru, Y. R., (2012), "Analytical modeling of conformal mantle cloaks for cylindrical objects using sub-wavelength printed and slotted arrays," *Journal of Applied Physics*, vol:112, no:3, 034907.
14. Rajput, A., (2017), "Approximated complementary cloak with diagonally homogeneous material parameters using shifted parabolic coordinate system", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol:65, no:3, 1458–1463.
15. Rajput, A.(2006), "Dual-band cloak using microstrip patch with embedded u-shaped slot", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 16, 2848–2851.
16. Schurig, D., (2006), "Metamaterial electromagnetic cloak at microwave frequencies", *Science*, vol:314, 977–980,
17. Tretyakov, S. (2009), "Broadband electromagnetic cloaking of long cylindrical objects", *Phys. Rev. Lett.*, vol:103, no:10, 103905.
18. Yuste, P. (2017), "A simple and effective microwave invisibility cloak based on frequency selective surfaces," *11th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, pp. 945-949, doi: 10.23919/EuCAP.2017.7928099.
19. Wang, J., (2013), "Super-thin cloaks based on microwave networks", *IEEE Trans. Antennas Propag*., vol:61, no:2, 3235–3240.

BOOST DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRESİNİN DURUM-UZAY ORTALAMA TEKNİĞİNE DAYALI GEÇİCİ-HAL VE SÜREKLİ HAL ANALİZİ

Nematullah JALALZAI
nematjalalzai@gmail.com

Özet
Güç dönüştürücüleri, bir uygulama için gerilimi veya akımı istenen değere dönüştürerek çıkış ve giriş arasındaki güç akışını kontrol eder. Çıkış ve giriş arasında yapılan dönüştürme türüne bağlı olarak DC-AC dönüştürücüler, DC-DC dönüştürücüler, AC-AC dönüştürücüler, AC-DC doğrultucular gibi farklı konfigürasyonları mevcuttur. DC-DC dönüştürücüler, istenen gerilimlerin elde edilmesi amacıyla endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yükseltici özelliği olan Boost dönüştürücü devresinin analizi için etkin bir yaklaşım gösterilmiştir. Anahtarlama modlu çalışan dönüştürücü devresinin ortalama cevabını elde etmek amacıyla, Durum-Uzay ortalama tekniği kullanılmıştır. Devrenin alt topolojileri ve her topolojiye ait denklemleri farklı olmasına rağmen, sistemin cevabı tek bir sistem denklemine indirgenebilmiştir. Bu durum, özellikle tasarım, analiz ve sistem dinamiğinin belirlenmesinde çok önemli avantajlar sağlamaktadır. İleri sürülen analiz yöntemi, sayısal bir örnekle desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Boost Dönüştürücü, Durum Uzayı Ortalama, Tekniği Analiz, Geçici-Hal, Sürekli-Hal,

TRANSİENT-STATE AND STEADY-STATE ANALYSİS OF BOOST CONVERTER CİRCUİT BASED ON STATE-SPACE AVERAGİNG TECHNİQUE

Abstract
Power converters control the power flow between output and input by converting voltage or current to the desired value for an application. It has different configurations such as DC-AC converters, DC-DC converters, AC-AC converters, AC-DC rectifiers, depending on the type of conversion made between output and input. DC-DC converters are widely used in industrial applications to achieve desired voltages. In this study, an effective approach is shown for the analysis of the Boost converter circuit with step-up feature. In order to obtain the average response of the switching mode operating converter circuit, State-space average technique is used. Although the circuit's subtopologies and equations for each topology are different, the system's response has been reduced to a single system equation. This provides very important advantages especially in design, analysis and determination of system dynamics. The proposed analysis method is supported by a numerical example.

Keywords: Boost Converter, State-Space Averaging, Technique Analysis, Transient-State, Steady-State

1. Giriş

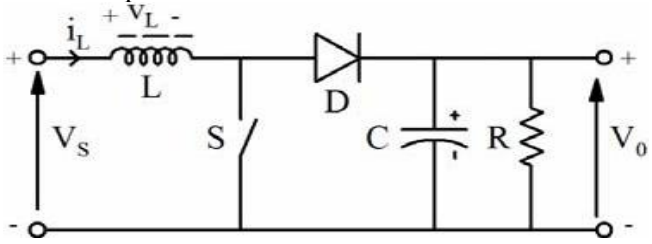
DC-DC dönüştürücüler, belli bir seviyedeki DC gerilimi farklı seviyedeki başka bir DC gerilime dönüştüren ve bu gerilimin ortalama değerini kontrol eden devrelerdir [1] [2]. Temel olarak en az bir aktif ve bir pasif eleman içermektedir. Çıkış geriliminin ortalama değeri, temel anahtarın iletim süresi (D) ile kontrol edilir. Farklı türde DC-DC dönüştürücüler mevcuttur. Temel olarak endüktanslı (Buck, Boost, Buck-Boost gibi) ve transformatörlü (Flyback, Forward, Half bridge vb.) olarak iki gruba ayrılırlar. Bunların birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Endüktanslı olan DC-DC dönüştürücüler temel yapılardır, diğer dönüştürücülerin üretilmesinde referans alınırlar. Transformatör içeren DC-DC dönüştürücüler, özellikle yalıtım gereken uygulamalarda (anahtarlama modlu güç kaynakları gibi) tercih edilmektedir. Güç elektroniği devreleri, anahtarlama yapılarından dolayı, zamanla değişen sistemlerdir. Anahtarlamalı devrelerin analizi, anahtarlanmamış devrelerin analizinden oldukça farklıdır [3] [4]. Bu devreler, her bir anahtarlama durumunda farklı bir topolojiye ve farklı sistem denklemlerine sahiptirler. Her bir anahtarlama durumunda, devredeki diğer elemanlar (R,L,C) lineer olmak şartıyla, anahtarlanmış sistem lineer bir devre olarak davranır. Sistemin bir periyotluk çözümü, her bir anahtarlama anına ilişkin denklemlerin sırayla çözülmesiyle elde edilebilir. Ancak,

anahtarlamalı dönüştürücülerin ve kontrolörlerin tasarımı, sistem dinamiğinin incelenmesi gibi işlemler için, tüm periyot boyunca geçerli olan tek bir devre modeli ile çalışmak gereklidir. Bu amaçla, farklı alt topolojilere ayrılan bir dönüştürücünün ortalama davranışını elde etmek ve tek bir topoloji kullanmak için, ortalama devre tekniği ileri sürülmüştür. Bu yaklaşım pek çok çalışmaya referans olmuştur [5] [6] [7].

Bu çalışmada, endüktanslı tip bir DC-DC dönüştürücü olan Boost dönüştürücü devresi ele alınmıştır. Temel anahtarın durumuna göre, alt topolojileri ve durum denklemleri verilmiştir. Sistem denklemlerine, durum-uzay ortalama tekniği uygulanarak, sistemin dinamiği incelenerek simülasyonu yapılmıştır.

2. DC-DC Boost Dönüştürücü

Endüktanslı tip DC-DC Boost dönüştürücü devresi, Şekil 1'de verilmiştir. Boost dönüştürücü devresi, giriş geriliminden daha büyük olan bir ortalama çıkış gerilimi verir. Devrede, temel olarak, bir ana anahtar (S), diyot (D), bobin ve kapasitör bulunmaktadır.



Şekil 1. DC-DC Boost dönüştürücü devresi

Devrenin çalışması, anahtarın iletim ve kesim durumlarına göre gerçekleşmektedir. Anahtarın iletim durumunda, bobinde enerji depolanmaktadır ve kapasitör çıkışı beslemektedir. Anahtarın kesim durumunda ise, bobinde depolanan enerji kaynak gerilimine eklenerek D diyotu üzerinden çıkış beslenir. Anahtarın iletim durumuna göre, bobinde depolanan enerji, dolayısıyla çıkışa aktarılan enerji miktarı değişir [10].

Devrenin çalışması ve çıkış geriliminin belirlenmesinde, en önemli parametre anahtara ait "iletim oranı" büyüklüğüdür (D). Anahtarın çalışma döngüsü, iletim oranı (D) ile kontrol edilir. D ne kadar büyük olursa, bobinde depolanan enerji de o kadar fazla olur, dolayısıyla çıkış gerilimi de (V_o) o kadar yüksek olur. D değeri, $0 < D < 1$ aralığında değişmektedir. Çıkış gerilimi (V_o), giriş gerilimi (V_s) ve iletim oranı (D) arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir [11].

İletim oranı → $D = 1 - \frac{V_s}{V_0} = \frac{t_{on}}{T}$

Çıkış gerilimi → $V_0 = V_C = \frac{V_s}{1-D}$

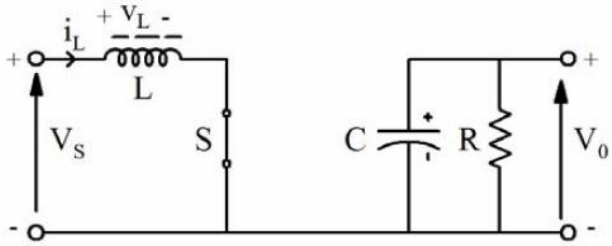
Bobin akımı → $i_L = \frac{V_S}{R(1-D)^2}$

3. Dönüştürücüye ait Durum Denklemleri

Durum denklemleri yönteminin en temel avantajı, bilinmeyen sayısının diğer yöntemlere göre en az olmasıdır. Durum değişkenleri olarak kapasite gerilimleri ve endüktans akımları kullanılmaktadır. Devrenin çalışması kontrollü anahtar ile belirlenir. Buna göre, dönüştürücü, anahtarın durumuna göre iki topoloji ile incelenir. İncelemelerde, anahtarlama frekansı F_s, periyodu ise T_s ile gösterilmiştir.

3.1. Anahtarın İletim Durumu ($0 < t < DT_s$)

Anahtarın iletimde olduğu duruma ait eşdeğer devre Şekil 2'de verilmiştir. Bu durumda, bobin içerisinden geçen akım artar ve bobin üzerinde enerji depolanır. Gerilim kaynağı bobini beslemektedir. Bobin akımının yükselme miktarı, V_S kaynağına ve L değerine bağlı olarak değişir. Sistem denklemlerinin elde edilmesi aşağıda verilmiştir [11].



Şekil 2. Anahtarın iletim durumu

1) $V_S(t) - V_L(t) = 0 \rightarrow V_L(t) = V_S(t)$

$$L\frac{di_L}{dt} = V_S(t) \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{V_S(t)}{L} \quad (1)$$

2) $\dot{I}_c + \dot{I}_R = 0, \qquad \dot{I}_R = \frac{V_C}{R} = \frac{V_0}{R}$

$$i_C = C\frac{dV_C(t)}{dt}$$

$$C\frac{dV_C}{dt} = -V_0/R \rightarrow \frac{dV_C}{dt} = -\frac{V_C}{RC} \quad (2)$$

Birinci topolojiye ait sistem denklemleri [10];

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_L \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_L \\ V_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} V_s$$

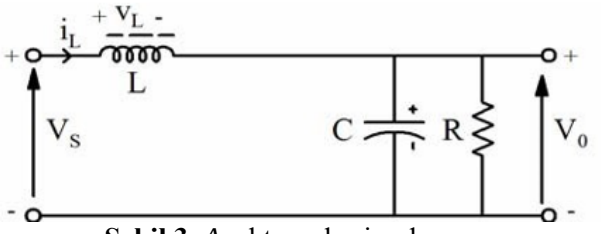
$$\frac{dx}{dt} = A_1 X_{(t)} + B_1 U_{(t)}$$

Burada;

$A_1 = [\ 0\ \ 0\ ;\ 0\ \ -1/RC\ ], \qquad B_1 = [\ 1/L;\ 0\ ]$

3.2. Anahtarın Kesim Durumu (DTs < t < Ts =(1-D)Ts)

Anahtarın kesimde olduğu duruma ait eşdeğer devre Şekil 3'de verilmiştir. Bu durumda, bobin üzerindeki gerilim kaynak gerilimine eklenerek çıkış beslenir. Sistem denklemlerinin elde edilmesi aşağıda verilmiştir [10].



Şekil 3. *A*nahtarın kesim durumu

1) $-V_s + V_L + V_C = 0$

$$L\frac{di}{dt} = V_S - V_C$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_S}{L} - \frac{V_C}{L} \quad (3)$$

2) $-i_L + i_C + i_R = 0 \rightarrow i_C = i_L - i_R$

$$C\frac{dV_C}{dt} = i_L - \frac{V_C}{R}$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{V_C}{RC} \quad (4)$$

İkinci topolojiye ait sistem denklemleri [10];

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} V_S$$

$$\frac{dx}{dt} = A_2 X_{(t)} + B_2 U_{(t)}$$

Burada;

A_2 = [0 -1/L ; 1/C -1/RC],
B_2 = [1/L ; 0] $C_2 = [0\ 1]$

4. Durum Uzayı Ortalama Tekniği

Durum uzayı ortalama tekniğinde amaç, devrenin ortalama davranışını belirlemektir. Bu amaçla her bir topolojiye ait devre denklemlerinin, geçerli olduğu süreler üzerinden ortalaması alınır. Tekniğin temel açıklaması, denk.(5) ile verilmiştir.

$$X_{ort} = \frac{(\text{Topoloji 1 denklemleri} * DT_s) + (\text{Topoloji 2 denklemleri} * (1-D)T_s)}{T_s}$$

$$X_{ort} = (\text{Topoloji 1 denklemleri} * D) + (\text{Topoloji 2 denklemleri} * (1-D)) \quad (5)$$

Denk.(5)'e göre, sistem denklemlerinin iletim oranına göre ortalaması alınır. Anahtarın iletimde olduğu DT_s süresince topoloji 1 ve bu duruma ait denklemler, anahtarın kesimde olduğu $(1\text{-}D)T_s$ süresince topoloji 2 ve bu duruma ait denklemlerin ortalaması alınır [10].

$A = A1 * D + A2 * (1 - D)$, $\quad A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{D-1}{L} \\ \frac{1-D}{C} & \frac{-1}{RC} \end{bmatrix}$

$B = B1 * D + B2 * (1 - D)$, $\quad B = \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix}$

$C = C1 * D + C2 * (1\text{-}D) \quad \rightarrow \quad C = [0\ 1]$

$$\frac{dx}{dt} = AX_{(t)} + BU_{(t)}$$

Durum uzay-ortalama denklemleri;

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \dot{I}_L \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{D-1}{L} \\ \frac{1-D}{C} & \frac{-1}{RC} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix}[Vs] \quad (6)$$

4.1. Sürekli Hal Durumu

Sürekli hal bölgesinde bobin akımı ve kapasitör gerilimi sabitlendiği için değişimleri sıfır olur. Denk.(6), aşağıdaki hali alır.

$$\frac{dx}{dt} = 0$$

$$0 = A.X_{(t)} + BU_{(t)}$$

$$X = -A^{-1}BU_{(t)} \quad (7)$$

5. Sayısal Örnek

Şekil 1'deki Boost devresine ait sayısal çözümü elde etmek amacıyla, Tablo 1'deki değerler ele alınacaktır.

Tablo-1. Devre elemanlarının değerler tablosu

Vs	R	L	C	D
24V	4Ω	1H	5F	0.5

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \dot{I}_L \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -0.5 \\ 0.1 & -0.05 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{I}_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}[V_s] \quad (8)$$

Devre anahtarlamalı olmasına rağmen, sistem denklemi tektir ve ortaktır (denk.8). Bu nedenle, sistem dinamiğine ait bütün bilgiler, bu denklemden elde edilebilir. Öncelikle, sistemin özdeğerleri, buna bağlı olarak ta, zaman sabitleri ve geçici halin süresi belirlenebilir. Sistemin özdeğerleri, $|\alpha I - A| = 0$ bağıntısından bulunur.

$$\propto_1 = -0.025 + 0.222i$$
$$\propto_2 = -0.025 - 0.222i$$

Sistemin özdeğerlerinin karmaşık yapıda olduğu görünmektedir. Bu durum, sistem dinamiğinin geçici hal bölgesinde titreşimli olması anlamına gelir. Zaman sabiti [8];

Zaman sabiti: $\tau = \frac{1}{|-0.025|} = 40s$
Geçici hal süresi: $T_{GH} = 5\tau = 200s$
Sürekli hal cevabı, denk.(7)'e göre belirlenir.

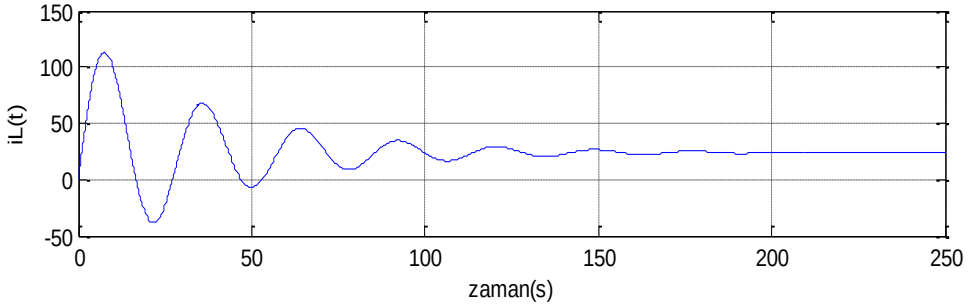
$$\begin{bmatrix} \dot{I}_L \\ V_C \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} 0 & -0.5 \\ 0.1 & -0.05 \end{bmatrix}^{-1}\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} 24$$

İfadesinden, sürekli hal değerleri I_L=24A, Vc=48V olarak bulunur.
Bu sonuçların, aynı zamanda, Bölüm 2'de verilen çıkış gerilimi ve bobin akımı ifadeleriyle de uyumlu olduğu aşağıda gösterilmiştir.

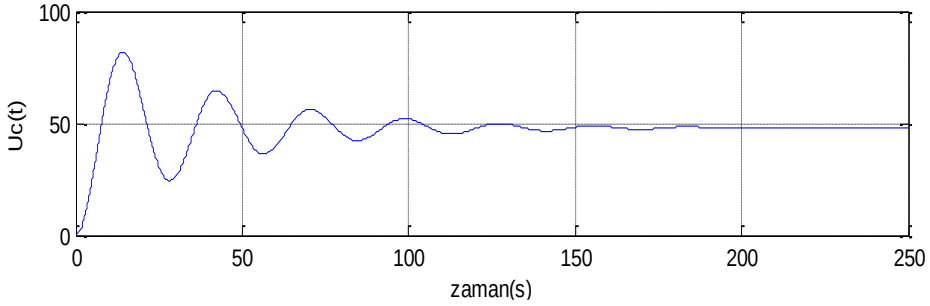
Çıkış gerilimi → $V_0 = V_C = \frac{V_s}{1-D} = \frac{24}{1-0.5} = 48V$

Bobin akımı → $i_L = \frac{V_S}{R(1-D)^2} = \frac{24}{4(1-0.5)^2} = 24A$

Denk.(6) ile verilen dinamik sistemin sayısal olarak çözülmesiyle elde edilen simülasyon sonuçları, Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Bu grafiklerden, yukarıda sistem dinamiğine ilişkin elde edilen sayısal sonuçları ve yorumları görmek mümkündür. Sistemin özdeğerleri karmaşık sayılar şeklinde olduğundan, akım ve gerilim geçici hal bölgesinde titreşimli değişim göstermektedir. Ayrıca bu özdeğerler karmaşık sayı düzleminin sol-yarı bölgesinde olduğundan, geçici hal bileşenleri zamanla sönmekte ve devre kararlı hale ulaşmaktadır [9]. Devrenin geçici-hal süresi 200s olarak elde edilmiştir. Grafiklerden, akım ve gerilim değişimlerinin 200s sonra sürekli-hale ulaştığı görülmektedir. Geçici halin sona ermesiyle, sürekli hal bölgesinde Şekil 4'deki bobin akımı ve Şekil 5'deki kapasite gerilimi teorik sonuçlara (I_L=24A, Vc=48V) yakınsamaktadır.



Şekil 4. Bobin akımı



Şekil 5. Çıkış (kapasitör) gerilimi

6. Sonuçlar

Bu çalışmada Durum-uzay ortalama tekniği kullanılarak, DC-DC Boost dönüştürücü devresinin analizi gerçekleştirilmiştir. DC-DC dönüştürücüler anahtarlama modlu çalışan devrelerdir. Dolayısıyla, her bir anahtarlama durumu için, devrenin farklı bir denklem sistemi ile ifade edilmesi gerekir. Değişken yapılı bu devrelerin analizinde ve tasarımında en büyük zorluk, farklı denklemlere sahip olmasından dolayı, sistem dinamiğinin belirlenmesinin karmaşık olmasıdır. Bu çalışmada, bu zorluğun üstesinden gelmek amacıyla, sistemin Durum-uzay ortalama tekniği ile analizi gösterilmiştir. Anahtarlanmış ve farklı topolojilere sahip olan devre, anahtarlanmamış lineer bir devre olarak modellenebilmiştir Bu teknik yardımıyla, tüm sistem tek bir denklem ile ifade edilebilmektedir. Sistemin tüm geçici-hal ve sürekli-hal özellikleri ortalaması alınmış denklem sisteminden elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları, gösterilen tekniğin etkinliğini öne çıkarmaktadır.

Kaynakça

[1] Rashid, M.H. 2015. Güç Elektroniği: Yarıiletken elemanlar, Devreler ve Uygulamaları, Nobel Yay., 4. Baskı.
[2] Hart, D.W., 2011. Power Electronics, McGraw-Hill, Newyork.
[3] Yuan F., Opal, 2003. A. Computer Methods for Switched Circuits. IEEE Trans. On Circuit and Systems, 50(8).
[4] Zhu, L. 2011. Modelling and Dynamics of Switching Electrical LC Circuits, 30th Chinese Control Conference, IEEE.
[5] Middlebrook R.D., Cuk, S. 1976. A General Unified Approach to Modelling Switching-Converter Power Stages, Power Elo. Spec. Conf. Record, IEEE, USA.
[6] Mahdavi, J. vd., 1997. Analysis of Power Elo. Converters Using the Generalized State Space Averaging Approach. IEEE Trans. on Circuits and Systems, 44(8).
[7] Murthy A., Badawy, 2017. State-Space Averaging Model of a Dual Stage Converter in Discontinuous Conduction Mode, 18th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL), IEEE.
[8] Yıldız, A.B., 2019. Elektrik devrelerinin bilgisayar yardımıyla analizi, Yüksek lisans ders notları, Kocaeli Üniversitesi.
[9] Chapra, S., Canale, R. 2004. Mühendisler için Sayısal Yöntemler, Literatür Yayıncılık.
[10] Ghosh A., Kandpal M., (2010). State-space average Modeling of DC-DC Converters with parasitic in Discontinuous
Conduction Mode (DCM), Bachelor Thesis, National Institute of Technology/Rourkela.
[11] Guo, Y., 2018. DESIGN AND ANALYSIS OF CONTROLLERS FOR BOOST CONVERTER USING LINEAR
AND NONLINEAR APPROACHES, Thesis, Temple University.

SYNTHESIS OF NOVEL CALIX[4]ARENE SCHIFF BASE DERIVATIVE AND INVESTIGATION OF ITS ANTIPROLIFERATIVE EFFECTS AGAINST DIFFERENT CELLS

Mehmet Oğuz

Selcuk University, Faculty of Science / Department of Chemistry
m.oguz2011@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3999-620X

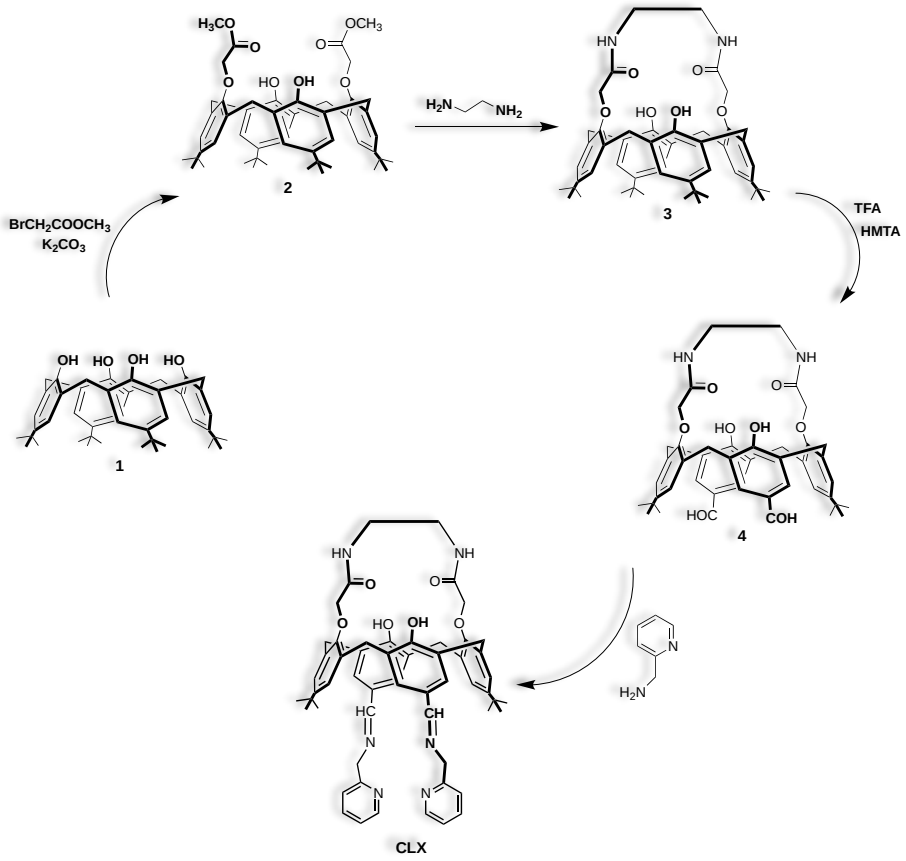
Abstract
Calix[n]arenes synthesized by activation of phenol-formaldehyde under appropriate conditions have been subject to much research because of having ring structure that easily and limitless functioned from either phenolic o-position or p-positions. In recent years, it has been recognized that this class of compounds has the potential to serve as a platform for the design of biologically active compounds. Therefore, the calixarenes functionalized with different pharmacophoric groups have been synthesized as target structures by many researchers and were further evaluated for their biological activities. Owing to their promising biological activities such as antiviral, antibacterial, antifungal, and anticancer, the functionalized calixarenes are recently receiving increased attention from the pharmaceutical/medicinal chemistry community. Cancer that important health problem is the uncontrolled and abnormal growth of the mechanisms that regulate the normal behavior of cells. The aim of the present study is the synthesis of the upper rim-functionalized Picolylamine-based calix[4]arene derivative and the investigation of its cytotoxic potential for human cancerous cells with the Alamar Blue test.

Keywords: Calix[4]arene; Cytotoxicity; Anticancer agent.

1. Introduction

Supramolecular chemistry has advanced in different fields in the last decades like separation science, nanotechnology, medicine, biomedical, biochemistry, and pharmaceutical chemistry. An important member of the macromolecular class, calixarenes have been numerous studies to investigate their biological activities (Yousaf ve ark., 2015; Naseer ve ark., 2017; Oguz ve ark., 2020). They are synthesized in the presence of base-catalyzed electrophilic aromatic substitutions via condensation of p-tert-butyl-phenol with formaldehyde. Through a selection of appropriate reaction conditions (i.e. temperature, a catalytic amount of base) a specific number of phenolic units (tetrameric, hexameric, octameric phenolic ring systems) can be selectively linked with methylene (-CH_2-) spacers. Calixarene has been known as fascinating macromolecules owing to their pre-organized and unique structural features. Unlimited functionalization possibilities at either rims i.e. upper wide rim or lower narrow rim provide many choices to researchers (Nimse ve Kim, 2013; An ve ark., 2016). The inclusion of different functionalities in its structure enhances its biological properties such as enzyme inhibition, antiproliferative, antimicrobial, antiviral, and anti-tumor activities (Rodik ve ark., 2009). During the last two decades, various derivatives of calixarene-based materials have been advanced and explored for cancer therapy applications. Safe, efficient, effective, and easy synthesized calixarenes have received great attention in cancer treatment due to their enhanced cancer-targeting efficiency with no undesirable side effects on healthy tissue (de Fátima ve ark., 2009; Dings ve ark., 2013). Therefore, calixarenes can play a substantial role in overcoming the challenge of conventional therapy strategies.

From this point of view, a picolylamine-based calix[4]arene derivative with upper edge function was synthesized and its cytotoxic potential for various human cancer cells was investigated.



Scheme 1. The synthetic route for compound CLX

2. Materials and Methods

2.1. Synthesis of compound CLX

The synthesis of calixarene derivatives were synthesized as precursor compounds (compounds 1, 2, 3, and 4) using the reported procedures with slight modification (Oguz ve ark., 2021). To prepare the Picolylamine-based calix[4]arene derivative (CLX), compound 4 (0.5 mmol) was dissolved in chloroform, and 2-Picolylamine (1 mmol) was added to this solution by dissolving in methanol. The stirred reaction mixture was heated to reflux for 24 h and followed by thin-layer chromatography. Then the organic solvent was evaporated. The remaining solid was extracted with a mixture of chloroform and distilled water. The organic layer was dried over MgSO4, filtered, and re-evaporated. The white precipitate was obtained in % 75 yields.

2.2. Determination of cytotoxic potential of compound CLX

The cell viability and cytotoxic potential of compound CLX were carried out with Alamar Blue Assay (Oguz, 2022). Compound CLX was dissolved in growth media. $1x10^4$ cells were seeded into a 96-well plate and treated with various concentrations of compound CLX ranging from 0 to 250 µM and incubated at 37 °C for 48 h. After the incubation, the media were removed, and the cells were washed with PBS and incubated with Alamar Blue (10%) for 3 h. The absorption was measured at 570 nm and 600 nm in an ELISA plate reader. Cell viability and IC50 values were determined from the sigmoidal plot of cell viability vs. log concentration of the TCP com- pounds by GraphPad Prism 8.0.2 software.

3. Results and Discussion

The structures of compounds 2, 3, 4, and CLX were characterized using ^{1}H NMR spectroscopy. (Figure 1)

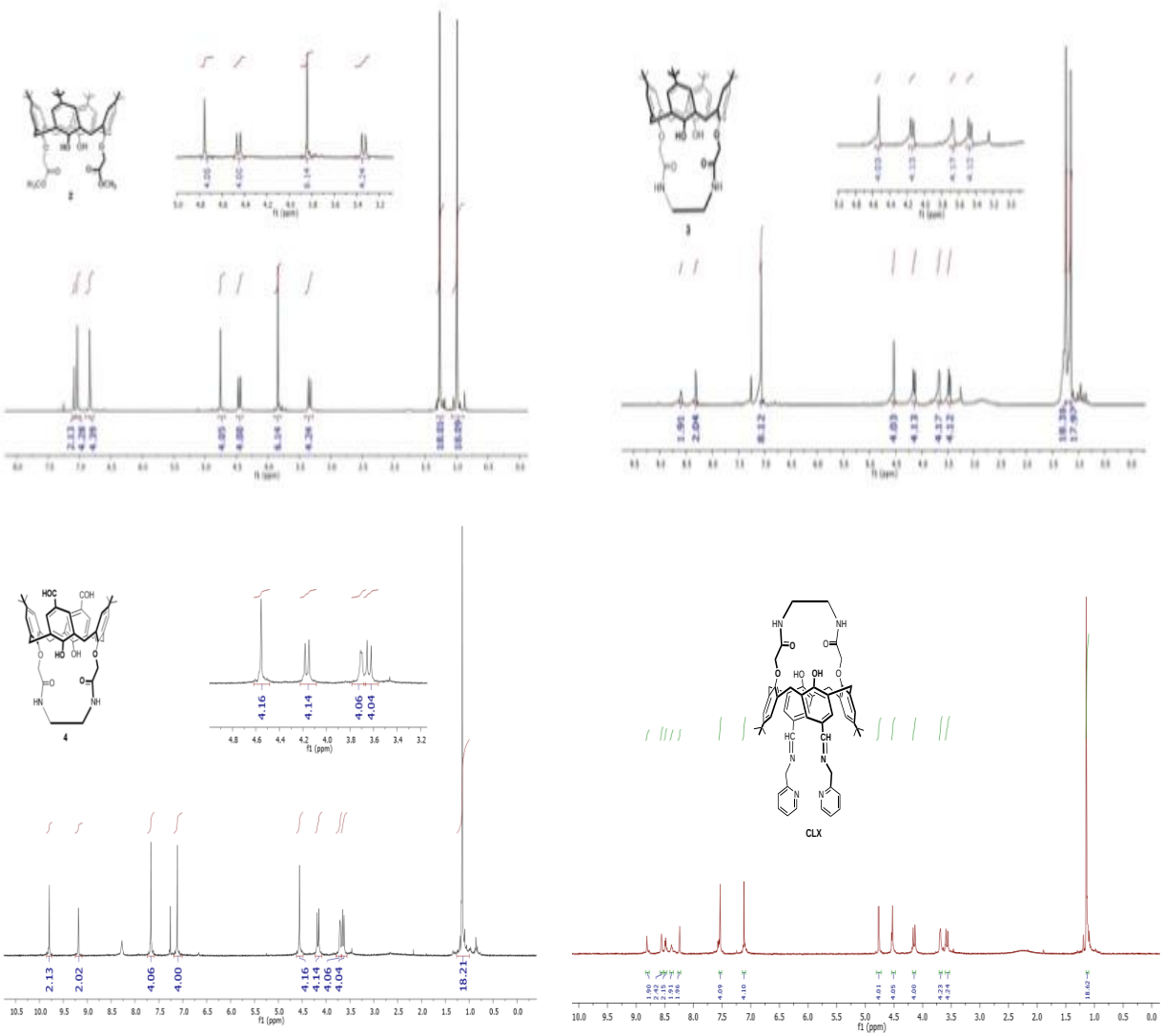


Figure 1. ^{1}H NMR spectra of calixarene derivatives

The cell viability and cytotoxicity studies were carried out on four different cell lines including A549, MCF-7, and HeLa, as well as epithelium cell line Vero (Figure 2). The IC50 values of CLX on A549, MCF-7, and HeLa cells were calculated as 52.96 µM, 29.76 µM, and 41.25 µM, respectively. Besides, its cytotoxic potential on epithelial cell line Vero was also evaluated and compound CLX was found not toxic on this cell line (>200 µM). (Table 1)

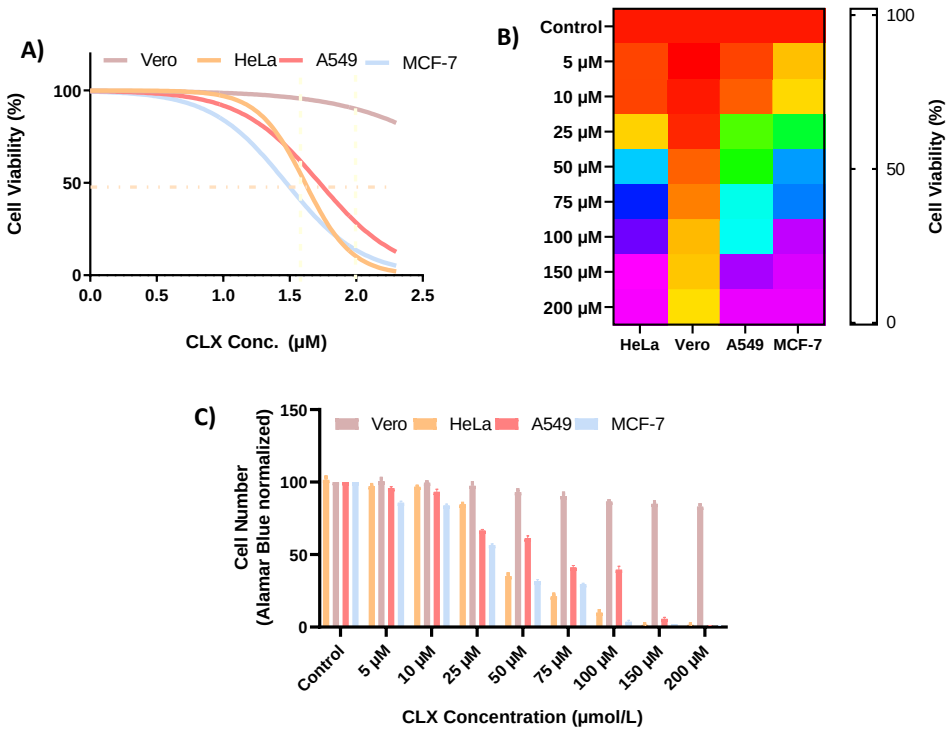


Fig. 2. Cytotoxic potential of synthesized compound CLX. **A)** Sigmoidal plot of the compound. **B)** Representative Heat- map analyses of various concentrations of the compound CLX on A549, MCF-7, HeLa, and Vero cells. CLX to calculate IC_{50} values. **C)** The IC_{50} values of compound CLX on A549, MCF-7, HeLa, and Vero cells.

Table 1. IC_{50} values (µM) of compound CLX on the various cells.

Cell	IC_{50} (µM)
A549	52,96
MCF-7	**29,76**
HeLa	41,25
Vero	>200

4. Conclusion

In conclusion, calix[4]arene molecule was successfully functionalized with 2-Picolylamine at the upper rim. Results show that compound CLX is a desirable antiproliferative agent since no cytotoxic effects were observed on epithelium cells (Vero) and selectively inhibited human cancerous cells including A549, MCF-7, and HeLa. Within the cells, compound CLX was found the highest antiproliferative agent against MCF-7 cells with an IC_{50} value of 29.76 µM. From these positive results, compound CLX holds promise as a strong candidate for the medicinal application against human breast cancer cells. This study will be an important reference for future studies that which novel calix[4]arene derivatives can be also examined for new preclinical studies.

Acknowledgments

The author is grateful to Selcuk University (BAP) to support this study.

References

An, L., Han, L.-L., Zheng, Y.-G., Peng, X.-N., Xue, Y.-S., Gu, X.-K., Sun, J. ve Yan, C.-G., 2016, Synthesis, X-ray crystal structure and anti-tumor activity of calix [n] arene polyhydroxyamine derivatives, *European journal of medicinal chemistry*, 123, 21-30.

de Fátima, Â., Fernandes, S. A. ve Sabino, A. A., 2009, Calixarenes as new platforms for drug design, *Current Drug Discovery Technologies*, 6 (2), 151-170.

Dings, R. P., Levine, J. I., Brown, S. G., Astorgues-Xerri, L., MacDonald, J. R., Hoye, T. R., Raymond, E. ve Mayo, K. H., 2013, Polycationic calixarene PTX013, a potent cytotoxic agent against tumors and drug resistant cancer, *Investigational new drugs*, 31 (5), 1142-1150.

Naseer, M. M., Ahmed, M. ve Hameed, S., 2017, Functionalized calix [4] arenes as potential therapeutic agents, *Chemical biology & drug design*, 89 (2), 243-256.

Nimse, S. B. ve Kim, T., 2013, Biological applications of functionalized calixarenes, *Chemical Society Reviews*, 42 (1), 366-386.

Oguz, M., Gul, A., Karakurt, S. ve Yilmaz, M., 2020, Synthesis and evaluation of the antitumor activity of Calix[4]arene l-proline derivatives, *Bioorganic Chemistry*, 94, 103207.

Oguz, M., Alizada, M., Gul, A., Kursunlu, A. N. ve Yilmaz, M., 2021, A basket-type fluorescent sensor based calix[4]azacrown ether for multi-analytes: Practicability in living cells and real sample, *Microchemical Journal*, 167, 106279.

Oguz, M., 2022, Synthesis and anticancer activity of new p-tertbutylcalix[4]arenes integrated with trifluoromethyl aniline groups against several cell lines, *Tetrahedron*, 116, 132816.

Rodik, R. V., Boyko, V. I. ve Kalchenko, V. I., 2009, Calixarenes in bio-medical researches, *Current Medicinal Chemistry*, 16 (13), 1630-1655.

Yousaf, A., Abd Hamid, S., Bunnori, N. M. ve Ishola, A., 2015, Applications of calixarenes in cancer chemotherapy: facts and perspectives, *Drug design, development and therapy*, 9, 2831.

SİNYALİZE BİR KAVŞAKTA V2X İLE ACİL DURUM ARACI ÖNCELİKLENDİRME ANALİZİ

Ayça Merve Yıldız
İSBAK İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolijleri A.Ş./ İSBAK Ar-Ge Merkezi
aturan@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0002-9945-025X

Muhammed Emin Abbaszade
İSBAK İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolijleri A.Ş./ İSBAK Ar-Ge Merkezi
eabbaszade@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0001-8242-5288

Emine Aygün
İSBAK İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolijleri A.Ş./ İSBAK Ar-Ge Merkezi
eaygun@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0002-5798-5088

Hakan Çelik
İSBAK İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolijleri A.Ş./ İSBAK Ar-Ge Merkezi
hcelik@isbak.istanbul, ORCID: 0000-0001-7902-7115

Özet
Kentlerde, teknolojik gelişmeler, nüfus artışı ile birlikte araç sahipliği ve yolculuk sayısı artmakta bu da trafik tıkanıklığı ve çeşitli sosyo ekonomik sorunların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Gecikme süreleri, seyahat süreleri, yakıt tüketimi ve maliyetin artışı sonucunda toplumda daha ekonomik, daha konforlu seyahat talebi ortaya çıkmış ve yenilikçi çözümler hayatımıza girmiştir. Bu çözümlerden biri olan V2X, kaynaklardan gelen verilerin araçlara, araçlardan gelen verilerin de sistemlere aktarılmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji; toplu taşıma ve acil durum aracı sinyal önceliği, çarpışma uyarısı, çalışma bölgesi uyarısı gibi uygulamalarda kullanılabilmektedir.V2X uygulamalarının verimlilik analizinin yapabilmesi için birçok durumda test edilmesi gerekmektedir. Bu sistemlerin henüz yaygın bir şekilde kullanılmaması ve saha testlerinde çevre şartlarının sabit tutulamaması nedenleri ile testlerin sanal ortamda yapılması daha uygun olmaktadır. Bu çalışmada itfaiye araçları için önceliklendirme uygulanan bir kavşak PTV-VISSIM mikro simülasyon programında modellenmiştir. Daha sonra çalışma yüksek hacim değerleri için tekrarlanmıştır. Benzetim modeli oluşturulurken, sahada sinyalize kavşaklarda uygulanan gerçek sinyal programları esas alınmıştır. Elde edilen analiz sonuçları hem itfaiye araçları hem de diğer kavşak kullanıcıları açısından değerlendirilmiştir. Önceliklendirme olduğu ve olmadığı durumlarda tüm kavşak kullanıcıları için elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, gecikme süresi, durma sayısı, hız ve seyahat sürelerinde iki durum arasında büyük farklılıklar olmadığı görülmüştür. İtfaiye araçları için elde edilen sonuçlara bakıldığında ise önceliklendirme uygulamasının itfaiye araçları bazında iyileştirme sağlanmıştır. Çalışma yüksek hacim değerleri için tekrarlandığında uygulamanın acil durum araçlarının seyahat ve gecikme sürelerini kısalttığı, diğer kavşak kullanıcılarının ise bir miktar gecikmelerine neden olduğu görülmüştür. Ancak V2X ile Acil Durum Önceliklendirmenin temel amacı, acil durum araçlarının olay yerine hızlı intikal ederek can ve mal kaybının önüne geçilmesi ve kavşaklardaki karışıklığın önüne geçilerek kaza riskinin azaltılmasıdır. Elde edilen sonuçlara göre genel bir değerlendirme yapıldığında, uygulamanın verimli olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Ancak her kavşağın farklı karakteristik özelliği olduğundan, bir kavşakta acil durum aracı önceliklendirme uygulaması hayata geçirilmeden önce detaylı inceleme ve analiz yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: V2X, Acil durum aracı önceliklendirme, Kavşak performans değerlendirme, Kavşak modelleme, Akıllı kavşak yönetimi

EMERGENCY VEHICLE PRIORITIZATION ANALYSIS with V2X at a SIGNALIZED INTERSECTION

Abstract
The increase in population and private vehicle ownership in metropolises causes an increase in traffic congestion and accordingly various socio-economic problems. Rising traffic congestion causes delays,

increased travel time and fuel consumption, and ultimately mount up cost. Due to alleviate these negative effects, more economical and comfortable travel alternatives are emerging and becoming widespread with innovative technological solutions. V2X is one of these solutions that makes it possible to transfer data between a vehicle and other sources. This technology is used in applications such as public transport and emergency vehicle signal priority, collision warning, and work area alert. V2X applications need to be tested and passed efficiency analysis in many pilot projects. Since this technology is not yet widespread and weather conditions affect the results in field studies, it is very common and useful to conduct tests in a virtual environment. In our study, a prioritized intersection for fire trucks is modeled in the microsimulation program PTV-VISSIM using the signal programs like those applied in the field and repeated by entering higher volumes. According to the results, in terms of the effect on all users, there is no big difference in terms of delay, number of stops, speed and travel time before and after implementation but it provides an improvement in the travel time for fire trucks. repeating the simulation with higher volumes shows that the travel time and delay of emergency vehicles are reduced, but the delays are increased for other users. however, the main purpose of the project is to prevent loss of life and property by the rapid arrival of the emergency vehicle to the scene. In addition, the risk of accidents is reduced by preventing confusion at intersections. Although the application can be considered efficient but since each intersection has different characteristics, a detailed analysis should be made before the implementation.

Keywords: V2X, Emergency vehicle prioritization, Intersection performance evaluation, Intersection modeling, Intelligent intersection management

1. GİRİŞ

Ekonomi ve sanayi alanındaki gelişmeler ve nüfus artış hızı; seyahat sayısı, seyahat hızı, seyahat süresi, seyahatte kullanılan taşıt tipi tercihlerini şekillendirmektedir. Tüm bu gelişmelerin sonucunda; toplam yol ağı uzunlukları, taşıt sayısı, sinyalize kavşak adetleri ve sıkışıklık problemleri hızla artmakta, trafik yönetimi konusunda teknolojinin sunduğu imkânlardan yararlanarak çözümler ortaya konulmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi'nin (NHTSA) en son raporunda; 2014 yılında trafik sıkışıklığının ABD'deki otoyol kullanıcılarının 3,1 milyar galon ek yakıt tüketmesine ve seyahatleri sırasında fazladan 6,9 milyar saat harcamalarına neden olduğu, bunun da yıllık 160 milyar dolarlık ekonomik kayıp demek olduğu ifade edilmektedir. İstatistiksel trafik ve ulaşım verileri, yeni önlemler alınmadıkça bu sorunların artmaya devam edeceğini göstermektedir. (Schrank ve diğ, 2015). Bu sorunları ele almak ve çözüm getirmek isteyen otomobil şirketleri, akademik kurumlar ve devlet kurumları; araçların ve ulaşım altyapısını iletişimini sağlamak için çalışmalar yürütmektedir. V2X sistemlerinin mevcut araç algılama sistemleri ile birlikte kullanılması; yol güvenliği, yolcu bilgilendirme ve araç trafik optimizasyonu için birçok gelişmiş uygulamayı hayata geçirme olanağı sağlamaktadır (Cheng ve diğ, 2015). V2X teknolojileri; toplu taşıma aracı trafik sinyal önceliği, çarpışma uyarısı, çalışma bölgesi uyarısı, viraj hız uyarısı, sinyalize kavşaklarda sürücülere geçiş yapan yaya uyarısı, acil durum aracı bilgilendirme sistemi, acil durum aracı geçiş önceliği gibi uygulamalarda kullanılabilmektedir.

V2X ile araç ve yol kenarı üniteleri haberleştirilerek önceliklendirme uygulaması yapıldığında kavşak, önceliklendirilen araca göre sinyal zamanlamasını ayarlayabilmektedir (yeşil ışığı uzatabilir veya ilgili faza geçişe zorlayabilir). Bu uygulamalar ile geçiş üstünlüğü olan ambulans, İtfaiye ve benzeri acil müdahale araçlarının her zaman yeşil ışığı yakalamaları veya minimum düzeyde bekleyerek seyahatlerini tamamlamaları hedeflenmektedir. Böylelikle önceliklendirilen araca daha kısa seyahat süresi sağlanmakta oluşabilecek kazaların önüne geçilebilmekte ve oluşan acil duruma hızlı müdahale ile can ve mal kaybı en aza indirilebilmektedir.

2. V2X

Araçtan her şeye anlamına gelen bu terim, kaynaklardan gelen verilerin araçlara, araçlardan gelen verilerin de sistemlere aktarılması olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle akıllı ulaşım sistemleri ile çeşitli unsurlar arasındaki bilgi alış verişini ifade eder. V2X teknolojileri; yol güvenliği uygulamaları, yolcu bilgilendirme sistemleri ve trafik optimizasyonu için kullanılabilmektedir. Bu teknolojide iletişimi sağlamak için güncel olarak kullanılan iki tür çözüm vardır. Bunlar özel kısa menzilli iletişim

(IEEE802.11p / DSRC) ve hücresel ağ (3G, 4G, LTE-V2X, 5G) teknolojileridir (Analysys Mason, 2017). DSRC genellikle otomotiv ve akıllı ulaşım sistemi (ITS) uygulamalarında, DSRC cihazları arasında kısa mesafeli bilgi alışverişi için kullanılan kablosuz bir teknolojidir. DSRC ile iletişim kuran donanımlar; araçların içine yerleştirilmiş (OBU), yol kenarına yerleştirilmiş yol kenarı birimleri (RSU'lar) ve yayaların mobil cihazlarıdır. Haberleşme şekillerine göre V2X ise araçların diğer araçlarla haberleşmesi (V2V), karayolu altyapısıyla araç altyapılarının haberleşmesi, (V2I), yayalarla araç haberleşmesi (V2P) ve araç ağ haberleşmesi (V2N) olarak sıralanabilir (Koyuncu, 2018).

3. V2X DONANIMLARI

V2X uygulamalarında donanım olarak, Yol Kenarı Ünitesi (RSU) ve Araç İçi Yerleşik Üniteler (OBU) kullanılmaktadır. Bu donanımlar Merkezi AUS İstasyonlarıyla, Kişisel AUS İstasyonlarıyla ve kendi aralarında (OBU-RSU) veri alış verişi yapmaktadır.

a. **Yol Kenarı Üniteleri (RSU):** Yol kenarı altyapı tesislerinin araçlar ve merkezi bileşenlerle iletişim kurabilmesini ve araçlardan alınan bilgilerin merkezi bileşenlere iletmesini sağlar.
b. **Araç İçi Yerleşik Ünite (OBU):** Aracın diğer araçlarla veya yol kenarı altyapısı ile bilgi alışverişini sağlar.
c. **Merkezi AUS İstasyonu:** Merkezi olarak yönetilen uygulamaların ve hizmetlerin kullanıldığı AUS bileşenidir. Merkezi AUS istasyonu, araçlar ve yol kenarı altyapı bileşenleri ile veri alış verişi yapabilir.
d. **Kişisel AUS İstasyonu:** AUS uygulaması sağlayabilen mobil telefonlar veya navigasyon cihazları gibi kişisel mobil cihazları temsil etmektedir. Cihazlar, diğer yol kullanıcıları veya yol kenarı altyapısı ile haberleşmesine dayanan uygulamaları destekleyebilir.

4. V2X UYGULAMALARI

Yolculukların optimum sürede gerçekleşmesi, gecikme ve bekleme sürelerini minimize etmek, trafik güvenliğini artırmak daha çevreci ve ekonomik yolculuklar için araçların birbiri ile ve çevredeki yol kenarı alt yapılarıyla iletişim kurduğu teknolojiler geliştirilmektedir. Ulaştırma sektörü de, bu yeniliklerle birlikte değişim yaşamaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımıyla oluşturulan Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS); yeni nesil mobil genişbant teknolojileri, IoT (Internet of Things), M2M (Machine to Machine Communication), V2X (Vehicle to Everything) teknolojileri, bulut bilişim ve araçlardaki yenilikler ile birlikte gelişim göstermektedir. Son yıllarda akıllı ulaşım alanındaki çalışmalar neticesinde, araçların birbirleri, altyapı veya ulaşım ekosistemindeki diğer bileşenler ile iletişim kurabildiği, Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) ortaya çıkmıştır (Koyuncu, 2018). V2X teknolojilerinin kullanım alanlarından bazıları; toplu taşıma aracı trafik sinyal önceliği, çarpışma uyarısı, çalışma bölgesi uyarısı, viraj hız uyarısı, sinyalize kavşaklarda sürücülere geçiş yapan yaya uyarısı, acil durum aracı bilgilendirme sistemi, acil durum aracı geçiş önceliği uygulamalardır.

5. V2X İLE ACİL DURUM ARACI ÖNCELİKLENDİRME

Acil durum araçları her gün binlerce yolculuk yapmaktadır. Can ve mal kaybını önlemek ve azaltmak için olay yerine hızlı intikal edilmesi önemlidir. Özellikle de İstanbul gibi nüfusu kalabalık olan ve trafik yoğunluğu bulunan şehirlerde diğer araçların acil durum araçlarına öncelik vermesi sırasında birçok güvenlik sorunu ile karşılaşılmaktadır. Yaşanılan bu sorunların birçoğu kentsel yol ağının en kritik noktaları olan kavşaklarda ortaya çıkmaktadır (Ray ve Kupas, 2005). Sinyal kontrollü kavşaklarda acil durum aracının kırmızıda geçmesi iki farklı olumsuz durum ortaya çıkarabilmektedir. Bunlardan ilki; acil durum aracı kırmızıda geçerken başka yöndeki kendisine yeşil yanan taşıt grubundan dikkatsiz bir sürücünün durumu farketmeden geçiş yapmasıdır. Bunun sonucunda kaza riski oluşmaktadır. İkinci olumsuz durum ise; kırmızıda bekleyen taşıt gruplarının yol vermede çekinceli davranması ve kararsız davranışları sonucunda yavaş hareket etmeleri sonucunda acil durum aracının kavşağı gecikmeli terk etmesidir (Kahn ve diğ, 2015). Acil durum araçları ve kişisel araç kullanıcıları Almanya'da yürütülen bir çalışmada çevrimiçi bir anket çalışması ile incelenmiştir. Ankete 352 acil durum aracı sürücüsü ve 283 adet kişisel araç kullanıcısı katılım sağlamıştır. Her iki gruba da sürüş deneyimleri, durum değerlendirmeleri, farkındalıkları ve sürücü asistan sistemleri hakkında sorular sorulmuştur. Ayrıca kaza durumlarını değerlendirmeleri istenmiştir.

Bu çalışmada acil durum araç sürücülerinin cevapları literatürdeki tezleri destekler niteliktedir. Acil durum araçlarının %38'i hali hazırda bir veya daha fazla kazaya karışmıştır. Acil durum araçlar sürücülerinin %46'sı ise siren ve tepe lambalarının kişisel araç sürücülerini uyarmakta yeterli gelmediği cevabını vermiştir. Bu nedenle acil durum aracı sürücülerinin %94'ü acil durum araçlarının ekstra bir uyarım sistemine ihtiyacı olduğunu, %67 si kişisel araç kullanıcılarına tam olarak ne yapmaları gerektiğinin bir uyarı sistemi ile iletilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ankete katılan acil durum aracı sürücülerinin %90'ı kişisel araç kullanıcılarının acil durum aracı yaklaşımında doğru tepki verememesinin kazalara yol açtığını düşünmektedir. Bununla birlikte kişisel araç kullanıcılarının %86'sı acil durum aracı yaklaştığını görmeden önce duyma konusunda yetersiz kaldıklarını kabul etmektedir. Bu nedenle kişisel araç kullanıcılarının %62' si acil durum aracı yaklaşımı için ekstra bir uyarı sistemi olması gerektiğine inanmaktadır. Acil durum araç kullanıcılarının %95'i daha kısa seyahat süreleri nedeni ile %93'ü kavşaklarda daha güvenli geçiş için kavşaklarda önceliklendirme gerektiğini düşünmektedir (Weinert ve diğ, 2015). Yapılan araştırmalar ve yürütülen çalışmalar; oluşan kaza riskleri ve olay yerine intikaldeki gecikmelerin önüne geçmek için acil durum araçlarının sinyalize kavşaklarda önceliklendirilmesinin gerekli olduğunu göstermektedir.

Önceliklendirme birçok yöntemle denenmiş olup, günümüzde daha güvenli ve verimli bir haberleşme sistemi için trafik alt yapısı ve araç V2I ve araç araç haberleşmesi V2V teknolojileri bu alanda kullanılmaya başlamıştır. V2X teknolojisi acil durum araçlarının hareketini iyileştirmek için sinyal önceliklendirme uygulamalarında trafiğin hareketini iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. V2X, yol kenarı altyapısının bir aracın özelliklerini otomatik olarak tanıması ile optimum sürelerde sinyal önceliklendirme sağlanabilmektedir. Acil durum araçlarınının hız ve konumları merkeze oradan da yol kenarı ünitelerine aktarılabilmesi V2I araç alt yapı haberleşmesi ile mümkündür. Aynı şekilde merkez tarafından yol durumu, yoğunluk, yol çalışması, kaza gibi bilgiler araç üzeri üniteler ile sürücülere iletilebilmektedir. Hız ve konumu bilinen acil durum aracının, tahmini varış zamanı ve kavşakta önceliklendirme sağlanacak yönde bekleyen araç sayım değerine göre yeşil ışık sırası ve yeşil ışık süresi belirlenebilmektedir. Böylelikle acil durum araçlarının hiç gecikmeden veya çok az gecikmeyle kavşaklardan geçmeleri sağlanmaktadır. Sinyalize kavşaklarda acil durum araçlarını önceliklendirme ile acil durum araçlarının olay yerine intikali sırasında kavşaklarda oluşan karmaşıklığı önüne geçilecek ve hem acil durum araçları hem de özel taşıt kullanıcıları için daha güvenli seyahat sağlanacaktır.

6. V2X Acİl Durum AraCI Önceliklendirme Sİmülasyon ve Analİzİ

V2X uygulamalarının verimlilik analizinin yapabilmesi için birçok durumda test edilmesi gerekmektedir. Bu uygulamaların henüz yaygın bir şekilde kullanılmaması, saha testlerinde çalışma yapılan durumların çevre şartlarının sabit tutulamaması ve oluşabilme ihtimali olan olumsuz durumlar nedeni ile testlerin sanal ortamda yapılması uygun görülmüştür. Bu çalışmada itfaiye araçları için önceliklendirme uygulaması yapılan sinyalize bir kavşak PTV-VISSIM mikro simülasyon programında modellenmiştir. Analiz çalışmasından elde edilen seyahat süresi, gecikme ve durma sayıları hem itfaiye araçları (acil durum aracı) hem de trafikte yer alan diğer taşıtlar açısından değerlendirilmiştir.

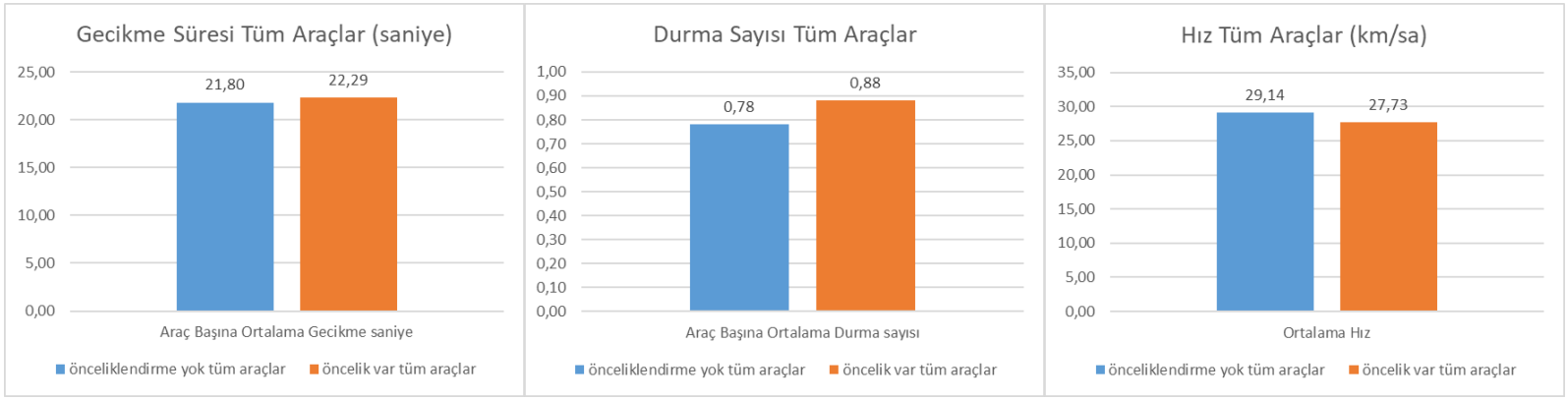
7. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada; acil durum araç önceliklendirme uygulamasının etkilerinin, hem acil durum araçları hem de tüm kavşak kullanıcıları açısından değerlendirilerek, farklı hacim değerleri için ortaya konulması hedeflenmiştir.

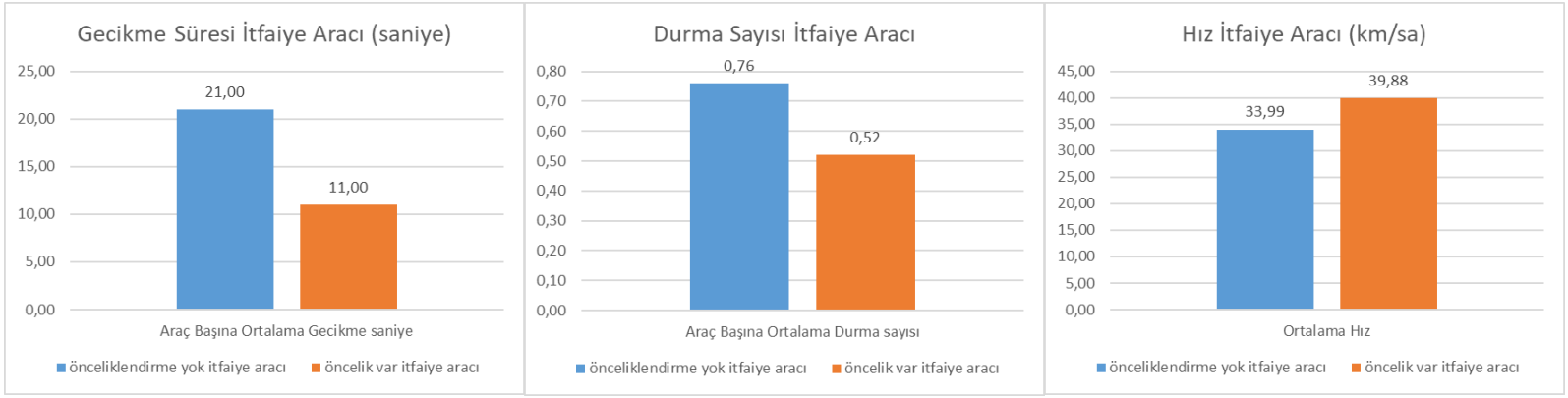
8. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

V2X uygulamaları ile acil durum aracı önceliklendirme konularında literatür araştırması yapılmıştır. Seçili kavşak için benzetim modeli oluşturulmasına ve ortalama gecikme süresi, ortalama durma sayısı ve ortalama hıza göre değerlendirme yapılmasına karar verilmiştir. Çalışma alanı olarak; V2X ile acil durum önceliklendirme saha testlerinin yapıldığı, İstanbul Fatih İlçesi'nde yer alan 12027 numaralı Malta kavşağı seçilmiştir. Acil durum aracının (itfaiye) önceliklendirildiği modelde; trafik ışığındaki iletişim cihazı (RSU) ile araç arasında (araçta bulunan OBU) istikrarlı bir iletişimin oluşmaya başladığı ve trafik ışığının güvenli sürede fazını değiştirebileceği mesafe göz önünde bulundurulmuştur. Acil durum aracı talebinin bu kriterlere uygun mesafede alınmasına dikkat edilmiş ve sahada sinyalize kavşaklarda uygulanan gerçek sinyal programları esas alınmıştır. Acil durum aracının talebine bağlı

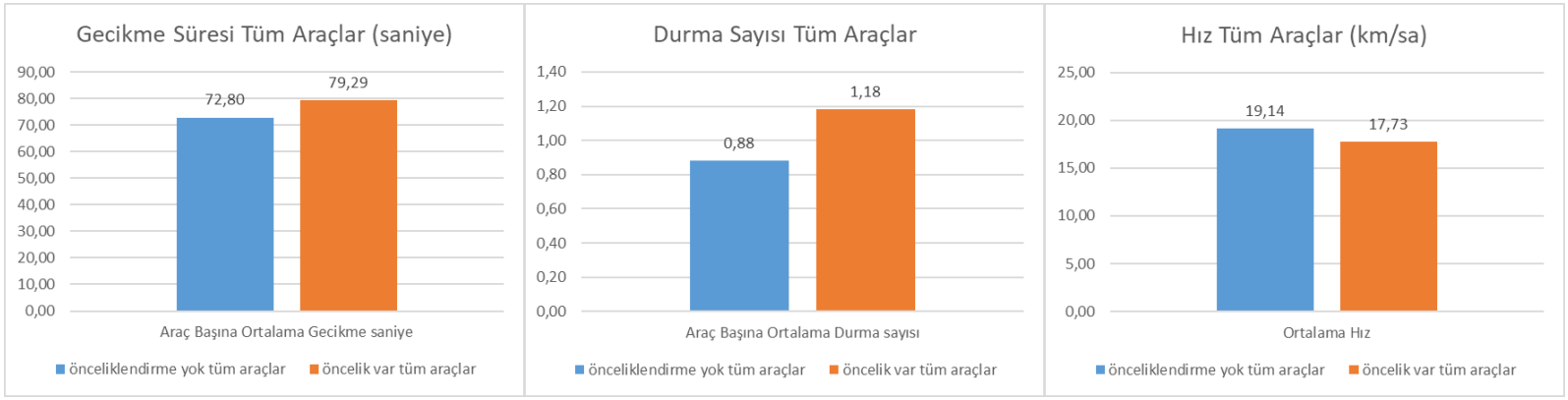
işletilen sinyal kontrol sisteminin simülasyon ortamına aktarılması için, bir DLL dosyası geliştirilmiştir. Oluşturulan modelde ve saha testlerinde itfaiye aracı talebi alındığında, yaklaşan itfaiye aracına yeşil ışık yakılarak, kavşaktaki diğer tüm yönler kırmızı ışık ile uyarılmaktadır. Bu uygulamada diğer kavşak kullanıcılarını güvensiz bir duruma düşürülmemesine dikkat edilmiştir. Önceliklendirme olmadığı durumda ise gerçek hayatta olduğu gibi itfaiyenin kavşakta kırmızı ışığa yakalansa bile seyahatine devam etmesi ve itfaiye aracı ile karşılaşan diğer araç kullanıcılarının öncelik vermesi sağlanmıştır. Aşağıdaki grafiklerde ‘Acil Durum Aracı Önceliklendirme Uygulaması’ aktif iken ve aktif değilken karşılaştırılması verilmiştir.



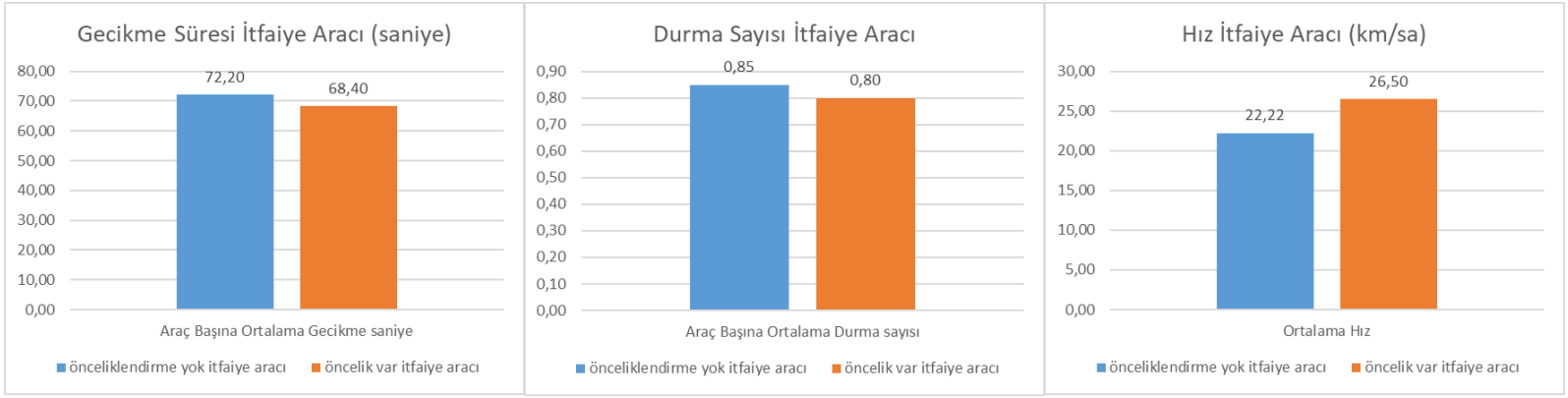
Şekil 3. Normal Hacim Değerlerinde Tüm Araçlar için Analiz Sonuçları



Şekil 4. Normal Hacim Değerlerinde İtfaiye Araçları için Analiz Sonuçları



Şekil 5. Yüksek Hacim Değerlerinde Tüm Araçlar için Analiz Sonuçları



Şekil 6. Yüksek Hacim Değerlerinde İtfaiye Araçları için Analiz Sonuçları

9. SONUÇ DEĞERLENDİRME

VISSIM simülasyon programı yardımıyla ilk önce acil durum aracı önceliklendirme uygulaması olan daha sonra da önceliklendirme olmadığı durumların simülasyon ve analiz yapılmıştır. Her iki durumun da analiz edilmesi neticesinde ortaya çıkan taşıt başına düşen gecikme miktarı, ortalama durma sayısı, ortalama hız gibi değerler karşılaştırılarak herhangi bir iyileştirme sağlanıp sağlanmadığı veya ne kadar iyileştirme olduğu incelenmiştir. Daha sonra kavşak kollarındaki hacim değerleri 1,5 katına çıkarılarak, yüksek hacim değerleri için çalışma tekrarlanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları hem itfaiye araçları hem de diğer kavşak kullanıcıları açısından değerlendirilmiştir. Önceliklendirme olduğu ve olmadığı durumlarda tüm kavşak kullanıcıları için elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, gecikme süresi, durma sayısı, hız, ve seyahat sürelerinde iki durum arasında büyük farklılıklar olmadığı görülmüştür. İtfaiye araçları için elde edilen sonuçlara bakıldığında ise önceliklendirme uygulamasının itfaiye araçları bazında iyileştirme sağlanmıştır. Çalışma yüksek hacim değerleri için tekrarlandığında uygulamanın acil durum araçlarının seyahat ve gecikme sürelerini kısalttığı, diğer kavşak kullanıcılarının ise bir miktar gecikmelerine neden olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre kavşak kapasitesinin üzerinde hacimi olan kavşaklarda önceliklendirme uygulamasının veriminin azaldığı sonucu da çıkarılabilir. Ancak V2X ile Acil Durum Önceliklendirmenin temel amacı, acil durum araçlarının olay yerine hızlı intikal ederek can ve mal kaybının önüne geçilmesi ve kavşaklardaki karışıklığın önüne geçilerek kaza riskinin azaltılmasıdır. Önceliklendirme uygulamasında sadece acil durum aracının yaklaştığı yöne yeşil ışık tanımlanıp diğer akımlar durdurulmaktadır. Böylece diğer yönden gelen araçlar ile çakışma ihtimali ortadan kaldırılmakta ve kavşaktaki karmaşıklığın önüne geçilmektedir.

10. TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlara göre genel bir değerlendirme yapıldığında, uygulamanın verimli olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Ancak her kavşağın farklı karakteristik özelliği olduğundan, bir kavşakta acil durum aracı önceliklendirme uygulaması hayata geçirilmeden önce detaylı inceleme ve analiz yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Analysys Mason. (2017). Final Report for 5GAA Socio-Economic Benefits of Cellular V2X. London.

Cheng, H. T., Shan, H., & Zhuang, W. (2011). Infotainment and road safety service support in vehicular networking: From a communication perspective,. Mechanical Systems and Signal Processing, 25(6), 2020–2038.

Kahn, C., Pirrallo, R., & Kuhn, E. (2001). Characteristics of Fatal Ambulance Crashes in the United States: An 11-year Retrospective Analysis. Prehospital Emergency Care, 5(3), 261–269.

KOYUNCU, A. Ş. (2018). Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri Avrupa Stratejisinin İncelenmesi ve Türkiye Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi İçin Öneriler.

Ray, A., & Kupas, D. (2005). Comparison of Crashes Involving Ambulance with Those of Simular-Sized Vehicles,. 9(4), 412–415.

Schrank, D., Eisele, B., Lomax, T., & Bak, J. (2015). urban mobility scorecard. Texas A&M Transportation Institute.

Schrank, D., Eisele, B., Lomax, T., & Bak, J. (2015). urban mobility scorecard. Texas A&M Transportation Institute.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı.

Weinert, F., Düring, M., & Bogenberger, K. (2019). Influence of Emergency Vehicle Preemption on Travelling Time and Traffic Safety in Urban Environments enabled by Innovative Behavioral Models and V2X Communication – Simulation and Case Study. *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*.