



**1. MALATYA ULUSLARARASI  
UYGULAMALI BİLİMLER  
KONGRESİ KİTABI**

**20-22 Aralık 2019  
MALATYA**

**Cilt-1**

**ISBN: 978-625-7954-05-1  
İSPEC Yayınevi**

**MALATYA**

**1. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ**

**20-22 Aralık 2019 / MALATYA**



# **Kongre Kitabı**

## **Editörler**

**Dr. Tural MEHMETOĞLU**

**Dr. Ethem İlhan ŞAHİN**

Bu kitabın tüm hakları İSPEC Yayınevi'ne aittir.  
Yazarlar etik ve hukuki olarak eserlerinden sorumludurlar.

**ISPEC Publications - 2019©**

**Yayın Tarihi: 25.12.2019**

**ISBN – 978-625-7954-05-1**





## KONGRE ID

### KONGRE ADI

# 1. ULUSLARARASI MALATYA UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

### TARİH ve YER

20-22 Aralık 2019 / MALATYA, TÜRKİYE

### ORGANİZATÖR

İktisadi Kalkınma Ve Sosyal Araştırmalar Derneği  
Yeşilyurt Belediyesi

### KONGRE ONURSAL BAŞKANI

**Mehmet ÇINAR**

(Yeşilyurt Belediye Başkanı)

### DÜZENLEME KURULU BAŞKANI

**Prof. Dr. Mustafa TALAS**

### ULUSLARARASI KATILIMCILAR

Oğuz ÇAKIR - İSPANYA

Ulas Baran BALOGLU - İNGİLTERE

Əliyev Ülvi Məmmədəli oğlu - AZERBEYCAN

Pınar GÜMÜŞ - ABD

Шерзод Рахманов – ÖZBEKİSTAN

### KABUL EDİLEN BİLDİRİ SAYISI

*149 bildirim*

### REDDEDİLEN BİLDİRİ SAYISI

*9 bildiri*

### DEĞERLENDİRME SÜRECİ

*Tüm Başvurular Çift Kör Hakem Değerlendirmesi Sürecinden Geçmiştir*

# BİLİM KURULU

- ❖ Prof. Dr. Shaukat Aref Mohammed-Zakho Üniversitesi
- ❖ Prof. Dr. Serpil DEMİR DÜŞÜNCELİ-İnönü Üniversitesi
- ❖ Prof. Dr. Ali BİLGİLİ-Ankara Üniversitesi
- ❖ Prof. Dr. Ayhan ESİ-Adıyaman Üniversitesi
- ❖ Doç. Dr. Hüseyin ARSLAN-Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi
- ❖ Doç. Dr. Bashir Saleh-Al-Jabal Al-Gharbi Üniversitesi
- ❖ Doç. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN-Fırat Üniversitesi
- ❖ Doç. Dr. Nazilə ABDULLAZADE-Azerbaycan Devlet Pedagoji
- ❖ Doc. Dr. Cengiz MORDENİZ-Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Üniversitesi
- ❖ Doç. Dr. Akın ÖZÇİFT-Manisa Celal Bayar Üniversitesi
- ❖ Doc. Dr. Kasim MERMERDAS-Harran Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi Semih YAŞAR-Yüzüncü Yıl Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi Suzan ONUR YAMAN-Karabük Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi AYŞE FEYDA NURSAL-Hitit Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi Şeyma AYDEMİR-Hitit Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKKAŞ-Kastamonu Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi Salihu Abdullahi KIYAWA-Kabale Üniversitesi
- ❖ Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Erkan KARABEKMEZ-İstanbul Medeniyet Üniversitesi
- ❖ Öğr. Gör. Dr. Derviş ÖZTÜRK-Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
- ❖ Arş. Gör. Dr. Dilek ARSLAN ATEŞŞAHİN-Çankırı Karatekin Üniversitesi
- ❖ Arş. Gör. Dr. Ercan ÇATAK-Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
- ❖ Araş. Gör. Dr. Mürşide DARTAY-Fırat Üniversitesi
- ❖ Dr. Mohamed Nadjib BOUKHATEM-Saad Dahlab Üniversitesi
- ❖ Dr. Perihan GÜRBÜZ-İnönü Üniversitesi
- ❖ Dr. Ahmet BERK-Elazığ Fethi Sekin Şehir Hastanesi
- ❖ Dr. Eyüp GEDİKLİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
- ❖ Dr. Metin ZEYVELİ-Karabük Üniversitesi
- ❖ Dr. Kerem ASMAZ-Yıldız Teknik Üniversitesi



# 1. ULUSLARARASI MALATYA UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

20-22 Aralık 2019  
MALATYA, TÜRKİYE



## Kongre Programı



KONGRE TARİHLERİ	: 20-22 Aralık 2019 / MALATYA
KONGRE YERİ	: Malatya Park Oteli
KONGRE ONURSAL BAŞKANI	: Mehmet ÇINAR
KONGRE AÇILIŞI	: 20 Aralık 10 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>

Davetli Konuşmacılar:

**Prof. Dr. Mustafa TALAS** (*Ömer Halisdemir Üniversitesi, Düzenleme Kurulu Başkanı*)

**Mehmet ÇINAR** (*Yeşilyurt Belediye Başkanı*)

**Prof. Dr. Engin SAHNA** (*Fırat Üniversitesi*)

KATILIMCI ÜLKELER: TÜRKİYE, ÖZBEKİSTAN, UKRAYNA, IRAK, KAZAKİSTAN,  
AZEBRAYCAN

### Kongre Kuralları

- Program bilimsel DİSİPLİN'ler gözetilerek hazırlanmıştır. Lütfen programı dikkatlice kontrol ediniz. Programda çalışmanıza ilişkin eksiklik/hata olduğunu düşünüyorsanız en geç 12 Aralık 2019 tarihine kadar **iksad47@gmail.com** adresi ile iletişime geçiniz. Programın yoğunluğu sebebiyle değişiklik taleplerinin karşılanamayacağını özellikle belirtmek isteriz
- Her bir sunum için ayrılan süre 10 dk'dır. **Bir yazarın birden fazla sunumu varsa her bir sunum için en çok 8-10 dk.** Kullanabilir.
- Lütfen sürenizi aşmamaya özen gösteriniz
- Oturumun başlatılması, sunum sıralamasının belirlenmesi, soru cevap alınması, ara verilmesi oturumun kapatılması ve oturuma ilişkin tüm hususlarda Kongre Tüzel Kişiliği'ni temsilen **Oturum Başkanları TAM YETKİLİDİR**
- Katılım belgeleri, oturum sonunda Oturum Başkanları tarafından teslim edilecektir
- Kongre özet ve tam metin kitapları, kongre takviminde belirtilen süre içerisinde yayınlanacaktır
- Diğer yayın alternatifleri için kongre sonrasında ayrıca bilgilendirme mesajı gönderilecektir
- Kongreyle ilgili her konuda düzenleme ve yürütme kurulu üyelerimiz ile koordinatörlerimizin sizlere hizmet etmekten kıvanç duyacağını ayrıca belirtmek isterim.

Çok değerli çalışmanızla kongremize katılarak katkıda bulunduğunuz için yürekten teşekkür ederim.

Düzenleme Kurulu Başkanı:

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Ayhan ESI	Tarih: 20.12.2019 Cuma	Saat: 13 <sup>00</sup> -14 <sup>45</sup>	Salon1
Oktay DÖNÜK Dr. Öğr. Üyesi Recep BİNDAK	ORTAOKUL MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN TÜKENMİŞLİKLERİNİN YORDAYICISI OLARAK OKUL İKLİMİ VE ÖRGÜTSEL BAĞLILIK (MALATYA İLİ ÖRNEĞİ)		
Dr. Öğr. Üyesi Recep BİNDAK Oktay DÖNÜK	BİR YAPISAL EŞİTLİK MODELİ İLE ÖĞRETMENLERİN OKUL İKLİMİ ALGILARI, ÖRGÜTSEL BAĞLILIKLARI VE TÜKENMİŞLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER		
Emirhan Yasin ÇETİN Sabahattin Can BÜKÜLMEZ	YÜKSEK BAŞARIMLI VE AKILLI ÇEK OKUMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ		
Ulas Baran BALOGLU Cem BAYDOGAN Bilal ALATAS	AUTOMATIC DISCOVERY OF CYBER TROLL MESSAGES IN ONLINE SOCIAL MEDIA USING VARIOUS ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS AND NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS		
Cem BAYDOGAN Bilal ALATAS	PERFORMANCE ASSESSMENT OF CURRENT SWARM INTELLIGENCE BASED MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION METHODS		
Prof. Dr. Ayhan ESI	NEDEN MATEMATİĞE İHTİYAÇ DUYARIZ VE ONU NASIL ÖĞRENEBİLİRİZ?		
Asst. Prof Dr.Hazim Abed Mohammed AL-JEWAREE	Fins Heat transfer Performance for cooling water system		

Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Yaşar TURAN	Tarih: 20.12.2019 Cuma	Saat: 15 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup>	Salon1
Yüksel ALTINEL	HASTANEMİZDE TİROİD NODULÜ İLE CERRAHİ AÇIDAN TAKİP ETTİĞİMİZ GENÇ HASTALARIN KLİNİK DEĞERLENDİRMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KAVUN			
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KAVUN			
Dr. İbrahim Murat ÖZGÜLER	SAĞ ATRİYUMUN PRİMER KARDİYAK ANJİYOSARKOMU (NADİR BİR OLGU)		
Dr. Latif ÜSTÜNEL	KARDİYO-PULMONER BYPASS EŞLİĞİNDE KORONER ARTER BYPASS GREFT CERRAHİSİNDE GHRELİN, OBESTATİN VE ISI ŞOK PROTEİNLERİ 70'İN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Ali Erdal GÜNEŞ	ACİL ENDİKASYONLARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN KULLANIMI		
Yavuz ORUÇ	LEPRALI HASTA GRUBUNDA SANTRAL KORNEA KALINLIĞINDA (SKK) OLAN DEĞİŞİKLİĞİ İNCELEMELER		
Dr. Rafet ÖZBEY	HAIR-THREAD TOURNIQUET SYNDROME IN A NINE WEEK INFANT		
Dr. Rafet ÖZBEY	THE USE OF 4% HYDROQUINONE, 0.1% TRETINOIN AND 0.1% BETAMETHASONE CREAMS TO PREVENT HYPERPIGMENTATION OF SPLIT- THICKNESS SKIN GRAFTS IN LONG-EVANS RATS		
Dr. Öğr. Gör. Göknur YAŞA ATMACA	FTALOSİYANİNLERDE SONO-FOTODİNAMİK TERAPİ ÇALIŞMALARI		

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 9 <sup>00</sup> -11 <sup>30</sup>	Salon1
Ufuk YÜKSELER O. Faruk DURSUN	BİNGÖL İLİ SICAKLIK DEĞERLERİNİN PARAMETRİK OLMAYAN TESTLER KULLANILARAK ANALİZİ		
Ufuk YÜKSELER O. Faruk DURSUN	YAĞIŞ DEĞERLERİNDEKİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN TREND ANALİZ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BİNGÖL İLİ İÇİN BELİRLENMESİ		
Furkan FIRAT Ö. Faruk DURSUN	CBS YAZILIMLARI İLE AKARSU HİDROLOJİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ		
Cansu ORHAN Mahmut FIRAT	ATIKSU SİSTEMLERİNDE ARIZA ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLERİN AĞIRLIKLARININ CRITIC YÖNTEMİ İLE HESAPLANMASI		
Yusuf AYGÜNEŞ Mahmut FIRAT Mevlana SANCAKOĞLU	SU TEMİNİ SİSTEMLERİNDE HİZMET VEREN POMPA İSTASYONLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ		
Şeymanur GÜL Mahmut FIRAT Yusuf KILINÇ	İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNİN REHABİLİTASYONU VE GÖZ ÖNÜNE ALINAN FAKTÖRLER		
Bilal BEYHAN Ö. Faruk DURSUN	RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA DEBİ KATSAYISININ ARAŞTIRILMASI		
Prof. Dr. Harun TANYILDIZI Dr. Öğr. Üyesi Ahmet COŞKUN Gülşen GÜLER	BUHAR KÜRÜ UYGULANAN ÇELİK LİFLİ BETONUN EĞİLME VE BASINÇ DAYANIMININ İNCELENMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet COŞKUN Prof. Dr. Harun TANYILDIZI Prof. Dr. Kazım TÜRK	ERKEN YAŞTAKİ ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİTİN (ECC) DONMA ÇÖZÜLME DAYANIKLILIĞI		
Dr. Öğr. Gör. Serdar TÜRKER Prof. Dr. A. Aytekin POLAT	KIŞNARI NAR GENOTİPİNİN DEĞİŞİK ORGANLARINDA BİTKİ BESİN MADDELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ		
Dr. Öğr. Gör. Serdar TÜRKER Prof. Dr. A. Aytekin POLAT Dr. Öğr. Üyesi Recep BİNDAK	FARKLI NAR ( <i>Punica granatum</i> L.) GENOTİPLERİNDE MEYVE BÜYÜMESİ İLE MEYVE KABUK VE DANE RENKLERİNİN BELİRLENMESİ		



Oturum Başkanı: Prof. Dr. Mehtap MURATOĞLU	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 11 <sup>30</sup> -13 <sup>30</sup>	Salon1
Prof. Dr. Mehtap MURATOĞLU Büşra ALTUNTAŞ Selin BAYDEMİR Tuğçe ÖZCAN	ALÜMİNYUM ESASLI HİBRİT KOMPOZİT MALZEMEDE MERMER TOZUNUN KÖPÜRMEYE ETKİSİ		
Prof. Dr. Mehtap MURATOĞLU Büşra ALTUNTAŞ	HİDROTERMAL YÖNTEM KULLANILARAK İNSAN DİŞİNİN KAPLANMASI		
Prof. Dr. Mehtap MURATOĞLU Selin BAYDEMİR Büşra ALTUNTAŞ Tuğçe ÖZCAN	YUMURTA KABUĞU /TiO <sub>2</sub> TAKVİYELİ HİDROKSİAPATİT KOMPOZİTLERİN İNCELENMESİ		
Prof. Dr. Mehtap MURATOĞLU Tuğçe ÖZCAN	HİDROTERMAL YÖNTEMLE Ti <sub>6</sub> Al <sub>4</sub> V ÜZERİNE HA/PERLİT KAPLAMANIN İNCELENMESİ		
Öğr. Gör. Ender EMİR Dr. Öğr. Üyesi Erkan BAHÇE CebraİL ÖLMEZ	UHMWPE İNSERT BİLEŞENİNDE MEYDANA GELEN AŞINMALARIN SEA YAZAILIMI KULLANILARAK ARCHAD AŞINMA YASASI İLE İNCELENMESİ		
Öğr. Gör. Ender EMİR Dr. Öğr. Üyesi Erkan BAHÇE CebraİL ÖLMEZ	Ti <sub>6</sub> Al <sub>4</sub> V ALAŞIMININ TORNALANMASINDA MEYDANA GELEN TALAŞ TIPLERİNİN VE MORFOLOJİSİNİN DENEYSEL VE NÜMERİK ANALİZLER İLE İNCELENMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Handan ÇINAR YILMAZ Dr. Hakan IŞIK Dr. Öğr. Üyesi Aydın Şükrü BENGÜ Prof. Dr. İbrahim TÜRKEKUL	YOZGAT İLİNDEN TOPLANAN YENİLEBİLİR BİR MANTAR TÜRÜNÜN ( <i>Bovistella utrifomis</i> (Bull.) Demoulin & Rebriev) MİNERAL İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Handan ÇINAR YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi Aydın Şükrü BENGÜ Dr. Hakan IŞIK Prof. Dr. İbrahim TÜRKEKUL	TOKAT YÖRESİNDEN TOPLANAN İKİ YENEN MANTAR TÜRÜNÜN YAĞ ASİDİ İÇERİKLERİ		

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Didem GÖKÇE	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 13 <sup>30</sup> -16 <sup>00</sup>	Salon1
Özlem GÖK Seda BEYAZ Doç. Dr. Abdullah ASLAN	ALİÇ MEYVESİ'NİN <i>Saccharomyces cerevisiae</i> HÜCRE GELİŞİMİNE ETKİSİNİN MOLEKÜLER BİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI		
Seda BEYAZ Özlem GÖK Doç. Dr. Abdullah ASLAN	ZENCEFİL ( <i>Zingiber officinale</i> )'İN <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ' DE TOTAL PROTEİN EKSPRESYONUNA ETKİSİNİN SDS-PAGE TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ		
Doç. Dr. Didem GÖKÇE	MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ VE ETKİLERİ		
Doç. Dr. Didem GÖKÇE	İKLİM DEĞİŞİMİNİN TATLISU EKOSİSTEMİNE ETKİLERİ		
Doç. Dr. Özgür CANPOLAT Prof. Dr. Kürşad Kadir ERİŞ Fadime KURTOĞLU	HAZAR GÖLÜ (ELAZIĞ)'NDEN ALINAN KAROT ÖRNEKLERİNDE BAZI ELEMENT KONSANTRASYONLARI ÜZERİNDE SEDİMENT TANE BÜYÜKLÜĞÜNÜN ETKİSİ		
Dr. Arş. Gör. Ayşegül PALA Dr. Arş. Gör. Osman SERDAR	YÜZEY CEVAP YÖNTEMİYLE KROM (Cr)'UN <i>Gammarus pulex</i> 'DE LİPİT PEROKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ		
Dr. Arş. Gör. Ayşegül PALA Dr. Arş. Gör. Osman SERDAR	COBALT (Co) ETKİSİNE BIRAKILAN <i>Gammarus pulex</i> 'DE MALONDİALDEHİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YÜZEY CEVAP YÖNTEMİ KULLANILARAK		
Doç. Dr. Emre BİRHANLI Burak GÜÇLÜ	MEZOFİLİK VE TERMOFİLİK BAKTERİLERLE TEKSTİL BOYA KARIŞIMI VE SENTETİK ATIKSULARIN RENGİNİN GİDERİMİ		
Doç. Dr. Emre BİRHANLI Arş. Grv. Dr. Filiz BORAN Prof. Dr. Özfer YEŞİLADA	TEKRARLI KESİKLİ SÜREÇTE PLEUROTUS ERYNGİİ PELETLERİ İLE İNDİGO KARMİN TEKSTİL BOYASININ RENGİNİN GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI		
Dr. Arş. Gör. Osman SERDAR Dr. Arş. Gör. Ayşegül PALA	TEPKİ YÜZEY METODOLOJİSİ İLE OPTİMİZE EDİLMİŞ FARKLI SICAKLIK, KONSANTRASYON VE SÜREDE BAKIRA MARUZ BIRAKILMIŞ <i>Gammarus pulex</i> 'te MALONDİALDEHİT SEVİYELERİNDEKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ		
Dr. Arş. Gör. Osman SERDAR Dr. Arş. Gör. Ayşegül PALA	NİKEL AĞIR METALİNE MARUZ KALAN <i>Gammarus pulex</i> 'te MALONDİALDEHİT SEVİYESİNİN ARAŞTIRILMASI		

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Özlem DEMİR	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 16 <sup>00</sup> -18 <sup>00</sup>	Salon1
Doç. Dr. Özlem DEMİR Betül FIRAT	SONO-FENTON YÖNTEMİ İLE ÇAMUR ÖN ARITIMI		
Doç. Dr. Özlem DEMİR Betül FIRAT	ÇAMUR ARITIMINDA SÜRFİKTANLARIN ETKİSİ		
Şükri UÇKUN Engin ÖZDEMİR Didem EREN SARICI	AKÇADAĞ-HACIOVA (MALATYA) TAŞ OCAĞINDA DELME-PATLATMA FAALİYETLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ		
Engin ÖZDEMİR Didem EREN SARICI	YAZIHAN (MALATYA) BAZALTININ FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN BALAST TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ		
Beyza Nur KOCABAŞ Dr. Öğr. Üyesi İnci ÇINAR	SORPSİYON İZOTERMLERİNİN KURUTMA VE DEPOLAMA PROSESLERİNDE KULLANIMI		
Dr. Öğr. Üyesi Ayla ARSLANER Zehra TÜRKÖĞLU	FONKSİYONEL BİR GIDA KATKISI OLARAK <i>Spirulina platensis</i>		
Dr. Öğr. Üyesi Ayla ARSLANER	AÇLIK ve YOKSULLUKLA MÜCADELEDE ETKİLİ BİR ARAÇ: COĞRAFİ İŞARETLER		
Prof. Dr. Hasan SERİN Arş. Gör. Yunus ŞAHİN	KOBİ MOBİLYA İŞLETMELERİNDE ÖLÇEK BÜYÜKLÜKLERİNE GÖRE ÜST YÖNETİM İLE BÖLÜMLER ARASINDAKİ İLİŞKİ DÜZEYİNİN ARAŞTIRILMASI		
Prof. Dr. Hasan SERİN Arş. Gör. Yunus ŞAHİN	MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE ÜRETİM KONUSUNA GÖRE İŞLETMENİN ÖZEL AMAÇLARININ ARAŞTIRILMASI		

Oturum Başkanı: Dr. Ahmet BERK	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 9 <sup>00</sup> -11 <sup>30</sup>	Salon2
Hande YÜCE Doç. Dr. Emine ŞALVA Doç. Dr. Ceren ACAR Doç. Dr. Rauf MELEKOĞLU Doç. Dr. Songül ÜNÜVAR	GESTASYONEL DİABETES MELLİTUSTA GUANOZİN TRİFOSFAT SİKLOHİDROLAZ I VE ENDOTELYAL NİTRİK OKSİT SENTAZ GEN EKSPRESYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ		
Dr. Ahmet BERK Dr. Öğr. Üyesi İsmet YIMAZ	PARI-FLO PREPARATININ YÜKSELTİLMİŞ ARTI LABİRENT TESTİ İLE ANKSİYOLİTİK ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ		
Dr. Ahmet BERK Dr. Öğr. Üyesi İsmet YIMAZ	PARI-FLO PREPARATININ ANTİDEPRESAN ETKİSİNİN KUYRUKTAN ASMA TESTİ İLE İNCELENMESİ		
Zübeyde TANRIVERDİ Doç. Dr. Fatih METEROĞLU Doç. Dr. Songül ÜNÜVAR Doç. Dr. Mehmet Halis TANRIVERDİ Prof. Dr. Abdurrahman ŞENYİĞİT	ASBESTE BAĞLI MALİGN MEZOTELYOMADA SERUM PERİOSTİN, TENASCİN-C, YKL-40 VE İNDOLAMİN 2,3-DİOKSİJENAZ DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ		
Esra ERDOĞAN Uzm. Dr. Mehmet Mustafa ERDOĞAN Uzm. Dr. Mehmet Murat ALTINDAĞ	SURIYE KRİZİ SONRASI DOĞU ANADOLU'DA BİR EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİNE BAŞVURAN KADINLARDA TOKSOPLAZMOZİS SEROPREVALANSI		
Dr. Öğr. Üyesi Neşe BAŞAK TÜRKMEN Dilan AŞKIN ÖZEK Sümeyye ASLAN Aslı TAŞLIDERE Osman ÇİFTÇİ	SARI KANTARON VE İNCİR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ BEYİN KANSERİ HÜCRE HATTI ÜZERİNE ETKİLERİ		
Dr. Öğr. Üyesi Neşe BAŞAK TÜRKMEN Hande YÜCE Özge ÖZYOL Doç. Dr. Aslı TAŞLIDERE Prof. Dr. Osman ÇİFTÇİ	DEVE DİKENİ YAĞI, YILAN YAĞI VE ZENCEFİL YAĞININ BEYİN KANSERİ HÜCRE HATTI ÜZERİNE ETKİLERİ		
Dr. Öğr. Üyesi Yaşar TURAN	DÜŞÜK DOZ TİROFİBAN'A BAĞLI GELİŞEN CİDDİ TROMBOSİTOPENİ		
Dr. Öğr. Üyesi Yaşar TURAN Dr. Öğr. Üyesi Vahit DEMİR	DİPPER VE NON-DİPPER HİPERTANSİYONLU HASTALARDA NÖTROFİL/LENFOSİT VE PLATELET/LENFOSİT ORANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI		
Melike TEPE Prof. Dr. Devrim ATILLA Prof. Dr. Yelda ÖZDEN ÇİFTÇİ	PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SHIKONIN DERIVATIVE WHICH IS PRODUCED FROM <i>ECHIUUM ITALICUM</i> HAIRY ROOTS		



Oturum Başkanı: Prof. Dr. Rasim BEHÇET	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 11 <sup>30</sup> -13 <sup>00</sup>	Salon2
Öğr. Gör. Serhat ŞAP	TÜRKİYEDE ENERJİ İHTİYACINI KARŞILAMADA GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN ROLÜ		
Öğr. Gör. Serhat ŞAP	TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN TİTANYUMUN BİYOMEDİKAL UYGULAMALARDA KULLANIMI		
Öğr. Gör. Serhat ŞAP	TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE SİNTERLENEN SERT METALLERİN ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ		
Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ Ömer GÜNTAŞ Öğr. Gör. Zeki İLCİHAN	BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ		
Prof. Dr. Sabir RÜSTEMLİ Öğr. Gör. Zeki İLCİHAN	GÜNEŞ ENERJİSİ, FOTOVOLTAİK PANELLER VE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ		
Dr. Öğr. Üyesi Tarkan KOCA	MALATYA'DA RÜZGÂR ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ		
Dr. Öğr. Üyesi Tarkan KOCA	MALATYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ		
Prof. Dr. Rasim BEHÇET	ELAZIĞ İLİNİN YENİLENEBİLİR KAYNAKLI ENERJİ SANTRALLERİ		
Prof. Dr. Rasim BEHÇET	ENERJİ ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLECEK RİZE İLİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ		

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Sami EKİCİ	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 13 <sup>00</sup> -15 <sup>30</sup>	Salon2
Dr. Öğr. Üyesi Tarkan KOCA Merve Nur POLAT	REYHAN BİTKİSİNİN KURUMA SÜRESİ VE ANALİZİ		
Dr. Öğr. Üyesi Tarkan KOCA Merve Nur POLAT	SEBZE KURUTMA YÖNTEMLERİ VE ANALİZİ		
Doç. Dr. Filiz ÖZGEN Berkan ERİŞİK Cem Burak NERGİZ	ARAÇLARDA ATIK ISININ ELEKTRİKSEL OLARAK GERİ KAZANIMI		
Prof. Dr. Mehmet UÇAR İlkay AKKOYUN	AMORTİSÖR ÜZERİNDE BULUNAN STABILİZER BRAKETİNİN FARKLI GEOMETRİLERDEKİ KAYNAĞININ YORULMA DAYANIMININ İNCELENMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Ali AŞKIN	INFLUENCE OF ZnO FRACTION ON THE GAMMA AND NEUTRON SHIELDING PROPERTIES OF xZnO+(100-x)[0.7TeO <sub>2</sub> +0.3PbO] GLASS		
Arş. Gör. Fatih ÜNAL Prof. Dr. Sami EKİCİ	ENERJİ ZAMAN SERİSİ VERİLERDE TÜKETİM ÖRÜNTÜLERİNİN ÇIKARILMASI: OLASILIKSAL SONEK AĞACI YAKLAŞIMI		
Arş. Gör. Fatih ÜNAL Prof. Dr. Sami EKİCİ	A NEW CLUSTERING APPROACH FOR MONTHLY ELECTRICITY CONSUMPTION DATA		
Prof. Dr. Sami EKİCİ Arş. Gör. Fatih ÜNAL	TERMOGRAFI VE DERİN TRANSFER ÖĞRENME İLE MEME KANSERİ TEŞHİSİ		
Prof. Dr. Sami EKİCİ Arş. Gör. Fatih ÜNAL	ENERJİ İLETİM HATTI ARIZALARININ EVRİŞİMSEL SİNİR AĞLARI İLE SINIFLANDIRILMASI		
Dr. Ali CAN	SCATTER PLOT MATRIX ANALYSIS OF AIR POLLUTANTS IN ANKARA PROVINCE		
Dr. Ali CAN	CLIMATE CHANGE EFFECT OF SOLID WASTE DISPOSAL SITES IN ANKARA PROVINCE		

<b>Oturum Başkanı:</b> <b>Doç. Dr. Hakan OĞUZ</b>	<b>Tarih: 21.12.2019</b> <b>Cumartesi</b>	<b>Saat: 15<sup>30</sup>-17<sup>30</sup></b>	<b>Salon2</b>
Aziz Kağan GÜNEŞ Önder Halis BETTEMİR	TRAMBÜS HATLARININ EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK ANALİZİ		
Aziz Kağan GÜNEŞ Önder Halis BETTEMİR	ÇEVRECİ ŞEHİR İÇİ TOPLU TAŞIMA ALTERNATİFLERİ		
Şuayp AÇAR Dr. Öğr. Üyesi Bayram Ali MERT	BEŞİKLİ-ADİYAMAN PETROL SAHASININ CBS DESTEKLİ ÜRETİM VE KAYNAK YÖNETİMİ		
Şuayp AÇAR Dr. Öğr. Üyesi Bayram Ali MERT	BEŞİKLİ-ADİYAMAN PETROL SAHASINDAKİ SONDAJ PROBLEMLERİNİN TEKNİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ		
Öğr. Gör. Dr. Ahmet Hayrullah SEVİNÇ Prof. Dr. Hüseyin TEMİZ	KUVARS VE PERLİT İÇEREN ODUN-PVC KOMPOZİTLERİN TABER AŞINMA VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ		
Öğr. Gör. Dr. Ahmet Hayrullah SEVİNÇ Prof. Dr. Hüseyin TEMİZ	KUVARS VE PERLİT İÇEREN ODUN-POLİMER KOMPOZİTLERİN FİZİKSEL VE RADYASYON SOĞURMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ		
Dr. Öğr. Üyesi Yaşar İNCEYOL Abdulkadir KOCAKOÇ	ÜNİVERSİTE YERLEŞKE BİLGİ SİSTEMİ OLUŞTURMA ÇALIŞMALARINI KAPSAMINDA KONUMSAL YER ERİŞİM HARİTASI TASARIMI		
Dr. Öğr. Üyesi Yaşar İNCEYOL	İMAR PLANI TADİLATLARINDA ARAZİ SAHİPLERİNİN KAZANIMLARI VE MEKÂNSAL DOKUDA OLUŞTURDUĞU ETKİLERİN İNCELENMESİ		
Doç. Dr. Hakan OĞUZ	LANDSAT 8 UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK YER YÜZEY SICAKLIĞININ HESAPLANMASI: BUDAPEŞTE, MACARİSTAN ÖRNEĞİ		
Doç. Dr. Hakan OĞUZ Özgenur ÇAYRAZ	WEB-BASED URBAN PARK INFORMATION SYSTEM: A CASE STUDY OF MOTHERS PARK, GAZİANTEP-TURKEY		

<b>Oturum Başkanı:</b> <b>Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ÇAĞLAR</b>	<b>Tarih: 21.12.2019</b> <b>Cumartesi</b>	<b>Saat: 9<sup>00</sup>-10<sup>45</sup></b>	<b>Salon3</b>
Arş. Grv. Aysel ÖZDEMİR Arş. Grv. Abdurrezzak GÜLTEKİN	EVSİZLİK ve RUH SAĞLIĞI		
Arş. Grv. Aysel ÖZDEMİR Arş. Grv. Abdurrezzak GÜLTEKİN	İŞSİZLİĞİN RUH SAĞLIĞINA ETKİLERİ		
Arş. Grv. Abdurrezzak GÜLTEKİN Arş. Grv. Aysel ÖZDEMİR	DİSSOSİYATİF VE SOMATOFORM BOZUKLUKLAR		
Arş. Grv. Abdurrezzak GÜLTEKİN Arş. Grv. Aysel ÖZDEMİR	GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE DSM KRİTERLERİ		
Ahmet SEVEN Hanifi DÜLGER	SAĞLIK HİZMETLERİ MESLEK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN EMPATİ EĞİLİM DÜZEYLERİ VE ETKİLEYEN		
Ahmet SEVEN Hanifi DÜLGER	SAĞLIK HİZMETLERİ MESLEK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN SALDIRGANLIK DÜZEYLERİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER		
Öğr. Gör. Mehmet BULDUK Tuğçe Merve KALKANLI	HAVA KİRLİLİĞİNE MARUZ KALMA; BİLİŞSEL GERİLEME ALZHEİMER HASTALIĞI		
Öğr. Gör. Mehmet BULDUK Tuğçe Merve KALKANLI	HAVA KİRLİLİĞİNİN EN CİDDİ MAĞDURLARI; ÇOCUKLAR		
Озодбек Караматов Абдулатив Халдаров Шерзод Рахманов	ИННОВАЦИИ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ УЗБЕКИСТАНА: РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВО ОРГАНИЧЕСКОГО ХЛОПКА		
Res. Asst. Pınar GÜMÜŞ Prof. Dr. Eric A. DECKER Prof. Dr. Medeni MASKAN	SOME QUALITY CHARACTERISTICS OF MINIMAL REFINED SUNFLOWER OIL		

<b>Oturum Başkanı:</b> <b>Dr. Öğr. Üyesi Hülya BİNGÖL</b>	<b>Tarih: 21.12.2019</b> <b>Cumartesi</b>	<b>Saat: 11<sup>00</sup>-12<sup>45</sup></b>	<b>Salon3</b>
Feyza NAZİK Mehtap SÖNMEZ	<b>BİRİNCİ BASAMAK SAĞLIK KURUMLARINDA ÇALIŞAN            HEMŞİRE VE EBELERDE TÜKENMİŞLİK VE ETKİLEYEN            FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ</b>		
Uzm. Dr. Mitat CEBECİ	<b>PRİMER KALÇA OSTEOARTRİTİNDE KESİKLİ VE            SÜREKLİ ULTRASON TEDAVİLERİNİN ETKİNLİĞİNİN            ARAŞTIRILMASI</b>		
Birce ZORLUTUNA Dr. Öğr. Üyesi Çetin SAYACA Uzm. Dr. Özlem TÜRKÖĞLU	<b>HAP YUTMA GÜÇLÜĞÜ OLAN BİREYLERİN            DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİ İLE YUTMA FONKSİYONU            PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN            İNCELENMESİ</b>		
Dr. Öğr. Üyesi Çetin SAYACA Birce ZORLUTUNA	<b>HAP YUTMA GÜÇLÜĞÜ OLAN BİREYLERDE YUTMA            KAYGISI, MAKSİMUM FONASYON SÜRESİ, BOYUN            FLEKSÖR KASSAL ENDURANS VE YUTMA GÜÇLÜĞÜ            ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ</b>		
Dr. Öğr. Üyesi Yıldız ERDOĞANOĞLU Seher GÜRLEK	<b>KRONİK BEL AĞRILI HASTALARDA TRANSVERSUS            ABDOMİNİS, MULTİFİDUS KAS KUVVETİ VE DENGİNİN            İNCELENMESİ</b>		
Dr. Öğr. Üyesi İlayet GÜNTÜRK Dr. Öğr. Üyesi Kezban KORAŞ SÖZEN Öğr. Gör. Nurhan KULOĞLU	<b>EBELİK ÖĞRENCİLERİNİN PROBLEM ÇÖZME BECERİ            DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ</b>		
Dr. Öğr. Üyesi Kezban KORAŞ SÖZEN Dr. Öğr. Üyesi İlayet GÜNTÜRK Öğr. Gör. Nurhan KULOĞLU	<b>HEMŞİRELİK ÖĞRENCİLERİNDE ÖZ-YETERLİLİK ALGISI            İLE PROBLEM ÇÖZME BECERİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN            BELİRLENMESİ</b>		
Əliyev Ülvi Məmmədəli oğlu	<b>XARİCİ ÖLKƏLƏRİN SOSIAL XİDMƏT TƏCRÜBƏSİNİN            AZƏRBAYCANDA TƏTBİQ EDİLMƏSİ İMKANLARI</b>		



Oturum Başkanı: Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 13 <sup>00</sup> -15 <sup>15</sup>	Salon3
Dr. Öğr. Üyesi, Hasan ARSLANOĞLU	SÜLFÜRİK ASİT İLE KARBONİZE EDİLEN ŞEKER PANCARI KÜSPESİ KULLANILARAK SULU ÇÖZELTİLERDEN BAZİK SARI 28 BOYARMADDESİNİN GİDERİLMESİ		
Şaban ERDOĞAN Dilara ÖZBAKIR İŞİN	İHLAMUR (Tilia Cordata) BİTKİSİNDE BULUNAN NARİNGENİN BİLEŞİĞİNİN ANTİOKSİDAN ETKİ MEKANİZMASI VE AKTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ		
Şaban ERDOĞAN Dilara ÖZBAKIR İŞİN	ÇİNKO, BAKIR VE DEMİRİN SULU ORTAMLARDA BAZI ORGANİK MADDELERLE KOROZYONUN İNCELENMESİ		
Muhammed ONAY Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR	BİYİYAKIT ÜRETİMİNDE ASİT VE BAZ KATALİZÖRLERİN KARŞILAŞTIRMASI		
Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR Muhammed ONAY	MODİFİYE EDİLMİŞ KAYISI ÇEKİRDEĞİ KABUĞUNUN MALAHİT YEŞİLİ ADSORPSİYONDA ETKİSİ		
Dr. Öğr. Gör. Mesude OZTURK	MEDİKAL CİHAZLARDA HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ KULLANILARAK VON WİLLEBRAND FAKTÖRÜNÜN VE TROMBOZ'UN İNCELENMESİ		
Hüseyin Taner BAHÇE	SİSAL FİBER KATKILI HİBRİT KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA İNCELENMESİ		
Hüseyin Taner BAHÇE	NANOKOMPOZİT TAKVİYE ELEMANI KATKILI TABAKALI VE HİBRİT TABAKALI KOMPOZİT MALZEMELERİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN MUKAYESE EDİLMESİ		
Doç. Dr. Yavuz DEMİRCİ Dr. Öğr. Üyesi Fatih TUFANER	ADİYAMAN'DA SU KAYNAKLARININ DURUMU, SU KALİTESİ VE SU KİRLİLİĞİ HEDEFLERİNİN BELİRLENMESİ		
Doç. Dr. Yavuz DEMİRCİ Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman ÖZBEYAZ	ANAEROBİK ÖZÜMLEYİCİ SİSTEMİNİN DESTEK VEKTÖR MAKİNESİ, LINEER REGRESYON, KARAR AĞACI VE YSA KULLANILARAK MODELLENMESİ		

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 15 <sup>30</sup> -17 <sup>30</sup>	Salon3
Prof. Dr. Serpil DEMİR DÜŞÜNCELİ Eda Nur ÖZSOY Prof. Dr. İsmail ÖZDEMİR	BENZİMİDAZOL-RUTENYUM(II) KATALİZLİ AMİNLERİN N-ALKİLASYONU		
Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR Berna TAŞ Kübra KARADAŞ	ENDÜSTRİYEL ATIKTAN KİMYASAL AKTİVASYON İLE ADSORBAN ELDESİ		
Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR Kübra KARADAŞ Oğuz ÇAKIR Giulio ROSATI Arben MERKOÇI	FARKLI ADSORPSİYON İZOTERM DENKLEMLERİ KULLANILARAK BOYA GİDERİMİNİN İNCELENMESİ MOLEKÜLER BASKILANMIŞ POLİMER MODİFİYELİ EKKRAN BAŞKILI KARBON ELEKTROTLAR İLE MİKROSİSTİN-LR'NİN ELEKTROKİMYASAL ALGILANMASI		
İbrahim Erhan ARSLAN Doç. Dr. Remzi EKİNCİ Prof. Dr. Sema BAŞBAĞ	PAMUK BİTKİSİ ( <i>G. hirsutum</i> L.) YAPRAKLARININ BESİN MADDESİ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ		
Serkan KILIÇASLAN Doç. Dr. Remzi EKİNCİ Prof. Dr. Sema BAŞBAĞ	PAMUK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE AZOT YÖNETİM SİSTEMİ İÇİN BAZI FİZYOMORFOLOJİK ÖZELLİKLERDEN FAYDALANMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI		
Ramazan MIZRAK Doç. Dr. Remzi EKİNCİ Prof. Dr. Sema BAŞBAĞ	DİYARBAKIR EKOLOJİK KOŞULLARINDA PAMUĞUN ( <i>G. hirsutum</i> L.) BAZI GENOTİPLERİNİN VERİM UNSURLARI YÖNÜNDEN İRDELENMESİ		
Prof. Dr. İhsan KELEŞ Prof. Dr. Vehbi GÜNEŞ Prof. Dr. Öznur ASLAN Prof. Dr. Mehmet ÇİTİL Doç. Dr. Ali Cesur ONMAZ Öğr. Gör. Dr. İlknur Karaca BEKDİK Araş. Gör. Gencay EKİNCİ Araş. Gör. Emre TÜFEKÇİ Ömer DENİZ Dr. Öğr. Üyesi Kemal VAROL Yahya ARSLAN	İSHALLİ BUZAĞILARDA ETİYOLOJİK VE PREDİSPOZE FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI		
Arş. Gör. Dr. Dilek ARSLAN ATEŞŞAHİN Prof. Dr. Orhan ERMAN Prof. Dr. Kadir SERVİ Prof. Dr. Ahmet ATEŞŞAHİN	LİKOPENİN KOLESTEROL METABOLİZMASI ÜZERİNE ETKİLERİ		

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Cemal GÜNDOĞDU	Tarih: 21.12.2019 Cumartesi	Saat: 17 <sup>30</sup> -19 <sup>00</sup>	Salon3
Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ÇAĞLAR Dr. Öğr. Üyesi Süha SERİN	FETHİ SEKİN ŞEHİR HASTANESİ ACİL SERVİS İLK YIL DENEYİMİ		
Kubilay DALCI Mehmet Onur GÜL	İKİNCİL GİRİŞİM TİROİD VE PARATIROID CERRAHİSİNDE ROLLÜN ETKİNLİĞİ VE GÜVENİRLİLİĞİ		
Feyza NAZİK Mehtap SÖNMEZ	TİP 2 DİYABET HASTALARINDA SOSYODEMOGRAFİK ÖZELLİKLER İLE SAĞLIK İNANÇLARI ARASINDAKİ İLİŞKİ		
Kadir KARAKURT Doç. Dr. Erkan DEMİRKAN Uzm. Çilem NARİNÇ Tülay DEMİR	BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR AKTİVİTELERİNE KATILIM AKADEMİK BAŞARIYI ETKİLER Mİ?		
Kadir KARAKURT Doç. Dr. Erkan DEMİRKAN Uzm. Çilem NARİNÇ	AKTİF SPORA KATILIM ÇOCUKLARDA OBEZİTE FARKINDALIĞI OLUŞTURMADA ETKİLİ MİDİR?		
İlknur TÜRKER Prof. Dr. Cemal GÜNDOĞDU Dr. Öğr. Üyesi Hülya BİNGÖL İlknur TÜRKER	BELEDİYELERİN SPOR HİZMETLERİ İLE İLGİLİ GÖREV VE SORUMLULUKLARININ ARAŞTIRILMASI		
Dr. Öğrt. Üyesi Hakime ASLAN Prof. Dr. Ayla ÜNSAL	SPORDA CİNSİYET AYRIMCILIĞI		
Dr. Öğrt. Üyesi Hakime ASLAN Arş. Gör. Esra ÇAVUŞOĞLU Meral GÜN	HEMŞİRELİK ÖĞRENCİLERİNİN MANEVİYAT VE MANEVİ BAKIMI ALGILAMA DÜZEYLERİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER		
Arş. Gör. Esra ÇAVUŞOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Birgül VURAL DOĞRU	YOĞUN BAKIM ÜNİTELERİNDE HASTA KONFORU EVDE BAKIM HASTALARINA BAKIM VERENLERDE TÜKENMİŞLİK		
	EVDE BAKIMDA KURAM VE MODELLERİN KULLANIMI		

Poster Sunumları	Tarih: 20.12.2019	21.12.2019
Tamer ARSLAN Prof. Dr. Gökhan DURMAZ	SOME PHYSICOCHEMICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF REDUCED-FAT TAHINI (SESAME PASTE)	
Uzm. Dr. Mitat CEBECİ	İNME Lİ HASTADA PEKTORALİS MAJOR KASİ BOTULİNUM TOXİN ENJEKSİYONU	
Uzm. Dr. Mitat CEBECİ	PSYCHODA ALBİPENNİS'İN NEDEN OLDUĞU ÜRİNER MYİAZİS OLGU SUNUMU	
Öğr. Gör. Elif Gözde GÖKKAYA Prof. Dr. Pınar ÖZTOPCU-VATAN	BOROTUNGUSTAT İLE 5-FLUOROURASİLİN SİNERJİSTİK/ANTAGONİSTİK ETKİLERİNİN İNSAN PROSTAT KANSERİ HÜCRELERİNDE ARAŞTIRILMASI	
Pınar GÜLER Dr. Öğr. Üyesi İnci ÇINAR	GIDA İŞLEMEDE OHMİK ISITMA UYGULAMALARINDA GELİŞMELER	
Emine YILMAZ	HEMŞİRELERİN PROFESYONEL DEĞERLERİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER	
Emine YILMAZ	HEMŞİRELERİN RUHSAL HASTALIKLARA YÖNELİK İNANÇLARI	



# FOTOĞRAF GALERİSİ

Malatya Büyük Şehir Belediye Başkanı Sayın **Selahattin GÜRKAN** ve Yeşilyurt Belediye Başkanı Sayın **Mehmet ÇINAR** Kongre Açılışında









**Tüm Fotoğraflar İKSAD KONGRE TOPLULUĞU- İKSAD CONGRESS SOCIETY Facebook Gurubunda yayınlanmıştır.**

# 1. ULUSLARARASI MALATYA UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ

## İÇİNDEKİLER

<b>KONGRE KÜNYESİ</b>	<b>I</b>
<b>PROGRAM</b>	<b>II</b>
<b>GALERİ</b>	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>IV</b>

<b>YAZAR</b>	<b>BİLDİRİ BAŞLIĞI</b>	<b>No</b>
<b>Okтай DÖNÜK Recep BİNDAK</b>	<b>ORTAOKUL MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN TÜKENMİŞLİKLERİNİN YORDAYICISI OLARAK OKUL İKLİMİ VE ÖRGÜTSEL BAĞLILIK (MALATYA İLİ ÖRNEĞİ)</b>	<b>1</b>
<b>Recep BİNDAK Okтай DÖNÜK</b>	<b>BİR YAPISAL EŞİTLİK MODELİ İLE ÖĞRETMENLERİN OKUL İKLİMİ ALGILARI, ÖRGÜTSEL BAĞLILIKLARI VE TÜKENMİŞLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER</b>	<b>2</b>
<b>Emirhan Yasin ÇETİN Sabahattin Can BÜKÜLMEZ Yusuf ÜREY</b>	<b>YÜKSEK BAŞARIMLI VE AKILLI ÇEK OKUMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ</b>	<b>3</b>
<b>Ulas Baran BALOGLU Cem BAYDOGAN Bilal ALATAS</b>	<b>AUTOMATIC DISCOVERY OF CYBER TROLL MESSAGES IN ONLINE SOCIAL MEDIA USING VARIOUS ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS AND NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS</b>	<b>8</b>
<b>Cem BAYDOGAN Bilal ALATAS</b>	<b>PERFORMANCE ASSESSMENT OF CURRENT ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED MULTI- OBJECTIVE OPTIMIZATION METHODS</b>	<b>14</b>
<b>Ayhan ESI</b>	<b>NEDEN MATEMATİĞE İHTİYAÇ DUYARIZ VE ONU NASIL ÖĞRENEBİLİRİZ?</b>	<b>21</b>
<b>Yuksel ALTINEL</b>	<b>HASTANEMİZDE TİROİD NODULÜ İLE CERRAHİ AÇIDAN TAKİP ETTİĞİMİZ GENÇ HASTALARIN KLİNİK DEĞERLENDİRME Sİ</b>	<b>25</b>

<b>İbrahim Murat ÖZGÜLER</b>	SAĞ ATRİYUMUN PRIMER KARDİYAK ANJİYOSARKOMU (NADİR BİR OLGU)	<b>34</b>
<b>Latif Üstünel</b>	KARDİYO-PULMONER BYPASS EŞLİĞİNDE KORONER ARTER BYPASS GREFT CERRAHİSİNDE GHRELİN, OBESTATİN VE ISI ŞOK PROTEİNLERİ 70'İN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ	<b>39</b>
<b>Ali Erdal GÜNEŞ</b>	ACİL ENDİKASYONLARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN KULLANIMI	<b>41</b>
<b>Yavuz ORUÇ</b>	LEPRALI HASTA GRUBUNDA SANTRAL KORNEA KALINLIĞINDA (SKK) OLAN DEĞİŞİKLİĞİ İNCELEMELER	<b>46</b>
<b>Rafet ÖZBEY</b>	DOKUZ HAFTALIK BİR İNFANTTA GÖRÜLEN SAÇ İPLİK TURNİKE SENDROMU	<b>47</b>
<b>Rafet ÖZBEY</b>	LONG EVANS RATLARDA KİSMİ KALINLIKTAKİ DERİ GREFTİNİN HİPERPİGMENTASYONUNU ÖNLEMELER İÇİN % 4 HİDROKİNON, % 0,1 TRETİNOİN VE % 0,1 BETAMETAZON KREMLERİN KULLANILMASI	<b>51</b>
<b>Göknur YAŞA ATMACA</b>	FTALOSİYANİNLERDE SONO-FOTODİNAMİK TERAPİ ÇALIŞMALARI	<b>61</b>
<b>Ufuk YÜKSELER Ö. Faruk DURSUN</b>	BİNGÖL İLİ SICAKLIK DEĞERLERİNİN PARAMETRİK OLMAYAN TESTLER KULLANILARAK ANALİZİ	<b>67</b>
<b>Ufuk YÜKSELER Ö. Faruk DURSUN</b>	YAĞIŞ DEĞERLERİNDEKİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN TREND ANALİZ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BİNGÖL İLİ İÇİN BELİRLENMESİ	<b>74</b>
<b>Furkan FIRAT Ö. Faruk DURSUN</b>	CBS YAZILIMLARI İLE AKARSU HİDROLOJİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ	<b>82</b>
<b>Cansu ORHAN Mahmut FIRAT</b>	ATIKSU SİSTEMLERİNDE ARIZA ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLERİN AĞIRLIKLARININ CRITIC YÖNTEMİ İLE HESAPLANMASI	<b>93</b>
<b>Yusuf AYGÜNEŞ Mahmut FIRAT Mevlana SANCAKOĞLU</b>	SU TEMİNİ SİSTEMLERİNDE HİZMET VEREN POMPA İSTASYONLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	<b>101</b>
<b>Şeymanur GÜL Mahmut FIRAT Yusuf KILINÇ</b>	İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNİN REHABİLİTASYONU VE GÖZÖNÜNE ALINAN FAKTÖRLER	<b>107</b>
<b>Bilal BEYHAN Ö. Faruk DURSUN</b>	RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA DEBİ KATSAYISININ ARAŞTIRILMASI	<b>113</b>



Harun TANYILDIZI Ahmet COŞKUN Gülşen GÜLER	BUHAR KÜRÜ UYGULANAN ÇELİK LİFLİ BETONUNEGİLME VE BASINÇ DAYANIMININ İNCELENMESİ	121
Ahmet COŞKUN Harun TANYILDIZI Kazım TÜRK	ERKEN YAŞTAKİ ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİTİN (ECC) DONMA ÇÖZÜLME DAYANIKLILIĞI	127
Serdar TÜRKER A. Aytekin POLAT	KIŞNARI NAR GENOTİPİNİN YAPRAKLARINDA BİTKİ BESİN MADDELERİNİN MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ	134
Serdar TÜRKER A. Aytekin POLAT Recep BİNDAK	DEĞİŞİK NAR GENOTİPLERİNDE MEYVE KABUK ve DANE RENKLERİNİN BELİRLENMESİ	142
Mehtap MURATOĞLU Büşra ALTUNTAŞ Selin BAYDEMİR Tuğçe ÖZCAN	ALÜMİNYUM ESASLI HİBRİT KOMPOZİT MALZEMEDE MERMER TOZUNUN KÖPÜRMEYE ETKİSİ	149
Mehtap MURATOĞLU Büşra ALTUNTAŞ	HİDROTERMAL YÖNTEM KULLANILARAK İNSAN DIŞININ KAPLANMASI	156
Mehtap MURATOĞLU Selin BAYDEMİR Büşra ALTUNTAŞ Tuğçe ÖZCAN	YUMURTA KABUĞU /TiO <sub>2</sub> TAKVİYELİ HİDROKSİAPATİT KOMPOZİTLERİN İNCELENMESİ	162
Mehtap MURATOĞLU Tuğçe ÖZCAN	HİDROTERMAL YÖNTEMLE Ti6Al4V ÜZERİNE HA/PERLİT KAPLAMANIN İNCELENMESİ	169
Ender EMİR Erkan BAHÇE CebraİL ÖLMEZ	UHMWPE İNSERT BİLEŞENİNDE MEYDANA GELEN AŞINMALARIN SEA YAZILIMI KULLANILARAK ARCHAD AŞINMA YASASI İLE İNCELENMESİ	176
Ender EMİR Erkan BAHÇE CebraİL ÖLMEZ	Ti6Al4V ALAŞIMININ TORNALANMASINDA MEYDANA GELEN TALAŞ TİPLERİNİN VE MORFOLOJİSİNİN DENEYSEL VE NÜMERİK ANALİZLER İLE İNCELENMESİ	152
Handan ÇINAR YILMAZ Hakan IŞIK Aydm Şükrü BENGÜ İbrahim TÜRKEKUL	YOZGAT İLİNDEN TOPLANAN YENİLEBİLİR BİR MANTAR TÜRÜNÜN ( <i>Bovistella utriformis</i> (Bull.) Demoulin & Rebriv) MİNERAL İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ	187
Handan ÇINAR YILMAZ Aydm Şükrü BENGÜ Hakan IŞIK İbrahim TÜRKEKUL	TOKAT YÖRESİNDEN TOPLANAN İKİ YENEN MANTAR TÜRÜNÜN YAĞ ASİDİ İÇERİKLERİ	191
Özlem GÖK Seda BEYAZ Abdullah ASLAN	ALİÇ MEYVESİ'NİN <i>Saccharomyces cerevisiae</i> HÜCRE GELİŞİMİNE ETKİSİNİN MOLEKÜLER BİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI	192
Seda BEYAZ	ZENCEFİL ( <i>Zingiber officinale</i> )'İN <i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> ' DE TOTAL PROTEİN	203

<b>Özlem GÖK</b> <b>Abdullah ASLAN</b>	EKSPRESYONUNA ETKİSİNİN SDS-PAGE TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ	
<b>Didem GÖKÇE</b>	MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ VE ETKİLERİ	<b>214</b>
<b>Didem GÖKÇE</b>	İKLİM DEĞİŞİMİNİN TATLISU EKOSİSTEMİNE ETKİLERİ	<b>222</b>
<b>Özgür CANPOLAT</b> <b>Kürşad Kadir ERİŞ</b> <b>Fadime KURTOĞLU</b>	HAZAR GÖLÜ (ELAZIĞ)'NDEN ALINAN KAROT ÖRNEKLERİNDE BAZI ELEMENT KONSANTRASYONLARI ÜZERİNDE SEDİMENT TANE BÜYÜKLÜĞÜNÜN ETKİSİ	<b>230</b>
<b>Ayşegül PALA</b> <b>Osman SERDAR</b>	YÜZEY CEVAP YÖNTEMİYLE KROM (Cr)'UN <i>Gammarus pulex</i> 'TE LİPİT PEROKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ	<b>231</b>
<b>Ayşegül PALA</b> <b>Osman SERDAR</b>	COBALT (Co) ETKİSİNE BIRAKILAN <i>Gammarus</i> <i>pulex</i> 'DE MALONDİALDEHİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YÜZEY CEVAP YÖNTEMİ KULLANILARAK	<b>237</b>
<b>Emre BİRHANLI</b> <b>Burak GÜÇLÜ</b>	MEZOFİLİK VE TERMOFİLİK BAKTERİLERLE TEKSTİL BOYA KARIŞIMI VE SENTETİK ATIKSULARIN RENGİNİN GİDERİMİ	<b>244</b>
<b>Emre BİRHANLI</b> <b>Filiz BORAN</b> <b>Özfer YEŞİLADA</b>	TEKRARLI KESİKLİ SÜREÇTE <i>PLEUROTUS</i> <i>ERYNGII</i> PELETLERİ İLE İNDİGO KARMİN TEKSTİL BOYASININ RENGİNİN GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI	<b>252</b>
<b>Osman SERDAR</b> <b>Ayşegül PALA</b>	TEPKİ YÜZEY METODOLOJİSİ İLE OPTİMİZE EDİLMİŞ FARKLI SICAKLIK, KONSANTRASYON VE SÜREDE BAKIRA MARUZ BIRAKILMIŞ <i>Gammarus pulex</i> 'TE MALONDİALDEHİT SEVİYELERİNDEKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ	<b>261</b>
<b>Osman SERDAR</b> <b>Ayşegül PALA</b>	NİKEL AĞIR METALİNE MARUZ KALAN <i>Gammarus pulex</i> 'te MALONDİALDEHİT SEVİYESİNİN ARAŞTIRILMASI	<b>267</b>
<b>Özlem DEMİR</b> <b>Betül FIRAT</b>	SONO-FENTON YÖNTEMİ İLE ÇAMUR ÖN ARITIMI	<b>273</b>
<b>Özlem DEMİR</b> <b>Betül FIRAT</b>	ÇAMUR ARITIMINDA SÜRFAKTANLARIN ETKİSİ	<b>282</b>
<b>Şükrü UÇKUN</b> <b>Engin ÖZDEMİR</b> <b>Didem EREN SARICI</b>	AKÇADAĞ-HACIOVA (MALATYA) TAŞ OCAĞINDA DELME-PATLATMA FAALİYETLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	<b>292</b>
<b>Engin ÖZDEMİR</b> <b>Didem EREN SARICI</b>	YAZIHAN (MALATYA) BAZALTININ FİZİKO- MEKANİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN BALAST TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN NCELENMESİ	<b>298</b>

Beyza Nur KOCABAŞ İnci ÇINAR	SORPSİYON İZOTERMLERİNİN KURUTMA VE DEPOLAMA PROSESLERİNDE KULLANIMI	303
Ayla ARSLANER Zehra TÜRKÖĞLU	FONKSİYONEL BİR GIDA KATKISI OLARAK <i>Spirulina platensis</i>	309
Ayla ARSLANER	AÇLIK ve YOKSULLUKLA MÜCADELEDE ETKİLİ BİR ARAÇ: COĞRAFI İŞARETLER (CİLER)	314
Hasan SERİN Yunus ŞAHİN	KOBİ MOBİLYA İŞLETMELERİNDE ÖLÇEK BÜYÜKLÜKLERİNE GÖRE ÜST YÖNETİM İLE BÖLÜMLER ARASINDAKİ İLİŞKİ DÜZEYİNİN ARAŞTIRILMASI	319
Hasan SERİN Yunus ŞAHİN	MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE ÜRETİM KONUSUNA GÖRE İŞLETMENİN ÖZEL AMAÇLARININ ARAŞTIRILMASI	323
Hande YÜCE Emine ŞALVA Ceren ACAR Rauf MELEKOĞLU Songül ÜNÜVAR	GESTASYONEL DİABETES MELLİTUSTA GUANOZİN TRİFOSFAT SİKLOHİDROLAZI VE ENDOTELYAL NİTRİK OKSİT SENTAZ GEN EKSPRESYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	329
Ahmet BERK İsmet YIMAZ	<i>PARİ-FLO</i> PREPARATININ YÜKSELTİLMİŞ ARTI LABİRENT TESTİ İLE ANKSİYOLİTİK ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	331
İsmet YIMAZ Ahmet BERK	<i>PARİ-FLO</i> PREPARATININ ANTİDEPRESAN ETKİSİNİN KUYUKTAN ASMA TESTİ İLE İNCELENMESİ	334
Zübeyde TANRIVERDİ Fatih METEROĞLU Songül ÜNÜVAR Mehmet Halis TANRIVERDİ Abdurrahman ŞENYİĞİT	ASBESTE BAĞLI MALİGN MEZOTELYOMADA SERUM PERİOSTİN, TENASCİN-C, YKL-40 VE İNDOLAMİN 2,3-DİOKSİJENAZ DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	337
Esra ERDOĞAN Mehmet Mustafa ERDOĞAN Mehmet Murat ALTINDAĞ	SURİYE KRİZİ SONRASI DOĞU ANADOLU'DA BİR EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİNE BAŞVURAN KADINLARDA TOKSOPLAZMOZİS SEROPREVALANSI	336
Neşe Başak Türkmen Dilan Aşkın Özek Sümeyye Aslan Aslı Taşlıdere Osman Çiftçi	SARI KANTARON VE İNCİR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ BEYİN KANSERİ HÜCRE HATTI ÜZERİNE ETKİLERİ	347
Neşe Başak Türkmen Hande Yüce Özge Özyol Aslı Taşlıdere Osman Çiftçi	DEVE DİKENİ YAĞI, YILAN YAĞI VE ZENCEFİL YAĞININ BEYİN KANSERİ HÜCRE HATTI ÜZERİNE ETKİLERİ	354
Yaşar TURAN	DÜŞÜK DOZ TİROFİBAN'A BAĞLI GELİŞEN CİDDİ TROMBOSİTOPENİ	362

<b>Yaşar TURAN</b> <b>Vahit DEMİR</b>	DİPPER VE NON-DİPPER HİPERTANSİYONLU HASTALARDA NÖTROFİL/LENFOSİT VE PLATELET/ LENFOSİT ORANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	<b>367</b>
<b>Melike TEPE</b> <b>Devrim ATILLA</b> <b>Yelda ÖZDEN ÇİFTÇİ</b>	PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SHIKONIN DERIVATIVE WHICH IS PRODUCED FROM <i>Echium italicum</i> L. HAIRY ROOTS	<b>372</b>
<b>Serhat ŞAP</b>	TÜRKİYEDE ENERJİ İHTİYACINI KARŞILAMADA GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN ROLÜ	<b>380</b>
<b>Serhat ŞAP</b>	TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN TİTANYUMUN BİYOMEDİKAL UYGULAMALARDA KULLANIMI	<b>388</b>
<b>Serhat ŞAP</b>	TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE SİNERLENEN SERT METALLERİN ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ	<b>396</b>
<b>Sabir RÜSTEMLİ</b> <b>Ömer GÜNTAŞ</b> <b>Zeki İLÇİHAN</b>	BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ	<b>404</b>
<b>Sabir RÜSTEMLİ</b> <b>Zeki İLÇİHAN</b>	GÜNEŞ ENERJİSİ, FOTOVOLTAİK PANELLER VE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ	<b>417</b>
<b>Tarkan KOCA</b>	MALATYA'DA RÜZGÂR ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ	<b>429</b>
<b>Tarkan KOCA</b>	MALATYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ	<b>436</b>
<b>Rasim Behçet</b>	ELAZIĞ İLİNİN YENİLENEBİLİR KAYNAKLI ENERJİ SANTRALLERİ	<b>443</b>
<b>Rasim Behçet</b> <b>Ferdi Yavuz Şahin</b>	ENERJİ ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLECEK RİZE İLİNİN BİYOKÜTLE POTANSİYELİ	<b>451</b>
<b>Tarkan KOCA</b> <b>Merve Nur POLAT</b>	REYHAN BİTKİSİNİN KURUMA SÜRESİ VE ANALİZİ	<b>458</b>
<b>Tarkan KOCA</b> <b>Merve Nur POLAT</b>	SEBZE KURUTMA YÖNTEMLERİ VE ANALİZİ	<b>463</b>
<b>Filiz ÖZGEN</b> <b>Berkan ERİŞİK</b> <b>Cem Burak NERGİZ</b>	ARAÇLARDA ATIK ISININ ELEKTRİKSEL OLARAK GERİ KAZANIMI	<b>469</b>
<b>Озодбек КАРАМАТОВ</b> <b>Шерзод РАХМАНОВ</b> <b>Абдулатив ХАЛДАРОВ</b>	АГРАРНЫЕ И ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕФОРМЫ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	<b>477</b>

**ORTAOKUL MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN TÜKENMİŞLİKLERİNİN  
YORDAYICISI OLARAK OKUL İKLİMİ VE ÖRGÜTSEL BAĞLILIK  
(MALATYA İLİ ÖRNEĞİ)**

**SCHOOL CLIMATE AND ORGANIZATIONAL COMMITMENT AS PREDICTORS OF MATH  
TEACHERS' BURNOUTS (A CASE IN MALATYA PROVINCE)**

**Oktay DÖNÜK**

Uzman Matematik Öğretmeni, Malatya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Ar-Ge Birimi Üyesi, Malatya

**Recep BİNDAK**

Dr. Öğretim Üye., Gaziantep Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Gaziantep

**ÖZET**

Bu çalışmada ortaokul matematik öğretmenlerinin tükenmişlik düzeyleri ile okul iklimi algıları ve örgütsel bağlılıkları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışmada ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Bu çalışmanın amaçlarından biri okul iklimi algısı ve örgütsel bağlılığın matematik öğretmenlerinin tükenmişlikleri üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisini ortaya koymaktır. Çalışma grubunu, 2016-2017 ve 2017-2018 eğitim-öğretim yıllarında Malatya ilindeki ortaokullar ve imam hatip ortaokullarında görev yapan toplam 312 ortaokul matematik öğretmeni oluşturmuştur. Veri toplama aracı olarak kişisel bilgi formu ile birlikte 22 maddeden oluşan Maslach Tükenmişlik Ölçeği (MBI), 9 maddeden oluşan okul iklimi algısı ölçeği (SC) ve 15 maddeden oluşan örgütsel bağlılık ölçeği (OC) kullanılmıştır. Çalışmanın bağımlı değişkeni olan tükenmişlik, Maslach Tükenmişlik Ölçeği (MBI) ile ölçülmüştür. Maslach tükenmişlik ölçeği 3 alt boyuttan oluşmaktadır; duygusal tükenme (9 madde), duyarsızlaşma (5 madde) ve kişisel başarı (8 madde). Veriler SPSS 22 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin analizinde bağımsız gruplar t test, tek yönlü varyans analizi ve çoklu lineer regresyon analizi kullanılmıştır. Araştırmanın bulgularına göre ortaokul matematik öğretmenlerinin tükenmişlik düzeyleri ile örgütsel bağlılıkları ve okul iklimi algıları arasında anlamlı ilişkiler olduğu görülmüştür. Bu ilişkiler; ortaokul matematik öğretmenlerinin duygusal bağlılık ve okul iklimi algıları onların tükenmişliklerini negatif yönde, devam bağlılıkları ise onların tükenmişliklerini pozitif yönde yordadığını göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Matematik öğretmenleri, Tükenmişlik, Okul iklimi algısı, Örgütsel bağlılık, Regresyon analizi.

**ABSTRACT**

In this study, relations among burnout levels with school climate perceptions and organizational commitment of secondary school math teachers were investigated. The study utilized relational screening model. The one purpose of the study is to examine the direct and indirect impact of the school climate perceptions and organizational commitment on math teachers' burnout levels. Working group consists from 312 maths teachers working in secondary schools and imam hatip secondary schools of Malatya during the period of 2016-2017 and 2017-2018 education year. Maslach Burnout Inventory (MBI) of 22 items, School Climate Scale (SC) of 9 items and Organizational Commitment Scale (OC) of 15 items and personal information forms are used as data collection tool. The dependent variable of study is burnout which measure via MBI. MBI had 3 components: emotional exhaustion (9 items), depersonalization (5 items) and personal achievement (8 items). Each scale measures its own unique dimension of burnout. Data are analyzed via SPSS software. Independent t test, ANOVA and multiple linear regression analysis were used for data evaluation. According to the findings of the study, it is seen that there are significant relationships between burnout levels, organizational commitment and school climate perceptions of secondary school mathematics teachers. So, these relations can be claimed to show that secondary school math teachers' emotional commitment and school climate perceptions predict their burnout negatively and the attendance commitment of secondary school mathematics teachers predicts their burnout positively.

**Keywords:** Mathematics teachers, Burnout, Perceived school climate, Organizational commitment, Regression analysis.



**BİR YAPISAL EŞİTLİK MODELİ İLE ÖĞRETMENLERİN OKUL İKLİMİ ALGILARI, ÖRGÜTSEL BAĞLILIKLARI VE TÜKENMİŞLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER**  
**RELATIONSHIP BETWEEN TEACHERS' CLIMATE PERCEPTIONS, ORGANIZATIONAL COMMITMENT AND BURNOUT WITH A STRUCTURAL EQUATION MODEL****Recep BİNDAK**

Dr. Öğretim Üye. Gaziantep Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Gaziantep

**Oktay DÖNÜK**

Uzman Matematik Öğretmeni, Malatya İl Milli Eğitim Müdürlüğü Ar-Ge Birimi, Malatya

**ÖZET**

Bu çalışmada öğretmenlerinin tükenmişlik düzeyleri ile okul iklimi algıları ve örgütsel bağlılıkları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı okul iklimi algısı ve örgütsel bağlılığın matematik öğretmenlerinin tükenmişlikleri üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkisini ortaya koymaktır. Okul iklimi algısı, örgütsel bağlılık ve tükenmişlik arasındaki ilişkiler direkt ve indirekt etkilerin tek bir model ile test edilmesine imkan veren yapısal eşitlik modeli ile değerlendirilmiştir. Bu amaçtan hareket edilen araştırma, nedensel desen kullanılarak tasarlanmıştır. Çalışma grubu 312 ortaokul matematik öğretmeni oluşturmaktadır. Öğretmenlerin tükenmişlikleri 22 maddeden oluşan Maslach Tükenmişlik Ölçeği (MBI) ile ölçülmüştür. Öğretmenlerin okul iklimi algıları 9 maddeden oluşan Likert tipi okul iklimi algısı ölçeği (SC) ile ve örgütsel bağlılıkları 15 maddeden oluşan Likert tipi örgütsel bağlılık (OC) ölçeği ile ölçülmüştür. Verilerin analizi SPSS ve AMOS paket programları ile gerçekleştirilmiştir. Okul iklimi algısı ve örgütsel bağlılığın matematik öğretmenlerinin tükenmişlikleri üzerindeki direkt ve indirekt etkileri yapısal eşitlik modeli ile test edilmiştir. Uyum indeksleri modelin kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Bazı uyum indeksleri CMIN/DF=3,391; RMR=,040; GFI=,901; NFI=,904; IFI=,930; TLI=,910; CFI=,930; RMSEA=,088 (%90CI ,076-,099) şeklinde elde edilmiştir. Araştırmanın bulgularına göre örgütsel bağlılık ile tükenmişlik arasındaki ilişkide okul iklimi algısının aracı rolü olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde okul iklimi algısının ile tükenmişlik arasındaki ilişkide örgütsel bağlılığın aracı rolü olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yapısal eşitlik modeli; Tükenmişlik; Matematik öğretmenleri.**ABSTRACT**

In this study, the relationships between teachers' burnout levels and school climate perceptions and organizational commitment were investigated. The aim of this study is to reveal the direct and indirect effects of school climate perception and organizational commitment on the burnout of mathematics teachers. The relationships between school climate perception, organizational commitment and burnout were evaluated with structural equation model that allows direct and indirect effects to be tested with a single model. The research was designed using a causal pattern. The study group consisted of 312 secondary school mathematics teachers. Teachers' burnout was measured by the Maslach Burnout Inventory (MBI), which consists of 22 items. Teachers' perceptions of school climate were measured with the 9-item school climate perception (SC) Likert type scale and their organizational commitment with the 15-item organizational commitment (OC) Likert type scale. Data analysis was performed with SPSS and AMOS package programs. The direct and indirect effects of school climate perception and organizational commitment on the burnout of mathematics teachers were tested with structural equation modeling. The fit indices showed that the model was acceptable. Some fit indices are CMIN / DF = 3,391; RMR =, 040; GFI =, 901; NFI = 904; IFI = 930; TL = 910; CFU = 930; RMSEA = 088 (90% CI, 076-, 099). According to the findings of the study, it was determined that school climate perception was the mediator role in the relationship between organizational commitment and burnout. Similarly, organizational commitment has a mediating role in the relationship between school climate perception and burnout.

**Keywords:** Structural equation model; Burnout; Math teachers.

**YÜKSEK BAŞARIMLI VE AKILLI ÇEK OKUMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ**  
**HIGH PERFORMANCE AND SMART CHECK RECOGNITION SYSTEM****Emirhan Yasin ÇETİN**

Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

**Sabahattin Can BÜKÜLMEZ***Innovance***Yusuf ÜREY***Innovance***ÖZET**

Çekler, bankaların müşterilerine büyük miktarlı para transferleri için sunduğu bir araçtır. Müşterilerin para transferleri için kullandıkları çekler, nakte çevrilme sürecinde bankalardaki görevliler tarafından okunmaktadır. Bu çalışmada mevcut süreci otomatize etmeyi amaçlayarak, bir çevrimdışı el yazısı okuma sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde çekler üzerindeki el yazıları, yapay zeka ve resim işleme teknikleri kullanılarak makinelerle okutulacaktır. Bu konuda karşılaşılan zorluk, çekler üzerindeki miktar yazılarının herhangi bir dil ailesinde karşılaşılmadığı şekilde uzun olmasıdır. (ör. “#dörtmilyonsekiyüzbin#”) Bu sebeple, çekler üzerindeki tutar yazılarını algılamak için makine, harf şekillerinden oluşmuş uzun bir düzeni algılayabilmelidir.

Bunu gerçekleştirebilmek için topolojik algoritmalarla resim matrisleri üzerinde el yazısı tespiti ve CNN-RNN yapay sinir ağlarından oluşturulmuş bir model ile de tespit edilen resimler üzerindeki desenlerin tahminini yapılmıştır.

Bu süreçte izlenen adımlar sırasıyla:

- Çekler üzerindeki el yazılarının tespiti
- Resimlerin veri kümesi hazırlanması için isimlendirilmesi
- CNN-RNN yapay sinir ağı modelinin oluşturulması
- Resimlerin ön işleme sürecinden geçirilerek karmaşıklığın azaltılması
- Yapay sinir ağı modelinin eğitilmesi ve test edilmesi
- Sayı dizilerinin harflerden oluşan kelime dizilerine çevrilmesi
- Network parametrelerinin ince ayarlarının yapılarak hata oranının azaltılması

Resimlerdeki el yazılarının tespitinin ardından, ilk olarak Türkçe dili için oluşturulmuş en büyük el yazısı sayı veri kümesi oluşturulmuştur. Daha sonra CNN ve RNN (2-D LSTM) yapılarını kullanarak yapay sinir ağı modeli inşa edilmiştir. Bu model CNN resimler üzerindeki düzeni algılamakta, RNN yapısı da düzeni algılanan karakterlerin birbiri ardına gelme olasılıklarını hesaplamaktadır. Sinir ağını eğitmeden önce resimleri inceltme, ikiye ayırma, çizgi kaldırma ve eğim düzeltme yöntemlerini kullanarak ön işleme sürecinden geçirilmiştir. Daha sonra bu işlenmiş resimleri kullanarak yapay sinir ağı eğitilmiş ve aktivasyon fonksiyonu, kayıp fonksiyonu, öğrenme hızı, ağıdaki katman sayıları gibi parametrelerin ince ayarları yapılarak problem için en iyi ortalama fonksiyonu yani yapay nöronlar arası ağırlık değerleri bulunmuştur. Ağ üzerinde her değer sayısal işlemler olarak hesaplandığından dolayı, çıkan sayısal verilerin harflerden oluşan dizilere dönüştürülmesi sürecinde “Word Beam Search” yaklaşımı kullanarak sayıların kelimelere dönüştürülmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak tüm işlemin ilerleyiş şeması aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir:

INPUT\_RESİM -> ÖN İŞLEME -> CNN-RNN AĞI -> DÖNÜŞTÜRME -> ÇIKTI

**Keywords:** CNN, RNN, Resim İşleme, Dönüştürme, Veri Kümesi, Çek, El Yazısı

**ABSTRACT**

Checks are being used by banks to allow their customers to transfer big amounts of money easily. At banks, checks from customers are being read by bank employees in the cash-out process. In this study, it is aimed to change that by automating the process of reading handwritings (amount and date) on checks using image processing and deep learning techniques. The challenge is that the amounts on the checks are not written like any language, but they are written without any spaces between each word.

(ex. “#dörtmilyonsekiyüzbin#”) That’s why, to recognize the amount on the checks, it was necessary to make the machine extract a very long pattern built by letters.

To do so, topological detection in image matrices is used to detect the handwritings on images and CNN-RNN combined network to make predictions.

The steps in this process were as follows:

- Detection of handwritings on check images
- Labeling the images to prepare the dataset for training
- Building a CNN-RNN network model
- Preprocessing the images to reduce the number of spaces and complexity
- Training and testing the network
- Decoding the number sequences into strings
- Fine-tuning the network parameters to achieve the highest accuracy

After the detection of handwritings on images, the largest dataset for Turkish numbers written without spaces has been constructed. After that, the network using CNN and RNN (2-D LSTM) structures were built. While CNN recognizes the patterns on the image, RNN calculates the weight of each character to come next. Preprocessing of the images performed before training the network using thinning, binarization, underline removal and skew correction. Then network was trained using these preprocessed images and it is tried to find the best mean of the function by fine-tuning the number of layers, loss and activation functions, learning rate, etc. A network recognizes images as a matrix of numbers, so the proposed network gives an output as numbers, therefore, a decoder to translate the numbers into strings. In the decoder, “Word Beam Search” approach was utilized.

Finally, the process goes on as follows:

INPUT\_IMAGE -> PREPROCESSING -> CNN-RNN NETWORK -> DECODER -> OUTPUT

**Keywords:** CNN, RNN, image processing, decoding, dataset, check, handwriting

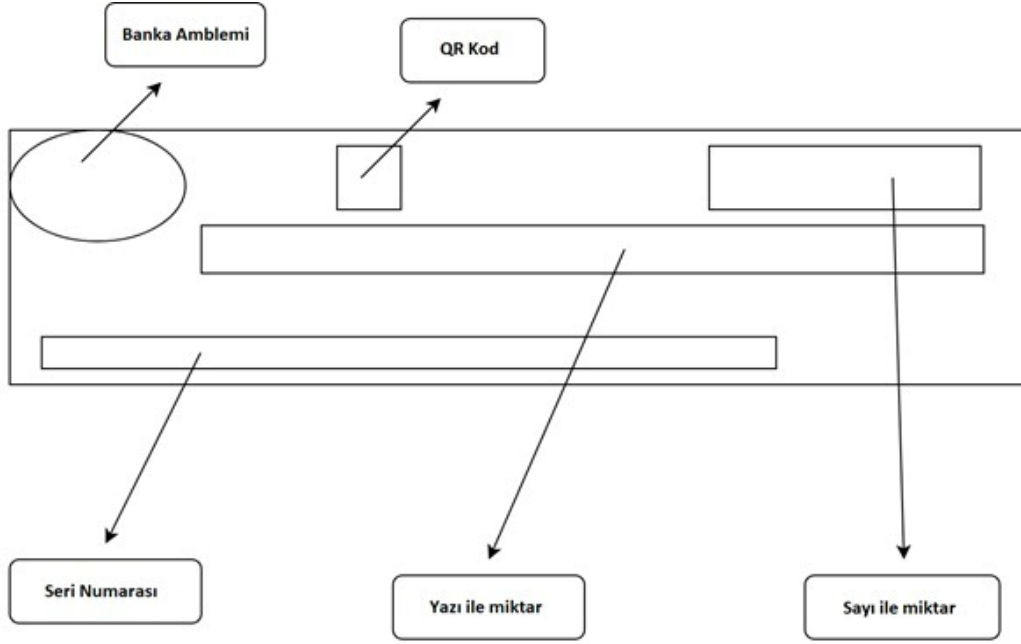
## 1. GİRİŞ

Bankalar Türkiye’de en çok müşteriye hizmet sunan kurumların başında gelmektedir. Hızla yaygınlaşan internet ve mobil (akıllı) telefon kullanımı banka hizmetlerinde elektronik çağa geçişi gerektirmekte ve hızlandırmaktadır. Bu bağlamda bankalar, şubelerde verdikleri hizmetlerin büyük bir kısmı elektronik ortama, internet ve mobil bankacılığa da aktarmış olup bu hizmetlerin geliştirilmesi üzerine çalışmalarda bulunmaktadır.

İnternet ve mobil bankacılığın yaygınlaşması ile birçok hizmeti bu platformlardan kullanmaya başlayan ve bu davranışa git gide alışan/adapte olan müşteriler de banka şubelerine giderek sıra beklemekten kaçınmakta ve banka aracılığı ile yapılması gereken işlerini internet ortamından sürdürmek istemektedir. Bankalar da aynı şekilde şubelerde verilen hizmetlerini mobil ve internet bankacılığına aktararak şube sayısını azaltmak ve müşteri memnuniyetini artırmak istemektedir. Bu çalışmada, sözü edilen bu sürecin çek üzerinden para transferi kısmını otomatize eden ve şubelerde işlem yükünü hafifletmeyi amaçlayan bir hedefe odaklanılmaktadır.

Geniş kitleler tarafından kullanılan çekler üzerindeki miktarlar, müşteriler tarafından el yazısı ile yazıldığı için, yazımlarında ve okunmalarında hata oranı yüksek olup ve okunup sayısal ortama geçirilmeleri oldukça zordur. Bu süreç içerisinde bu çalışmada aşağıdaki sorunların giderilmesi hedeflenmiştir:

- Çekleri insanların okuyup dijital ortama geçirmeleri sürecinin bilgisayara oranla oldukça yavaş olması
- İnsan girdilerindeki hata ihtimalinin yüksekliği
- Bilginin güvenliği ve doğruluğunun deterministik bir şekilde kontrolü gerekliliği
- Çekler üzerindeki bilgilerin, çek transfer ve para aktarımlarının takip edilebilirliği ve raporlaması

**2. TÜRKÇE EL YAZILI ÇEK MİKTARLARININ OKUNMASI****2.1 ÇEKLERİN AYRIŞTIRILMASI VE ÖN İŞLEME**

Şekil 1. Tipik Bir Çek Üzerinde Bileşenler

Yukarıdaki resimde genel yapısıyla bir çek ve bu çekin üzerinden çıkarılması gerekli bilgiler gösterilmiştir. Aynı ayrı etiketlenmiş farklı bankalara ait çek resimlerini tarafından eğitilmiş bir CNN ağı, çek resimlerin sol üst köşesi koordinatlarına yoğunlaşarak o kısımlardaki desenleri/örüntüleri fark eder ve buna göre çeklerin hangi bankaya ait olduğunu bulur.

Ardından, hangi bankanın olduğu bilinen çek üzerinden öncelikle belirlenen koordinatlara göre, QR kod, seri numara ve yazılı para miktarı olan bölümleri çıkarır ve analiz eder. Yeni oluşturulan resimler, üzerlerinde çizgiler bulunan, eğik ve kalın yazılmış ve farklı arka renkler barındıran resimlerdir. Bu sebeple resimler, birkaç farklı işlemden geçirilerek üzerlerindeki yazılar okunmaya uygun hale getirilir ve resimlerin karmaşıklığı düşürülür. Uygulanan resim işleme yöntemleri temel olarak aşağıdaki biçimde özetlenebilir:

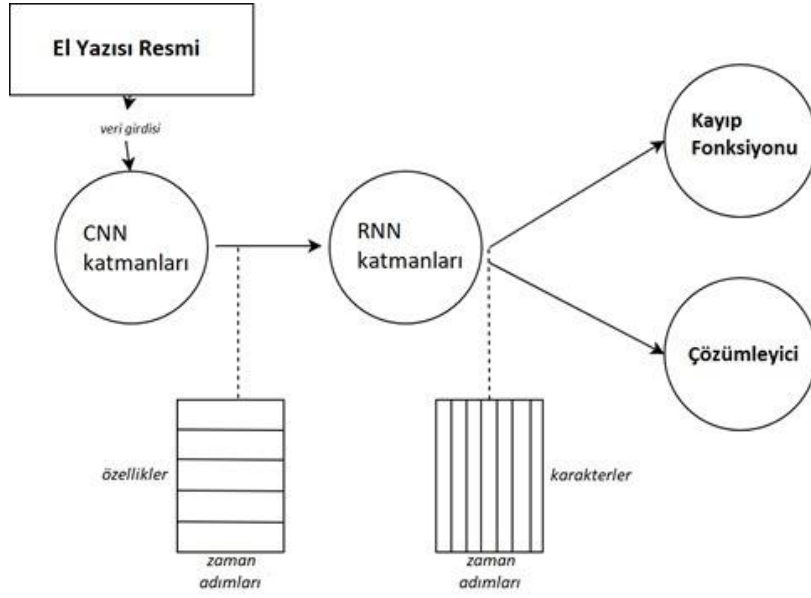
- 2 Tabanına Alma
- İnceltme
- Alt Çizgi Kaldırma
- Eğim Düzeltme

**2.2 SAYILARI OLUŞTURAN KELİMELERİN KODLANMASI**

Daha önce bahsedilen kelimelerin uzunluk ve karmaşıklığının fazla olmasıyla ilgili konuda bu çalışma ile getirilen yenilikçi açıklık aşağıdaki şekildedir:

Yan yana çok fazla harfin gelmesinden ve harflerin birbirleri ile çok fazla iç içe yazılmasından dolayı karmaşıklığın çok arttığı çek miktarı yazılarında; Türkçe dilinde sayıları oluşturan her kelimenin (ör. “bir”, “iki”, “yirmi” vs.) bir harfe kodlanması ile (ör. “a”, “b”, “k” vs.) karmaşık şekilde uzun bir ‘yüzyirmibinseksebeş’ etiketi yerine ‘tkeure’ olarak kodlanmış bir etiket verilmiş ve sınır ağının üzerinde çalıştığı alt uzay sayısı azaltılmış, karakter yerine kelime bazında bir örüntü algılama sağlanmış, kelime hata oranı ve zamansal karmaşıklık büyük oranda azaltılmıştır. Bu sayede performansın artması sağlanmış olmaktadır.

## 2.3 EL YAZISININ OKUNMASI



Şekil 2. Sistem Mimarisi

Önceden etiketlenmiş ve ön işleme sokulmuş resimler, el yazısı algılamasında kullanılan CNN-RNN sinir ağı çalışmada oluşturulan modele girdi olarak verilir. Önce CNN ağları ile resim üzerindeki örüntülerin algılanması sağlanır. Resmin hangi kısmında hangi örüntünün sırasıyla var olduğu belirlenir. Ardından 2-D LSTM'lerden oluşan RNN ağına giren matrisler üzerinden RNN, hangi sırayla hangi örüntülerin tekrar ettiğini algılayarak, okunmak istenen yazıdaki harf dizisini bulur ve kelimeyi matris düzeyinde sayılarla kodlanmış olarak algılar. Ardından çözümleyici, oluşan matrislerdeki değerleri doğru karakterler ile eşleyerek kelimeyi karakter dizisi halinde çıktı olarak verir.

## 3. SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen ilk sonuç, Türkçe el yazısı sayılar için büyük bir veri kümesinin oluşturulmuş olması ve bu veri kümesinin ileriki çalışmalar için de büyük yardım sağlayacak olmasıdır.

Kontrol sistemi üzerinden ve test veri seti ile yapılan testler sonucu çalışmada geliştirilen modelin uçtan uca doğruluk oranları aşağıdaki tabloda verilmektedir:

Karakter hata oranı	Kelime doğruluk oranı	Veri seti büyüklüğü
4.7%	68.3%	5,000

Tablo 1: Test Sonuçları

Bu çalışmada aynı zamanda, bankalardaki çeklerin işlenme süresini ve maliyetini, operasyonu otomatize ederek minimuma indirme durumu söz konusudur. Bu sistem sayesinde insan eli ile yazılmış yazıların okunmasında, kayıtlarının tutulmasında ve raporlanmasında insan hatalarının etkisi asgari düzeye indirilmiş olacaktır.

Buna ek olarak geliştirilen yaklaşım ile çekler üzerinde sahtecilik ve dolandırıcılık teşebbüslerinin yüksek güçlü bilgisayarlar tarafından, depolanan veriler ve bu verilerden elde edilen metrikler üzerinden değerlendirilerek engellenmesi mümkün olacak ve sahte çekler için otomatik uyarılar ile bu husustaki dolandırıcılık en aza indirilebilecektir. Bu çalışmanın devamı amacıyla halihazırda ulusal destekli bir proje çalışması da yürütülmeye başlanmıştır.



**4. GELECEK ÇALIŞMALAR**

Bu konuda planlanan gelecek çalışmaların başında veri kümesinin genişletilmesi ve yapay sinir ağı modellerinin yeni veri kümesine göre tekrar ayarlanarak sistemin uçtan uca doğruluk oranının artırılması gelmektedir.

Bunun üzerine resim işleme teknikleri geliştirilerek, resimleri üzerinde odaklanması gereken piksellerin daha doğru bir şekilde bulunması ve bu şekilde çek resimleri kötü taratılmış olsa dahi, resimlerden gerekli bilgilerin rahatça çıkarılabilmesi amaçlanmaktadır.

**5. KAYNAKÇA**

- 1) A Study on Preprocessing Techniques for the Character Recognition, Poovizhi P, International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 2, no. 12, 2014
- 2) Analysis of Preprocessing Techniques for Latin Handwriting Recognition, Hendrik Pesch, Mahdi Hamdani, Jens Forster, and Hermann Ney, Human Language Technology and Pattern Recognition Group Chair of Computer Science 6 RWTH Aachen University, D-52056 Aachen, Germany
- 3) Preprocessing Techniques in Character Recognition, Yasser Alginahi, Taibah University, Kingdom of Saudi Arabia
- 4) Fischer, S., (2000). Digital Image Processing: Skewing and Thresholding, Master of Science thesis, University of New South Wales, Sydney, Australia
- 5) Nagy, S. & Stoddard, S. (1986). Document Analysis with an Expert System, Pattern Recognition in Practice II, pp. 149-155.
- 6) M. Blumenstein, C. K. Cheng and X. Y. Liu, New Preprocessing Techniques for Handwritten Word Recognition, School of Information Technology, Griffith University
- 7) M.-Y. Chen, A. Kundu, and S. Srihari, "Variable duration hidden markov model and morphological segmentation for handwritten word recognition," IEEE Trans. on Image Processing 4(12), pp. 1675–1688, 1995
- 8) B. Yanikoglu, Segmentation and Recognition of Off-line Cursive Handwriting. PhD thesis, Dartmouth College, 1993.
- 9) Harald Scheidl, Handwritten Text Recognition in Historical Documents, TU Wien Diplomarbeit
- 10) Baoguang Shi, Xiang Bai and Cong Yao, An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China
- 11) Alex Graves, Santiago Fernández, Faustino Gomez, Jürgen Schmidhuber, Connectionist Temporal Classification: Labelling Unsegmented Sequence Data with Recurrent Neural Networks, Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale (IDSIA), Technische Universität München (TUM)

**AUTOMATIC DISCOVERY OF CYBER TROLL MESSAGES IN ONLINE SOCIAL MEDIA  
USING VARIOUS ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS AND NATURAL  
LANGUAGE PROCESSING METHODS****Ulas Baran BALOGLU**

University of Bristol, Department of Computer Science, Bristol-United Kingdom,

**Cem BAYDOGAN**

Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, Elazig-Turkey

**Bilal ALATAS**

Firat University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, Elazig-Turkey

**ABSTRACT**

It is seen that cybercrime was increased with the use of online social networks in the 21st century. Cybercrime is the general name given to all crimes committed using information systems. The widespread use of the internet was led to many cybercrime such as cyber bullying, malicious, deception, forgery, fake advertising, fraud, and scare. Thus, the fight against cybercrime was become inevitable. This study was conducted on the automatic detection of the spread of troll messages which was one of the cybercrimes. These troll messages were collected from existing tweets on twitter. The dataset used in the study consist of labeled data. In this study, more effective solutions were searched for one of the cybercrimes on today's social networks by using various algorithms based on Artificial Intelligence (AI). k-Nearest Neighbor,

Naive Bayes, Support Vector Machine, Decision Table, and Random Forest methods were used to detect troll messages. Also in this study, Natural Language Processing (NLP) and Text Mining (TM) techniques were used to detect troll messages. The performance of the algorithms was examined according to complexity metrics such as accuracy, roc area, precision, f-measure, and recall. Tables and graphs shows the outputs of different experimental results. It was forecast that this study will be expected to attract the attention of cybercrime workers and researchers conducting on social networking.

**Keywords:** Cybercrimes, Social Networks, Natural Language Processing, Artificial Intelligence, Text Mining

**1. INTRODUCTION**

In recent years, the rapid and remarkable development of social media has witnessed broad growth in the number of cyber troll messages. Today, cyber troll messages is annoying, disturbing and distracting. Automatic discovery of cyber troll messages, which concerns a broad segment of journalists, non-governmental organizations, members of society, and even politicians, has become an important social networking problem. That is why, it is important to create an effective detection system for cyber troll messages [1].

Recently, trolls have been more active due to the anonymous environment in online social media [2]. There are still a few empirical researches on behaviors of troll user and their messages [1, 3]. Previous works on this research field have tried to discover whether a user is a troll using all available features such as the actual post, time, user metadata, etc. This study was conducted on the automatic detection of the spread of troll messages which was one of the cybercrimes. In this study, automatic troll message discovery is modeled as a classification problem and different supervised AI algorithms are adopted for this task. Five different AI based algorithms were used to detect troll messages. Also in this study, NLP, and TM techniques were used to detect troll messages. The performance of the algorithms was examined according to different complexity metrics.

**2. USED METHODS**

This section described AI algorithms and NLP steps which are used in the study. Data collection, execution of NLP steps, and characteristics of selected AI algorithms are mentioned respectively. These are the necessary steps for automatic detection of troll messages. With the increase in the use of social networks; in the fight against cybercrime, this topic has become a popular topic, as cybercrime increases, such as troll, spam, advertising, deception, fraud, and phishing.

### 2.1. Collection of Data

For the detection of troll messages, labeled data created by collecting twitter data were used [4]. These data belonged to two classes of pre-labeled: cyber aggressive and non-cyber aggressive. There are also 20001 tweets in this dataset. These tweets are hand-labeled according to aggressive or non-aggressive status. Since the number of non-aggressive tweets is higher in the used dataset, the dataset is unbalanced. More information about the used dataset can be found in [4, 5].

### 2.2. NLP Steps and Text Preprocessing

In this subsection, the necessary steps for clearing the data and making it a classification problem with NLP methods were explained. Our aim was to convert the data form text to numerical form. In the pre-processing phase of the data: steps such as punctuation erasure, number filter, n-char filter, stop-word filter, case converter, snowball stemmer, bag-of-words, and row filter were included. After these steps are completed, a document vector is created according to the number of words that repeats most to Term Frequency (TF). After the feature vector and its class were determined, it was now ready for automatic cyber troll detection with AI algorithms. These steps are shown in Fig. 1.

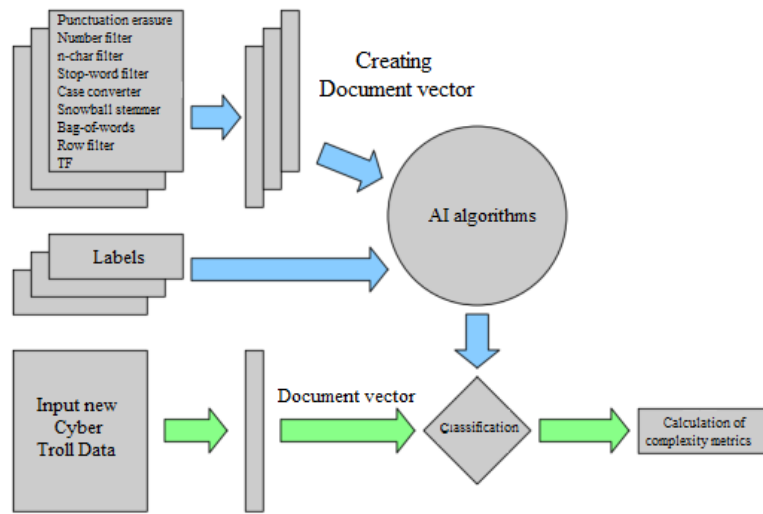


Fig. 1. NLP steps and pre-processing

### 2.3. Used AI Algorithms

In this study, five different AI algorithms were used after NLP steps and text pre-processing stages were completed. These algorithms were used in the literature to solve the classification and regression problems. In this study, these algorithms were used to determine whether the cyber troll messages belong to the correct class.

The first of used algorithms is k-Nearest Neighbor (k-NN) algorithm [6]. This algorithm classifies according to the nearest selected  $k$  value. In this study, k-NN algorithm was used for two different options for  $k=3$  and  $k=5$  values.

Another algorithm used in the study is the Naive Bayes (NB) algorithm [7]. The probability-based algorithm is widely used in the literature to solve classification problems.

Another algorithm used in the study is the Support Vector Machine (SVM) which is a supervised learning algorithm based on statistical learning theory. In its simplest definition, SVM is used to accurately identify which classes belongs to in two classes of data [8].

Decision Table (DT) algorithm, which works by dividing the dataset into small pieces, is another AI algorithm used in the study. The DT algorithm is a powerful supervised machine learning algorithm that works based on knowledge gain and entropy [9].

The last algorithm used in the study is Random Forest (RF). This algorithm, which works with tree structure, has a popular place among supervised machine learning algorithms. The biggest advantage is that it creates multiple decision trees from the data set. In this way, situations such as excessive learning-memorizing data are prevented. Thus, more successful results are obtained with this algorithm for classification problems [10].

### 3. EXPERIMENTS AND RESULTS

In this part of the study, results of experiments in automatic cyber troll detection system using AI algorithms and the dataset described in the previous sections were presented. Five different experimental studies were conducted on cyber troll dataset. Accuracy, f-measure, roc area, precision, and recall were chosen as performance criteria in these experimental studies. It was observed how affect the performance of AI algorithms on the dataset being unbalanced.

Table 1 shows the results of the first experimental study. In the first experiment, the whole dataset was used as training data. In this experiment, the highest performance rate in terms of all criteria was reached by RF algorithm. In this experiment, performance rate of was observed as 69%. Fig. 2 shows how the algorithms perform across all criterion.

Table 1. Results obtained from the algorithms for the first experiment

EXP-1		Complexity Metrics				
		Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area
Used Algorithms	k-NN ( $k=3$ )	0,672	0,672	0,672	0,672	0,762
	k-NN ( $k=5$ )	0,651	0,650	0,651	0,650	0,730
	NB	0,620	0,622	0,620	0,611	0,679
	SVM	0,631	0,632	0,631	0,624	0,622
	DT	0,653	0,658	0,653	0,644	0,708
	<b>RF</b>	<b>0,688</b>	<b>0,688</b>	<b>0,688</b>	<b>0,688</b>	<b>0,783</b>

The second highest performance value was obtained by k-NN algorithm ( $k=3$ ). This algorithm remained at 67% in performance.

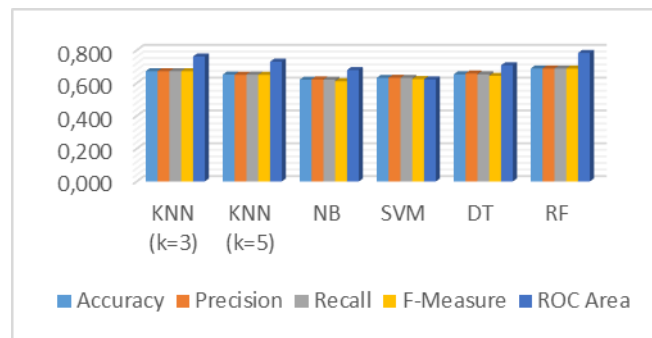


Fig. 2. Performance graph of all algorithms for the first experiment

In the second experiment, the result was searched for cyber troll detection by using 10-fold cross-validation method. Table 2 shows the results obtained from the algorithms in this second experimental study in detail.

Table 2. Results obtained from the algorithms for the second experiment

EXP-2		Complexity Metrics				
		Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area
Used Algorithms	k-NN ( $k=3$ )	0,638	0,638	0,638	0,638	0,706
	k-NN ( $k=5$ )	0,637	0,636	0,637	0,636	0,702
	NB	0,619	0,621	0,619	0,609	0,674
	SVM	0,630	0,632	0,630	0,622	0,621
	DT	0,635	0,639	0,635	0,625	0,664
	<b>RF</b>	<b>0,660</b>	<b>0,660</b>	<b>0,660</b>	<b>0,660</b>	<b>0,738</b>

In this experimental set, RF algorithm was reached the highest rate with respect to all performance criteria. It could be concluded that k-NN and DT algorithms followed this algorithm with approximately 64-63% ratios respectively. These results could be more clearly observed in Fig. 3.

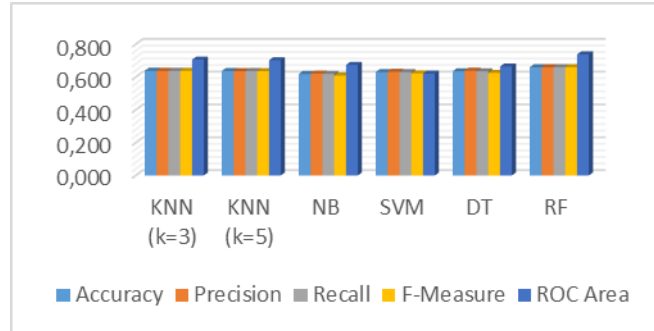


Fig. 3. Performance graph of all algorithms for the second experiment

In the third experiment, 15-fold cross-validation method was used. In the 15-fold cross-validation method, the value of the performance criteria did not differ from the previous 10-fold cross-validation method. Approximately the same performance values were obtained. These results were shown in Table 3.

Table 3. Results obtained from the algorithms for the third experiment

EXP-3		Complexity Metrics				
		Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area
Used Algorithms	k-NN (k=3)	0,635	0,634	0,635	0,635	0,705
	k-NN (k=5)	0,635	0,634	0,635	0,634	0,703
	NB	0,619	0,621	0,619	0,609	0,674
	SVM	0,601	0,632	0,630	0,622	0,621
	DT	0,637	0,641	0,637	0,627	0,675
	RF	<b>0,659</b>	<b>0,659</b>	<b>0,659</b>	<b>0,659</b>	<b>0,738</b>

In the third experiment, the DT algorithm has a higher accuracy rate than the k-NN algorithm. However, these two algorithms have approximately the same values. The result graph of this experiment is shown in Fig. 4.

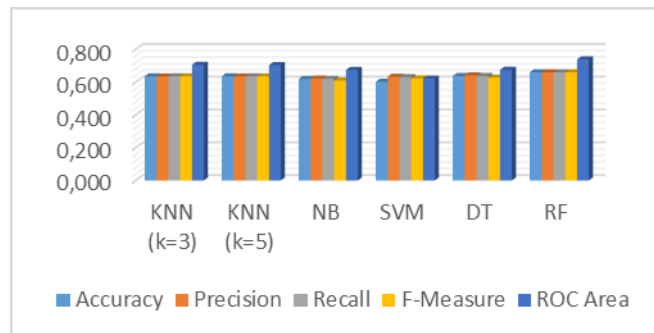


Fig. 4. Performance graph of all algorithms for the third experiment

In the fourth experiment, 50% of the dataset was used as training and the remaining 50% was used as test data. The highest values in all performance criteria were obtained by RF algorithm. These results are shown in Table 4.



Table 4. Results obtained from the algorithms for the fourth experiment

EXP-4		Complexity Metrics				
		Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area
Used Algorithms	k-NN ( $k=3$ )	0,626	0,625	0,626	0,625	0,688
	k-NN ( $k=5$ )	0,623	0,622	0,623	0,622	0,685
	NB	0,617	0,618	0,617	0,606	0,665
	SVM	0,624	0,624	0,624	0,617	0,615
	DT	0,622	0,625	0,622	0,609	0,626
	RF	<b>0,642</b>	<b>0,642</b>	<b>0,642</b>	<b>0,642</b>	<b>0,713</b>

In the fourth experiment, the RF algorithm was followed by SVM and k-NN algorithms with high performance rates. However, these two algorithms have approximately the same values. The result graph of this experiment is shown in Fig. 5.

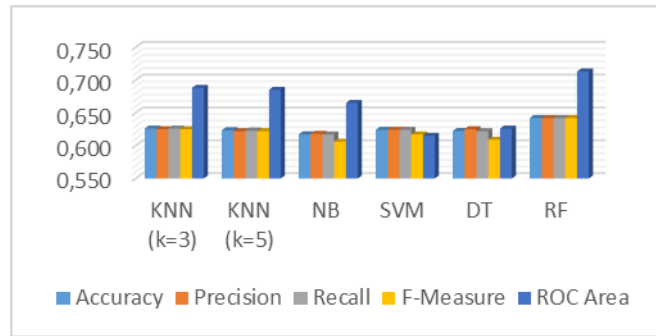


Fig. 5. Performance graph of all algorithms for the fourth experiment

In the last experiment, 70% of the data set was used as training and the remaining 30% was used as test data. In this experiment, the highest performance values were obtained by RF algorithm again. In this experiment, the highest performance values were obtained by RF algorithm again. The results of this experiment are shown in Table 5.

Table 5. Results obtained from the algorithms for the last experiment

EXP-5		Complexity Metrics				
		Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	ROC Area
Used Algorithms	k-NN ( $k=3$ )	0,623	0,631	0,623	0,623	0,697
	k-NN ( $k=5$ )	0,621	0,629	0,621	0,621	0,694
	NB	0,622	0,624	0,622	0,609	0,671
	SVM	0,628	0,627	0,628	0,621	0,617
	DT	0,634	0,637	0,634	0,622	0,661
	RF	<b>0,644</b>	<b>0,656</b>	<b>0,644</b>	<b>0,643</b>	<b>0,725</b>

In the last experiment, the second highest performance value in terms of all comparison criteria metrics except the f-measure was obtained by the DT algorithm. The performance graph of all algorithms for the final experiment is shown in Fig. 6.

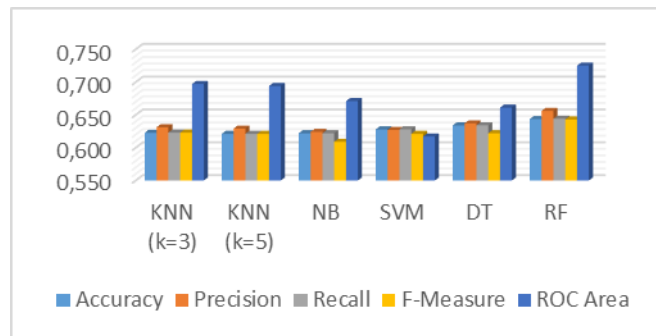


Fig. 6. Performance graph of all algorithms for the last experiment

In this study, it was observed that RF algorithm was successful in classification studies. Therefore, RF algorithm and other tree structure algorithms can be examined for text classification problems in the following study.

#### **4. CONCLUSIONS**

The rapid dissemination of troll messages in online social media environment has serious negative effects on people and communities. The automatic discovery of troll messages, which concerns a broad segment of non-governmental organizations, journalists, members of society, and even politicians, has become an important social networking problem. That is why, it is important to create an effective automatic discovery system for troll messages.

In this study this problem is handled as a classification problem. k-Nearest Neighbor, Naive Bayes, Support Vector Machine, Decision Table, and Random Forest methods were used to detect troll messages. According to the experimental results, it was observed that Random Forest algorithm outperformed other methods in terms of all metrics. The second highest performance value in terms of all comparison criteria metrics except the f-measure was obtained by the Decision Table algorithm. Therefore, Random Forest algorithm and other tree structure algorithms can be examined for this type of online social network problems in further studies. Different ensemble techniques, their hybrid and optimized versions with parallel and distributed implementations seem another research area.

#### **REFERENCES**

- [1] Capistrano, J. L. C., Suarez, J. J. P., & Naval Jr, P. C. (2019, June). SALSA: Detection of Cyber trolls using Sentiment, Aggression, Lexical and Syntactic Analysis of Tweets. In *Proceedings of the 9th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics* (p. 10). ACM.
- [2] Buckels, E. E., Trapnell, P. D., & Paulhus, D. L. (2014). Trolls just want to have fun. *Personality and Individual Differences*, 67, 97-102.
- [3] Coles, B. A., & West, M. (2016). Trolling the trolls: Online forum users constructions of the nature and properties of trolling. *Computers in Human Behavior*, 60, 233-244.
- [4] URL 1: <https://dataturks.com/projects/abhishek.narayanan/Dataset%20for%20Detection%20of%20Cyber-Trolls>, 14 November 2019.
- [5] URL 2: <https://www.kaggle.com/dataturks/dataset-for-detection-of-cybertrolls/kernels>, 15 November 2019.
- [6] Keller, J. M., Gray, M. R., & Givens, J. A. (1985). A fuzzy k-nearest neighbor algorithm. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, (4), 580-585.
- [7] McCallum, A., & Nigam, K. (1998). A comparison of event models for naive bayes text classification. In *AAAI-98 workshop on learning for text categorization*, Vol. 752, No. 1, pp. 41-48.
- [8] Suykens, J. A., & Vandewalle, J. (1999). Least squares support vector machine classifiers. *Neural processing letters*, 9(3), 293-300.
- [9] Kohavi, R. (1995). The power of decision tables. In *European conference on machine learning*, pp. 174-189.
- [10] Saffari, A., Leistner, C., Santner, J., Godec, M., & Bischof, H. (2009). On-line random forests. In *2009 IEEE 12th international conference on computer vision workshops*, pp. 1393-1400.

**PERFORMANCE ASSESSMENT OF CURRENT ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED  
MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION METHODS****Cem BAYDOGAN**

Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, Elazig-Turkey

**Bilal ALATAS**

Firat University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, Elazig-Turkey

**ABSTRACT**

Optimization is the search for all possible solutions until the best results are found under certain constraints. Mathematically, it can be specified as minimization or maximization of given functions. Many real-world problems require optimization of multiple overlapping objectives, which results in multi-objective optimization (MOO). While there is only one optimal solution for single-purpose optimization problems, there is a set of optimal solutions for MOO problems. In the solution of optimization problems, while classical methods provide one-step solution for single-objective optimization problems, they do not give good results for MOO problems. The MOO methods used to realize this solution are examined in two categories: realization approach and Pareto approach. Although there are two different approaches, the ultimate goal is to create an optimal cluster of alternatives for designers or decision-makers. Generally, artificial intelligence based solution methods are used for MOO problems due to their many advantages. In this study, a detailed performance comparison of current artificial intelligence based MOO algorithms that use Pareto approach in terms of many different metrics is performed in complex test problems. The results are presented in comparative graphs and tables, and which methods are successful on which type of problems are discussed.

**Keywords:** Optimization, Swarm Intelligence, Multi-Objective Optimization, Pareto, Artificial Intelligence

**1. INTRODUCTION**

Optimization can be considered in two categories as single-objective and multi-objective optimization (MOO). In single-objective optimization, there is only one objective function that needs to be optimized and there is a maximum or minimum solution of this function according to the type of problem. While the solution can be found in a single step in single-objective optimization, this is not possible in MOO. When real world problems are considered, there are more than one conflicting objectives. For example, when a computer is purchased, it is expected to have good performance and low cost. It is unlikely that two objectives will be achieved at the same time. There is no single solution to all these type of problems [1, 2].

While there is only one optimal solution for single-purpose optimization problems, there is a set of optimal solutions for MOO problems. This means that there is no smaller set of solutions than the optimal set of solutions. In the solution of optimization problems, while classical methods provide one-step solution for single-objective optimization problems, they do not give good results in MOO problems. Therefore, multi-objective population-based solution search methods are generally used for optimization problems [1].

Since there is more than one solution for multiple-objective optimization, solutions with dominance value against each other can be mentioned. Although many algorithms have been proposed for multi-objective problems generally, the best solutions for MOO problems are found in a set of solutions called Pareto optimum solutions, which is called the Pareto set, and the shape it forms in the objective space is called the Pareto Front. In this study, a detailed performance comparison of current swarm intelligence based MOO algorithms that use Pareto approach in terms of many different metrics has been performed in complex test problems. The results are presented in comparative graphs and tables, and the results of which methods are successful on which problems are presented.

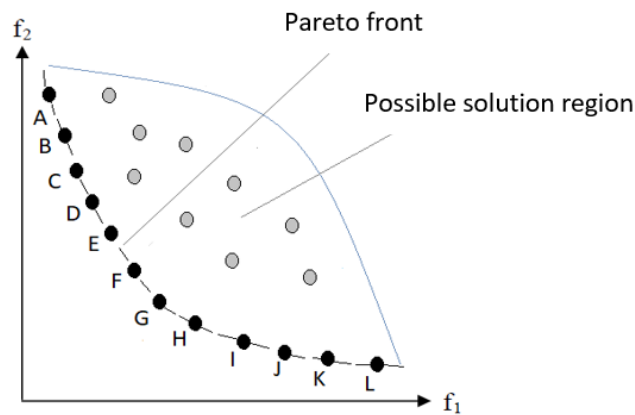
**2. DOMINANCE AND PARETO OPTIMALITY IN MOO**

The decision vector  $x_1$  is dominated by the decision vector  $x_2$  when the following conditions are satisfied and this state is shown as  $x_1 \prec x_2$ .

- If  $x_1$  is better than  $x_2$  for all objective values (that is, if  $x_1$  has no value greater than  $x_2$ ),  
 $f_i(x_1) \leq f_i(x_2), \forall i = 1, \dots, m$
- If  $x_1$  has an objective value less than  $x_2$  for at least one objective value  
 $f_i(x_1) < f_i(x_2), \exists i = 1, \dots, m$

Figure 1 shows the Pareto front and a set of possible solutions for a two-objective problem ( $f_1$  and  $f_2$ ). The points on the Pareto front (A, B, C, D, ..., L) are the dominant solutions. In other words, there is no better point in the possible solution region than these points [3].

There are two main objectives in MOO. The first is to find solutions as close as possible to the Pareto-optimal front, i.e. convergence, and the second is to ensure equal distribution of the dominant individuals found throughout the Pareto front, called distribution or diversity. When equal distribution is achieved, proper solution selections can be made for each objective. Convergence is not easy, it is a probabilistic process. In the convergence, a search is carried out along the Pareto front, while a search is conducted towards the Pareto front [3].



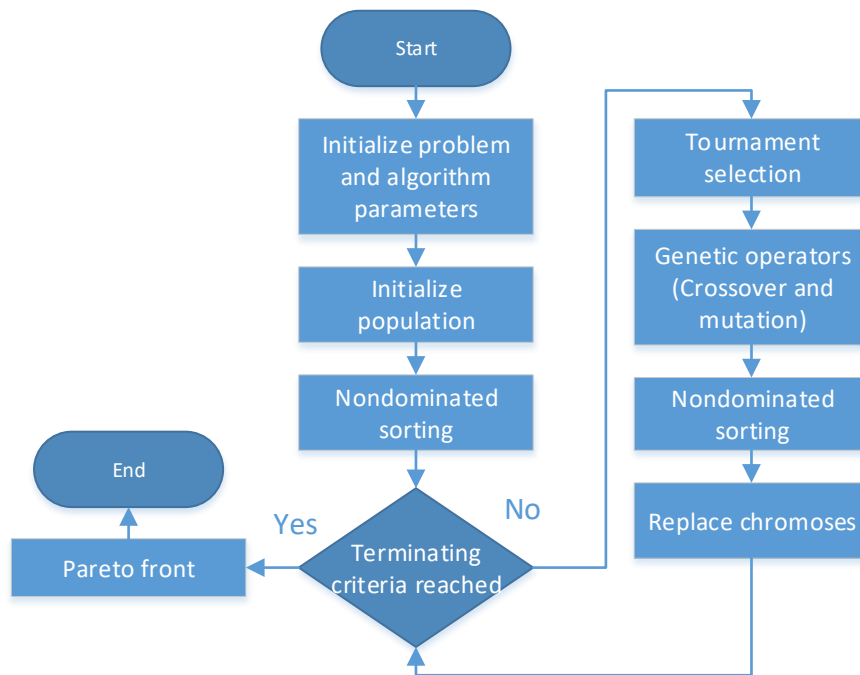
**Figure 1.** Pareto front and possible solution region

### 3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION METHODS

The artificial intelligence based of MOO try to find the most suitable Pareto front as in the classical algorithms, the only difference is that they are population-based. Population-based evolutionary algorithms are frequently used for multi-objective problem solving. artificial intelligence based optimization algorithms begin to be search with a randomly generated population at the beginning and the goal is to produce better solutions at each step. In this study, genetic algorithms and particle swarm optimization based methods are used for performance testing.

#### 3.1. Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm – NSGA-II

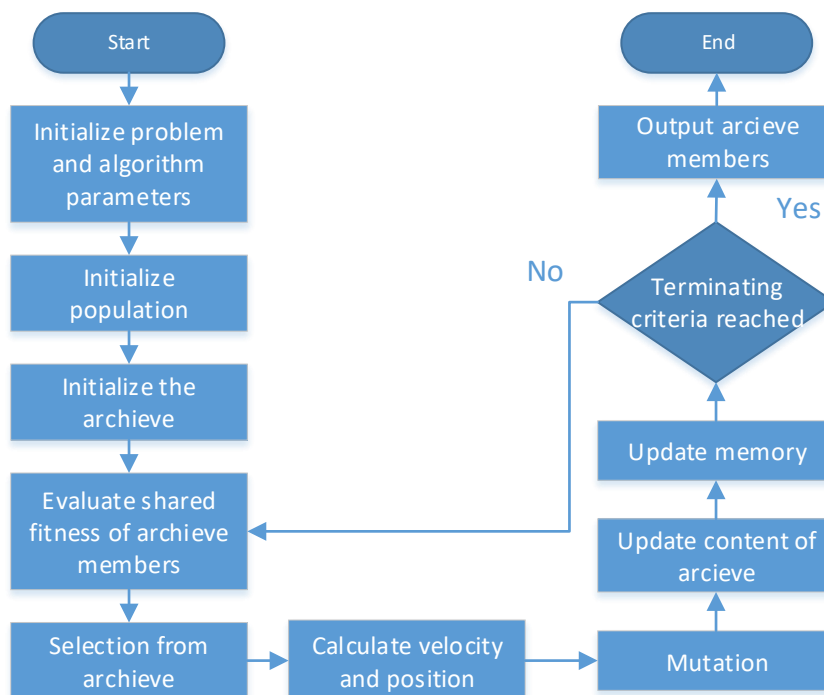
The first step in the NSGA-II algorithm is the random generation of the initial chromosomes. New chromosomes are then obtained by selection and mutation operators. This step is repeated at each iteration. The objective function values are found for each of the chromosomes, and the values obtained are sorted and recorded. In this method, more than one front is obtained. Once the fronts have been identified, there will be another value called “crowding distance” for the selection of individuals to be transferred to the next generation. Individuals on the best front move to the next generation, with population size remaining constant. Crowding distance comparison of individuals who will be transferred to the next generation on the same front is made and the larger individual is transferred. Flow-chart of NSGA-II is demonstrated in Figure 2 [4].



**Figure 2.** Flowchart of NSGA-II

**3.2. Multi Objective Particle Swarm Optimization – MOPSO**

Multi-objective PSO (MOPSO) is a swarm based artificial intelligence search and optimization method proposed for optimizing more than one conflicting objectives simultaneously [5]. In MOPSO instead of a single solution a set of solutions, also called Pareto optimal set, are determined. The framework of MOPSO is shown in Figure 2.



**Figure 3.** Flowchart of MOPSO

**4. EXPERIMENTS AND RESULTS**

In this part of the study, firstly, the features of the test functions used to test the performance of the MOO algorithms were explained. Table 1 shows the properties of the test functions used in the study. Names of test functions are taken from first letters of the authors (Zitzler, Deb, and Thiele) [6]. The

success of the algorithms to solve 5 different MOO test problems was investigated. For each test function, the algorithms were run 10 times and the best and average values were calculated.

Two performance indicators were used to calculate which algorithm yields better results. The first of these, Generational Distance (GD) is shown in Equation 1 [7].

$$GD = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n d_i^2}}{n} \quad (1)$$

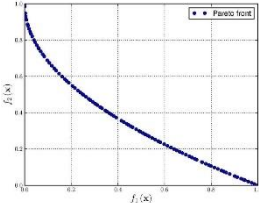
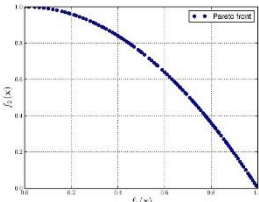
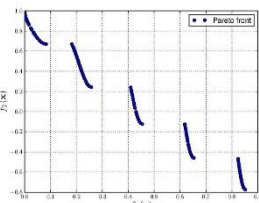
where  $n$  is the number of obtained Pareto optimal solutions.  $d_i$  represents the Euclidean distance between the Pareto optimal solution obtained and the closest true Pareto optimal solution in the reference set. Another indicator, Inverted Generational Distance (IGD) is computed according to Equation 2 [8].

$$IGD = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (d'_i)^2}}{n} \quad (2)$$

where  $n$  is the number of accuracy Pareto optimal solutions.  $d'_i$  represents the Euclidean distance between the accuracy Pareto optimal solution obtained and the closest Pareto solution in the reference set.

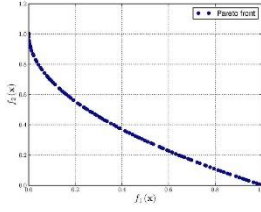
The best and average values of the algorithms for the GD and IGD indicators shown in Table 2 and Table 3 were calculated. Pareto front and convergence graphs related to the obtained performance results are also shown. NSGA-II algorithm obtained worse values in ZDT6 problem and higher values in other functions than MOPSO algorithm. For the ZDT6 problem, the MOPSO algorithm succeeded in overcoming this challenging problem.

**Table 1.** Test Functions for MOO

Functions	Plot	Equation	Lower and Upper Limits
ZDT1		$g(x) = 1 + 9\left(\sum_{i=2}^n x_i\right)/(n-1)$ $f_1(x) = x_1$ $f_2(x) = g(x)[1 - \sqrt{x_1/g(x)}]$	$0 \leq x_1 \leq 1$ $1 \leq i \leq 30$
ZDT2		$g(x) = 1 + 9\left(\sum_{i=2}^n x_i\right)/(n-1)$ $f_1(x) = x_1$ $f_2(x) = g(x)[1 - (x_1/g(x))^2]$	$0 \leq x_1 \leq 1$ $1 \leq i \leq 30$
ZDT3		$g(x) = 1 + 9\left(\sum_{i=2}^n x_i\right)/(n-1)$ $f_1(x) = x_1$ $f_2(x) = g(x)\left[1 - \sqrt{\frac{x_1}{g(x)}} - x_1/g(x)\sin(10\pi x_1)\right]$	$0 \leq x_1 \leq 1$ $1 \leq i \leq 30$



**ZDT4**



$$g(x) = 91 + \sum_{i=2}^n [x_i^2 - 10\cos(4\pi x_i)]$$

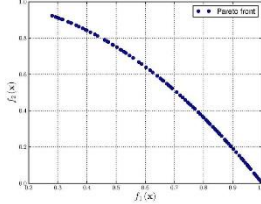
$$f_1(x) = x_1$$

$$f_2(x) = g(x)[1 - \sqrt{x_1/g(x)}]$$

$$g(x) = 1 + 9[(\sum_{i=2}^n x_i)/(n-1)]^{0.25}$$

$$\begin{aligned} 0 \leq x_1 \leq 1 \\ -5 \leq x_i \leq 5 \\ 2 \leq i \leq 10 \end{aligned}$$

**ZDT6**



$$f_1(x) = 1 - \exp(-4x_1)\sin^6(6\pi x_1)$$

$$f_2(x) = g(x)[1 - (f_1(x)/g(x))^2]$$

$$\begin{aligned} 0 \leq x_1 \leq 1 \\ 1 \leq i \leq 10 \end{aligned}$$

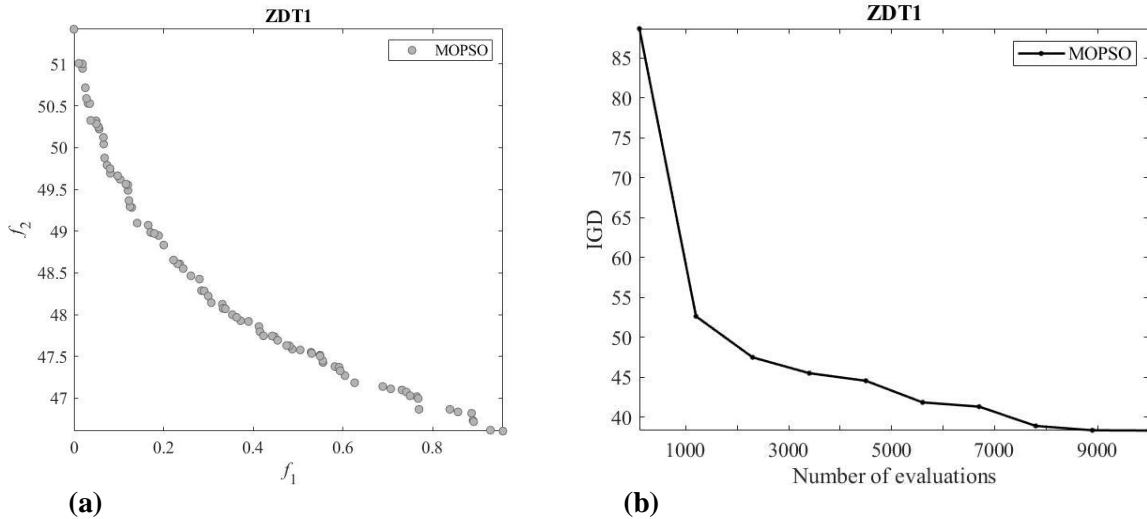
**Table 2.** Comparison of Algorithms in terms of GD

Functions	Algorithms	The Best Value	Average
ZDT1	NSGA-II	<b>5,06E-03</b>	<b>9,69E-03</b>
	MOPSO	3,68E+00	2,25E+01
ZDT2	NSGA-II	<b>1,19E-02</b>	<b>6,59E-02</b>
	MOPSO	2,65E+01	4,61E+01
ZDT3	NSGA-II	<b>4,84E-03</b>	<b>8,03E-03</b>
	MOPSO	4,32E+00	2,82E+01
ZDT4	NSGA-II	<b>4,53E-03</b>	<b>2,13E-02</b>
	MOPSO	1,89E+00	6,97E+00
ZDT6	NSGA-II	<b>2,20E-03</b>	1,71E+01
	MOPSO	9,67E-03	<b>3,32E-01</b>

**Table 3.** Comparison of Algorithms in terms of IGD

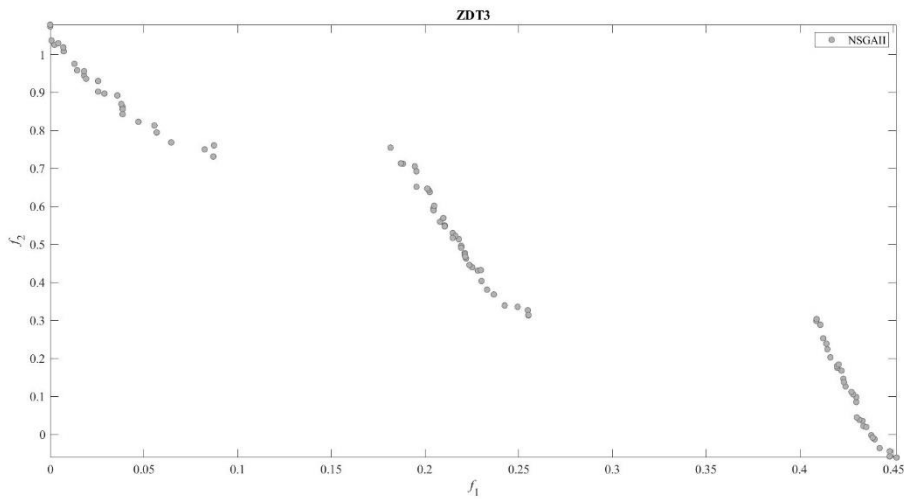
Functions	Algorithms	The Best Value	Average
ZDT1	NSGA-II	<b>6,79E-02</b>	<b>1,70E-01</b>
	MOPSO	3,34E+01	4,32E+01
ZDT2	NSGA-II	<b>4,27E-01</b>	<b>5,88E-01</b>
	MOPSO	2,02E+01	4,64E+01
ZDT3	NSGA-II	<b>7,06E-02</b>	<b>1,76E-01</b>
	MOPSO	2,08E+01	4,62E+01
ZDT4	NSGA-II	<b>5,72E-02</b>	<b>2,61E-01</b>
	MOPSO	7,15E+00	1,69E+01
ZDT6	NSGA-II	2,82E-02	<b>9,43E-02</b>
	MOPSO	<b>5,69E-03</b>	7,51E-01

The best Pareto front was selected for MOPSO and is shown in Figure 4 (a). The graph of the IGD indicator obtained using MOPSO for the ZDT1 function is shown in Figure 4 (b).



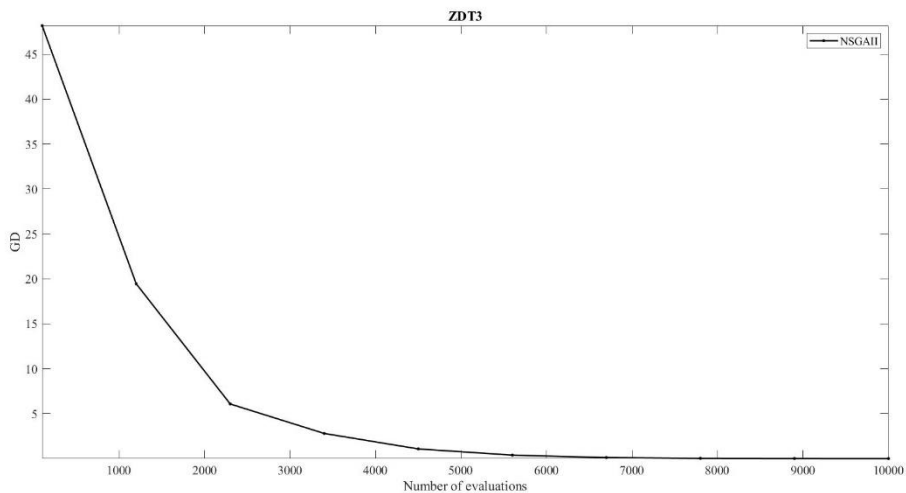
**Figure 4. a)** Pareto Front Obtained using MOPSO for the ZDT1 Function  
**b)** The Convergence Graph of the IGD Indicator for the ZDT1 Function

The Pareto front for the NSGA-II algorithm obtained from the best experimental results is shown in Figure 5.



**Figure 5.** Pareto Front Obtained Using NSGA-II for the ZDT3 Function

The convergence graph of the NSGA-II obtained for the ZDT3 test function is given in Figure 6.



**Figure 6.** The Convergence Graph of the GD Indicator for the ZDT3 Function

## 5. CONCLUSIONS

Artificial intelligence based multi-objective optimization methods are very popular due to the existence of many conflicting objectives in complex real-world problems. In this study, a detailed performance comparison of current artificial intelligence based MOO algorithms, namely MOPSO and NSGA-II that use Pareto approach in terms of GD and IGD metrics is performed in complex benchmark problems.

NSGA-II method seems better than MOPSO method in terms of these two metrics in four out of five benchmark problems for MOO. For the ZDT6 problem, MOPSO found better results according to the average GD and best IGD metric.

The hybrid versions of these artificial intelligence based MOO algorithms can increase the success. Their detailed implementations with respect to other many metrics using optimized parameters in benchmark and real-world problems may be useful for researchers. Adaptive parameters, binary versions, parallel and hybrid implementations using map-reduce programming, proposing efficient initial population generation methods for better results seem potential further research studies.

## REFERENCES

- [1] Chugh, T., Sindhya, K., Hakanen, J., & Miettinen, K. (2019). A survey on handling computationally expensive multiobjective optimization problems with evolutionary algorithms. *Soft Computing*, 23(9), 3137-3166.
- [2] Riquelme, N., Von Lüken, C., & Baran, B. (2015). Performance metrics in multi-objective optimization. In *2015 Latin American Computing Conference (CLEI)* (pp. 1-11). IEEE.
- [3] Mirjalili, S. Z., Mirjalili, S., Saremi, S., Faris, H., & Aljarah, I. (2018). Grasshopper optimization algorithm for multi-objective optimization problems. *Applied Intelligence*, 48(4), 805-820.
- [4] Deb, K., Agrawal, S., Pratap, A., & Meyarivan, T. (2000). A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II. In *International conference on parallel problem solving from nature* (pp. 849-858). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Coello, C. C., & Lechuga, M. S. (2002). MOPSO: A proposal for multiple objective particle swarm optimization. In *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02* (Cat. No. 02TH8600) (Vol. 2, pp. 1051-1056). IEEE.
- [6] Deb, K., Thiele, L., Laumanns, M., & Zitzler, E. (2002). Scalable multi-objective optimization test problems. In *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02* (Cat. No. 02TH8600) (Vol. 1, pp. 825-830). IEEE.
- [7] Van Veldhuizen, D. A., & Lamont, G. B. (1998). Multiobjective evolutionary algorithm research: A history and analysis. Technical Report TR-98-03, Department of Electrical and Computer Engineering, Graduate School of Engineering, Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson AFB, Ohio.
- [8] Sierra, M. R., & Coello, C. A. C. (2005). Improving PSO-based multi-objective optimization using crowding, mutation and  $\epsilon$ -dominance. In *International conference on evolutionary multi-criterion optimization* (pp. 505-519). Springer, Berlin, Heidelberg.

**NEDEN MATEMATİĞE İHTİYAÇ DUYARIZ VE ONU NASIL ÖĞRENEBİLİRİZ?  
WHY DO WE NEED MATHEMATICS AND HOW CAN WE LEARN IT?****Ayhan ESI**

Prof. Dr., Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü

**ÖZET**

Bu çalışma metninde insanoğlunun matematiğe niçin ihtiyaç duyduğunu ve matematiği nasıl öğrenebiliriz konularına değinmeye çalıştık. Matematik, temel olarak insan toplumları ile birlikte yazının ortaya çıkmasıyla muhtemelen fark edilmeden ortaya çıkan bir olgu olduğu düşünülmektedir. Hesaplamanın bir şekilde ortaya çıkması gerekiyordu, çünkü ekili yüzeylerin ölçülmesi, hayvanların sayıca ne kadar olduğunun bilinmesi, ticari faaliyetler, sayım sistemleri, vs gibi kavramların daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç vardı ve matematiğin bu yüzden ortaya çıkmış olduğu açık olarak görülmektedir. Daha gelişmiş matematiğin başlangıçlarının eski Mısır'da olduğu düşünülmektedir (daha sonra Aristoteles (M.Ö.384 -322), öğrencisi Platon (M.Ö. 348/347)). Bugün hala geçerli olan ondalık sayı sistemi Mısırlılar tarafından kullanılıyordu. Dünyanın birçok farklı yerinde farklı sayma sistemleri vardı, örneğin Sümerler 60 lık taban ile sayma sistemini kullanmışlardı. Mısırlılar antik çağın en iyi takvimini icat ettiler (M.Ö. 4. binyıl) Julius Cesar zamanında (Gaius Iulius Caesar, yaklaşık M.Ö.100 - 44 Julian takvimi oluşturulmuştu. Mısırdaki antik çağda yapılan yapılar piramitler dahil olmak üzere dik üçgenden (Kenar uzunlukları 3,4,5 olan dik üçgen, günümüzde Pisagor Teoremi olarak bilinir) faydalanılmıştır. Şüphesiz ki günümüzde temel matematik kurallarının oluşumu ve astronomi hakkında sadece Mısırdaki değil aynı zamanda Mezopotamya'da, Hindistan'da, Çin'de ve Antik Yunan'da birçok matematiksel bilgidenden bahsetmek mümkündür. Bununla birlikte, başlangıçta, insanoğlu matematik (bu terimi ilk kullanan Pisagor gibi görünüyor) bilgilerini bir zorunluluk olarak geliştirdi ve insanoğlu Matematiği az veya çok sofistike biçimlerde kullanılması ile ileri düzeyde ve pratik problemleri çözmek için her zaman devam etmiş ve gelecekte de devam edecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Matematik, altın oran.**ABSTRACT**

In this text, we tried to address why human beings need mathematics and how we can learn mathematics. Mathematics is thought to be a phenomenon that probably arises unnoticed with the emergence of writing primarily with human societies. The calculation had to come about in some way, because there was a need for a better understanding of the concepts such as measuring cultivated surfaces, knowing how many animals are in numbers, commercial activities, counting systems, etc., and that is why mathematics is evident.

The beginnings of more advanced mathematics are thought to be in ancient Egypt (later Aristotle (384-322 BC), his student Plato (348/347 BC)). The decimal number system still in use today was used by the Egyptians. There were different counting systems in many different parts of the world, for example the Sumerians used a 60-foot counting system. The Egyptians invented the best calendar of the antiquity (4th millennium BC) Julius Cesar (Gaius Iulius Caesar, the Julian calendar of around 1600 BC -44 BC) The structures built in ancient times in Egypt, including pyramids, are made of orthogonal triangles. perpendicular triangle of length 3,4,5, now known as Pythagorean Theorem. Certainly, it is possible to talk about the formation of basic mathematical rules and astronomy today not only in Egypt but also in Mesopotamia, India, China and Ancient Greece. Initially, however, human beings developed mathematical knowledge (which seems to be the first Pythagorean to use this term) as a necessity, and human mathematics has always continued to solve advanced and practical problems with more or less sophisticated use of Mathematics and will continue in the future.

**Key words:** Mathematics, golden ratio.**1.GİRİŞ**

Matematiğin temel olarak insan toplumları ile birlikte yazının ortaya çıkmasıyla muhtemelen fark edilmeden ortaya çıkan bir olgu olduğu düşünülmektedir. Bazı şeyleri hesaplamanın bir şekilde ortaya çıkması gerekiyordu, çünkü ekili yüzeylerin ölçülmesi, hayvanların sayıca ne kadar olduğunun

bilinmesi, ticari faaliyetler, sayım sistemleri, vs gibi kavramların daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç vardı ve matematiğin bu yüzden ortaya çıkmış olduğu açık olarak görülmektedir.

Daha gelişmiş matematiğin başlangıçlarının eski Mısır'da olduğu düşünülmektedir (daha sonraları Aristoteles (M.Ö.384 -322), öğrencisi Platon (M.Ö. 427--)) örneklerinde olduğu gibi). Bugün hala geçerli olan ondalık sayı sistemi Mısırlılar tarafından kullanılıyordu. Dünyanın birçok değişik yerinde farklı sayma sistemleri vardı, örneğin Sümerler 60 lık taban ile sayma sistemini kullanmışlardı. Mısırlılar antik çağın en iyi takvimini icat ettiler (M.Ö. 4. binyıl) Julius Cesar zamanında (Gaius Iulius Caesar, yaklaşık M.Ö.100-44) Julian takvimi oluşturulmuştu. Mısırdaki antik çağda yapılan yapılar piramitler dahil olmak üzere dik üçgenden (Kenar uzunlukları 3,4,5 olan dik üçgen, günümüzde Pisagor Teoremi olarak bilinir) faydalanılmıştır.

Şüphesiz ki günümüzde temel matematik kurallarının oluşumu ve astronomi hakkında sadece Mısır'da değil aynı zamanda Mezopotamya'da, Hindistan'da, Çin'de ve Antik Yunan da birçok matematiksel bilgidenden bahsetmek mümkündür. Bununla birlikte, başlangıçta, insanoğlu matematik (bu terimi ilk kullanan Pisagor gibi görünüyor) bilgilerini bir zorunluluk olarak geliştirdi ve insanoğlu matematiği az veya çok sofistike biçimlerde kullanılması ile ileri düzeyde ve pratik problemleri çözmek için her zaman devam etmiş ve gelecekte de devam edecektir.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Matematikçiler tarih boyunca çeşitli matematiksel problemlerle baş etmeye ve bunları çözmeye uğraştılar, bu uğraş günümüzde de devam etmektedir. Örneğin pi sayısının rasyonel bir sayı mı yoksa irrasyonel bir sayı mı olduğu problemi hala uğraşlar arasındadır. Salt matematiksel olarak, matematiğin doğrudan insanın pratik deneyimleriyle bağlantılı olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin Öklid'in yedinci postülatı, çok inandığı paralellik postülatı idi ve Öklid'in diğer postülatları ve aksiyomlarından kaynaklanıyordu. 19. yüzyılın Janos Bolyai (1802-1860) ve Nikolai Lobacevski (1792-1856) bağımsız olarak ve hemen hemen aynı anda ortaya çıkmış, Öklid'in paralellik aksiyomunu inkar ederek, birinden farklı geometriler elde etmişlerdir. Ve bunlar Öklid olmayan geometri olarak adlandırılmıştır. Özellikle, hiperbolik geometri (Öklid olmayan); daha sonra 1916'da Einstein tarafından (Albert Einstein, 1879-1955) geliştirilmiş görecelilik teorisinde kullanılmıştır. Bazen, bir sanat eserinde matematiği uygulamasına daha yakın olduğunu söyleyebiliriz ve buradan aslında pür matematik ve uygulamalı matematik arasında kesin bir sınır olmadığı anlamını çıkarabiliriz. Bazen matematik sanatsal eserlere de ilham verebilir. Ressam Victor Foca altın tarikatının (ya da ilahi tarikatın) resimlerini tanımlamak için çeşitli düzenli geometrik şekiller kullanmıştır. Matematikle sanatın en ilişkili olduğu durumlardan biride "altın oran" dır. Altın oran, altın ortalama, altın bölüm ve mükemmel orantı olarak da bilinen bir sabit sayıdır. Altın oran sisteminin matematiksel sabit sayısal değeri  $\frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1,618$  dir. Doğada bir bütün ile parçaları arasında gözlemlenebilen ve yüzyıllarca sanat

ve mimaride uygulanan ve göze son derece hoş gelen geometrik ve sayısal bir oran bağlantısıdır. Antik çağda ressam ve heykeltıraşlar ideal insan ölçüsünün nasıl olması gerektiği üzerine kafa yormuşlar ve ideal insan ölçüsünü şöyle tanımlamışlar: "Boy uzunluğunun göbekten ayak uçlarına olan uzunluğa oranı, göbekten ayak uçlarına olan uzunluğun göbekten başucuna olan uzunluğa olan oranına eşit." Bu altın oranı matematiksel olarak tanımlamak gerekirse ikiye bölünen bir doğru parçasının tamamının büyük parçaya oranının büyük parçanın küçük parçaya oranının birbirine eşitlenmesi ile elde edilir. Altın oran olan 1,618, biyolojide, matematikte ve sanat tarihinde önemli bir sayıdır. Örneğin salyangoz kabuğu altın oranla bağlantılıdır (Storeygard, 2001). Altın oran insanoğlu tarafından yüzyıllardan beri kullanılmaktadır, antik çağlardan kalan birçok eserde görülebilir. Bunlardan birisi milattan önce 2500 yıllarında yapıldığı tahmin edilen Mısır'daki büyük piramittir. Mimar Sinan'ın inşa ettiği Süleymaniye ve Selimiye Camileri'nin minarelerinde, Konya'da Selçukluların inşa ettiği İnce Minareli Medresenin taç kapısında, İstanbul'daki Davut Paşa Camisinde, Sivas'ta Mengüçoğulları'ndan günümüze miras kalan Divriği Külliyesinde altın oran görülür. Altın Oran kuralının örneklerini mimarlığın dışında diğer sanat dallarında da görmek mümkündür. Rönesans dönemi sanatçılarından olan Leonardo'nun ünlü Mona Lisa tablosunda altın oran görülmektedir. Matematiğin içinde genellikle doğrusallık (vektörel) gösterimi bulabilirsiniz. Örneğin atmosferik akımların hareketi, hava çevresinde hava akışı kanalları, kanın damarlardan akışı vs. Özellikle, Navier-Stokes denklemleri uçak tasarlarken kullanılır.

Matematik din ile de bağdaşmaz değildir. Gerçekten de bugün tanrıya inanan matematikçiler vardır. Bazıları matematiksel doğruların ilahi ilham kaynaklı olduğuna inanır. Örneğin, Srinivasa Ramanujan (1887-1920, matematikçi Hintli) ortaya koyduğu teoremleri Tanrı'nın rüyasında kendisine söylediğini açıklamaktadır. Dahası, bazıları matematiğin Tanrı'ya giden bir yol olduğunu düşünmekte ve güzellik ile mükemmelliği ile matematiğin tanrıya ulaşmada bir yol olduğunu düşünmektedir.

Matematik, öğrenim hayatımızda ana disiplinlerden biridir ve eğitim hayatımızda diğer disiplinleri ve hayatımızdaki mantıksal ilişkileri anlamamızda önemli bir rol oynamaktadır. Bir şeyin faydalı olması demek beşeri ihtiyaçları karşılama kapasitesine sahip olması ve bazı ihtiyaçları gidermesi demektir. Matematiğin sağladığı faydaların çeşitliliğini bugün hayretler içinde izliyoruz. Örneğin görsel güzelliklerin gösterilmesi, bir binanın statiklerinin hesaplanması ve projelendirilmesi matematiğin eseridir. Ekonomide milli gelir, ithalat ve ihracat düzeyleri, enflasyon oranları, büyüme oranları, faiz oranları, finansal analizler, üretim maliyetleri gibi, yaşamımızın her alanında ve her anında matematik ile iç içe olduğumuz bir gerçektir. Sonuç olarak, matematiğin insan toplumu için yararlı olduğunu söyleyebiliriz ve ünlü matematikçi Gauss'un dediği gibi, bilimin kraliçesi olarak (Carl Friedrich Gauss, 1777-1855, matematikçi, ve Alman gökbilimci) matematik; hayatımıza büyük yararlar getirir ve üretim yapmamızı sağlar.

### 3.MATEMATİĞİ NASIL ÖĞRENEBİLİRİZ

Matematik hayatın her alanında karşımıza çıkan bir olgu olarak klasik hayatımızın temel bileşeni olarak adlandırılmakta ve analitik, doğru düşünme yeteneği matematik bilgi ve becerisi arttıkça gelişmektedir. Bir bardak çay örneğini ele alalım. Çayın miktarı, şekerin miktarı ve su eklemek için matematiğin kullanılması gerekiyor. Matematik bilen bir kişi de algılama, algoritma üretme ve çözüme gitme kapasitesi artmaktadır. Matematiksel beceri ve bilgi, mühendislik alanındaki nicel beceriler için çok önemlidir. Bir mühendis, mekanik, elektronik, havacılık, otomobil, kimya, bilgisayar bilimleri gibi birçok bölümden matematik yardımıyla bilgiler edinir. Dolayısıyla matematik her alanda hayattır. **Matematik** öğrenme, sadece okulda gerçekleştirilebilen bir faaliyet değildir. İnsan hayatı içinde öğrenmeyi her yaşta devam ettirmektedir. Matematik öğrenmek isteyen kişiye **matematik** öğretiminde öncelikle saygı, sevgi ve sabırla bu bilimin ilkeleri ve teknikleri ile tanıştırmak öğretimin nasıl olması konusunda kuramsal bir bakış açısı kazandırmak oldukça önemlidir. Matematik öğretiminin geliştirilmesi ile ilgili olarak akla genellikle öğretim ve matematik öğreten kişi gelir. Fakat matematik öğrenme sadece bir tek unsur değildir, yani sadece öğreten yoktur, bunun yanında öğrenen de vardır. Bu durumda öğreten kadar öğrenenin de üzerinde düşünülmesi ve araştırılması gerekir. Daha açık bir ifade ile nasıl öğretileceği yanı sıra nasıl öğrenileceği ve öğrenilen matematik bilgilerinin hafızada nasıl tutulacağı üzerinde kesinlikle durulacağını düşünmeliyiz. Burada asıl amacın hem öğretene hem de öğrenene yardımcı olmamız gerektiğidir. Etkili öğretim ve tam öğrenme modelleri üzerinde durmamız ve matematik öğrenilenlerin yararlanacağı modeller geliştirilmesi gerekmektedir. Öğrenmek aslında, bilgi olarak donanmaktan çok, bilgilerin beceri olarak eyleme geçme halidir. Yani matematik sayılarını bilen fakat kullanmayan birisi matematik öğrenmiş sayılmaz. Öğrenmek bir beceri kazanma ve bunu özgür ifade ile kullanabilme biçimidir. Örneğin göçmen kuşlar göç edecekleri yeri öğrenerek bulamazlar. Zürafa, fil ve at doğduğunda birçok eylemi öğrenmeden yaparlar. Bu açıdan öğrenciler diğer canlılara göre biraz şanssızdır. Çünkü öğrenci sınıf geçmek için çalışarak öğrenmek zorundadır. Bunun sonucunda öğrencinin matematik öğrenmesi bitmez. Diğer yandan planlı olmak hayatın önemli bir parçasıdır. Hayatın her kesit alanında planlı olmak çok önemlidir. Matematik dersi çalışırken, hep planlı veya plansız olmanın farkını yaşarız. Planlama varsa geleceğimizi kontrol altına alabiliriz ve mevcut enerjimizden tasarruf yapabiliriz. Bunun için öncelikle seçeceğimiz matematik kitapları ve öğreticilerin matematik konusundaki yeterliliklerinin araştırılması ve bilinmesi gereklidir. Daha sonra matematik bilginiz konusunda neredeyiz, ne durumdayız? hedefimiz nedir hedef ulaşabilmemiz için neler yapmalıyız ve odaklandığımız hedefe ulaştığımızı nasıl anlarız? sorularının cevapları oldukça önemlidir. Bahsedilen sorular çerçevesinde yapacağımız planlar, hayatın her alanında olduğu gibi öğrenme için yaptığımız çalışmaların ve harcadığımız zamanın da verimli olmasını sağlar. Öğrencinin başarılı bir öğrenim hayatı sürmesi için kısa ve uzun vadeli planları olmalıdır. Zamanı yönetmek her öğrencinin önceliklerinden birisi olmalıdır. Zamanı iyi bir şekilde yönetmek için öncelikle hedefli ve amaç uğruna çalışmak gerekir. Zamanı verimli bir biçimde kullanabilmek için en iyi yöntem, yapılacak işleri sırasıyla, “yapılmalı”, “yapılırsa iyi olur” ve “kesinlikle yapılmalı” biçiminde sınıflandırmak gerekir. Çok sık duyduğumuz ‘zaman’ azlığı ve yokluğu biçimindeki yakınmalar zamanın iyi yönetilemeyeşinden



kaynaklanır. Zamanı çok iyi kontrol ettiğinizde matematik çalışmak, dinlenmek ve eğlenmek için de vakit bulunacağı unutulmamalıdır. Zaman, bize verilen sürenin tamamıdır. Zaman, ne başka bir şeyle değiştirebilir, ne ödünç alınabilir, ne saklanabilir, ne çoğaltılabilir, ne durdurabilir, ne de geriye dönüştürebilir. Bu açıdan zamanı yönetmekten daha çok kendimizi zaman içinde yönetebilmeyi iyi kavramalıyız. Daha açık bir ifade ile neyi, niçin ve ne zaman yapmayı planlamak ve buna uymak zorundayız.

#### 4.SONUÇ

Matematik dersini çok iyi öğrenmek istiyorsanız, zaman yönetiminde doğru zamanı seçebilme ve çok önceliklerinizi çok iyi sıralayabilme ve yolun çok uzun bir yol olduğunu bilerek bıkmadan denemeyi devam edilmelidir.

#### KAYNAKÇA

1.<http://www.altinoran.gen.tr/mona-lisa-altin-oran.html>

2. Coxeter H.S.M, Escher: Art and Science, Elsevier Science Publishers, 1986.

3. Fomenko A., Mathematical Inspirations, American Mathematical Society Press, 1990.

4. Kappraff J., Conecttons: The Geometric Bridge between Art and Sciences, Mc GrawHill Pub. Co.1991.

5. Nargel E., Newman J.R., çev: Gözkan B., Gödel Kanıtlanması, Sarmal yayınevi, 1994.

**HASTANEMİZDE TİROİD NODULÜ İLE CERRAHİ AÇIDAN TAKİP ETTİĞİMİZ GENÇ  
HASTALARIN KLİNİK DEĞERLENDİRMESİ**  
CLINICAL EVALUATION OF YOUNG PATIENTS WITH THYROID NODULES REGARDING  
SURGICAL APPROACH IN OUR HOSPITAL

**Yuksel ALTINEL**

MD., MMSc. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bağcılar Eğitim Araştırma Hastanesi, Genel Cerrahi  
Kliniği

**ÖZET**

Tirod neoplazmları, tiroid gland içerisinde meydana gelen tümör yapısındaki nodüler lezyonlardır. Tiroid neoplazmları iyi ve kötü huylular olarak iki grupta değerlendirilir. Özellikle benign ve malign neoplazmlarının nitelikleriyle tanı yöntemleri olarak primer ultrasonografi (USG) ve takibinde ince iğne aspirasyon biopsi (İİAB) teknikleri kullanılmaktadır. Biz çalışmamızda, 35 yaş ve altında takiplerinde tiroid nodülü rastladığımız genç hastaların klinik sonuçlarını üzerine olan etkilerini araştırdık.

2016-2019 yılları arasında Bağcılar Eğitim araştırma hastanesi genel cerrahi servisinde tiroid nodülü nedeniyle opere edilen hastalar retrospektif olarak değerlendirildi. 35 yaş ve altındaki genç hastaların ultrasonografik, demografik ve patolojik sonuçları incelendi. Bethesda tiroid nodülü klasifikasyonu 3-4-5 olan hastalar dahil edildi.

Kliniğimizde 18-35 (ortalama 28) yaş arası tiroid nodülü takip edilen ve total tiroidektomi yapılan 19 hasta incelendi. 8 (%42) erkek idi. Ultrasonografide nodul boyutu ortalama 26 (4-65) mm idi. USG de; 4 (%21) hastada mikrokalsifikasyon, 1 (%5) düzensiz nodul sınırı, 11(%58) hipoekojenite, 7 (%37) servikal lenfadenopati, 1 (%5) nodülde vaskülarite artışı izlendi. İİAB sonucunda; 10 (%53) hastada benign, 7 (%37) şüpheli, 2(%10) malign neoplazi olarak değerlendirildi. Total tiroidektomi sonucunda 16 (%85) hastada papiller karsinom ve 3 (%15) medüller karsinom saptandı. Hastaların bilinen tiroid aile kanseri hikayesi ve boyuna radyasyon öyküsü bulunmamaktaydı.

Tiroid nodüllerinin uzun yıllardan beri benign ve malign ayırıcı tanısında ve cerrahi endikasyon koymada en önemli ve en çok kullanılan bir yöntem olan ultrasonografi eşliğinde ince iğne aspirasyon biopsisi genç hastalarda öncelikle yapılmalıdır. Nodul boyutuna bakılmaksızın biopsi sonucundan bağımsız yeri geldiğinde tekrar edilmeli ve genç hastalarda yakın takipte olunması önemle gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler;** Tiroid Nodülü, Genç Hasta, Neoplazi, Karsinom

**ABSTRACT**

Thyroid neoplasms are nodular lesions in the thyroid gland. Thyroid neoplasms are evaluated in two groups as benign and malignant. Primary ultrasonography (USG) and fine needle aspiration biopsy (FNAB) techniques are used as diagnostic methods especially for benign and malignant neoplasms. In our study, we investigated the effects of clinical findings on young patients with thyroid nodules at the age of 35 years and younger.

The patients underwent to surgery for thyroid nodule in Bağcılar Training and Research Hospital General Surgery Department between 2016-2019 were evaluated retrospectively. Ultrasonographic findings, demographic and pathological results of 35 years old and younger patients were investigated. Bethesda thyroid nodule classification of 3, 4 and 5 were included in the study.

Nineteen patients between 18-35 years (mean 28 years) who underwent total thyroidectomy in our clinic were evaluated. 8 (42%) were male. The mean nodule size on ultrasonography was 26 (4-65) mm. In the USG; microcalcification was observed in 4 (21%) patients, 1 (5%) irregular nodule border, 11 (58%) hypoechogenicity, 7 (37%) cervical lymphadenopathy, and 1 (5%) nodule with increased vascularity. As a result of FNAB; ten (53%) patients were evaluated as benign, 7 (37%) suspected, 2 (10%) malignant neoplasia. Total thyroidectomy revealed papillary carcinoma in 16 (85%) and medullary carcinoma in 3 (15%) patients. There was no known history of thyroid family cancer or radiation.

Ultrasonography-guided fine-needle aspiration biopsy, which is the most important and most widely used method in differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules for long years, should be primarily performed in young patients. Regardless of the size of the nodule, it should be repeated when the biopsy results are insufficient and close follow-up is initially required in young patients.

**Key words:** Thyroid Nodule, Young Patients, Neoplasia, Carcinoma

**SAĞ ATRİYUMUN PRIMER KARDİYAK ANJİYOSARKOMU (NADİR BİR OLGU)**  
**PRIMARY CARDIAC ANGIOSARCOMA OF THE RIGHT ATRIUM (AN UNUSUAL CASE)**

**İbrahim Murat ÖZGÜLER**

Fırat Üniversitesi Kalp ve Damar Cerrahisi AD. Elazığ-Türkiye

**Giriş:** Primer kardiyak anjiyosarkom en agresif seyirli primer kardiyak tümör olup vasküler orjinlidir (1). Sıklıkla sağ atriyumda ortaya çıkarlar ve dispne, öksürük, kalp yetmezliği ve aritmi gibi nonspesifik semptomlar görülür (2). Geç tanı kötü prognozla ilişkilidir. Tedavisi ile ilgili henüz bir guideline bulunmamaktadır. Radikal rezeksiyonu takiben adjuvan radyoterapi bu hastalığın standart tedavisi olarak kabul edilmiştir.

**Olgu:** 68 yaşında erkek hastaya, erken yorulma, halsizlik ve kilo kaybı nedeniyle kliniğimizde koroner, periferik ve renal anjiyografi uygulandı. Koroner arterlerinde sirkumfleks arter ve sağ koroner arterinde %95 lezyon tespit edildi. Periferik olarak bilateral süperfisyel femoral arterlerinde %60-70 lezyonlar saptandı. Yapılan ekokardiyografide ejeksiyon fraksiyonu %40, sağ atriyumda 2.6x1.9 cm ebadında kitle ve sol ventrikülde sistolik disfonksiyon tespit edildi. Biyokimyasal verileri normal olan hastaya 2'li koroner bypass ve sağ atriyal kitle eksizyonu planlandı. Kontrastlı bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans inceleme yapıldı (Resim 1-2). 17.04.2017 tarihinde hasta opere edildi. Sağ atriyal kitle karakteri nedeniyle miksomaya benzemiyor ve sarkomu düşündürüyordu (Resim 3-4-5). Hasta şifa ile postoperatif 5. günde taburcu edildi. Patoloji sonuçları anjiyosarkom lehine geldi. Onkoloji kliniği ile konsülte edilen hastaya takip önerildi. Sonraki tarihlerde yapılan kontrol ekokardiyografik ve tomografik incelemelerde sağ atriyum tamamen normal olarak tespit edildi. Hasta 25.08.2018 tarihinde operasyondan yaklaşık 1.5 yıl sonra ani başlayan nefes darlığı nedeniyle hastanemiz acil servisine başvurdu ve entübe edilerek yoğun bakım ünitemize yatırıldı. Burada yapılan kontrol ekokardiyografi tamamen normaldi. Kontrastlı tomografi sonuçlarında herhangi bir patoloji saptanamadı (Resim 6). Metastaza ait bir bulgu da görülmedi. Giderek kötüleşen hasta yatışının 9. gününde kaybedildi.

**Sonuç:** Primer kardiyak anjiyosarkom nadir görülen bir hastalık olup erken dönemde tanısı zordur. Birçok hasta bu nedenle operasyon şansını kaybetmektedir (3). Genelde kemoterapi ve radyoterapiye cevap vermemektedir. Cerrahi ve medikal tedavilerle survey ancak 33 ay civarına kadar uzatılabilmekte ve bizim hastamızda da tanısı takiben hasta 16 aylık bir surveye ulaşabilmiştir (4-6).

**Anahtar Kelimeler:** Anjiyosarkom, Kardiyak, Tümörler

**Introduction:** Primary cardiac angiosarcoma is the most aggressive primary cardiac tumor with the vascular origin (1). It often occurs in the right atrium and has nonspecific symptoms such as dyspnea, cough, heart failure and arrhythmias (2). Late diagnosis is associated with poor prognosis. There is no guideline for the treatment yet. Adjuvant radiotherapy following radical resection has been accepted as the standard treatment of this disease.

**Case:** A 68-year-old male patient was underwent coronary, peripheral and renal angiography in our clinic because of fatigue and weight loss. 95 % stenosis were detected at circumflex artery and right coronary artery. Peripherally, 60-70 % stenosis were detected at bilateral superficial femoral arteries. Echocardiography revealed a 40% ejection fraction, a 2.6x1.9 cm mass in the right atrium and a systolic dysfunction of the left ventricle. The patient's biochemical data were normal. Coronary bypass of two vessel and right atrial mass excision were planned. Contrast-enhanced computed tomography and magnetic resonance imaging were performed (Figure 1-2). The patient was operated on 17.04.2017. The right atrial mass did not resemble myxoma because of its character and it suggested like a sarcoma (Figure 3-4-5). The patient was discharged on postoperative day 5. Pathology results were indicated the angiosarcoma. Follow-up was recommended to the patient by the consultation of the oncology clinic. Follow-up echocardiographic and tomographic examinations were revealed that the right atrium was completely normal. The patient was admitted to the emergency department of our hospital due to sudden onset of shortness of breath on 25.08.2018, approximately 1.5 years after the operation and was intubated and hospitalized in our intensive care unit. Control echocardiography was performed and

completely normal. No pathology was detected in contrast-enhanced tomography (Figure 6). There was no evidence of metastasis. The patient worsened and died on the 9th day of hospitalization.

**Results:** Primary cardiac angiosarcoma is a rare disease and its diagnosis is difficult in the early period. Many patients were therefore lose their chance of operation (3). It generally does not respond to chemotherapy and radiotherapy. Surveillance can be extended to 33 months after surgical and medical treatments and in our patient, the patient was able to reach a 16-month surveillance following the diagnosis (4-6).

**Keywords:** Angiosarcoma, Cardiac, Tumours

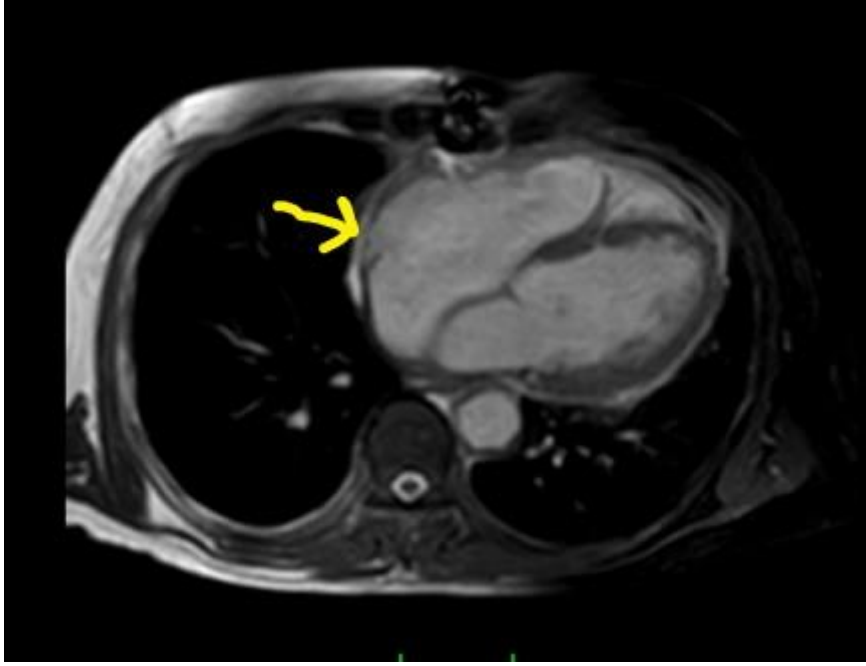
**Referanslar:**

- 1- Silverman NA. Primary cardiac tumors. *Ann Surg* 1980;191:127–38.
- 2- Kim CH, Dancer JY, Coffey D, et al. Clinicopathologic study of 24 patients with primary cardiac sarcomas: a 10-year single institution experience. *Hum Pathol* 2008;39:933–8.
- 3- Meis-Kindblom JM, Kindblom LG. Angiosarcoma of soft tissue: a study of 80 cases. *Am J Surg Pathol* 1998;22:683–97.
- 4- Park WK, Jung SH, Lim JY. Cardiac angiosarcoma on the right atrium: two cases. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;45: 120–3.
- 5- Wang M, Fu G, Jiang H, et al. Multimodality treatment for cardiac angiosarcoma. *Intern Med* 2014;53:1949–53.
- 6- Jang Y, Kim J, Shim JW, et al. Primary cardiac angiosarcoma: a prolonged response to surgical resection followed by concurrent chemoradiotherapy with docetaxel. *Springerplus* 2016;5:648.

**Resimler:**  
**Resim 1**



**Resim 2:**



**Resim 3:**





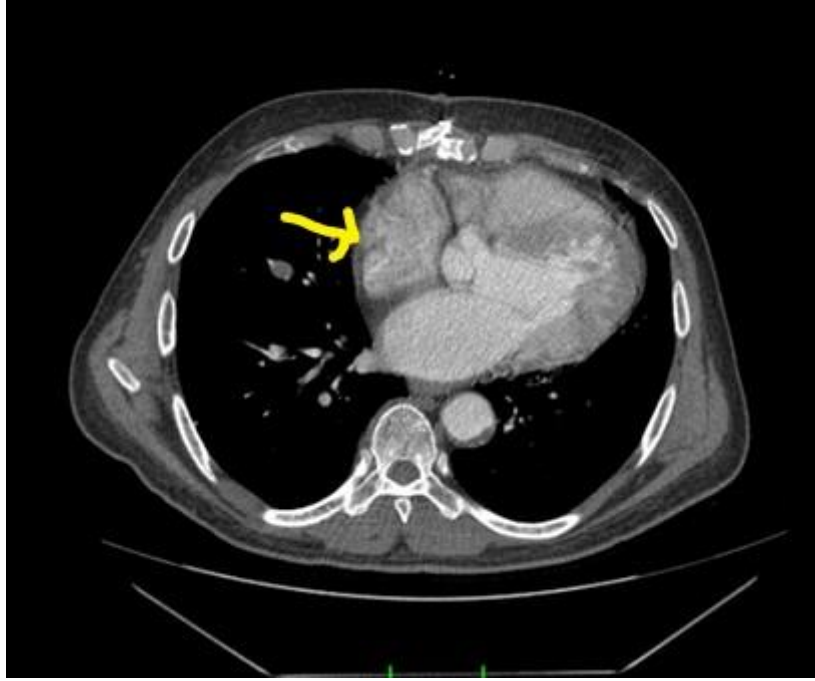
**Resim 4:**



**Resim 5:**



Resim 6:



**KARDİYO-PULMONER BYPASS EŞLİĞİNDE KORONER ARTER BYPASS GREFT CERRAHİSİNDE GHRELİN, OBESTATİN VE ISI ŞOK PROTEİNLERİ 70'İN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

THE INVESTIGATION OF CHANGES IN GHRELIN, OBESTATIN AND HEAT SHOCK PROTEIN-70 IN CORONARY ARTERY BYPASS GREFT (CABG) SURGERY WITH CARDIO-PULMONARY BYPASS (CPB)

**Latif Üstünel**

Fırat Üniversitesi Kalp ve Damar Cerrahisi AD, Elazığ Türkiye

**Giriş:** Kardiyopulmoner bypass (KPB) organizma için benzersiz bir stres faktörü olup, tüm organlar dolaşımında ortaya çıkan değişimler ve gelişen sistemik inflamatuvar yanıt sonucu etkilenmektedirler (1-2). KPB sırasında endokrin organlardan adrenal bezler, tiroit, pankreas ile hipofizin sekresyonları değişmektedir (3). Bu çalışmada KPB eşliğinde koroner bypass operasyonu geçiren hastalarda “ghrelin” ve bu hormona zıt etki gösteren “obestatin” ile ısı şok proteini 70’in (HSP 70) düzeyleri araştırılmıştır.

**Materyal ve Metod:** Çalışmamızda KPB eşliğinde koroner arter bypass greftleme (KABG) uygulanan hastalarda serum ghrelin, obestatin ve HSP 70 düzeyleri 7 dönemde değerlendirildi. Bu dönemler; T1 anestezi indüksiyonu öncesi, T2 KPB öncesi, T3 kross klemp kaldırılmadan 5 dakikada önce, T4 kros klemp kaldırıldıktan 5 dakika sonra, T5 protamin infüzyonu sonrası, T6 postoperatif 24. saat ve T7 postoperatif 48. saattir. Toplamda 25 hasta çalışmaya dahil edildi, tümüne KPB eşliğinde KABG operasyonu uygulandı.

**Bulgular:** Hastalarda, belirtilen zamanlarda serum ghrelin seviyelerinde kademeli olarak bir düşüş saptandı. Hasta ısısı 30 °C olduğunda en düşük, sonra yeniden artarak eski değerlerine ulaştı. Postoperatif 24. ve 48. saatlerde bazal değerlerin üzerine çıktı. Kadınlarla erkekler karşılaştırıldığında postoperatif 48. saatte kadınların açıl ghrelin değerlerinin yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0,05$ ). Serum obestatin seviyeleri de kademeli olarak düşerek hasta ısısı 30 derece olduğunda en düşük seviyelerde tespit edildi; daha sonra yeniden artarak postoperatif 48. saatte operasyon öncesine yakın değerler ölçüldü. Kadınlarla erkekler arasında anlamlı bir fark saptanamadı. Serum HSP 70 değerlerinin KPB öncesi arttığı, kros klemp kaldırıldıktan 5 dakika sonrasında ise pik değerlere ulaşıldığı ve postoperatif 48. saatte kadar da kademeli olarak düştüğü saptandı. Kadınlarla erkekler karşılaştırıldığında kros klemp alınmadan 5 dakika önce kadınlarda serum HSP 70 değerleri anlamlı ölçüde yüksek saptandı ( $p<0,05$ ).

**Sonuç:** Bu değişikliklerin nedeninin KPB esnasında işlemin doğasından kaynaklanan vücut ısısındaki değişimler (30-36.5°C arası) ve KPB nedeniyle oluşan inflamatuvar yanıtla bağlı olduğu düşünülmektedir (4-6).

**Anahtar kelimeler:** Ghrelin, obestatin, koroner, bypass

**Introduction:** Cardiopulmonary bypass (CPB) is a unique stress factor for the organism and causes to systemic inflammatory response that is affected by the changes in the circulation of all organs (1-2). Secretions of the endocrine organs like adrenal glands, thyroid, pancreas and pituitary glands change during CPB (3). In this study, levels of “ghrelin” and “obestatin” which have opposite effects to this hormone and heat shock protein 70 (HSP 70), were investigated in patients undergoing coronary artery bypass grafting.

**Materials and Methods:** In this study, serum ghrelin, obestatin and HSP 70 levels were evaluated in patients undergoing coronary artery bypass grafting (CABG) with CPB technic in 7 periods. These periods; before induction of anesthesia T1, before CPB T2, 5 minutes before cross clamp removal T3, 5 minutes after cross clamp removal T4, after protamine infusion T5, postoperative 24th hour T6 and postoperative 48th hour T7. A total of 25 patients were included in the study and all underwent CABG operation with CPB technique.

**Findings:** Patients had a gradual decrease in serum ghrelin levels at the indicated times. When the patient's temperature was 30 °C, it reached its lowest values and then increased again. Postoperative 24th and 48th hours it reached above the baseline values. When the women and men were compared,

the acyl ghrelin levels were higher in the 48th postoperative hour ( $p < 0.05$ ). Serum obestatin levels also decreased gradually and were detected at the lowest levels when the patient's temperature was 30°C degrees; the values were measured like the same degrees as preoperatively again at 48 hours postoperatively. There was no significant difference between men and women. Serum HSP 70 values were increased before CPB, peak values were dedected at 5 minutes after cross clamp removal and decreased gradually until the 48th hour postoperatively. Serum HSP 70 levels were significantly higher in females at 5 minutes before cross-clamping period when compared to females ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The reason for these changes is thought to be due to changes in body temperature (30-36.5°C) caused by the nature of the procedure during CPB and the inflammatory response as a result of CPB (4-6).

**Keywords:** Ghrelin, obestatine, coronary, bypass

**Referanslar:**

1. Wan S, LeClerc JL, Vincent JL. Inflammatory response to cardiopulmonary bypass. *Chest* 1997; 112: 676-692.
2. Huang C, Yuan M, Huang H, Wu G. Ghrelin inhibits post-infarct myocardial remodeling and improves cardiac function through anti-inflammation effect. *Peptides* 2009; 30: 2286–2291.
3. Gourcerol G, Million M, Adelson DW, Wang Y, Wang L, Rivierve J, et al. Lack of interaction between peripheral injection of CCK and obestatin in the regulation of gastric satiety signaling in rodents. *Peptides* 2006; 27: 2811-2819.
4. Glover JR, Lindquist S. Hsp104, Hsp 70, and Hsp40: a novel chaperone system that rescues previously aggregated proteins. *Cell* 1998; 94: 73–82.
5. Hiroyuki Kaiya veerle M, Darras, Kenji K. Ghrelin in birds: its structure, distribution and function. *The Journal of Poultry Science* 2007; 44: 18.
6. Nagaya N, Kangawa K. Ghrelin, a novel growth hormone-releasing peptide, in the treatment of chronic heart failure. *Regul Pept* 2003; 114: 71-77.

**ACİL ENDİKASYONLARDA HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİNİN KULLANIMI****Ali Erdal GÜNEŞ**

Dr. Öğ. Üy. Harran Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı

**ÖZET**

Hiperbarik oksijen tedavisi ülkemizde kabul görmüş bilimsel bir tedavi yöntemidir. Ülkemiz Sosyal Güvenli Kurumu tarafından belli endikasyonlarda ödemesi yapılmaktadır. Bu endikasyonlar oluşturulurken ülkemizden Sualtı Hekimliği Ve Hiperbarik Tıp Derneği'nin görüşleri alınmıştır. Endikasyonları incelediğimizde genelde kronik hastalıklar listede bulunmaktadır. Acil tedavi endikasyonları bulunmakta iken tedavi uygulamaları sırasında acil ve elektif hasta ayrımı tam yapılamamakta bazen sosyal endikasyonlar için tedavi ısrar edilmektedir. Ayrıca hiperbarik oksijen tedavi merkezleri özel ve resmi kurum olsalar da 24 saat sistemine göre çalışmaktadırlar.

Hiperbarik oksijen tedavisinin acil endikasyonu ile ilgili en bilinen hastalık dekompresyon hastalığıdır. Bazı klinik bulgulardaki tutarsızlıklara rağmen karbonmonoksit intoksikasyonu, akut ilerleyici enfeksiyonlar, crush yaralanması, ani kan kayıpları da bu gruptaki endikasyonlardır. Ülkemizde santral retinal arter oklüzyonu da acil uygulanan tedavi endikasyonlarından biridir.

Bu çalışmada hiperbarik oksijen tedavisinin fizyolojik temelleri üzerine acil endikasyonlardan sağladığımız yararı analiz ettik. Ülkemizde birçok şehirde kurulan merkezlerle birlikte hiperbarik oksijen tedavisinin acil uygulamalarda kullanılması hedeflenmektedir. 112 acil ambulans hizmetleri ile transfer protokolü çerçevesinde hasta transferi yapılmakta aynı merkez içerisinde hasta tekrar kendi hastanesine veya kliniğine yatırılmaktadır. Bilinmesi gereken önemli husus ise hiperbarik tıp merkezlerinin kendisine ait servislerinin olmamasıdır. Uzman hekim sevk çıkaracağı zaman ilgili hastanede kendi branşında meslektaşıyla iletişime geçmesi gerekmektedir. Gerek yoğun bakım gerekse serviste boş yatak ayarladıktan sonra hastayı sevk etmesi gerekmektedir. Örnek vermek gerekirse hiperbarik oksijen tedavisi sonrası hasta kendi servisine (acil yoğun bakım, genel yoğun bakım veya ortopedi servisi vb.) diğer tedavilerine devam edecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Hiperbarik Oksijenizasyon, Acil Tıp, Tanı, Tedavi**GİRİŞ**

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT) yeni bir medikal tedavi yöntemi değildir. Ülkemizde 90'lı yılların başında uygulanmaya başlanmıştır. Tedavi vermek için bir basınç odasına ihtiyaç vardır. Tamamen kapalı bir basınç odasında vücudunun tamamı basınç altına alınan hastaya, maske başlık veya entübasyon tüpü aracılığıyla aralıklı olarak %100 oksijen solutulması işlemidir.<sup>1</sup> Basınç odasında çevre basıncı artırılarak hastaya dalış simülasyonu yaptırılır. Genel olarak tedavinin en az 1,4 ATA'da yapılması gerekir. Bu tedavi genel olarak iki çeşit basınç odasında verilebilir. Tek kişilik basınç odası genelde bir kişinin tedavi olacağı şekilde tasarlanmıştır ve genelde %100 oksijen ile basınçlanır. Hasta sırt üstü uzanarak basınç odasına alınır ve kişiye özel tedavi verilir. Gereken durumlarda hastaya müdahale etmek imkânsızdır. Çok kişilik basınç odası ise birden çok hastanın aynı anda oturarak veya sedye ile tedaviye girebildiği tip basınç odasıdır. Tedavide basınç hava ile oluşturulmakta oksijen sadece maske içerisinde yer almaktadır. Tedavi maske dışında başlık ve entübasyon tüpü ile mekanik ventilatör aracılığıyla da yapılabilir. İçinde hemşire, doktor, multidisipliner uygulamalarda diğer bölüm doktorları ile hastaya basınç odasında tedavi verilebilir. İçerisinde temel ve ileri yaşam desteği (defibrilatör dışında) uygulamaları rahatça yapılabilir.

Ülkemizde genel olarak sağlık bakanlığı hastaneleri, üniversite hastaneleri ve özel merkezler olmak üzere 30'dan fazla çok kişilik basınç odası bulunmaktadır. Ülkemizde HBOT merkezlerinin bir kaçı dışında çok kişilik basınç odaları bulunmaktadır. Acil tedaviler için çok kişilik basınç odası şarttır. Acil tedaviler hastanın güvenliği ve müdahalesi doğrultusunda bu tip basınç odasında yapılmaktadır. Özel merkez ruhsatları verilirken bir yoğun bakım ve ambulans anlaşması da istenmektedir. Böylece özel merkezlerin de hastane içerisinde bulunan diğer merkezler gibi acil hasta kabulü yapması sağlanmıştır.

Çevre basıncını artırarak tedavi yapma fikri 1662 yılına dayanır. İlk olarak Henshaw isimli bilim



insanının 'Domicilium' isimli basınç odasında denenmiştir.<sup>2</sup> Basınçlı tünel işçileri üzerindeki uygulanmıştır. Oksijenin keşfi ile sinerjistik etkiden yararlanılarak endikasyon listesi hızla artmıştır. Ülkemizde Sağlık Bakanlığı'mızın 2011-2023 eylem planında gerçekleştirdiği Özellikli Sağlık Hizmetleri planı ile merkezler koordineli bir şekilde kurulmuş ve homojen yayılımı ile ülkemizde hemen her şehrin HBOT'ne ulaşımı sağlanmıştır.<sup>3</sup> Özellikle acil tedavilerin sık olduğu büyükşehirlerin çoğunda basınç odası mevcuttur.

Tedavi sırasında bazı gaz fiziği yasalarından faydalanılmaktadır. Bunlardan birisi mekanik etki diğeri ise oksijenin yüksek parsiyel basıncına bağlı etkilerdir. Mekanik etkisini açıklanan gaz kanunu '*Boyle Gaz Kanunu*'dur. Mekanik etkiden faydalanılarak fizyopatolojisinde gaz kabarcığı olan hastalıkları tedavi edilmektedir Bu endikasyonlara örnek vermek gerekirse; dekompresyon hastalığı, arteryel gaz embolisi, gazlı gangren olarak sayılabilir. Ayrıca bu endikasyonlar tıpta HBOT kullanımının acil olduğu endikasyonlardır. Yüksek oksijen parsiyel basıncını ise '*Henry Gaz Kanunu*' açıklamaktadır. Bu etkiden hipoksi ve ödem tedavisinde faydalanılmaktadır. Özellikle acil endikasyonlar arasında crush-kompartman sendromu ve karbonmonoksit tedavisinde faydalanılmaktadır.

HBOT Sosyal Güvenlik Kurumu'nun yayınladığı Sağlık Uygulama Tebliği'nde (SUT) ayrı bir tablo halde gösterilmektedir. Bu tabloya göre hem tedavi edilebilecek hasta grubunun SUT kodları hem de verilebilecek maksimum seans sayıları ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Bu endikasyonlara baktığımızda diyabetik ayak ve kronik yaralarla ilgili endikasyonlar kronik grupta olduğundan günlük standart 1 seans tedavi ile tedavi verilmektedir. Ancak dekompresyon hastalığı, karbon monoksit zehirlenmesi, akut travmatik iskemiler, gazlı gangren, anoksik veya hipoksik ensefalopati ve retinal arter oklüzyonu acil tedavi endikasyonları arasındadır. Böyle bir hasta konsülte edildiğinde eğer tedavi endikasyonu varsa ivedi olarak mesai dışı seans planlanmalı ve basınç odası operatörü ile birlikte operasyon gerçekleştirilmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise hiperbarik tıp uzmanının gerek gördüğü olgularda hastalara günde birden fazla seans uygulanabilmesidir veya aynı seans içerisinde tedavi periyotları artırılarak hastaların vücudunda çözünmüş oksijen oranı akut olarak artırılarak beslenmenin sağlanması amaçlanmalıdır.

### **1. Dekompresyon Hastalığı**

HBOT tedavisi acil edikasyonlarından en eskisidir. Yüzyıllar önce oksijenin keşfi yapılamadan bile uygulana bir endikasyondur. Hastalığın fizyopatolojisinde çevre basıncının ani düşmesine bağlı olarak vücutta çözünmüş olan inert gazın intravasküler ve ekstravasküler kompartmanda kabarcık oluşturmasıdır. Bu kabarcıklar mekanik olarak emboli oluşturacağı gibi vücutta bazı yolakların aktiflenmesini sağlayarak bazı hasarlara yol açabilmektedir. Periferde oluşan kabarcıklar arteryel sisteme geçmedikçe herhangi bir belirtiyeye sebep olmaz. Fakat atriyal septal defekt, patent doktus arteriyosus ve arteriyovenöz alveolar şantlar ile arteryel sisteme geçtiğinde klinik belirtiler ortaya çıkar.<sup>3</sup> Mekanik olarak arteryel sistemi oklüde eden kabarcık distalde iskemi oluşmasına neden olur. Ayrıca arteryel sistemde endotel uyarılması ile kabarcıklar inflamatuvar yolaklar ve hemostatik kaskadı aktive eder.<sup>4</sup> Sonunda dissemine intravasküler koagülasyon da denen bir seri reaksiyonun aktiflenmesini sağlayarak hayatı tehdit eder. Ayrıca endotelinden ekstravasküler sıvı kaçışına neden olarak ödem oluşturur. Bu durum iskemi reperfüzyon hasarının başlangıcı olarak kabul edilir.

Tedavisi sahada başlar ve öncelikle dalıcıya oksijen verilir. Bu şekilde hipoksi ile mücadele edilmeye çalışılır. Daha sonra basınç odasında rekompresyon tedavisine alınarak hastalığın prognozu iyileştirilmeye çalışılır.<sup>5</sup> Tedavinin başında çevre basıncı 2,8 ATA'ya çıkarıldığında dokulardaki kabarcıkların hacmi 2/3 oranında küçülür.<sup>6</sup> Yüksek miktarda oksijen ile hiperoksi oluşturularak dokulardan alveollara doğru inert gazların difüzyon gradiyenti oluşturulmaya çalışılır. Dokuda oksijen çözünerek hiperoksi sağlanır. Böylece doku hipoksisi düzeltilir, kabarcıkdaki nitrojen miktarı azaltılır ve embolizasyona neden olan gaz kabarcığındaki gaz plazmaya salınır. HBOT diğer etkileri ise antiödem ve antienflamatuvar etkilerdir. Nötrofillerin endotele adezyonuna engel olarak reperfüzyon hasarını önler. İyileşme tamamlana kadar veya tedavi ile daha fazla iyileşme olmayacaksa tedavi sonlandırılır.<sup>7</sup> Nörolojik tutulumu olan ileri olgularda, hastalık kronikleştiği zaman rekompresyon tedavisinden hiperbarik oksijen tedavisine geçiş yapılarak tedaviye devam edilir.

**2. Arteriyel Gaz Embolisi**

Dekompresyon hastalığında oluşan nitrojen kabarcıklarının yerine bu hastalığın fizyopatolojisinde hava kabarcıkları rol oynar. Tedavi amaçlı yapılan girişimlerden sonra gelişmesi tipiktir. Komplikasyon olarak değerlendirilir. Santral kateter uygulamaları, koroner by-pass, laparoskopik girişimler, endoskopik uygulamalar gibi invaziv girişimlerden sonra komplikasyon gelişir.<sup>8</sup> Dalışla ilgili gaz embolileri akciğer barotravmasına bağlı gelişir. Çıkış sırasında nefes tutmak, çok hızlı çıkmak ve dalış öncesi akciğer de var olan lezyonlardan dolayı gaz embolisi gerçekleşebilir. Görüntülemeye tipik olarak mediastinel amfizem görülür. Kabarcığın fizyopatolojisi dekompresyon hastalığı ile aynıdır. Hava kabarcığı emboli yaptığı yere göre belirti ve bulgu verir. Rekompresyon tedavisi hayat kurtarıcı olup tedavi prensibi dekompresyon hastalığı ile aynıdır.

**3. Akut Karbonmonoksit İntoksikasyonu**

HBOT, karbonmonoksit, metilen klorid, hidrojen sulfid, karbon tetra klorür, siyanid zehirlenmeleri ve methemoglobinemi gibi birçok intoksikasyonun tedavisinde kullanılabilir.<sup>9</sup> Non-medikal intoksikasyonların en sık olanı karbonmonoksit intoksikasyonudur.<sup>10</sup> Tedavi edilmezse erken veya geç dönem nörolojik sekellere neden olabilmektedir.

Karbonmonoksit, hemoglobine bağlanarak dokuların hipoksik kalmasına neden olur. Ayrıca Hem proteinlerine bağlanarak mitokondriyal fonksiyonu bozar. Böylece nitrik oksid ve serbest radikallerin salınımına neden olur. Sayısız enzim ve yolaklarla inflamasyonu tetikler. Oksihemoglon disosiasyon eğrisini sola kaydırarak asidoza neden olur.<sup>11,12</sup>

Karbonmonoksit intoksikasyonunda oksijen tedavisi standarttır. Bu tedavi acilde maske ile de olabilir basınç odasında yüksek miktarda oksijenin çözünmesi ile de olabilir. Çünkü karboksihemoglobin yarılanma ömrü oda havasında 320 dakika iken, acil serviste oksijen solunması ile birlikte 70 dakikaya kadar düşmektedir Fakat hastaya HBOT uygulandığında bu süre kısalarak 20 dakikaya düşmektedir.<sup>13</sup> Son çalışmalar HBOT'nin mitokondriyal fonksiyonları iyileştirdiğini göstermiştir.<sup>14</sup> Aslında HBOT ile asıl olan hedef budur. Bu yüzdendir ki hasta tedaviden sonra arteriyel kan gazında karboksihemoglobin seviyeleri düşmesine rağmen bilinci açılmamıştır. Beyinde lipid peroksidasyonu devam etmektedir. Hiperbarik tıp uzmanlarının karboksihemoglobin seviyelerine göre hasta tedavisi yapmalarının altında bu bilgi yer almaktadır. Çünkü erken ve geç nörolojik sekellere yol açan kanda dolaşan karboksihemoglobin yanında aslen hücre içinde hem proteinlerine bağlanmış ve elektron transport zincirini bozarak hücrenin enerji metabolizmasını bozan karbonmonoksittir. Tedavide klinik belirti ve bulgular önemlidir. Glasgow koma skoru ile hasta takibi yapılır. Güneş ve ark yaptığı çalışmada hastaya 24 saat içinde 5 seans HBOT verilerek nörolojik sekelsiz tam iyileşme sağladığı gösterilmiştir.<sup>15</sup>

Akut karbonmonoksit intoksikasyonunda kötü prognoz belirtileri arasında; bilinç kaybı, nörolojik belirtiler, kardiyovasküler disfonksiyon, ciddi asidoz, uzun maruziyet, karboksihemoglobinin 25 üzeri olması. Daha önce de belirttiğim gibi 25 değerinin klinikte önemi yoktur.

Karboksihemoglobin maruziyetine kalmış hamile kadınlar ayrı bir başlıkta incelenir. Karbonmonoksit ve HBOT'in her ikisi de fetüse zarar vermektedir. Fetal stress durumuna göre tedavi yapılır. Tüm olgularda tedavi iyileşme devam edene kadar ve özellikle ilk günlerde günde birden fazla seans tedavi planlanarak yapılır.

**4. Akut Enfeksiyonlar**

Başta nekrotizan faciit ve gazlı gangren bu grupta değerlendirilir. HBOT anaerop ve fakültatif anaerob bakterilere direk olarak bakterisidal etki gösterir. Yüksek oksijen radikallerine toleransı olmayan bakterilere de HBOT sayesinde oksijen radikali yükü oluşturulur. Tedavi doku düzeyinde oksijenlenmeyi artırır, fagositik fonksiyonları düzenler, doku ödemi azaltır ve antibiyotiklerin fonksiyonlarını artırır.<sup>16</sup> Bu acil endikasyonunda saydığımız tüm etkilere yararlanır. Doku nekrozuyla seyreden hastalıklar klinikte en sık görüleni gazlı gangren ve nekrotizan faciitdir.

Gazlı gangren, *C. Perfringens* bakterisi kaynaklı, genelde doku hipoksisi ve ölümü ile seyreden fulminan bir hastalıktır. Bakterinin ürettiği lethal  $\alpha$  toksin miyonkroza yol açmaktadır. HBOT,  $\alpha$  toksin üretimini inhibe eder ve *C. Perfringens*' karşı bakteriyostatik olarak etki eder.<sup>17</sup> Tedavi planı olarak

diğer acil tedavilerde olduğu gibi günde 1 seanstan daha fazla tedavi verilir. Önceki çalışmalarda gösterildiği üzere ilk gün günde 3 seans tedavi verilir. Diğer 2-5 gün günde 2 seans tedavi devam edilir. Tedavi CRP ve sedimantasyon değerlerinin düştüğü, ağrıların azaldığı ve yaranın iyileşmesi gibi faydalanımlar tamamlanana kadar devam eder.<sup>18</sup>

Nekrotizan faciit ise polimikrabiyal ve hayatı tehdit eden yumuşak doku enfeksiyonudur. Hızlı ve ilerleyici kötü kokuludur. Hastanın tedavi süresince vitallerinin yakın takibi gerekmektedir. Erken olgularda cerrahi tedaviye eklenmiş HBOT uygulamalarından başarılı sonuçlar alınmıştır.<sup>19</sup> Cerrahi tedavi devam etmeli fakat cerrahi uygulamalar agresif olmamalıdır. Cerrahi öncesinde HBOT alınarak demarkasyon hattının oluşması beklenirken, cerrahi sonrası travmaya bağlı yeni nekroz alanları gelişmemesi açısından da tedaviye devam edilmesi gerekmektedir. Rutin tedavide HBOT'e alınan hastalardan çok iyi sonuçlar alınmaktadır.

Tedavi planı olarak gazlı gangren ile aynı plan uygulanabilmektedir. Merkezin durumuna göre en az günde 2 seans tedavi verilmelidir.<sup>19</sup>

## 5. Crush Yaralanması ve Ani Kan Kaybı

Crush yaralanması, hafif bir kontüzyondan uzuv kaybına kadar geniş bir spektrumda incelenir. Yüksek enerjili travma bir çok dokuda hasar oluşturur. Mikro dolaşımdaki bozulma sonucu doku ödemi, interstisyel kanama, staz, doku hipoperfüzyonu ve hipoksi gelişir. Olgu tedavi edilmedikçe *kompartman sendromu* gelişir. Doku içi basıncı o kadar artar ki perfüzyon bozulduğu gibi kas ve sinire bası yapmaya başlar. Bu durumda cerrahi olarak fasiyotomi gerekirken HBOT invaziv olmayan diğer bir seçenek olarak karşımıza çıkar.

HBOT ödem ve iskemi yolağını bozarak etki eder ve dokuda mikrodolaşımın devamını sağlar.<sup>20</sup> HBOT, kompartman sendromu ve crush yaralanması tedavisinde yara iyileşmesi, kemik iliği ödemi veya fraktürlerin iyileşmesine de etki etmektedir.

Diğer acil tedavilerde olduğu gibi erken dönemde günde 1 den fazla tedavi planı yapmak gerekmektedir. Dolaşım sağlandığı muayene ve testlerle görülene dek tedavi devam eder.

## 6. Santral Retinal Arter Oklüzyonu

Santral retinal arter oklüzyonu (CRAO), aniden, tek taraflı ve ağrısız görme kaybını tarifler. Retina hipoksiye çok hassastır. Retinanın insan vücudunda miktarına oranla en çok oksijen tüketen doku olduğu gösterilmiştir.<sup>21</sup> Beslenmesini koroidal pleksustan almaktadır.

Tedavisi hemen yapılmadıkça kalıcı görme kayıplarına neden olur. Oftalmolojistler CRAO'da geleneksel tedavileri arasında oküler masaj, ön kamara paracentezi, göz içi basıncı azaltan tedaviler ve damar genişleticilerini kullanır.<sup>22</sup> CRAO tedavisi için bir diğer seçenek ise HBOT'dir. Tedavinin ilk 24 saatte başlaması başarı oranını arttırmaktadır. Retinal beslenmenin tamamlanması için HBOT devamı şarttır. İlk seanslarda iyileşme olmayabilir. Ancak tedavi protokolünün tamamlanması gerekir.

CRAO için literatürde birçok HBOT tedavi planı vardır. Önemli olan günde birden fazla tedavi uygulamaktır. Tedavinin devamı ve sonunda aralıklı olarak göz dibi muayenesi ile retinanın kanlanması takip edilmelidir.

## SONUÇ

Dünyada hiperbarik tıp acillerini değerlendirdiğimizde birçok ülkede basınç odası merkezlerinin yapılması, sigorta ödemeleri veya endikasyonlar üzerinde tartışma devam ederken, ülkemizde merkez ve hekim sayısının yeterli oluşu Sosyal Güvenlik Kurumu'muzun hemen dünya ile aynı sayıda endikasyonlarda ödeme yapması önemli bir başarıdır.

Burada üzerinde durulması gereken ise bu tedavi biçimini efektif kullanmaktır. Geç hasta sevkleri veya cerrahi işlemlerden sonra yapılan konsültasyonlar, tedavi etkinliğini azaltmaktadır. Yukarıda anlattığımız acil endikasyonlarda görülen ortak noktalar hasta tedaviye geldiği zaman ivedi bir şekilde hiperbarik tıp konsültasyonu istenmesi ve tedavi sırasında koordineli olmak büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca tedavinin hastanın kliniğine göre birden fazla hatta Güneş ve ark yaptığı çalışmaya göre günde 5 seansa kadar verilebileceği unutulmamalıdır.<sup>15</sup> Burada diğer uzmanlık dallarının aklına diğer tedavilerin yapılması gibi bir soru işareti gelebilir. Çok kişilik basınç odasında tedavi sırasında monitör, mekanik ventilatör, intravenöz tüm tedaviler uygulanabilmektedir.

**KAYNAKLAR**

- 1- Weaver LK, editor. Hyperbaric Oxygen Therapy Indications. 13th ed. North Palm Beach, FL: Best Publishing Company; 2014.
- 2- Clarke D. History of hyperbaric therapy. In: Neuman TS, Thom SR, editors. Physiology and Medicine of Hyperbaric Oxygen. Philadelphia: Saunders; 2008: 3-23.
- 3- Gronert GA, Messick JM Jr, Cucchiara RF, Michenfelder JD. Paradoxical air embolism from a patent foramen ovale. Anesthesiology 1979;50:548-9.
- 4- Fukaya E, Hopf HW. HBO and gas embolism. Neurol Res 2007;29:142-5.
- 5- Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. Lancet 2011;377:153-64.
- 6- Branger AB, Lambertsen CJ, Eckmann DM. Cerebral gas embolism absorption during hyperbaric therapy: theory. J Appl Physiol (1985) 2001;90:593-600.
- 7- Moon RE, Sheffield PJ. Guidelines for treatment of decompression illness. Aviat Space Environ Med 1997;68:234-43.
- 8- Muth CM, Shank ES. Gas embolism. N Engl J Med 2000;342:476-82.
- 9- Thom SR. Antidote in depth: hyperbaric oxygen. In: Hoffman RS, Howland MA, Lewin NA, Nelson LS, Goldfrank LR, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies. 10th ed. New York: McGraw Hill Education; 2015: 1594-601.
- 10- Weaver LK. Clinical practice. Carbon monoxide poisoning. N Engl J Med 2009;360:1217-25.
- 11- Roderique JD, Josef CS, Feldman MJ, Spiess BD. A modern literature review of carbon monoxide poisoning theories, therapies, and potential targets for therapy advancement. Toxicology 2015;334:45-58.
- 12- Hampson NB, Piantadosi CA, Thom SR, Weaver LK. Practice recommendations in the diagnosis, management, and prevention of carbon monoxide poisoning. Am J Resp Crit Care 2012;186:1095-101.
- 13- Peterson JE, Stewart RD. Absorption and elimination of carbon monoxide by inactive young men. Arch Environ Health. 1970;21:165-71.
- 14- Brown SD, Piantadosi CA. Recovery of energy metabolism in rat brain after carbon monoxide hypoxia. J Clin Invest 1992;89:666-72.
- 15- Güneş AE, Aktaş Ş. High-Dose Hyperbaric Oxygen Treatment in A Carbon Monoxide Intoxication Patient Attending Acute Smoke Inhalation and Burn. Istanbul Med J 2016; 17; 141-3.
- 16- Cimşit M, Uzun G, Yıldız S. Hyperbaric oxygen therapy as an anti-infective agent. Expert Rev Anti Infect Ther 2009;7:1015-26.
- 17- Kaye D. Effect of hyperbaric oxygen on Clostridia in vitro and in vivo. Proc Soc Exp Biol Med 1967;124:360-6.
- 18- Jacoby I. Clostridial myositis, necrotizing fasciitis, and zygomycotic infections. In: Neuman TS, Thom SR, editors. Physiology and medicine of hyperbaric oxygen therapy. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2008: 397-418.
- 19- Devaney B, Frawley G, Frawley L, Pilcher DV. Necrotizing soft tissue infections: the effect of hyperbaric oxygen on mortality. Anaesth Intensive Care 2015;43:685-92.
- 20- Strauss MB. The effect of hyperbaric oxygen in crush injuries and skeletal muscle-compartment syndromes. Undersea Hyperb Med 2012;39:847-55.
- 21- Hayreh SS, Zimmerman MB, Kimura A, Sanon A. Central retinal artery occlusion: retinal survival time. Exp Eye Res 2004; 78:723-36.
- 22- Duker JS, Brown GC. Recovery following acute obstruction of the retinal and choroidal circulations: a case history. Retina 1988; 8:257-60.

**LEPRALI HASTA GRUBUNDA SANTRAL KORNEA KALINLIĞINDA (SKK) OLAN DEĞİŞİKLİĞİ İNCELEMELER**  
**EXAMINATION OF THE CHANGE IN CENTRAL CORNEAL THICKNESS (CCT) IN PATIENTS WITH LEPROSY**

**Yavuz ORUÇ**

Fethi Sekin Şehir Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Elazığ, Türkiye,

**AMAÇ:**Lepralı hastalarda santral kornea kalınlığı (SKK)'da bir değişiklik olup olmadığını değerlendirmek amacıyla bu çalışma planlandı.

**MATERYAL-METOD:** Çalışmaya 20 lepralı hastanın 40 psödo fakik gözü ile sağlıklı kontrol grubunda 18 hastanın 36 psödo fakik gözü çalışmaya dahil edildi. Tüm hastaların rutin oftalmolojik muayene sonrasında kornea topografisi ile korneanın haritası çıkartılıp santral kalınlık mikron ( $\mu\text{m}$ ) cinsinden kayıtları yapıldı.

**BULGULAR:**Hastaların yaş ortalaması lepra grubunda  $55,4 \pm 3,7$ /yıl (11 Erkek,9 Kadın) iken, kontrol grubunda  $57,8 \pm 4,1$ /yıl (11 Erkek,7 Kadın) idi. Lepralı hastaların SKK'sı  $501,73 \pm 27,60 \mu\text{m}$  olup kontrol grubun ise  $565,04 \pm 32,2 \mu\text{m}$  idi. Lepra hastalarında SKK'sında kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen bir incelmeye mevcuttu ( $p < 0,05$ ).

**TARTIŞMA:** Lepra hastalığında tutulum sistemik şeklinde olmasına rağmen en fazla sekeli oküler yapılarda bırakılmaktadır. Bu hastalarda fasiyal sinirinin etkilenmesine bağlı olarak korneada anestezi, ülserasyon ve skarlar görülebilmektedir. Korneanın etkilenmesine bağlı olarak görme seviyelerinde azalmalar hatta körlükler oluşabilmektedir. Çalışmamızda bu grup hastalarda SKK'da incelmeye meydana geldiğini gösterdik. Oluşan bu incelmeye travmalara ve oluşacak ülserasyona bağlı olarak daha kolay perforasyona yol açabilir. Bundan dolayı bu hastalarda korneada oluşan bu incelmeye gözünün bulundurulması tedavi ve takibinin daha sıklıkla yapılması önem arz etmektedir. Lepra hastalarında bu konuda yapılan herhangi bir araştırma olmadığından dolayı bu çalışmamızın literatüre katkı sunacağı kanaatindeyiz.

**Anahtar kelimeler:** Lepra, SKK, kornea topografisi

**AIM:** This study was planned to evaluate whether there is a change in central corneal thickness (CCT) in leprosy patients.

**MATERIAL-METHOD:** The study included 40 pseudophakic eyes of 20 leprosy patients and 36 pseudophakic eyes of 18 patients in the healthy control group. After routine ophthalmologic examination of all patients; the cornea was mapped by corneal topography and central thickness was recorded in microns ( $\mu\text{m}$ ).

**RESULTS:** The mean age of the patients was  $55.4 \pm 3.7$  years (11 males, 9 females) in the leprosy group and  $57.8 \pm 4.1$  years (11 males, 7 females) in the control group. The CCT of the patients with leprosy was  $501.73 \pm 27.60 \mu\text{m}$  and the control group was  $565.04 \pm 32.2 \mu\text{m}$ . There was a statistically significant decrease in CCT in leprosy patients compared to the control group ( $p < 0,05$ ).

**DISCUSSION:** Although the involvement in leprosy is systemic, it leaves most sequelae in ocular structures. Corneal anesthesia, ulceration and scars may be seen in these patients due to the involvement of facial nerve. Decreased visual levels and even blindness may occur due to corneal involvement. In this study, we showed that thinning occurred in CCT in this group of patients. This thinning may lead to easier perforation due to trauma and ulceration. Therefore, it is important that these patients are treated and followed up more frequently by considering this thinning in the cornea. We believe that this study will contribute to the literature since there is no research on this subject in leprosy patients.

**Key words:** Leprosy, CCT, corneal topography



**DOKUZ HAFTALIK BİR İNFANTTA GÖRÜLEN SAÇ İPLİK TURNİKE SENDROMU**  
**HAIR-THREAD TOURNIQUET SYNDROME IN A NINE WEEK INFANT**

**Rafet ÖZBEY**

Uzm Dr Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği

**ÖZET**

Uzuvların bebeklerde ve mental retarde bireylerde saç telleri veya iplik ile sarılarak dolaşımlarının bozulması “saç-iplik turnike sendromu”na yol açar (1). Daha çok el ve ayak parmaklarında görülse de penis, clitoris ve labium ve uvulada da “saç-iplik turnike sendromu” görülebilmektedir (2,3,4,5,6,7). Erken tanınmayıp, doğru tedavi uygulanmazsa tutulan uzvun kaybıyla sonuçlanabilmektedir. Bu çalışmada sol ayak 2. parmağını tutan olgunun sunumu yapılmıştır. Dokuz haftalık erkek bebek 2 gündür devam eden huzursuzluk ve ağlama şikayeti ile başvurdu. Yapılan fizik muayenede sol ayak 2. parmak proksimal falanksı çevreleyen konstriktif bir bant olduğu görüldü. Ailenin verdiği öyküden çocuk istismarına yönelik bir bulgu saptanmadı. Tedavide parmakta sarılmanın olduğu yerde longitudinal derin bir insizyon yapılması önerilmektedir.. Sarılı olan saç telleri çıkarılıp Serrour’un tanımladığı şekilde lokal anestezi altında dorsale küçük ve derin bir insizyon yapılarak tedavi edildi. Hastaya antibiyotik olarak oral yoldan amoksisilin klavulanik asit verildi. Antibiyotikli kremlerle 10 gün yapılan pansumanla yaranın sorun olmadan iyileştiği görüldü. Sonuç olarak bahsedilen şikayetlerle gelen hastalarda bu sendromun akılda tutulması, tanı konulması ve erken dönemde yapılan tedaviyle tutulan uzvun kurtarılması açısından önemlidir.

**Anahtar kelimeler:** Saç, İplik, Turnike Sendromu, Çocuk İstismarı

**ABSTRACT**

In babies and mentally retarded individuals, circulating hairs or strands may cause hair-thread tourniquet syndrome.. Although it is mostly seen in the fingers and toes, hair-thread tourniquet syndrome can be seen in the penis, clitoris and labium and uvula. It may result in loss of the limb that is not recognized early and is not treated correctly. In this study, the case of the second toe of the left foot was presented. A nine-week old boy presented with complaints of restlessness and crying for 2 days. Physical examination revealed a constrictive band surrounding the proximal phalanx second toe of the left foot. There was no evidence of child abuse from the family history. It is recommended to make a longitudinal deep incision where there is coiling of the finger. Wrapped hair thread were removed and treated with a small and deep incision dorsally under local anesthesia as described by Serrour. Amoxicillin clavulanic acid was given orally as antibiotic. The wound was healed without any problem by dressing with antibiotic creams for 10 days. In conclusion, it is important to keep this syndrome in mind in patients presenting with the mentioned complaints, in terms of diagnosis and recovery of limb with early treatment.

**Keywords:** Hair, Thread, Tourniquet Syndrome, Child Abuse

Uzuvların bebeklerde ve mental retarde bireylerde saç telleri veya iplik ile sarılarak dolaşımlarının bozulması “saç-iplik turnike sendromu”na yol açar (1). Daha çok el ve ayak parmaklarında görülse de penis, clitoris ve boyunda da “saç-iplik turnike sendromu” görülebilmektedir (2,3,4,5,6,7). Erken tanınmayıp, doğru tedavi uygulanmazsa tutulan uzvun kaybıyla sonuçlanabilmektedir. Bu çalışmada ayak parmağını tutan olgunun sunumu yapılmıştır. Bu vakalar erken dönemde tanısı konulup uygun tedaviyle başarılı şekilde tedavi edilmiştir.

**Olgu**

Dokuz haftalık erkek bebek 2 gündür devam eden huzursuzluk ve ağlama şikayetiyle başvurdu. Yapılan fizik muayenede sol ayak 2. parmak proksimal falanksı çevreleyen konstriktif bir bant olduğu görüldü. (Şekil 1)



Ailenin verdiği öyküden çocuk istismarına yönelik bir bulgu saptanmadı. Sarılı olan saç telleri çıkarılıp Serrour'un tanımladığı şekilde lokal anestezi altında dorsale küçük bir insizyon yapılarak tedavi edildi. Hastaya antibiyotik olarak oral yoldan amoksisilin klavulanik asit verildi. Antibiyotikli kremlerle 15 gün yapılan pansumanla yara sorunsuz iyileşti. Olayın 18. ayında görülen hastanın parmağında herhangi bir problem yoktu. (Şekil 2)



### **Tartışma**

Uzuvların saç veya iplikle sarılarak dolaşımının bozulması “saç-iplik turnike sendromu” olarak bilinen bir duruma yol açar. Bilinen ilk vaka 1832 yılında bir bebeğin penisine saç dolanması sonucu gelişmiştir. Parmağın saçla dolanması ilk olarak 1965 yılında Alpert tarafından bildirilmiştir. Barton 1988 yılında bu antiteyi “Saç-iplik turnike sendromu” olarak tanımlamıştır. Bu sendromda el ve ayak parmakları, penis, klitoris, labium ve uvulanın etkilendiği vakalar görülmüştür. Tutulan uzuvda öncelikle lenfatik drenaj bozulmasıyla ödem oluşmaktadır. Daha sonra turnike etkisiyle venöz ve



arteriyel dolaşım bozulur. Bu durumun ilerlemesiyle saç yada iplik deriyi keserek derinlere gömülebilir ve tespit edilmesi zorlaşır. Erken zamanda tanı konulup tedavi edilmezse tutulan uzvun nekrozuna ve kaybına yol açar.

Bu vakalar genelde 1 yaş altında görülmesine rağmen literatürde 4 yaşında vaka da bildirilmiştir.

Bu sendromun tam olarak oluş mekanizması bilinmemekle beraber kaza ile olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber çocuk istismarı da akılda bulunmalıdır. Quinn bu durumun oluşmasında bebeklerin giydiği tulum gibi kıyafetlerle bebeklerin plantar refleksinin beraberce rol oynayabileceğini söylemiştir. Diğer bazı mekanizmalar ise etnik veya batıl inançlar nedeniyle uzvun saçla, iplikle sarılması olarak sayılabilir. Tedavide parmakta sarılmanın olduğu yerde longitudinal derin bir insizyon yapılması önerilmektedir. Sonuç olarak benzer durumlarda bu sendromun akılda tutulması erken tanı konulması ve tutulan uzvun kurtarılması açısından önemlidir.

## Sonuç

Bu ve benzer durumlarda bu sendromun akılda tutulması erken tanı konulması ve tutulan uzvun kurtarılması açısından önemlidir.

## Kaynaklar:

1. Barton DJ, Sloan GM, Nichter LS et al. Hair-thread tourniquet syndrome. Pediatrics 1988; 82:925-928
2. Alpert JJ, Filler R, Glaser HH. Strangulation of an appendage by hair wrapping. N Engl J Med 1965; 273:866-867
3. Curran JP. Digital strangulation by hair wrapping. J Pediatr 1996;69:137-138
4. Quinn NJ. Toe tourniquet syndrome. Pediatrics 1971; 48:145-146
5. Mhiri MN, Midassi H, Mezghanni M et al. Strangulation of glans penis by hair or "penis tourniquet syndrome". Pediatrie 1987;42:351-353
6. Kuo JH, Smith LM, Berkowitz CD. A hair tourniquet resulting in strangulation and amputation of the clitoris. Obstet Gynecol 2002; 99:939-941
7. Serour F, Gorenstein A. Treatment of the toe tourniquet syndrome in infants. Pediatr Surg Int 2003; 19:598-600

LONG EVANS RATLARDA KISMİ KALINLIKTAKİ DERİ GREFTİNİN  
HİPERPİGMENTASYONUNU ÖNLEMELİK İÇİN % 4 HİDROKİNON, % 0,1 TRETİNOİN  
VE % 0,1 BETAMETAZON KREMLERİN KULLANILMASI  
THE USE OF 4% HYDROQUINONE, 0.1% TRETINOIN AND 0.1% BETAMETHASONE  
CREAMS TO PREVENT HYPERPIGMENTATION OF SPLIT-THICKNESS SKIN GRAFTS IN  
LONG-EVANS RATS

Rafet ÖZBEY

Uzm Dr Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Kliniği,

ÖZET

**Amaç(objective):** Deri greftlerinin iyileşmesi sırasında görülen pigmentasyon artışı estetik bir sorundur. Deri greftinde gelişen koyulaşma için çeşitli tıbbi ve cerrahi tedaviler yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı deri grefti üzerine topikal hidrokinon, tretinoin ve betametazon uygulamasının hiperpigmentasyonu önlemeye etkisini araştırmaktır.

**Metodlar(Methods):** 17 Long-Evans sıçanın sırtında oluşturulan cilt defektine 2x2 cm kısmi kalınlıklı deri grefti dikildi. Çalışma grubundaki sıçanlara 15. günden itibaren hidrokinon, tretinoin ve betametazon kremler sürülürken kontrol grubuna bir uygulama yapılmadı. Değerlendirme 45. ve 75. günlerde görsel olarak Melazma Ağırlık Skalasıyla (MAS) ve 75. günde histolojik olarak S100 ve Masson Fontana boyamasıyla yapıldı.

**Bulgular(Results):** 45. günde çalışma grubunda MAS sıra ortalaması 6,38, kontrol grubunda 11,33 (P=0,036), 75. günde çalışma grubunda 7,69, kontrol grubunda 10,17 (P=0,302) idi. Histolojik incelemede S100 boyası değerlendirme skoru sıra ortalaması çalışma grubunda 6, kontrol grubunda 11,67 (P=0,009). Masson Fontana boyasıyla değerlendirme skoru çalışma grubunda 5,38, kontrol grubunda 12,22 (P=0,002) olarak bulundu. İstatistiki analiz Mann-Whitney U testi ile yapıldı.

**Sonuç(Conclusions):** Bu çalışma hidrokinon, tretinoin ve betametazonun topikal kullanımının sıçan modelinde deri greftinde 6. haftada gelişen hiperpigmentasyonu, melanosit sayısını ve melanin pigmenti yoğunluğunu azalttığını gösterdi. İnsan deri greftlerinde benzer bir etkinin olup olmadığının saptaması için klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Keywords:** Greft, Hiperpigmentasyon, Tedavi

ABSTRACT

**Objective:** The increase in the pigmentation of skin grafts during the healing process is a cosmetic problem. There are a variety of medical and surgical treatment options for skin graft darkening. The aim of this study was to investigate the effects of topical hydroquinone, tretinoin, and betamethasone application on hyperpigmentation of skin grafts.

**Methods:** A skin defect was created on the backs of 17 Long-Evans rats, and a 2x2 cm partially thick skin graft was sutured. After 15 days, rats in the study group were treated with application of hydroquinone, tretinoin and betamethasone cream, while rats in the control group were not treated. Visual evaluation was performed on days 45 and 75 using the Melasma Severity Scale (MSS), and histological evaluation was performed on day 75 using S100 and Masson Fontana staining.

**Results:** On day 45, the MWS value for the study group was 6.38 versus 11.33 for the control group (P=0.036). On day 75, the MWS value for the study group was 7.69 versus 10.17 for the control group (P=0.302). On histological examination, the average S100 evaluation score for the study group was 6 compared to 11.67 for the control group (P=0.009). Moreover, the Masson Fontana staining assessment score was 5.38 for the study group compared to 12.22 for the control group (P=0.002). The Mann-Whitney U test was used for statistical analysis.

**Conclusions:** This study showed that topical application of hydroquinone, tretinoin and betamethasone reduced the hyperpigmentation, number of melanocytes, and melanin pigment intensity that developed



on the six-week rat skin graft models. Clinical studies are needed to assess whether a similar effect could be observed with human skin grafts.

**Key words:** Graft, Hyperpigmentation, Treatment

## GİRİŞ

Deri greftlerinin iyileşmesi sırasında ortaya çıkan renk değişiklikleri can sıkıcı bir durumdur. Uyluktan alınan deri greftleri iyileşme sonucunda hiperpigmente bir görünüm kazanırlar (1). El, ayak ve bacak (lower leg) bölgesine konulan greftler koyulaşma eğilimindedirler (2).

Renk uyumunu sağlamak için el onarımında kullanılan plantar deri greftlerinde (1,3,4) ve baş-boyun onarımında kullanılan supraklavikular bölge ve kulak arkasından alınan tam kalınlıklı greftlerde renk koyulaşması daha azdır. Ancak büyük cilt defektlerinin onarımı için çoğunlukla uyluktan alınan kısmi kalınlıklı greftler kullanılır.

Greft hiperpigmentasyonunun tedavisi için cerrahi, lazer, dermabrazyon, kimyasal peeling veya hidrokinon içeren kremler kullanmak tedavi yöntemleri arasında sayılmaktadır (4-9). Greftteki pigment artışını önlemek için ilk 6 ay güneşten korunma önerilmektedir (10). Bunun dışında literatürde greft koyulaşmasını önlemeye yönelik bir yöntem tarif edilmemektedir.

Hidrokinon, tretinoin ve steroid kremlerin kombinasyonu deride pigment artışı ile seyreden melazma hastalığının tedavisinde başarı ile kullanılmaktadır (19). Kısmi kalınlıklı (split thickness) deri greftlerinde hiperpigmentasyon gelişimini bu topikal ilaçlarla önlemek için Long Evans ratlarda deneysel bir çalışma planlandı.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada 250–350 gram ağırlığında, Long Evans cinsi, 14-16 haftalık, 20 adet rat kullanıldı. Ratların ölümü nedeniyle çalışmayı 17 adet rat tamamladı. Bunlardan sekizi çalışma ve dokuzu kontrol grubundaydı. Çalışma grubuna cerrahi müdahale ve ilaç uygulamaları, kontrol grubuna ise sadece cerrahi müdahale uygulandı.

Çalışmadaki deneyler Fırat Üniversitesi Hayvan Deneyleri Etik Kurulu'nun izniyle yapıldı.

Sıçanlara 75 mg/kg ketamin hidroklorid ve 5 mg/kg xylazin hidroklorid intramusküler yoldan verilerek anestezi yapıldı. Sırt bölgesinden elektrikli şarjlı Humeca D80 marka dermatom ile 0,2 mm kalınlığında 2x2 cm ebadında kısmi kalınlıklı deri grefti alındı. Greft alınan alandaki deri dokuları kas tabakasına kadar eksize edilerek tam kalınlıklı yara oluşturuldu.

Greft 4/0 keskin iğneli poliglaktin dikişlerle alınan yere dikildi. Tie-over dressing yapılarak greftin hareket etmemesi sağlandı. İlk pansuman 5 gün sonra açıldı ve yara yerleri günde 2 kez basitrasin ve neomisin sülfat içerikli kremle bir hafta boyunca pansuman yapıldı. Hayvanlar operasyon döneminden itibaren her biri ayrı kafeslerde olacak şekilde barındırıldı.

Sadece çalışma grubuna ameliyatın 15. gününde başlanarak günde 2 kez hidrokinon (Expigment % 4 krem, Orva), tretinoin (Acnelyse % 0,1 krem) ve betametazon kremler (Betnovate % 0,1 krem) 60 gün boyunca sürüldü.

Hem çalışma hem de kontrol grubundaki ratların greftlerine postoperatif 45. ve 75. günlerde görsel olarak Melazma Ağırlık Skalası (melasma severity scale) (MAS) ile renk değerlendirmesi yapıldı. Bu skalada 4 dereceli bir puanlama sistemi vardır. 0: lezyonun yanındaki normal deriyle arasında renk açısından fark yok, lezyon etrafındaki normal deriden 1: hafif, 2: orta, 3: ağır derecede daha koyudur (11).

Üç adet gözlemci çalışma ve kontrol gruplarındaki ratları karışık kör kontrollü olarak değerlendirdi. Bu üç gözlemcinin değerlendirme puanlarının aritmetik ortalaması alındı.

Tüm hayvanlar postoperatif 75. günde karbondioksit solutma yöntemi kullanılarak öldürüldü. Histolojik inceleme için greftli alandan biyopsi alındı. Alınan deriye ait doku örnekleri % 10 formolde tespit edildikten sonra parafin bloklara gömülen dokulardan 4 µm kalınlığında kesitler elde edildi. Kesitler hemotoksilen eozin, immünohistokimyasal olarak S100 (Ventana Medical Systems Inch., Arizona, USA) ve histokimyasal olarak Masson Fontana (MF) boyalarıyla boyandı.

Elde edilen boyalı preparatlar gruplardan habersiz bir patolog tarafından ışık mikroskopunda incelendi. Melanin pigmenti MF boyalı, melanositler S100 boyalı preparatlarla değerlendirildi. Her iki boyama için epidermisteki boyamanın şiddetine göre 0: yok, 1: minimal, 2: hafif, 3: orta, 4: ağır şekilde puanlandı.

Denek takip formları aracılığı ile toplanan veriler, SPSS 11.5 paket programı kullanılarak veri tabanı oluşturulduktan sonra elektronik ortama aktarıldı ve istatistiksel değerlendirilmesi yapıldı. İstatistikî anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanıldı.

Kontrol grubunun 9 ve çalışma grubunun 8 olmak üzere toplam örneklem boyutunun 17 sıçandan oluşması nedeni ile değişkenler normal dağılıma uymadığı için istatistiksel analizlerde non-parametrik testler kullanıldı. Gruplar arası karşılaştırılmalarda Mann-Whitney U testi kullanıldı.

## BULGULAR

### Görsel değerlendirme

Ratların greftlerindeki renk değişikliği postoperatif 45. ve 75. günde MAS ile değerlendirilerek sayısal değerler elde edildi (Tablo 1). Bu değerler üzerinden istatistiki çalışma yapıldı (Tablo 2). Çalışma grubunun 45. gün MAS puan sıra ortalaması 6,38 (ortancası: 1,00) iken kontrol grubunun sıra ortalaması 11,33'tür (ortancası: 1,33). Çalışma grubunun MAS ile görsel değerlendirme puanlarının istatistiksel olarak kontrol grubu puanlarına göre küçük olduğu tespit edildi ( $P=0,036$ ). Çalışma grubunun 75. gün MAS puanlarının sıra ortalaması 7,69 (ortancası: 0,66) iken kontrol grubunun sıra ortalaması 10,17'ydı (ortancası: 1,00), gözlemlenen bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ( $P=0,302$ ).

Çalışma grubunda 45. gün MAS puanları düşük olarak bulunması ( $P<0,05$ ), erken dönemde ilaçların görsel olarak greft hiperpigmentasyonunu önlediğini gösterdi. 75. günde yapılan değerlendirmede çalışma grubunda sıra ortalaması ve ortanca değerlerinin daha düşük olmasına rağmen (Şekil 1 ve 2) grupların MAS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ( $P>0,05$ ).

### Histolojik inceleme

Çalışmanın 75. gününde ratlardan alınan doku örneklerinden hazırlanan preparatlar S100 ve MF boya için epidermisteki boyamanın şiddetine göre 0'dan 4'e kadar puanlar verildi (Tablo 3) ve istatistiki değerlendirme yapıldı (Tablo 2).

Çalışma grubunun S100 puan sıra ortalaması 6 (ortancası: 2) iken kontrol grubunun sıra ortalaması 11,67'dir (ortancası: 3), çalışma grubunun S100 puanlarının istatistiksel olarak kontrol grubu değerine göre küçük olduğu saptandı ( $P=0,009$ ).

Çalışma grubunun MF puan sıra ortalaması 5,38 (ortancası: 2) iken kontrol grubunun sıra ortalaması 12,22'dir (ortancası: 3). Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ( $P=0,002$ ).

S100 ve MF ile boyalı preparatların histopatolojik incelemesi sonucu çalışma grubundaki sıçanların epidermisinde daha az melanosit ve daha az melanin pigmenti olduğu görüldü (Şekil 3, 4, 5 ve 6).

### Yan etki

Çalışma grubunda bazı ratların ilaçla tedavi edilen yerlerinde hafif kızarıklık ve soyulma görüldü. Bu bulguların hidrokinoon ve tretinoinin yan etkileri olduğu düşünüldü.

**TARTIŞMA**

İnsan deri greftindeki pigmentasyon artışı donör ve alıcı (recipient) alana, deri rengine, greftin kalınlığına bağlı olarak değişebilir. Karın, kalça (buttock) ve uyluktan alınan deri greftleri iyileşirken koyulaşırlar (12). El, ayak ve alt bacağın greftle onarımında greftler daha fazla koyulaşma eğilimindedir (2). Hastanın deri rengi koyulaştıkça greftlerin koyulaşma miktarı artmaktadır (2, 12, 13). Aynı donör alanlardan alınan ince deri greftleri kalın olanlara göre daha koyu olurlar (1, 12, 14).

Deri greftlerinde iyileşme sırasında görülen pigmentasyon artışı hastalarca şikayet edilen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (4,6). Üst ekstremitede alkali yanığı sonucu oluşan açık yaraya gecikmiş eksizyon greft uygulanan bir çalışmada birinci yıl sonunda yapılan değerlendirmede greft hiperpigmentasyonu nedeniyle kozmetik sonuçların oluştuğu dolaylı iyi olmadığını belirtildi (15).

Hastaların şikayetleri nedeniyle koyulaşmış deri greftleri eksize edilip yerlerine başka greftler konabilmektedir. Al-Qattan'ın bir çalışmasında el ve parmak palmar yüzünde greftleri olan 15 hastaya hiperpigmentasyon nedeni ile eksizyon ve ayak plantar yüzden greft ameliyatı ile tedavi uygulandı (4). Bir başka çalışmada 10 yaşında bir çocuğun palmar bölgesindeki hiperpigmente greft ayak plantar bölgeden alınan split thickness deri grefti ile değiştirilerek renk uyumu sağlandı (6).

Lopez-Mas ve arkadaşları yüz bölgesinde hiperpigmente olan deri greftlerini daha önce ince deri grefti alınan hipopigmente donör alanlardan ikinci kez alınan greftlerle değiştirdiler (replace) ve başarılı sonuç aldılar (7).

Raine ve ark. (8) yaptıkları çalışmada yüz ve omuz bölgesindeki pigmente deri greftlerinin lazerle tedavi edilebileceğini göstermişlerdir. Mishra ve ark. (5) sindaktili ameliyatında konulan greftlerde gelişen hiperpigmentasyonu Q switched Nd:YAG lazerle tedavi etmiş ve başarılı sonuçlar bildirmiştir. Deri greftlerinin renginin koyulaşması hastalar tarafından istenmeyen bir durumdur. Bu durumun çözümü için çeşitli tıbbi ve cerrahi girişimler yapılmaktadır. Bu yüzden greft renginin koyulaşmasını topikal ilaç kullanarak önlemek morbiditesi ve maliyeti daha az olan bir işlem olabilir. Hidrokinon, tretinoin ve steroid kombinasyonu insanlarda epidermiste pigment artışı ile seyreden melazma hastalığının tedavisinde kullanılmaktadır (16, 17).

Cildin rengini açmak için kullanılan ilaçlardan hidrokinon, tirozinaz enzimini baskılayıp dopanın melanine dönüşümünü engeller. Diğer olası etki mekanizmaları DNA ve RNA sentezinin baskılanması, melanozomların ve melanositlerin yıkımıdır (17, 18). Tretinoin hidrokinonun oksidasyonunu engeller, epidermal geçişini artırır, pigment granüllerinin dağılmasını (disperse) sağlar ve keratinositlerin çoğalmasını tetikler (17). Kortikosteroidler irritatif yan etkileri azaltır ve hücre metabolizmayı azaltarak melanin sentezini baskılar (17,19). Kligman ve Willis topikal tedavilerin etkinliğini arttırmak, tedavi süresini kısaltmak, yan etki riskini azaltmak amacıyla hidrokinon, tretinoin ve kortikosteroidten oluşan bir kombinasyon tedavisi geliştirildi (20). Bu tedavi deri renginin açılması konusunda günümüzdeki en etkin topikal uygulamalardan biridir (17)

Çalışmada sıçanların deri greftlerinde 45. günde yapılan görsel değerlendirmede kombinasyon tedavisi verilen çalışma grubunda hiperpigmentasyonun daha az olduğu saptandı. 75. günde çalışma grubunda ortalama renk daha açık olmasına rağmen aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Histolojik incelemede çalışma grubundaki sıçanların deri greftlerinde hem S100 boyasıyla gösterilen melanositler, hem de MF ile boyanan melanin pigmentinin daha az olduğu görüldü. Kombinasyon tedavisinin sıçan deri greftlerinin pigmentasyonunu önlediği gözlemlendi. Kim ve ark.'nın (21) deri greftinin fonksiyonlarını değerlendirdikleri bir çalışmada 18 hastanın açık yaraları greftle tedavi edildi. Bu çalışmada deri grefti pigmentasyonunun 1. aydan itibaren artmaya başladığı, 6. aya kadar artmaya devam ettiği, çalışmanın sonlandırıldığı 12. aya kadar aynı seviyelerde kaldığı görüldü.

Tsukada insan deri greftleri üzerinde yaptığı çalışmada greft pigmentasyonunun 3. ayda etraf deriye göre hafifçe artmış olduğu, birinci yıl sonuna kadar artarak en yüksek değerine ulaştığı saptandı (22). Daha sonra greft hiperpigmentasyonunun azalarak 3. yılın sonunda çoğu vakada geçtiği gözlemlendi.

Bizim çalışmamızda ise görsel olarak her iki grupta da hiperpigmentasyonun 45. günde fazla olduğu ve 75. günde azaldığı saptandı. Aradaki bu fark insan ve rat arasındaki metabolizma farkıyla yorumlanabilir.

Farooqui ve ark.(23) atimik çıplak farelerde oluşturulan açık yarayı kapatmak için insan deri greftini kullanarak hiperpigmentasyonun mekanizmasını öğrenmeyi amaçladılar. İnsan derisi üzerinde, greft öncesi ve greft sonrası 2. haftadan 30. haftaya kadar değişen zamanlarda histolojik, biyokimyasal, histokimyasal ve ultrasitrüktürel incelemeler yaptılar. Dopa-pozitif melanositlerin sayıları greft sonrası 2. haftada arttı ve 20. haftaya kadar yüksek seviyelerde seyretti. Melanositlerin yüzey alanı greft öncesindeki insan derisine kıyasla genişledi ve çalışma boyunca bu değerlerde kaldı. Makroskobik olarak 4-6. haftada hiperpigmentasyon görüldü. Bu durum bizim çalışmamızda 45. günde yapılan görsel değerlendirmede artan pigmentasyon ile uyumluydu.

Hidrokinon hiperpigmentasyon tedavisinde kullanılan temel ilaçtır. Bununla beraber cilt irritasyonu, alerjik dermatit, ochronosis gibi yan etkileri vardır. Tretinoinin de kızarıklık, soyulma, kuru cilt gibi istenmeyen etkileri görülebilmektedir (17). Bizim çalışmamızda bazı ratların ilaçla tedavi edilen bölgelerinde soyulma, kaşıma, kızarıklık gibi bulgular görülmüştür. Bu bulguların hidrokinon ve tretinoinin yan etkileri olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda günde 2 kez uygulanan hidrokinon, tretinoin ve betametazon kremin topikal kullanılmasının ratlarda deri greft hiperpigmentasyonu gelişimini azalttığı sonucuna varıldı. Bu ilaç kombinasyonunun insanların deri greftlerindeki etkilerinin araştırılması için başka çalışmalar yapılması gerektiği düşünüldü.

#### **KAYNAKLAR**

1. Bunyan AR, Mathur BS. Medium thickness plantar skin graft for the management of digital and palmar flexion contractures. *Burns* 2000; 26: 575-580.
2. Kim JS, Park SW, Choi TH, Kim NG, Lee KS, Kim JR, Lee SI, Kang D, Han KH, Son DG, Kim JH. The evaluation of relevant factors influencing skin graft changes in color over time. *Dermatol Surg* 2008; 34: 32-39.
3. Moon SH, Lee SY, Jung SN, Kim SW, Seo BF, Kwon H, Sohn WI. Use of split thickness plantar skin grafts in the treatment of hyperpigmented skin-grafted fingers and palms in previously burned patients. *Burns* 2011; 37: 714-720.
4. Al-Qattan MM. Surgical management of post-burn skin dyspigmentation of the upper limb. *Burns* 2000; 26: 581-586.
5. Mishra A, Nelson K, McNally S, Gorst C, McArthur P. Laser ablation of abnormal skin pigmentation *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010; 63: 1753-1755.
6. Teles G, Bastos V, Mello G. Correction of hyperchromic palmar graft with split-thickness instep plantar graft: case report. *J Burn Care Res* 2008; 29: 403-405
7. Lopez-Mas J, Ortiz-Monasterio F, Viale De Gonzalez M, Olmedo A. Skin graft pigmentation. A new approach to prevention *Plast Reconstr Surg* 1972; 49: 18-21
8. Raine C, Al-Nakib K, Quaba AA. A role for lasers in the treatment of pigmented skin grafts. *Burns* 1997; 23: 641-644.
9. Johnson JS, Preuss HS, Eriksson E. *Plastic Surgery*, in Sabiston (ed). *Textbook of surgery: the biologic basis of modern surgical practice*. Philadelphia PA: Saunders 2001: 1553-1554
10. Rudolph R, Ballantyne DL. *Skin grafts*. McCarthy JG (editor). *Plastic Surgery*. Philadelphia: W.B. Saunders 1990; 1: 221-274.
11. Pandya A, Berneburg M, Ortonne JP, Picardo M. Guidelines for clinical trials in melasma. *Pigmentation Disorders Academy*. *Br J Dermatol*. 2006 Dec;156 Suppl 1:21-8.
12. Miraliakbari R, Donald RM. *Skin Grafts operative techniques in General Surgery*. Elsevier 2006; 11: 197-2006.
13. Hazani R, Whitney R, Wilhelmi BJ. Optimizing aesthetic results in skin grafting. *Am Surg* 2012;78: 151-154.
14. Xue C, Xing X, Li L. Correlation of the expression of melanocortin 1 receptor and melanin contents in human skin autografts. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 2007; 21: 1202-1205.

15. Al-Qattan MM, Pitkanen J. Delayed primary excision and grafting of full thickness alkali burns of the hand and forearm. *Burns*. 2001; 27: 398-400.
16. Bandyopadhyay D. Topical Treatment Of Melasma. *Indian J Dermatol* 2009; 54: 303–309.
17. Gupta AK, Gover MD, Nouri K, Taylor S. The treatment of melasma: a review of clinical trials. *J Am Acad Dermatol* 2006; 55: 1048-65.
18. Palumb A, d'Ischia M, Misuraca G, Prota G. Mechanism of inhibition of melaninogenesis by hydroquinone. *Biochem Biophys Acta* 1991; 1073: 85-90.
19. Perez-Bernal A, Munoz-Perez MA, Camacho F. Management of facial hyperpigmentation. *Am J Clin Dermatol* 2000; 1: 261-268.
20. Kligman AM, Willis I. A new formula for depigmenting human skin. *Arch Dermatol* 1995; 111: 40-48.
21. Kim You Jeong, Ksm Mi-Yeon, Paik-Kwon Lee, Y Hyung Ok Kim, Young Min Park. Evaluation of Natural Change of Skin Function in Split-Thickness Skin Grafts by Noninvasive Bioengineering Methods *Dermatol Surg* 2006; 32: 1358-1363.
22. Tsukada S. The melanocytes and melanin in human skin autografts. *Plast Reconstr Surg* 1974; 53: 200-207.
23. Farooqui JZ, Auclair BW, Robb E, Sarkisian E, Cooper C, Alexander JW, et al. Histological, biochemical, and ultrastructural studies on hyperpigmented human skin xenografts. *Pigment Cell Res* 1993; 6: 226-233.

**Tablo 1.** Çalışma ve kontrol grubunun postoperatif 45. ve 75. gün MSS puan ortalamaları

Gruplar	45. gündeki MSS puanı	75. gündeki MSS puanı
Çalışma 1	1,33	0
Çalışma 2	1,00	0,33
Çalışma 3	0,66	0
Çalışma 4	1,33	1,66
Çalışma 5	1,00	0
Çalışma 6	1,00	1,00
Çalışma 7	0,66	1,00
Çalışma 8	1,00	2,00
Kontrol 1	2,33	1,00
Kontrol 2	1,33	2,00
Kontrol 3	1,00	0,66
Kontrol 4	1,33	1,66
Kontrol 5	1,33	2,33
Kontrol 6	1,33	0,66
Kontrol 7	1,66	1,00
Kontrol 8	1,66	0
Kontrol 9	0,66	1,00

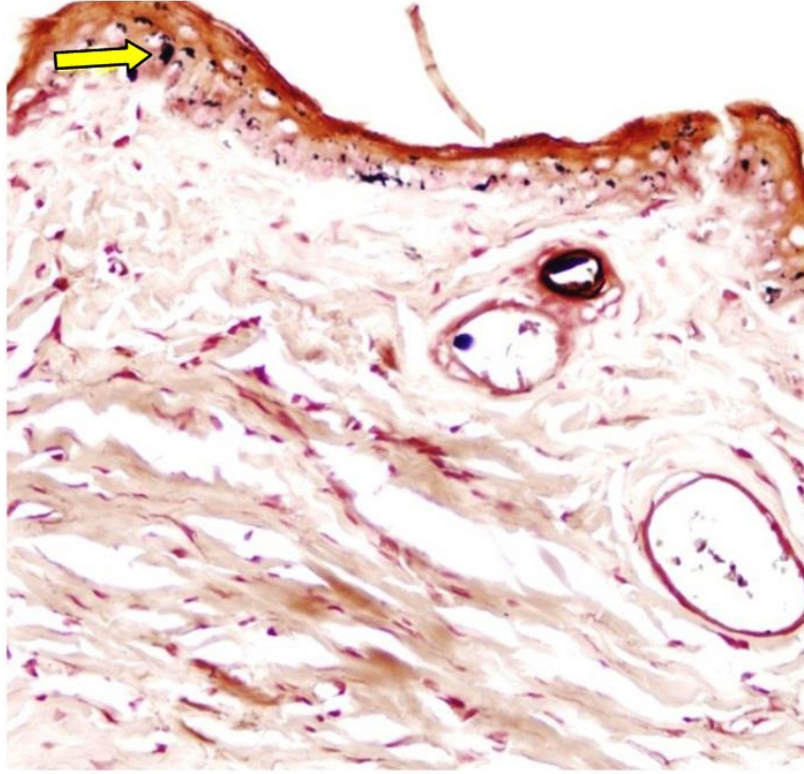


**Tablo 3.** Çalışma ve kontrol grubunun S100 ve MF boyalarıyla histolojik olarak değerlendirme puanları

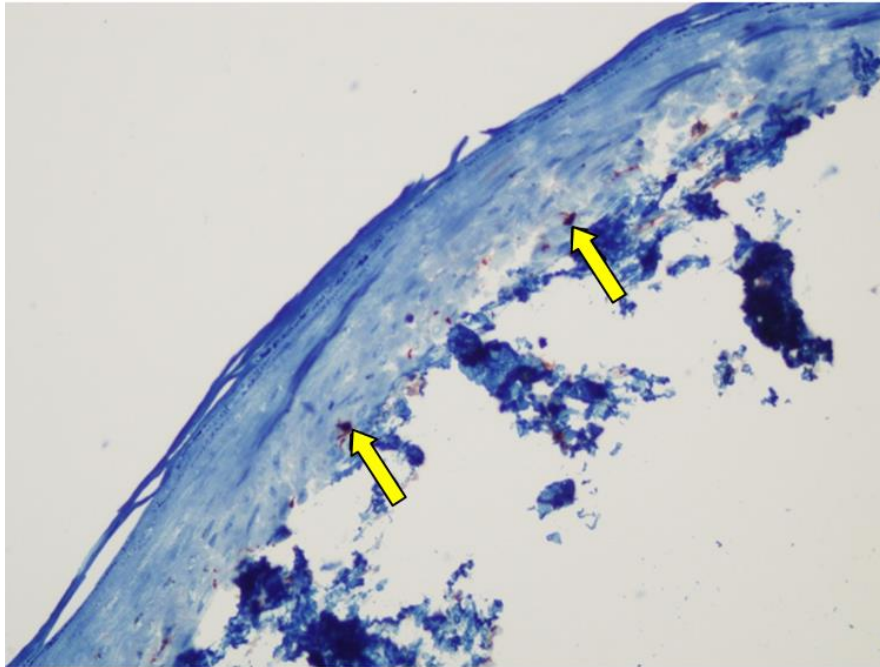
<b>Gruplar</b>	<b>S100</b>	<b>MF</b>
Çalışma 1	2	2
Çalışma 2	2	2
Çalışma 3	2	2
Çalışma 4	2	2
Çalışma 5	2	1
Çalışma 6	1	2
Çalışma 7	1	2
Çalışma 8	2	2
Kontrol 1	4	3
Kontrol 2	4	3
Kontrol 3	3	3
Kontrol 4	2	3
Kontrol 5	2	2
Kontrol 6	3	4
Kontrol 7	2	2
Kontrol 8	2	3
Kontrol 9	4	4

**Tablo 2.** Çalışma ve kontrol grubunun postoperatif 45. ve 75. gün MAS puan ortalamaları ile S100 ve MF değerlendirme puanlarının karşılaştırılması (Mann-Whitney U Testi)

<b>Değişken</b>	<b>Grup</b>	<b>n</b>	<b>Sıra ortalaması</b>	<b>Ortanca</b>	<b>U</b>	<b>P</b>
45. gün MSS puan ortalamaları	Kontrol	9	11,33	1,33	15	<b>0,036</b>
	Çalışma	8	6,38	1		
75. gün MSS puan ortalamaları	Kontrol	9	10,17	1	25,5	0,302
	Çalışma	8	7,69	0,66		
S100 puanı	Kontrol	9	11,67	3	12	<b>0,009</b>
	Çalışma	8	6	2		
MF puanı	Kontrol	9	12,22	3	7	<b>0,002</b>
	Çalışma	8	5,38	2		



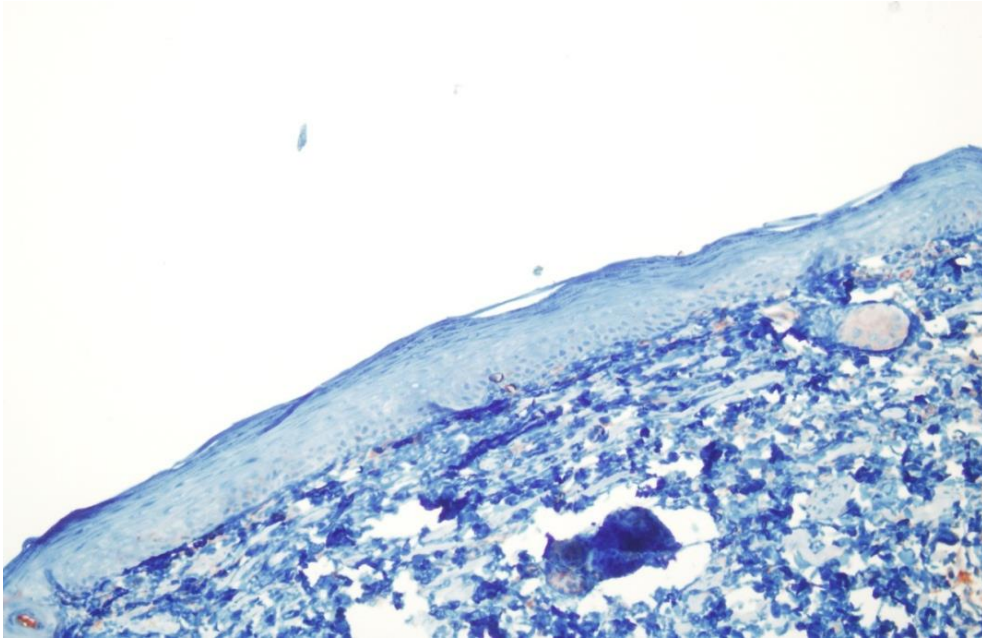
Şekil 3. Kontrol grubunda MF boyasıyla artmış olan melanin pigmentinin görünümü. MF değerlendirme puanı: 4 (Masson Fontana X100)



Şekil 4. Kontrol grubunda S100 boyama ile artmış olan melanositlerin görünümü. S100 değerlendirme puanı: 2 (S100 X100)



Şekil 5. Çalışma grubunda melanin pigmentinin görünümü. MF değerlendirme puanı: 1 (Masson Fontana X100)



Şekil 6. Çalışma grubunda S100 boyama ile az sayıda melanosit hücreleri. S100 değerlendirme puanı: 0 (S100 X100)





Şekil 1. Çalışma grubunun postoperatif 75. gündeki görünümü (tedavinin 60. günü). MAS puanı:1.



Şekil 2. Kontrol grubunun postoperatif 75. gündeki görünümü. MAS puanı: 3

**FTALOSİYANİNLERDE SONO-FOTODİNAMİK TERAPİ ÇALIŞMALARI**  
**SONO-PHOTODYNAMIC THERAPY STUDIES ON PHTHALOCYANINES****Göknur YAŞA ATMACA**

Dr.Öğretim Görevlisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Anorganik Kimya Anabilim Dalı

**ÖZET**

Son yıllarda, kanser tedavisinde önemli gelişmeler olmuştur. Cerrahi, radyoterapi ve kemoterapi gibi geleneksel tedaviler klinik kontrolde büyük başarılarla neden olsa da, aynı zamanda ciddi yan etkilere sahiptir. Bu nedenle, hastanın yaşam kalitesini iyileştirmek için yeni tedavilere ihtiyaç vardır. SDT ve PDT'nin birleştirilmesiyle, bu yeni yaklaşımın, sensitizerin neden olduğu yan etkileri azalttığı gösterilmiştir.

Bu çalışmada, daha etkili bir terapötik sonuç oluşturmak için yukarıda belirtilen SPDT yönteminin uygulanması hedeflenmektedir. Böylece, 4-[(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-heptadekaflo-rodesiltiyo)fenoksi] ftalosiyanoato Zn (II) ve Co (II) komplekslerinin THF içerisinde SPDT özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, kompleksin SPDT yöntemindeki singlet oksijen verimlerinin, PDT yöntemindeki singlet oksijen veriminden neredeyse iki kat daha yüksek olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ftalosiyanın, Fotodinamik Terapi, Sonodinamik Terapi**ABSTRACT**

In recent years, there have been significant developments in the treatment of cancer. Traditional therapies such as surgery, radiotherapy and chemotherapy have led to great success in clinical control, but they also have serious side effects. Therefore, novel therapies are needed to improve the life quality of the patient. By combining SDT and PDT has been demonstrated that this novel approach can lower the side effects caused by sensitizer.

In this study, it is desired to apply the above mentioned SPDT method to create a more effective therapeutic outcome. Thus, the SPDT property of 4-[(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-heptadecafluoro-decylthio)phenoxy] phthalocyaninato Zn(II) and Co(II) examined in THF. The results showed that the singlet oxygen yields of the complexes in the SPDT method are almost twice higher than the singlet oxygen yields in the PDT method.

**Keywords:** Phthalocyanine, Photodynamic Therapy, Sonodynamic Therapy**1.Introduction**

Cancer, one of the biggest health problems of our age, is an individual-specific disease and therefore it is not possible to speak of a standard treatment [1]. Considering the large resources spent for cancer treatment, preventive measures, chaotic convalescence and the social and psychological consequences of cancer, there is a much more big problem [2]. That's why, new methods and anticancer molecules are being developed.

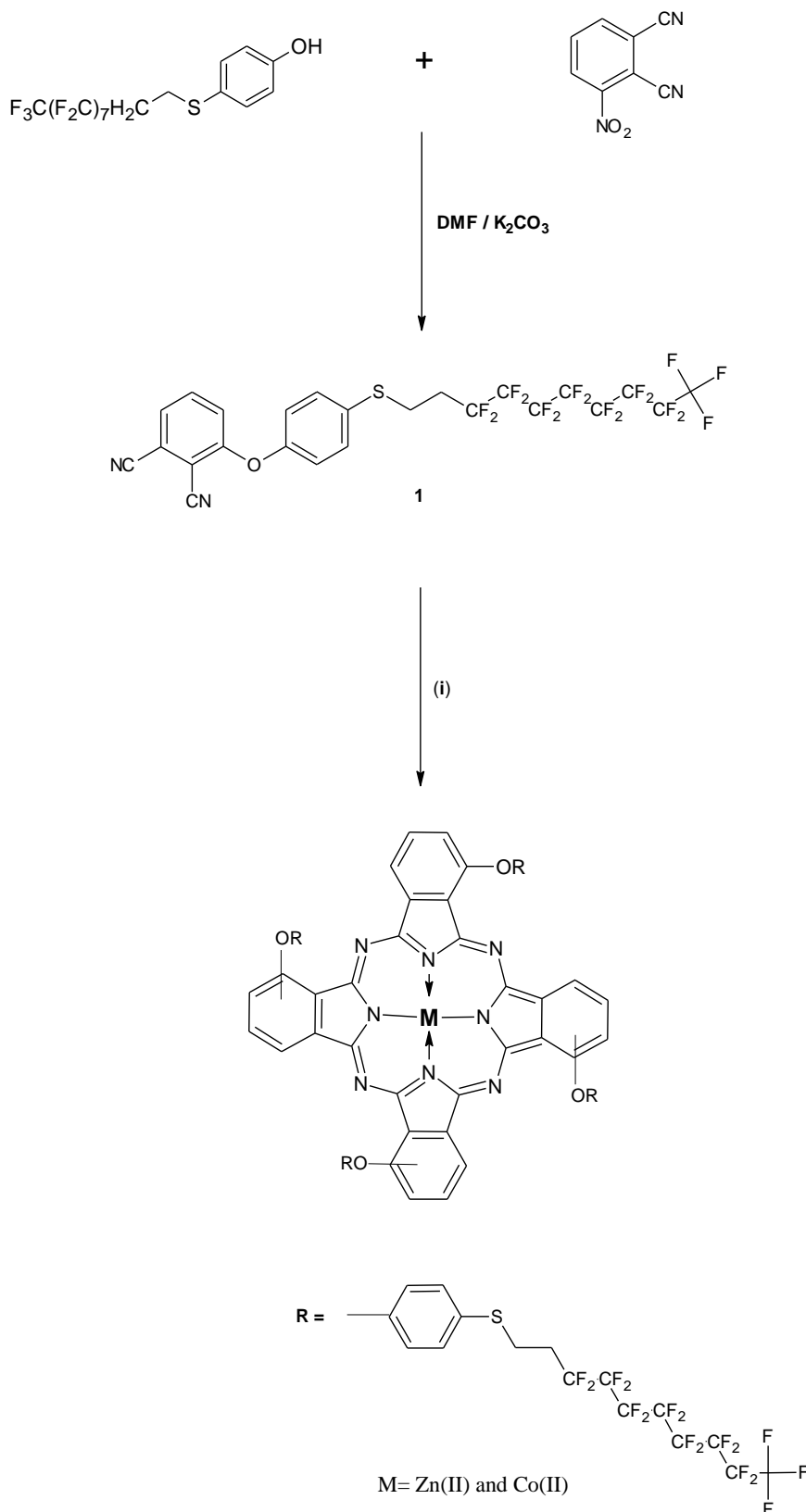
Photodynamic therapy (PDT) has been one of the most remarkable applications. The PDT method is based on a light-sensitive agent (photosensitizer) injected to the patient and deposited in the tumor tissue by the addressing method to produce reactive singlet oxygen by exposure to visible light at the appropriate wavelength and target the cell death by apoptosis or necrosis mechanisms [3,4]. However, PDT applications are limited to superficial lesions depending on the depth of penetration of the laser light [1,5]. To overcome this problem, sonodynamic therapy (SDT) method has been developed by using ultrasound activated sensitizers inspired by PDT [6,7]. The ultrasound used in SDT is able to penetrate deeper and the free radicals (hydroxyl, hydrogen, hydrogen peroxide, superoxide), occurring from the breakdown of water molecules as a result of acoustic cavitation, destroy the target cells [8]. With these properties, SDT has improved the disadvantage of PDT, but the sonosensitizers to be used in the SDT method have not been approved for clinical applications [9, 10]. Because the need for high concentration of SDT applications increased the potential of phototoxicity [11, 12]. All of these results required the



formation of Sono-photodynamic Therapy (SPDT), a combination of SDT and PDT [1, 13]. In the SPDT method, the sensitizer is activated by both light and ultrasound to produce sonochemical and photochemical reactions [14, 15]. Previous studies about cancer responses to SPDT have shown that SPDT has a more impressive therapeutic effect than any monotherapy [15, 16]. SPDT depends on some basic factors as the parameters of ultrasound and light, sensitizers, tumor response to sensitizer, ultrasound and light exposure time [1, 13]. Especially sensitizer selection is the most important issue in this method. The synthesized sono-photo sensitizers should have high sono-photo sensitivity, a stable chemical composition, high cleaning properties from healthy tissues, and should not be toxic [9, 17].

Coordination compounds are of great importance in biological systems [18]. Phthalocyanines, one of these coordination compounds, attracted the attention of researchers with their high absorption coefficient and 18  $\pi$  electron system in the visible region (600-800 nm) and a wide variety of metal phthalocyanine complexes were obtained [19]. The photophysical properties of metallifthalocyanines (MPcs) are strongly influenced by the central metal ion [17]. Diamagnetic ions such as  $Zn^{2+}$ ,  $Ga^{3+}$  and  $Si^{4+}$  enable MPcs to increase the therapeutic effect by producing singlet oxygen in high efficiency [20]. Therefore, photodynamic therapy is one of the most common uses of phthalocyanines [21].

Although it is known that sono-photodynamic therapy improves the therapeutic results, studies on the development of this method in the literature have been quite insufficient. That's why, in this study, the SPDT property of 4-[(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-heptafluoro-decylthio)phenoxy] phthalocyaninato Zn(II) and Co (II) examined in THF. and the results were compared with PDT results. The synthesized complexes in our previous study [22] showed in **Scheme 1**.



## 2. Experimental

### 2.1. Materials and equipment

All chemicals and solvents used were analytical grade and commercially purchased and were used as received without further purification. Column chromatography was performed on silica gel 60 (0.04-0.063 mm). FT-IR spectra (KBr pellets) were measured with a Perkin Elmer Spectrum One Spectrometer. Absorption spectra in the UV-Visible region were obtained with a Shimadzu 2001 UV spectrophotometer. Ultrasound was performed by Bandelin Sonorex (60W, 35 KHz). Fluorescence

spectra were measured using a Varian Eclipse spectrofluorometer using 1 cm path length cuvettes at room temperature. <sup>1</sup>H NMR spectra were recorded in deuterated chloroform (CDCl<sub>3</sub>) solutions on a Varian 500 MHz spectrometer. Photo-irradiations were measured using a General Electric quartz line lamp (300W). A 600 nm glass cut off filter (Schott) and a water filter were used to filter off ultraviolet and infrared radiations respectively. An interference filter (Intor, 700 nm with a band width of 40 nm) was additionally placed in the light path before the sample. Light intensities were measured with a POWER MAX 5100 (Mol electron detector incorporated) power meter. The mass spectra were acquired on a Bruker Daltonics (Bremen, Germany) Micro TOF mass spectrometer equipped with an electron spray ionization (ESI) source. The instrument was operated in positive ion mode using am/z range of 50-3000. The capillary voltage of the ion source was set at 6000 V and the capillary exit at 190 V. The nebulizer gas flow was 1 bar and drying gas flow 8 mL/min (MALDI MS).

## 2.2. Synthesis

Synthesis method and characterization results are given in our previous study [22] in the literature.

## 2.3. Singlet oxygen quantum yields

Quantum yields of singlet oxygen photogeneration were determined in air (no oxygen bubbled) using the relative method with unsubstituted ZnPc as reference and diphenyl isobenzofuran (DPBF) as chemical quencher [4] Eq.(2):

$$\Phi_{\Delta} = \Phi_{\Delta}^{\text{Std}} \frac{R \cdot I_{\text{abs}}^{\text{Std}}}{R^{\text{Std}} \cdot I_{\text{abs}}}$$

where  $\Phi_{\Delta}^{\text{Std}}$  is the singlet oxygen quantum yield for the unsubstituted ZnPc standard; R and R<sub>Std</sub> are the DPBF photo bleaching rates in the presence of the respective sample and standard, respectively. I<sub>abs</sub> and I<sub>abs</sub><sup>Std</sup> are the rates of light absorption by the sample and standard, respectively. The concentration of quencher (DPBF) was lowered to ~3 x 10<sup>-5</sup> mol dm<sup>-3</sup> to avoid chain reactions induced by DPBF in the presence of singlet oxygen [4]. Solutions, that contain DPBF, were prepared in the dark and irradiated in the Q band region [17]. The degradation of DPBF at 417 nm was monitored after each 5 s irradiation. The light intensity of 7.05 x 10<sup>15</sup> photons s<sup>-1</sup> cm<sup>-2</sup> was used for  $\Phi_{\Delta}$  determinations.

## 3.Result and Discussion

### 3.1. Singlet oxygen quantum yields in PDT

Singlet oxygen quantum yields of the Zn (II) and Co(II) phthalocyanines were calculated in THF to investigate the effect of metal, Table 1 and Figure 1, 2 show spectral changes of complexes in the presence of DPBF. There were no changes in the Q band intensities during singlet oxygen studies, confirming that complexes are not degraded in these studies [17]. When we compare the results, the quantum yield  $\Phi_{\Delta}$  (0.48) of ZnPc is higher than the quantum yield  $\Phi_{\Delta}$  (0.06) of CoPc in THF as expected, because of the paramagnetic nature of the Co metal.

**Figure 1:** A typical spectrum for the determination of singlet oxygen quantum yield of the ZnPc in THF.

**Figure 2:** A typical spectrum for the determination of singlet oxygen quantum yield of the CoPc in THF.

**Table 1**

Complex	$\Phi_{\Delta}$ in PDT	$\Phi_{\Delta}$ in SPDT
ZnPc	0.48	0.76
CoPc	0.06	0.10

**3.2. Singlet oxygen quantum yields in SPDT**

The complexes were first treated by ultrasound irradiation for 60s and then monitored after each 5 s light irradiation. The singlet oxygen quantum yields were obtained as in Table 1 and Figure 3, 4. As in PDT studies, there were no changes in the Q band intensities during the studies, confirming that complexes are not degraded in SPDT studies. This combined treatment modality is more effective than using of only PDT or only SDT, Figure 5.

**CONCLUSION**

This study aimed to compare the PDT and SPDT. The success of PDT, SDT and SPDT applications mainly depends on producing high singlet oxygen. That's why, the singlet oxygen quantum yields were calculated after the PDT and SPDT studies. Both of the complexes have much higher  $\Phi_{\Delta}$  values ( $\Phi_{\Delta} = 0.76$  for **ZnPc**, 0.10 for **CoPc** in THF) in SPDT studies than  $\Phi_{\Delta}$  values ( $\Phi_{\Delta} = 0.48$  for **ZnPc**, 0.06 for **CoPc** in THF) in PDT studies. The results showed that only SDT is not sufficient and SPDT is much more effective for anticancer therapy.

**Acknowledgements**

This study was supported by Yıldız Technical University (Project No: 2014-01-02-DOP03).

**References**

- [1] Yichen Liu, Pan Wang, Quanhong Liu, Xiaobing Wang, *Ultrasonics Sonochemistry*, 31 (2016) 437–448
- [2] G.Y. Atmaca, Doktora tezi, Fotodinamik Terapi Amaçlı Yeni Tip Silisyum Ftalosiyanınların Sentezi ve Özelliklerinin İncelenmesi (2018) İstanbul.
- [3] Xiao-Min Shen, Bi-Yuan Zheng, Xiu-Rong Huang, Lei Wang and Jian-Dong Huang, *Dalton Trans.*, 42 (2013)10398.
- [4] A. Hışır, G. G. Köse, G.Y. Atmaca, A. Erdogmus and G.K. Karaoglan, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, 22 (2018) 1010–1021.
- [5] D.E. Dolmans, D. Fukumura, R.K. Jain, *Photodynamic therapy for cancer*, *Nat. Rev. Cancer* 3 (2003) 380–387
- [6] N. Yumita, R. Nishigaki, K. Umemura, S.i. Umemura, *Cancer Sci.* 80 (1989) 219– 222.
- [7] M. Trendowski, *Cancer Metast. Rev.* 33 (2014) 143–160.
- [8] E. C. KÖKEN, Doktora tezi, Ehrlich Asit Tümör Hücreleri Üzerinde Kloralüminyum Ftalosiyanın ve Dosetakselin Sonodinamik Etkilerinin Araştırılması, (2014) Aydın.
- [9] H. Chen, X. Zhou, Y. Gao, B. Zheng, F. Tang, J. Huang, *Drug Discov. Today* 19 (2014) 502-509.
- [10] D.Costley, C.M. Ewan, C. Fowley, A.P. McHale, J.Atchison, N.Nomikou, J. F. Callan, *Int J Hyperthermia*, 31(2) (2015) 107–117.
- [11] Hai-Jun, Xiao-Bin Zhou, Ai-Lan Wang , Bi-Yuan Zheng , Chih-Kuang Yeh , Jian-Dong Huang, *European Journal of Medicinal Chemistry* 145 (2018) 86-95.
- [12] Qing Li, Xiaobing Wang, Pan Wang, Kun Zhang,Haiping Wang, Xiaolan Feng, and Quanhong Liu, *Cancer Biotherapy And Radiopharmaceuticals*, 29 (2014) 1.
- [13] Jin ZH, Miyoshi N, Ishiguro K, et al. *J Dermatol* 27(2000) 294.
- [14] Kolarova H, Tomankova K, Bajgar R, et al. *Ultrasound Med Biol* , 35 (2009)1397.
- [15] Kessel D, Lo J, Jeffers R, et al. *J Bio chem*, 28 (1995) 219.
- [16] Xiaohuai Wang, Weimin Zhang, Zhiyong Xu, Yifan Luo, Doug Mitchell, and Ralph W. Moss, *Integrative Cancer Therapies*, 8 (2009) 3, 283–287.
- [17] G.Y. Atmaca, C. Dizman, T. Eren, A. Erdoğan, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*,137 (2015) 244-249.
- [18] G.Y. Atmaca, A. Erdoğan, A.L. Uğur, M.K. Şener, U. Avciata and T. Nyokong, *J. Porphyrins Phthalocyanines* 16 (2012) 845–854.

- [19] Bi-Yuan Zheng, Xiao-Min Shen, Dong-Mei Zhao, Yi-Bin Cai, Mei-Rong Ke, Jian-Dong Huang, Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology 159 (2016) 196–204.
- [20] Z. Biyiklioglu and H.Alp, Dalton Transactions, 44 (2015) 18993.
- [21] C.M. Whitacre, D. K. Feyes, T.Satoh, J. Grossmann, J. W. Mulvihill, H. Mukhtar and N. L. Oleinick, Clinical Cancer Research, 6 (2000) 2021–2027.
- [22] G.Y.Atmaca and A.Erdoğmuş, Hacettepe j.Biol.Chem.,45 (2017) 11-20.



**BİNGÖL İLİ SICAKLIK DEĞERLERİNİN PARAMETRİK OLMAYAN TESTLER  
KULLANILARAK ANALİZİ**  
BİNGÖL PROVINCE TEMPERATURES SERIES ANALYSIS USING NONPARAMETRIC  
TESTS

**Ufuk YÜKSELER**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik Anabilim Dalı,  
(sorumlu yazar)

**Ö. Faruk DURSUN**

Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü,

**ÖZET**

İklim değişikliği araştırmaları, son zamanların popüler araştırma konuları arasında yer almaktadır. İklim olaylarında meydana gelen ve/veya gelecek değişimleri tahmin etmek amacıyla birçok yönelim çözümleme (trend analiz) yöntemleri kullanılmaktadır. Trend analizi yöntemleri kendi içerisinde parametrik ve parametrik olmayan testler olarak ikiye ayrılmaktadır. Parametrik testler; kullanılan verilerin normal dağılıma uyması halinde iyi sonuçlar verirken, parametrik olmayan testler belirli bir olasılık dağılımından bağımsız olarak çalışırlar. Parametrik olmayan testlere örnek olarak Mevsimsel Mann Kendall, Spearman Rho, Mann Kendall, Sen'in T ve Şen'in ITA yöntemlerini gösterebiliriz.

Bu çalışmada; Bingöl ilinde ölçülen sıcaklık verileri üzerinde iklim değişikliğinin etkisini belirleyebilmek amacıyla il sınırları içerisinde bulunan 4 farklı meteoroloji istasyondan alınan sıcaklık verileri, Şen'in ITA, Mann-Kendall, Sen'in T ve doğrusal regresyon (en iyileme) testlerine tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan sıcaklık verileri 1970-2018 yılları arasında ölçülmüştür. Elde edilen test sonuçları doğrultusunda Bingöl ili sıcaklık değerlerinin iklim değişikliği karşısında nasıl değişiklik gösterdiği yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel ısınma, Şen ITA testi, Mann-Kendall, doğrusal regresyon, Sen'in T testi,

**ABSTRACT**

The climate change research has recently become a popular research topic. Many trend analysis methods are used to predict changes in past and/or future climate events. Trend analysis methods are divided into two as parametric and nonparametric tests. Parametric tests give good results if the data used corresponds to the normal distribution, whereas non-parametric tests run independently of the probability distribution given.

In this study, in order to determine the effect of climate change on temperature series measured in Bingöl province, temperature series obtained from 4 different meteorological stations in the province are subjected to Şen's ITA test, Mann-Kendall, Sen's T and linear regression tests. The temperatures series used in the study are measured between 1970 and 2018. In the light of the test results, it is interpreted how the temperature values of Bingöl change under the influence of climate change.

**Keywords:** Climate change, Şen's ITA test, Mann-Kendall test, linear regression, Sen's T test

**1.GİRİŞ**

Dünya nüfusunun artışı, endüstriyel bölgelerin yaygınlaşması gibi nedenlerden dolayı dünya atmosferine yayılan sera gazı miktarı her geçen gün artmaktadır. Özellikle son dönemlerde buzul bölgelerindeki azalmalar, küresel anlamda ısınmalar ve deniz seviyesindeki artış dünya ikliminde bazı değişiklerin sonucu olarak ifade edilmektedir. İklim değişikliğinin yerel ve küresel anlamda birçok değişimler yaşattığı kısmen görülmekte kısmen de gelecek adına tahmin edilmektedir. Gelecek yıllarda mevcut kaynakların eksileceği, büyük tahribatlara neden olan sel, fırtına ve kuraklık gibi afetlerin artması, ozon tabakasındaki tahribatın artması nedeniyle radyasyon ve hava kirliliklerinin hem sağlık açısından risk teşkil edeceği hem de yaşam konforunu düşüreceği tahmin edilmektedir. İklimsel değişikliğin neticesinde bazı bölgelerde kuraklık riskinin, bazı bölgelerde ise doğal afetlerin arttığı görülmektedir. İklim değişikliği konusunda her yıl düzenli olarak Hükümetler arası İklim değişikliği paneli (IPCC) düzenlenmektedir. Bu güne kadar IPCC tarafından 6 adet rapor yayımlanmıştır. Bu

raporlardan ilki 1990 yılında, 2.si 1992 yılında tamamlayıcı olarak hazırlanan raporun ardından 1995 de asıl rapor yayınlanmış, 2001 yılında 3. ve 2 Şubat 2007 yılında Paris'te 4. değerlendirme raporu yayınlanmıştır(IPCC 2001a, 2001b). 4. Değerlendirme raporu özellikle ülkeler arası bilimsel fikirler öncülüğünde siyasi fikirlere ortaklık etmesi açısından son derece önemlidir. 1850 yılından beri ölçülen sıcaklıklar doğrultusunda resmi rakamlara göre; 1995 ve 2006 yılları arası dünyanın en yüksek sıcaklıklarının yaşandığı dönemdir. Bunun sonucu olarak IPCC'nin 3. değerlendirme raporunda kabul edilen 0.6 °C artış 4. değerlendirme raporunda 0.74 °C olarak revize edilmiştir. Buna ilaveten deniz seviyesindeki artış, 1961'den 1993 yılına kadar 1.8 mm olarak verilirken, 1993'den 2003 yılına kadarki dönemde 3.1 mm olarak revize edilmiştir. Bu rakamlar hala çok anlamlı olmayan düzeyde küçük olmasına rağmen bu artış eğilimin hızlı yönde ilerlemesi tedirgin edicidir. Yine IPCC raporunun yayınlandığı dönemlerde buzul bölgelerindeki buzulların azalması konusunda kaygı uyandırıcı çalışmalar, bu çalışmanın teslim tarihine yetiştirilememiş ve bu göstergeler çalışmada eksik kalmıştır. (IPCC, 2007). IPCC V. değerlendirme raporunu 27 Eylül 2013'te yayımlamış, bu değişimler konusunda öneri ve yöntem belirlemeye yardımcı olmak için elde edilen çalışma verileri ve gözlemler ile gelecek senaryo projeksiyonlarını bildirmiştir. İklim değişikliğiyle ilgili beklenen sonuçlara bir önlem alınmadığı takdirde bazı bölgelerde çok ciddi tahribatlara neden olacak fırtınalar, bazı bölgelerde ise kuraklık ve sel risklerinin oluşacağı ifade edilmiştir (IPCC, 2013).

4 tarafi denizlerle çevrili olan ve birçok iklim farklılıklarına sahip olan ülkemiz iklimsel değişikliklerden çok ciddi oranda etkilenecek bir bölgedir. Türkiye nüfusunun %20'sine ev sahipliği yapan İstanbul ve civarındaki illerde oluşacak bir doğal afet veya seller çok ciddi can kayıpları ve mal kayıpları yaşatabilir. Buna ilaveten su sıklığı çeken bazı bölgelerimizde gelecek planlamaları yapılmadığı takdirde küresel ısınma nedeniyle çok ciddi kuraklık tehdidiyle karşı karşıya kalabileceğini ifade etmiştir( Öztürk, 2002). Sağlam ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin insan yaşamı üzerindeki tehditleri hususunda durmuşlardır. Son 100 yıl içerisinde iklim değişikliği nedeniyle sıcaklık değerlerinin 0.7-0.8 derece artış gösterebileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca gerekli önlemler alınmadığı takdirde bu artışın düzenli olarak değişeceğini ifade etmişlerdir. Bu artış nedeniyle deniz seviyesinin artışının, buzul bölgelerdeki buzulların azalma düzeyinin devam edeceği anlamına gelmektedir. Bunun sonucunda dünya çöl bölgelerinin alanının genişlemesi, yağışlardaki düzensizleşmenin devam etmesi, sel, kasırga, fırtına gibi afetlerin tekrür sayısını arttıracığı tahmin edilmektedir. İklimsel olarak bu değişiklik bazı endemik bitki türlerinin koşullarının değişmesinden dolayı yok olmasına sebebiyet verebilecektir. Loaciga (2003), İklim değişikliğinin yer altı sularına etkisi konusunda bir çalışma yapmıştır. Çalışma bölgesindeki nüfus artışının yanı sıra küresel ısınmanın da yeraltı sularında çok ciddi etkiler yapacağı ifade edilmiştir. Çeribaşı, G.(2018), yaptığı çalışmada Yenilikçi Şen yöntemi kullanılarak Batı Karadeniz Havzasındaki Yağış verilerindeki değişimler incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda bölgedeki istasyonların verilerinde azalan yönde bir trend olduğu ve bu trendin ileride kuraklık riski doğuracağını ortaya koymuştur.

## 2. VERİ VE UYGULAMA ALANI



Şekil 1. Çalışma alanının ve istasyonların gösterimi

Bu çalışmada, Bingöl İlinin merkezinde bulunan 1 adet Devlet Meteoroloji İstasyonu (DMİ) ve Karlıova, Solhan, Kığı ilçelerindeki diğer DMİ'ler ile beraber toplam 4 DMİ den alınan veriler kullanılmıştır. Bu veriler 3 adet parametrik testler kullanılarak incelenmiştir. Şekil 1'de, CBS ortamında hazırlanan çalışma bölgesini ve DMİ noktalarını gösteren harita verilmiştir.

## 3. METODOLOJİ

Son dönemlerde özellikle iklim değişikliğinden etkilenen parametrelerin analizinde, verilerin kısa dönemli, aralıklı, düzensiz ve rastgele olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için parametrik olmayan testler daha fazla tercih edilmektedir.

### 3.1 Mann-Kendall Testi

Mann-kendall testi trend analiz yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir testtir. Parametrik olmayan testlerin en önemli özelliği, değişkenlerin ne tür bir dağılımı olduğunun sonucu etkilememesidir. Bu yöntem dağılımdan etkilenmediği için değişkenlerin değeri önemsizdir. Bu testte önemli olan, büyüklüklerin sırasidir.

Veri aralığından  $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$  olacak şekilde büyüklük sırasına göre sıralanmasına göre sıralanır. Bu testte  $i < j$  için  $x_i < x_j$  olan  $(x_i, x_j)$  sıralı çiftlerinin sayısı P,  $i < j$  için  $x_i > x_j$  çiftlerinin sayısı ise M olarak tanımlanır.

$S = P - M$  olmak üzere Kendall korelasyon katsayısı  $\tau$  denklem 1'de şekildeki gibi hesaplanır:

$$\tau = \frac{S}{n \cdot (n-1) / 2} \quad (1)$$

Yukarıdaki şekilde hesaplanan korelasyon sayısı -1 ve 1 aralığında değişir. Bu hesaplanan değerde sonucun sıfır olması değişkenlerin bağımsız olduğunu, sonucun mutlak değerce 1'e eşit olması da değişkenlerin bağımlı olduğunu gösterir. Veri sayısının 10'dan büyük olmasıyla S'nin varyansı ve beklenen değeri aşağıda verilen formülle hesaplanır:

$$E(S) = 0 \quad (2)$$

$$VAR(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum t(t-1)(2t+5)]}{18} \quad (3)$$

(3) denkleminde belirtilen t değeri eşit olan gözlemlerin sayısını ifade eder. Denklemde verilen  $\sum_i$  ise eşit olan gözlemlerin toplamını ifade eder. Denklemde eşit değerler olmadığı takdirde denklem 4'e dönüşür:

$$\text{VAR}(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5)]}{18} \quad (4)$$

Veri sayısı 10 dan büyük olduğu takdire standart norm değişken bulma denklemi 5'te:

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}}} & S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

### 3.2 Doğrusal Regresyon Analiz Metodu

Doğrusal regresyon analizi yöntemi parametrik olan bir trend testidir. Bu test tek değişkenli serilerin gidiş eğiminin hesaplanması için kullanılmaktadır. Eğer trend eğrisini artıya eğilimliyse artan, eksi eğilimliyse azalan bir trend olduğu ifade edilir.

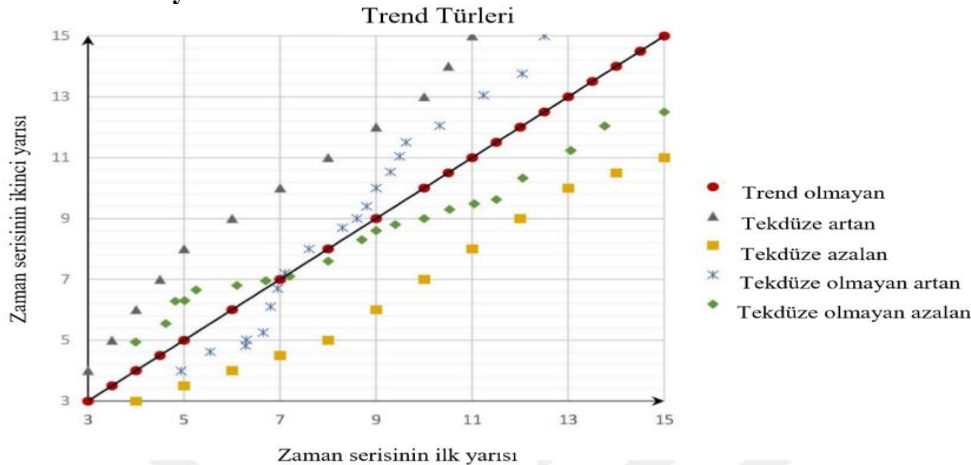
Bu yöntemde küçük trend eğimlerinin gözle görülür bir şekilde belirlenmesi zor olmakla birlikte hesap yapıldığı takdirde verinin tamamı hakkında trendin olup olmadığı konusunda bilgi verebilir

### 3.3 Theil-Sen Eğim Yöntemi

Theil-Sen eğim yöntemi ise verilen zaman serisinin eğiminin büyüklüğünü belirlemede kullanılmaktadır.(Theil, 1950; Sen, 1968). Bu yöntem doğrusal regresyon analizi ile kıyaslandığında, ortalama değerden sapan değerlerin eğim üzerindeki etkisini sınırlandırmaktadır. Trend eğimi,  $\beta$  simgesiyle ifade edilmekle ve geçerli denklemi 6 'daki gibidir. Theil-Sen eğim yöntemi ve doğrusal regresyon trend analizi metodu Mann-Kendall ve Şen-inovatif yöntemden farklı olarak bu iki yöntem için kabul edilen kritik değerlerin olmayışıdır.

$$\beta = \text{median} \frac{X_j - X_i}{j - i}, \quad i < j \quad (6)$$

### 3.4 Şen-İnovatif trend yöntemi



Şekil 2. Şen-İnovatif trend yöntemi Azalan, Artan ve trend olmayan serinin gösterimi (Dabanlı, İ. 2017)

Şen-ITA yönteminde elde edilen eğim değerlerini yorumlamak için Mann-Kendall yönteminden farklı olarak çalışılan her veri seti için ayrı bir kritik değer hesaplanmalıdır. Şen (2015) tarafından kritik trend değerini hesaplamak için; öncelikle Denklem 7'den korelasyon katsayısı bulunur. Korelasyon değerinin bulunmasının ardından oluşan olası trendlerin varyansını hesaplamak için Denklem 8 uygulanır. Daha sonra Denklem 9 kullanılarak, %95 anlamlılık düzeyi için kritik trend değeri hesaplanır.

$$\rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1} = \frac{E(\bar{y}_2\bar{y}_1) - E(\bar{y}_2)E(\bar{y}_1)}{\bar{y}_2\bar{y}_1\sigma\sigma} \quad (7)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{8}{n^2} \frac{\sigma^2}{n} (1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1}) \quad (8)$$

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma \sqrt{1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1}} * 1,96 \quad (9)$$

#### 4. ELDE EDİLEN BULGULAR

##### 4.1 Mann-Kendall testi bulguları

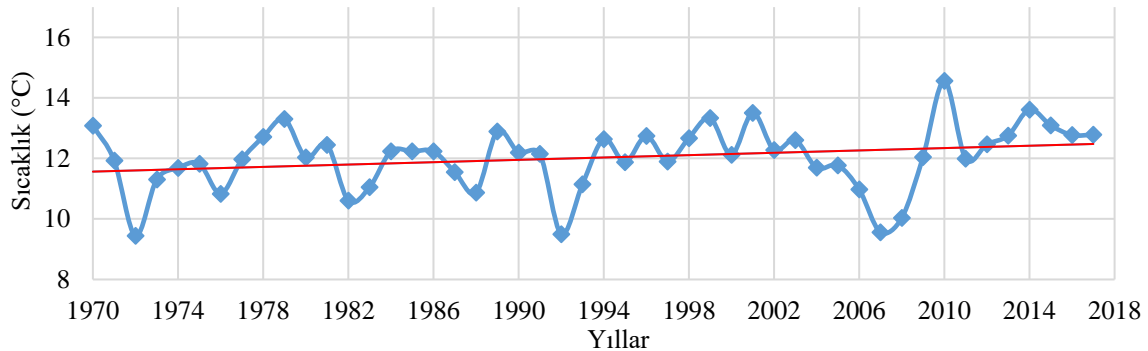
Çalışma aralığı olarak kabul edilen 1970-2017 yılları arasındaki verilere Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Bu uygulanan testin sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir. Bu uygulamanın sonucunda Bingöl, Karlıova, Solhan ve Kığı bölgelerinde 0.05 anlamlılık düzeyine göre anlamlı düzeyde çıkmıştır. Tablo 1.’de verilen çalışma sonuçlarına bakıldığında bu 4 istasyonda da artan yönde bir trend olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Mann-Kendall testi sonuçları

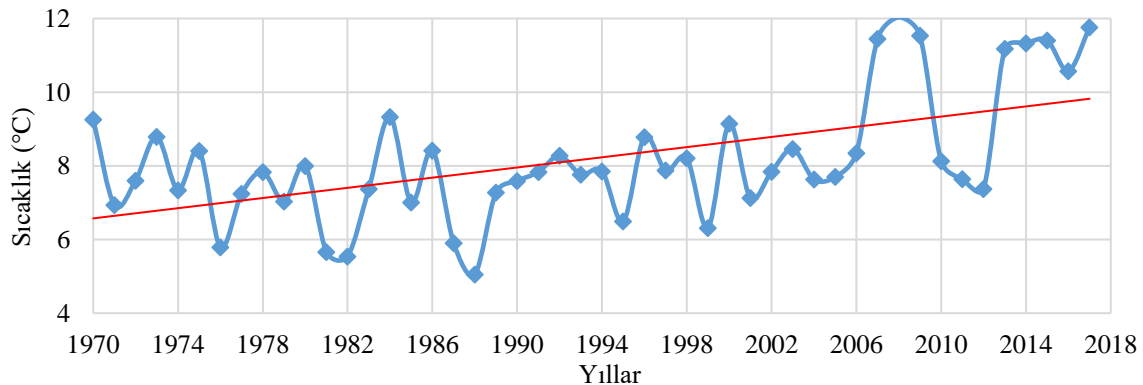
	Veri Aralığı	Parametre	Hesaplanan Z değeri	Kritik Değeri	Z H0 Hipotezi	Trend (±)
Bingöl	1970-2017	Sıcaklık	2.2101	(±1.96)	Kabul	<b>Var (+)</b>
Karlıova	1970-2017	Sıcaklık	3.3289	(±1.96)	Kabul	<b>Var (+)</b>
Solhan	1970-2017	Sıcaklık	2.2935	(±1.96)	Kabul	<b>Var (+)</b>
Kığı	1970-2017	Sıcaklık	2.3934	(±1.96)	Kabul	<b>Var (+)</b>

##### 4.2 Doğrusal Regresyon Testi bulguları

Şekil 3, 4, 5 ve 6’da gösterilen Doğrusal Regresyon Analizi grafikleri incelendiğinde tüm istasyonlarda artan yönde trendin varlığı görülmektedir. Bu grafiklerinden çıkan sonuçlar Tablo 2’ bir bütün olarak verilmiştir. Bölgede bir ısınmanın olduğu Tablo 2’ de de görülmektedir.

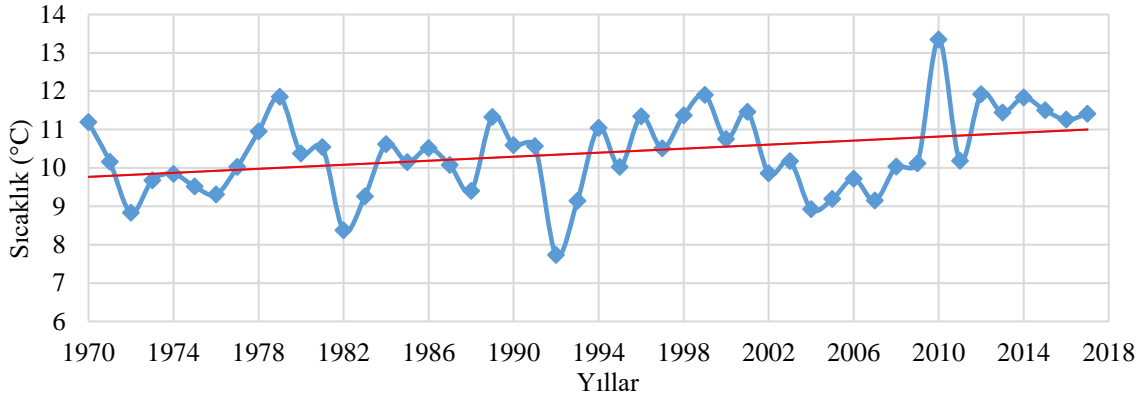


**Şekil 3.** Bingöl istasyonunun sıcaklık değerlerinin Doğrusal Regresyon yöntemiyle Trend grafiği

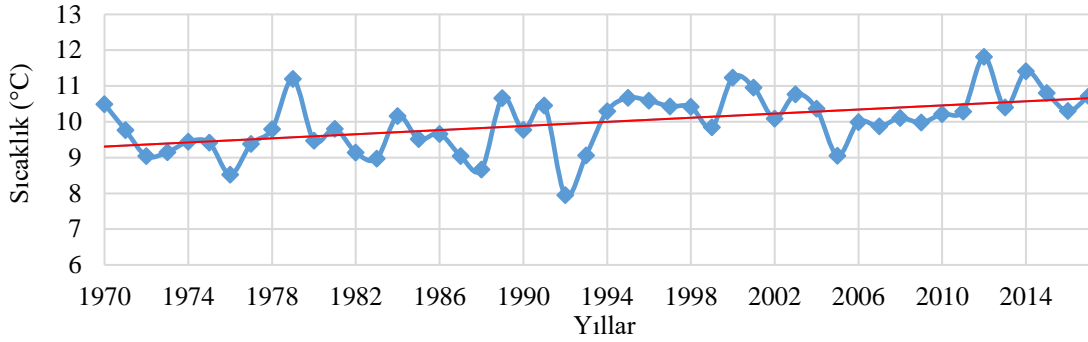


**Şekil 4.** Karlıova istasyonunun sıcaklık değerlerinin Doğrusal Regresyon yöntemiyle Trend grafiği





**Şekil 5.** Solhan istasyonunun sıcaklık değerlerinin Doğrusal Regresyon yöntemiyle Trend grafiği



**Şekil 6.** Kığı istasyonunun sıcaklık değerlerinin Doğrusal Regresyon yöntemiyle Trend grafiği

Bu yöntemde bulunan 4 istasyondaki grafiğin eğimleri incelendiğinde artan yöndeki eğimleri bu havzada artan yönde bir sıcaklık olduğunu göstermektedir.

**Tablo 2.** Doğrusal Regresyon testi sonuçları

	Veri aralığı	Parametre	Eğim Değeri	Eğim Yönü
Bingöl	1970-2017	Sıcaklık	0.0194	+
Karlıova	1970-2017	Sıcaklık	0.0691	+
Solhan	1970-2017	Sıcaklık	0.0262	+
Kığı	1970-2017	Sıcaklık	0.0287	+

#### 4.3 Sen'in Trend Testi bulguları

Çalışma alanına Sen'in trend testi uygulaması sonucunda Tablo 3'de verilen sonuçlara bakıldığında bölgeden alınan 4 istasyon verilerinde de sıcaklıkta bir artış trendinin olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.** Sen'in Trend testi sonuçları

	Veri aralığı	Parametre	Eğim Değeri	Eğim Yönü
Bingöl	1970-2017	Sıcaklık	0.0135	+
Karlıova	1970-2017	Sıcaklık	0.0305	+
Solhan	1970-2017	Sıcaklık	0.0189	+
Kığı	1970-2017	Sıcaklık	0.0206	+

#### 4.4 Sen ITA Testi bulguları

**Tablo 4. Sen ITA testi sonuçları**

	Veri Aralığı	Parametre	Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σ)	Trend (±)
Bingöl	1970-2017	Sıcaklık	0,2512	0,0023	<b>Var(+)</b>
Karlıova	1970-2017	Sıcaklık	0,0070	0,0092	Yok
Solhan	1970-2017	Sıcaklık	0,0320	0,0032	<b>Var(+)</b>
Kığı	1970-2017	Sıcaklık	0,038	0,0016	<b>Var(+)</b>

Çalışma alanına Şen-ITA Trend testlerinin sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre bölgedeki Karlıova bölgesi dışında diğer istasyonlarda bir artış olduğu görülmektedir.

#### 5.SONUÇ

Bingöl havzasında yapılan çalışma sonucunda küresel iklim değişikliğinin sıcaklık parametresini etkilediği görülmüştür. Bu havzada yapılan bir başka çalışmada yağış değerlerinin azalması görülmekte ve bu da gelecek yıllarda bu bölgedeki akarsuların akış potansiyelinde bir azalma oluşturabileceği anlamına gelmektedir. Özellikle iklim değişikliğinin en önemli belirtilerinden olarak görülen küresel ısınmanın, çalışma alanı olarak seçilen Bingöl İli bölgesinde etkisini gösterdiği ifade edilmiştir. Bu amaçla gelecek yıllarda bu bölgedeki nüfus artışı da göz önünde bulundurulduğunda su kaynakları planlaması yapılırken bu değişimin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Küresel ısınmanın su kıtlığına neden olmasının yanı sıra bu bölge iklim koşullarına uyum sağlamış bitkiler ve özel habitatlara da zarar verebileceği ifade edilebilir. Ayrıca iklimsel değişiklikler bu bölgenin ormanlık alanlarında azalmalara neden olabilecek ve bu alanlarda yaşanan canlılara zarar verebilecektir.

#### 6.KAYNAKÇA

- Çeribaşı, G. Batı Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Yenilikçi Şen Yöntemi İle Analizi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(3), 168-173.
- Dabanlı, İ. (2017). *Türkiye’de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Griggs, D. J., & Noguer, M. (2002). Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Weather*, 57(8), 267-269.
- Loáiciga, H. A. (2003). Climate change and ground water. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(1), 30-41.
- McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Eds.). (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 2). Cambridge University Press.
- Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1).
- Sağlam, N. E., Düzgüneş, E., & Balık, İ. (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Su Ürünleri Dergisi*, 25(1), 89-94.
- Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., & Qin, D. (2007). *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC* (Vol. 4). Cambridge university press.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M., Allen, S. K., Boschung, J., ... & Midgley, P. M. (2014). Climate Change 2013: The physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC the intergovernmental panel on climate change.

**YAĞIŞ DEĞERLERİNDEKİ MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİN TREND ANALİZ  
YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BİNGÖL İLİ İÇİN BELİRLENMESİ**  
DETERMINATION OF SEASONAL CHANGES IN PRECIPITATION VALUES FOR BİNGÖL  
PROVINCE BY USING TREND ANALYSIS METHODS

**Ufuk YÜKSELER**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik Anabilim Dalı,  
(sorumlu yazar)

**Ö. Faruk DURSUN**

Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve sanayi devriminden sonra endüstriyel alanların yaygınlaşması, insanoğlunu temel yaşam kaynaklarının tükenmesi hususunda endişelendirmektedir. Küresel iklim değişikliği bu endişelerin en önemli sebepleri arasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin belirlenmesine yönelik birçok tahmin yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında trend analizi yöntemleri sıkça kullanılmaktadır. Trend analizi yöntemleri ile hidro-meteorolojik olayların zamansal olarak değişimleri incelenmektedir.

Bu çalışmada Bingöl ilindeki yağış değerlerinin yıllara ve mevsimlere göre nasıl bir değişim gösterdiği incelenmiştir. Çalışmada Bingöl il merkezi, Karlıova, Solhan ve Kiğı ilçelerinde bulunan meteoroloji istasyonlarının yağış verileri kullanılmıştır. Bu veriler 1960-2017 yılları arasında kapsamaktadır. 48 yıllık meteorolojik veriler Mann-Kendall ve Şen-İnovatif testlerine tabi tutulmuştur. İncelenen 4 istasyona ait veriler ayrıca mevsimsel olarak ta incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Trend analizi, Mevsimsel trend analizi, Şen-ITA, Mann-Kendall, Yağış

**ABSTRACT**

The increasing of the world's population and the expansion of industrial zones after the industrial revolution have worried mankind about the depletion of basic living resources. Global climate change is one of the most important causes of these concerns. Many forecasting methods have been used to determine climate change phenomenon. Among these methods, trend analysis methods are frequently used. Temporal changes of hydro-meteorological events are analyzed by trend analysis methods.

In this study, it is investigated how the rainfall values in Bingöl province change according to years and seasons. The datum are obtained from the meteorology station in Karlıova, Solhan and Kiğı districts, in Bingöl city center. These precipitation data cover the period between 1960 and 2017. 48 years meteorological data are applied to Mann-Kendall and Sen-ITA tests. The data of these 4 stations are also analyzed seasonally and the results are interpreted.

**Keywords:** Trend analysis, Seasonal trend analysis, Sen-ITA, Mann-Kendall, Precipitation

**1.GİRİŞ**

İklim değişikliğini genel bir anlamda tanımlamak gerekirse; uzun bir dönemde küresel ve yerel anlamda bölgelerin mevcut iklim durumlarının yavaşça değişime uğramasıdır. İklim değişikliğinin yerel ve küresel anlamda birçok değişimler yaşattığı kısmen görülmekte kısmen de gelecek adına tahmin edilmektedir. Gelecek yıllarda mevcut kaynakların yetersizleşmesi, büyük tahribatlara neden olan sellerin artması, fırtınalar, kuraklıklar gibi afetlerin meydana gelmesi, ozon tabakasının zarar görmesi nedeniyle oluşan radyasyon ve hava kirliliklerinin artması beklenmektedir. İklimdeki değişiklik sadece doğa ve çevrede oluşturduğu tahribat nedeniyle değil, ekonomik yaşamdan sosyal yaşama kadar birçok alanda insanoğlunu etkilediği için bu konudaki tahminlerin gelecek planlamalarında dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Son yıllarda küresel anlamda iklim değişikliği kaynaklı taşkın afetlerinin sayısı gözle görülecek düzeyde artış göstermektedir. Bu afetler neticesinde ciddi mal ve can kayıpları meydana gelmektedir.

Belirli bir zaman aralığında, istenilen bir parametrenin zaman içerisinde bir artış ya da azalış yöneliminde olup olmadığını araştırmak bazı istatistik testlerle olur. Özellikle sıcaklık ve yağış gibi zamanla değişen parametrelerde zamanla bir azalma ya da artma eğilimi olup olmadığını tespit etmek için bazı özel testler kullanılmaktadır. Bu testler genellikle trend testleri olarak ifade edilmektedir. (Helsel ve Hirsch, 1992). Trend analizi zamana bağlı şekilde verileri değerlendirme analizidir. Bu analiz, iki veya daha çok birbirinden farklı değişkenin matematiksel ilişkisini ortaya koyan denklemlerdir. Bu analizin ana amacı bağımsız değişkenin değerlerinden yola çıkarak bağımlı değişkenin değerini bulmaktır.

Vörosmarty ve Farmer (2000) yaptığı çalışmada, çeşitli senaryolar oluşturarak su kaynaklarının gelecekteki durumu incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda artan nüfus ve iklim değişikliğinin artışı gibi parametreler göz önünde bulundurulmuş ve gelecekte su sıkıntısının bazı bölgelerde artacağı ortaya koyulmuştur. Üstün (2008), İklim değişikliğinin Su kaynaklarına etkisi konulu bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Isparta'da bulunan Işıklı gölü üzerinde nasıl bir değişim olduğu ortaya koyulmuştur. Çalışmanın sonucunda iklim değişikliğinin gölde olumsuz değişimler meydana getirdiği, ileride sulanması istenen arazilerin bu değişimden olumsuz etkileneceği ifade edilmiştir. Akış (2007), iklim değişikliğinin İzmir'deki barajlara etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 1970 ve 1990 yılları arasında Güzelhisar ve Tahtalı gibi barajların su miktarının azaldığını, 1980 ve 2000 arasındaki dönemdeyse su miktarının arttığını ortaya koymuştur. Ayrıca 1970 ve 1990 arasındaki dönemde akışa ilaveten yağış değerlerinin de azaldığı ve yine 1990 ve 2000 yılları arasında yağış değerlerinde de oransal bir artma olduğunu ifade etmiştir. Karaman ve Gökalp (2010), küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli sonucunu su kaynaklarının azalması olarak belirtmiş, bunun da çevresel etkiyle beraber yaşamı engelleyecek düzeye ulaştığını ifade etmiştir. Su kaynaklarına doğrudan veya dolaylı bir etkide bulunan iklim değişikliğinin, su ve su kaynaklarının önemini gün geçtikçe daha da arttırdığı görülmektedir. Ekolojik dengenin korunması ve insan topluluklarının sürdürülebilir gelişiminin sağlanması için, su kaynaklarının bugün ve gelecekteki gereksinimleri karşılayabilecek en akılcı şekilde kullanılması gerektiğini ve bu konuda küresel ısınma ile ilgili yapılan çalışmalar planlama aşamasında dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir. Birleşmiş Milletler Örgütü'nün küresel iklim değişikliği konusunda çalışan ekibi, dünyada ortalama yüzey sıcaklığında 1900'lı yıllarda 0.6°C civarında bir artış gösterdiğini IPCC Panelinin 3. değerlendirme raporunda da belirtmiştir. Yine IPCC'nin yayınlanan son raporunda 1990-2100 yılları arasında dünyada ortalama yüzeydeki sıcaklığının 1.4-5.8°C arasında bir değerde artacağı tahmin etmektedir. (Apak ve Ubay 2007). Toros (1993), Türkiye'deki iklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış parametrelerine etkisi konulu bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda mevsimsel olarak kış aylarında bu iki parametrede azalma, diğer mevsimlerde sıcaklık değerlerinde bir artış, yağış değerlerinde bir azama olduğu görülmektedir. Yıldız ve diğ. (2004), yaptığı çalışmada Türkiye'deki akarsu akımlarının ortalama, taşkın ve minimum durumlarını incelemiş, hidroelektrik enerji potansiyeline nasıl bir etki yaptığı konusu hakkında elde ettiği bulguları ortaya koymuştur. Bu çalışmanın sonucunda ülkemizin batı, güney ve orta kısımlarındaki bazı bölgelerde taşkın, çoğu bölgelerde ise ortalama ve minimum akımlarında anlamlı düzeyde bir azalma olduğu ortaya koyulmuştur. Diğer bölgelerde de artan yönde bir trend olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca Hidroelektrik açısından incelendiğinde de akarsu akımlarındaki trendlere paralel bir durum ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Demir ve diğ.(2017), Bingöl ilinde yağış ve sıcaklık parametrelerinin tarıma etkisi konulu bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada yıllık, mevsimlik ve aylık yağış ve sıcaklık değerlerinin eğilim analizleri incelenmiştir. Bu çalışmada 1975-2016 yılları arası incelenmiş ve çalışmada Spearman Rho ve Mann-Kendall testleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yağış değerlerinin azalan yönde olduğu, sıcaklık değerlerinin artan yönde bir eğilim gösterdiği ancak bu bulguların anlamlı değerler olmadığı ifade edilmiştir. Mevsimsel değerlerde anlamlı bir farklılık görülmemektedir. Sıcaklık ve yağış değerlerinin kısa vadede Bingöl ilinin tarım sektörüne etki etmeyeceği vurgulanmıştır.

## 2. VERİ VE UYGULAMA ALANI



Şekil 1. Çalışma alanı ve İstasyonların gösterimi

Bu çalışmada, Doğu Anadolu bölgesinde bulunan Bingöl İlinin merkezinde bulunan 1 adet istasyon ve Karlıova, Solhan, Kığı ilçelerinde bulunan toplam 4 adet meteoroloji istasyonundan alınan veriler doğrultusunda çalışılmıştır. Bu veriler 3 adet parametrik testler kullanılarak incelenmiştir. Şekil 1'de CBS ortamında hazırlanan çalışma alanı ve meteoroloji istasyonlarının lokasyonları gösterilmiştir.

## 3. METODOLOJİ

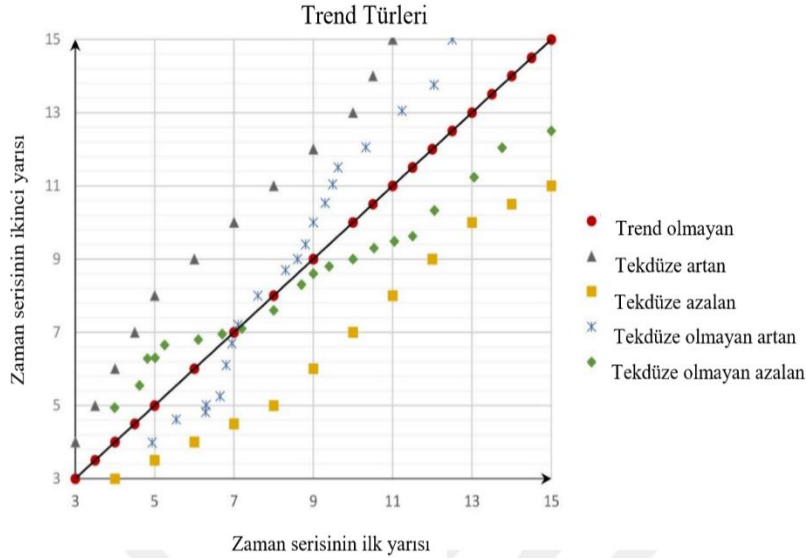
Trendin incelenmesinde parametrik olan ve olmayan iki tür test kullanılmaktadır. Analiz için daha çok parametrik olmayan testler tercih edilir. Bunun sebebi ise, gözlemlerin kısa süreli, rastgele ve düzensizliği gibi sorunları parametrik olmayan testlerin ortadan kaldırmasıdır. Bu testler, verilerin rastgele değişkeninin dağılımından ve veri parametrelerinden bağımsızdırlar. En yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan test Mann-Kendall Testidir.

Literatürde, eğilim analizi yapmak için birçok farklı yöntem ileri sürülmüştür. Yakın tarihte Şen (2012) tarafından İnovatif doğrusal grafik şeklindeki eğilim yöntemi ortaya atılmıştır. Bu testin en önemli özelliği varsayımları içermemesidir. Şen-inovatif yönteminin özelliği; zaman serisinin bağımsız veya bağımlı olması ve tüm serilere uygulanmasıdır. Bu nedenlerden dolayı Şen-İnovatif yöntemi iklim ve hidrolojik verilerin incelenmesi amacıyla son araştırmaların pek çoğunda kullanılmaktadır.

### 3.1 İnovatif-Şen Trend Metodu

Bu yöntemde, gözlem aralığında alınan veriler başlangıç tarihinde iki eşit uzunluğa bölünür. Bu aralıklara ayrılan veriler daha sonra küçükten büyüğe doğru sıralanır. Ayrılan veriler zaman serisinin ilk yarıyıla x-eksenine, zaman serisinin ikinci yarısı y-eksenine gelecek şekilde Şekil 2'de görüldüğü gibi sıralanır. Eğer sıralanan bu veriler 1:1 doğrultusu yani 45 derecelik açıyla devam eder veya bu doğruya yakın şekilde paralel giderse incelenen veri aralığında trend olmadığı ifade edilir. Eğer veriler 1:1 doğrultusunun üstünde yada altında sürekli eğriden uzaklaşarak ya da yaklaşarak ilerliyorsa trend tekdüze yani monotonik artan olarak ifade edilir. Seriler belirli bir uzaklaşma veya artma aralığında ilerlemiyorsa da bu tek düze olmayan yani non-monotonik olarak yorumlanır.





**Şekil 2.** Şen-İnovatif trend yönteminde Azalan, Artan ve trend olmayan serinin gösterimi (Dabanlı, İ. 2017)

Şen-ITA yönteminde elde edilen eğim değerlerini yorumlamak için Mann-Kendall yönteminden farklı olarak çalışılan her veri seti için ayrı bir kritik değer hesaplanmalıdır. Şen (2015) tarafından kritik trend değerini hesaplamak için; öncelikle Denklem 1’den korelasyon katsayısı bulunur. Korelasyon değerinin bulunmasının ardından oluşan olası trendlerin varyansını hesaplamak için Denklem 2 uygulanır. Daha sonra Denklem 3 kullanılarak, %95 anlamlılık düzeyi için kritik trend değeri hesaplanır.

$$\rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1} = \frac{E(\bar{y}_2\bar{y}_1) - E(\bar{y}_2)E(\bar{y}_1)}{\bar{y}_2\bar{y}_1\sigma\sigma} \quad (1)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{8}{n^2} \frac{\sigma^2}{n} (1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1}) \quad (2)$$

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma \sqrt{1 - \rho_{\bar{y}_2\bar{y}_1}} * 1,96 \quad (3)$$

### 3.2 Mevsimsel Mann-Kendall Testi

Mevsimsel Mann-Kendall testi, mevsimsel değişimi belirlemek için oluşturulan zaman serileri ile yapılır. Bu çalışmada dört tane mevsim tanımlanmıştır. Buna göre 1. mevsim Ekim-Kasım-Aralık; 2. mevsim Ocak-Şubat-Mart; 3. mevsim Nisan-Mayıs-Haziran ve 4. mevsim Temmuz-Ağustos-Eylül aylarını ifade etmektedir. Mevsimsel Mann-Kendall testi için verilecek bütün veriler bu dört mevsim için ayrı ayrı uygulanmıştır. Yıllık Mann-Kendall testinde denklemler için bir değer bulunurken Mevsimsel Mann-Kendall testinde dört değer bulunmuştur. Tablo 1’de gösterilen W, bir istasyonda n yıldaki bütün mevsimlik verilerinin matrisidir.

**Tablo 1.** n yıldaki aylık verileri W matrisi(Cebe, 2007)

Yıl	Mevsim				Ortalama
	1	2	3	4	
1	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{1.}$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$X_{24}$	$X_{2.}$
3	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$X_{34}$	$X_{3.}$
-	-	-	-	-	-
n	$X_{n1}$	$X_{n2}$	$X_{n3}$	$X_{n4}$	$X_{n.}$
Ortalama	$X_{.1}$	$X_{.2}$	$X_{.3}$	$X_{.4}$	$X_{..}$

Tablo 1’de gösterilen W, bir istasyonda n yıldaki bütün mevsimlik verilerin matrisidir ve “.” ile gösterilen alt simge ortalamayı ifade etmektedir. m mevsim sayısı olup 4’e eşittir.

$$X_j = \frac{\sum_i (X_{ij})}{n} \quad J=1,2,\dots,m ; i=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$X_i = \frac{\sum_j (X_{ij})}{m}$$

(4) denklemindeki terimlerin ifadesi şu şekildedir:

$X_j$ : j. mevsimde n yıldaki akımların ortalaması

$X_i$ : i. yılda dört mevsimdeki akımların ortalaması

$X_{ij}$ : i. yılda j. mevsimdeki akım

Yıllık Mann-Kendall testinde anlatıldığı şekilde  $S_j = P_j - M_j$  hesaplanır.

$$S^* = \sum_{j=1}^m (S_j) \quad (5)$$

$$E(S^*) = 0 \quad (6)$$

$$VAR(S^*) = \sum_{j=1}^m Var(S_j) = \sum_{j=1}^m \frac{[n(n-1)(2n+5)]}{18} \quad (7)$$

Ayların verilerinde eşit değerler olduğunda,  $S_j$ 'nin varyansı denklem (8) dönüşür:

$$VAR(S_j) = \frac{[nj(nj-1)(2nj+5) - \sum t_j(t_j-1)(2t_j+5)]}{18} \quad (8)$$

$t_j$ , eşit olan gözlemlerin sayısı;  $\sum t_j$  ise eşit olan gözlemlerin toplamıdır.

Standart normal değişken denklem (9) ‘deki gibi hesaplanır:

$$z = \begin{cases} \frac{s^* - 1}{\sqrt{VAR}} & s^* > 0 \\ 0 & s^* = 0 \\ \frac{s^* + 1}{\sqrt{VAR}} & s^* < 0 \end{cases} \quad (9)$$

S’in pozitif değeri artan bir trend olduğunu, negatif değeri ise azalan bir trend olduğunu belirtmektedir.

## 4. ELDE EDİLEN BULGULAR

### 4.1 Mevsimsel Şen-İnovatif Testi Bulguları

**Tablo 2.** Yağış değerlerinin 1.mevsimdeki Şen-ITATesti Sonuçları

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σs)	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-0,381	0,012	<b>Var(-)</b>
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,0151	0,07	<b>Var(-)</b>
Solhan	1960-2017	Yağış	-0,593	0,14	<b>Var(-)</b>
Kığı	1960-2017	Yağış	-0,161	0,106	<b>Var(-)</b>

Tablo 2.’de görüldüğü gibi Şen-ITA testinin 1.mevsim uygulamalarında tüm istasyonlarda yağış trendin de azalan bir eğilim olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.** Yağış değerlerinin 2.mevsimdeki Şen-ITA Testi Sonuçları

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σs)	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	0,369	0,15	<b>Var(+)</b>
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,113	0,08	<b>Var(-)</b>
Solhan	1960-2017	Yağış	-0,011	0,09	Yok
Kığı	1960-2017	Yağış	-0,103	0,058	<b>Var(-)</b>

Tablo 3.'de görüldüğü gibi Şen-ITA testinin 2.mevsim uygulamalarında Bingöl bölgesindeki istasyonda artan yönde bir trend görülmesine rağmen diğer bölgelerdeki istasyonlarda azalan yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.

**Tablo 4. Yağış değerlerinin 3.mevsimdeki Şen-ITA Testi Sonuçları**

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σs)	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-0,451	0,105	<b>Var(-)</b>
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,64	0,08	<b>Var(-)</b>
Solhan	1960-2017	Yağış	-0,21	0,011	<b>Var(-)</b>
Kığı	1960-2017	Yağış	-0,76	0,057	<b>Var(-)</b>

Tablo 4'de görüldüğü gibi Şen-ITA testinin 3.mevsim uygulamalarında tüm istasyonlarda azalan yönde bir trend olduğu görülmektedir.

**Tablo 5. Yağış değerlerinin 4.mevsimdeki Şen-ITA Testi Sonuçları**

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σs)	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-0,158	0,00967	<b>Var(-)</b>
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,056	0,023	<b>Var(-)</b>
Solhan	1960-2017	Yağış	-0,143	0,045	<b>Var(-)</b>
Kığı	1960-2017	Yağış	-0,21	0,032	<b>Var(-)</b>

Tablo 5'de görüldüğü gibi Şen-ITA testinin 4.mevsim uygulamalarında tüm bölgelerde azalan yönde bir eğilim görülmektedir.

#### 4.2 Mevsimsel Mann-Kendall Testi Bulguları

**Tablo 6. Yağış değerlerinin 1.mevsimdeki Mann-Kendall Testi sonuçları**

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Hesaplanan Z değeri	Kritik Z değeri	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-1,1463	1,96	Yok
Karlıova	1960-2017	Yağış	1,15	1,96	Yok
Solhan	1960-2017	Yağış	-1,604	1,96	Yok
Kığı	1960-2017	Yağış	-0,94	1,96	Yok

Tablo 6'da görüldüğü gibi Mann-Kendall testin 1.mevsim uygulamalarında Karlıova istasyonu dışında diğer istasyonlarda azalan yönde bir eğilim olduğu ama bulunan değerlerin kritik değerinin altında olduğundan anlam ifade etmediği görülmektedir.

**Tablo 7. Yağış değerlerinin 2.mevsimdeki Mann-Kendall Testi sonuçları**

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Hesaplanan Z değeri	Kritik Z değeri	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	0,5539	1,96	Yok
Karlıova	1960-2017	Yağış	-1,53	1,96	Yok
Solhan	1960-2017	Yağış	-0,02	1,96	Yok
Kığı	1960-2017	Yağış	1,09	1,96	Yok

Tablo 7.'de görüldüğü gibi Mann-Kendall testin 2.mevsim uygulamalarında bulunan değerlerin anlamlılık düzeyinin altında olduğu görülmektedir.

**Tablo 8. Yağış değerlerinin 3.mevsimdeki Mann-Kendall Testi sonuçları**

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Hesaplanan Z değeri	Kritik Z değeri	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-2,32	1,96	<b>Var(-)</b>
Karlıova	1960-2017	Yağış	-1,78	1,96	Yok
Solhan	1960-2017	Yağış	-2,17	1,96	<b>Var(-)</b>
Kığı	1960-2017	Yağış	-1,806	1,96	Yok

Tablo 8.'de görüldüğü gibi tüm istasyonlarda azalan yönde bir eğilim olduğu ancak bu eğilimlerden Bingöl ve Solhan istasyonlarının eğilim değerinin anlamlı yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.

**Tablo 9.** Yağış değerlerinin 4.mevsimdeki Mann-Kendall Testi sonuçları

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Hesaplanan Z değeri	Kritik Z değeri	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	1,07	1,96	Yok
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,11	1,96	Yok
Solhan	1960-2017	Yağış	1,09	1,96	Yok
Kığı	1960-2017	Yağış	-1,128	1,96	Yok

Tablo 9'da görüldüğü gibi 4.mevsimde istasyonlarda Bingöl, Solhan istasyonlarında artan diğer iki istasyonda azalan yönde bir eğilim olduğu ancak bu değerlerin anlamlı düzeyde olmadığı görülmektedir.

#### 4.3 Yıllık Şen-İnovatif Testi Bulguları

**Tablo 10.** Yağış değerlerinin Yıllık Şen-ITA Testi sonuçları

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Eğim değeri ve yönü	Kritik değer (σs)	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-0,3922	0,053	<b>Var(-)</b>
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,2384	0,051	<b>Var(-)</b>
Solhan	1960-2017	Yağış	-0,123	0,046	<b>Var(-)</b>
Kığı	1960-2017	Yağış	-0,36	0,056	<b>Var(-)</b>

Tablo 10.'da 4 istasyonun 48 yıllık ortama değerlerine Şen-İnovatif yöntem uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda alınan tüm istasyon değerlerine uygulama sonucunda yağışta azalan yönde bir eğilim olduğu görülmektedir.

#### 4.4 Yıllık Mann-Kendall Testi Bulguları

**Tablo 11.** Yağış değerlerinin Yıllık Mann-Kendall Testi sonuçları

İstasyonlar	Veri aralığı	Parametre	Hesaplanan Z değeri	Kritik Z değeri	Trend (±)
Bingöl	1960-2017	Yağış	-1,43	1,96	Yok
Karlıova	1960-2017	Yağış	-0,709	1,96	Yok
Solhan	1960-2017	Yağış	-1,012	1,96	Yok
Kığı	1960-2017	Yağış	-2,16	1,96	<b>Var(-)</b>

Tablo 11'de görüldüğü gibi çalışma alanı olarak seçilen bölgedeki istasyonlara Mann-kendall testi uygulanmış ve bulgular ortaya konmuştur. Bu çalışmanın sonucunda 4 istasyonda da azalan yönde bir eğilim olduğu ancak sadece Kığı istasyonunda %95 anlamlılık düzeyinde bulunmuştur.

### 5. SONUÇ

Yapılan çalışmada Bingöl havzasında iklim değişikliği nedeniyle nasıl bir değişim olacağı incelenmiştir. Bu çalışma neticesinde bu havzadaki istasyonlara ait verilere uygulanan yöntemlerden ikisinde de ortalama yıllık yağış parametresinde bir azalma olduğu görülmektedir. Çalışmanın diğer bir bölümünde de mevsimsel olarak nasıl bir değişim olacağı incelenmiştir. Bu doğrultuda 4 ayrı mevsimde her iki yöntemle incelenmiştir. Bunun sonucunda 1, 3 ve 4. mevsimlerde çalışma alanında yağış parametresinde bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Diğer mevsimlerin aksine 2. mevsimde yağış değerlerinde Bingöl merkezde bulunan istasyonda artış olduğu diğer bölgelerde azalan yönde bir trend olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın sonucunda genel anlamıyla Bingöl ili ve civarında yağış değerlerinde bir azalma olacağı ve gelecekte bir su kıtlığına neden olabileceği ortaya koyulmaktadır. Bu nedenden dolayı gelecek planlaması yapılırken iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınması gerektiği ortaya koyulmaktadır.

**6.KAYNAKLAR**

- Akış, A., 2007. İklim Değişikliğinin İzmir Barajları Üzerindeki Etkileri ve Sonuçları. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Apak, G., ve Ubay, B. (2007). Türkiye Cumhuriyeti Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Birinci Ulusal İklim Değişikliği Bildirimi. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı
- Demir, A. D., Demir, Y., Şahin, Ü., & Meral, R. Bingöl İlinde Sıcaklık ve Yağışların Trend Analizi ve Tarıma Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 284-291.
- Helsel, D.R. ve Hirsch, R.M., (1992). "Statistical Methods in Water Resources", Elsevier, Amsterdam.
- IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Karaman, S., ve Gökalp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 3 (1), 59-66.
- Şen, Z., 2015. Innovative Trend Significance Test and Applications. *Theoretical and Applied Climatology*, DOI10.1007/s00704-015-1681-x
- Üstün, H. G., 2008. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- Vörosmary, C. J., Green, P., Salisbury, J. and Lammers, R. B., 2000. Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science* 289, 284



**CBS YAZILIMLARI İLE AKARSU HİDROLOJİK PARAMETRELERİNİN  
BELİRLENMESİ**  
DETERMINATION OF HYDROLOGICAL PARAMETERS OF STREAMS BY USING GIS  
SOFTWARE

**Furkan FIRAT**

İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Ö. Faruk DURSUN**

İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Havza planlamasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) önemi günden güne artmaktadır. CBS yazılımları (ArcGIS, QGIS, Global Mapper vb.) ile havza üzerinde birden fazla analiz ve planlama yapılabilmektedir. Yapılan bu çalışmalar aslında CBS'nin temel amaçları olarak görülebilir. Günümüzde taşkın olaylarının sebep olduğu zararlar dünyada önemli bir sorun haline gelmektedir. CBS gibi yöntemlerin gelişmesi, taşkın alanlarının önceden belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınmasına katkı sağlamaktadır. Taşkınlara neden olan birçok önemli faktör vardır. Bu faktörlerin taşkınlara etki derecelerinin bilinmesi taşkın analiz çözümlerinde önemli bir basamak olmaktadır. Bu çalışmada, Tohma Havzasının Sivas İli Gürün İlçesi ile Malatya İli Darende ilçelerini kapsayan kısmının hidrolojik parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yöntem olarak ArcGIS yazılımı ve havzaya ait 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaları kullanılarak yağış, eğim, bakı, toprak, jeoloji, arazi kullanımı ve akarsuya uzaklık haritaları elde edilmiştir. Bu haritalar çalışma alanında yapılacak taşkın analizleri için bir altlık oluşturulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Cbs, Taşkın, ArcGIS, Havza Modelleme

**ABSTRACT**

The importance of Geographic Information System (GIS) in watershed planning is increasing day by day. With GIS software (ArcGIS, QGIS, Global Mapper etc.), more than one analyses and planning can be done on the basin. These studies can be seen as the main objectives of GIS. Today, damages caused by flood events have been become an important problem for worldwide. With the development of methods such as GIS, it has become easier to identify flood areas in advance and to take necessary measures. There are many important factors cause to the flooding. Knowing the effects of these factors on floods is an important step in flood analysis. In this study, the hydrological parameters of the Tohma Basin covering Gürün District of Sivas Province and Darende Districts of Malatya Province were tried to be determined. By using ArcGIS software and 1/25000 scale topographic maps of the basin, precipitation, slope, view, soil, geology, land use and distance to rivers were obtained. These maps will form a base for flood analysis in the study area.

**Keywords:** GIS, Flood, ArcGIS, Watershed Modeling

**1.GİRİŞ**

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), coğrafi verilerin dijital biçimde ele alınması için kullanılan bilgisayar tabanlı bir teknolojidir. Farklı konumsal veya coğrafi referanslı veri kümelerini yakalamak, saklamak, işlemek, analiz etmek ve görüntülemek için tasarlanmıştır (Singh ve Fiorentino 1996).Bu nedenle, çoğu alanda, CBS, mekânsal bilgi özelliklerine ve kullandıkları veri türlerine dayanarak, planlama faaliyetlerinde karar vermeyi destekleyen standart bir araç olarak hareket eder (Nappi, 1990).

CBS, coğrafi kaynaklı verileri işlemek için dört özellik kümesini sağlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Bunlar; veri toplama ve hazırlama, depolama ve bakım dahil veri yönetimi, veri işleme ve analiz ve veri sunumudur.

CBS'nin temel kullanımlarından biri de birçok farklı alanda karar vermemize yardımcı olacak bir araç olma özelliği taşımasıdır. Özellikle CBS, yeni bir tesis için en iyi yeri, sivrisinek habitatının en muhtemel bölgelerini bilmek veya belki de sel riski taşıyan bölgeleri belirlemek için en iyi politikayı uygulama yöntemlerinde kullanılır. Bu kararları vermek için Cbs'yi kullanırken, gerçek dünyanın bir

kısmını olduğu gibi, belki de düşündüğümüz gibi temsil etmemiz gerekir. Örneğin, su yönetiminde, çalışmanın amaçları nehir havzaları, tarımsal ekolojik üniteler, havza parametreleri (yağış, sıcaklık, eğim, bakı, jeoloji vb.), meteorolojik veriler, yeraltı suyu seviyeleri, sulama seviyeleri, su bütçeleri ve toplam su kullanımının ölçümleri olabilir (Burrough,1986).

Çalışılan bölgenin hidrolojik ve jeomorfolojik özelliklerini anlamak ve gerekli hidrolojik ve iklimsel veri setlerini hazırlamak havza planlama ve yönetiminde çok önemli bir adımdır. Havza özellikleri: alan, uzunluk, eğim, sıcaklık, şekil, arazi kullanımı, bakı, toprak tipi, bitki örtüsü ve arazi örtüsü, havza planlama sürecine geçmeden önce tam olarak hesaplanmalıdır. (Saeedrashed ve Guven 2013).

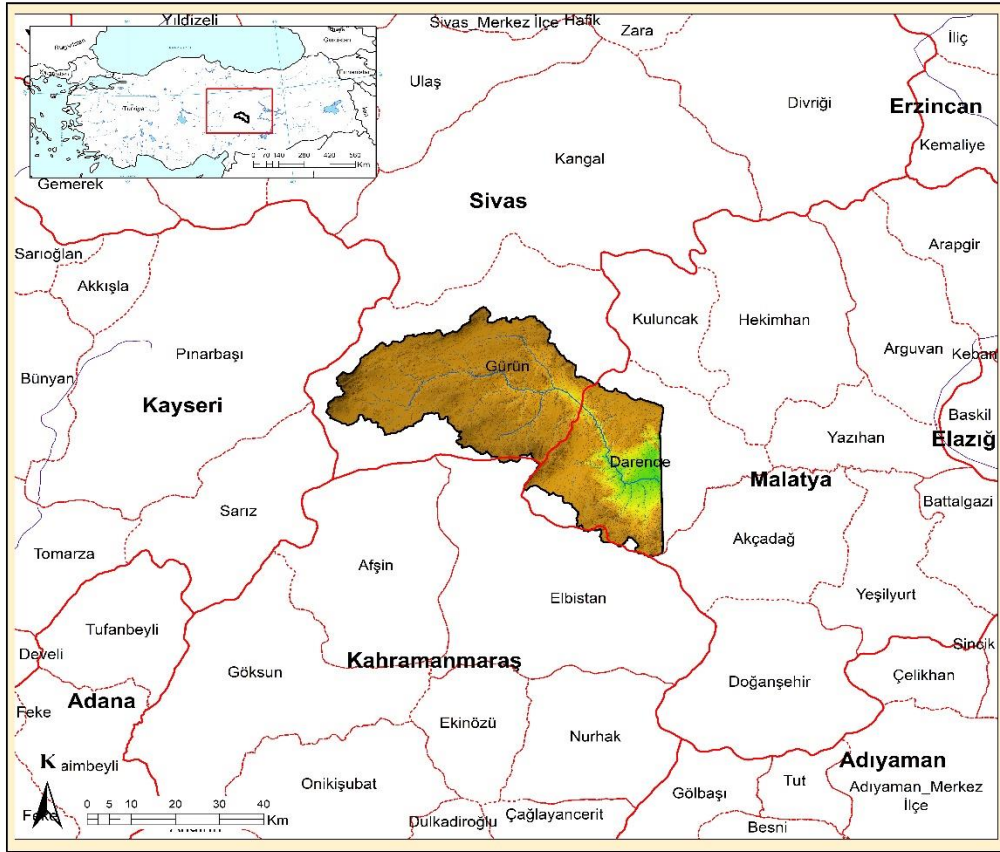
Bu çalışmada, Tohma havzası Malatya Darende ilçesi ile Balaban mevkisi ve Sivas Gürün ilçesine ait meteorolojik verilerden yararlanılmıştır. 3 farklı istasyondan alınan veriler ile havzya ait eğim, bakı, toprak, jeoloji, akarsuya uzaklık, yağış ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur.

## 2. ÇALIŞMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

Yapılan çalışmada, Tohma havzası üzerinde bulunan Malatya ili Darende ilçesi ve Sivas ili Gürün ilçesine ait veriler ve haritalar ArcGIS yazılımı kullanılarak sayısal modeller oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı bu haritaları oluşturarak havzanın hidrolojik ve jeomorfolojik yapısının ortaya çıkarılmasını sağlamaktır. Bölge üzerinde yapılacak hidrolojik modelleme çalışmalarında bu haritaların altlık oluşturacağı ve önemli bir katkı sunacağı düşünülmektedir.

ArcGIS yazılımı, haritaları harita katmanları biçiminde özellik, raster ve arazi verileri içerebilir ve bu katmanlar daha sonra çeşitli şekillerde düzenlenebilir ve birleştirilebilir formatta sunmaktadır. (Darnell, 2011).

Şekil 1’de çalışma alanı verilmiş olup, Sivas ilinin Gürün ve Malatya ilinin Darende ilçelerinin sınırları içinde yer alan Tohma çayı ve havzasını kapsamaktadır. Alan, Sivas ili Gürün ilçesinde doğan ve kollarıyla beslenerek Malatya ili Darende ilçe sınırlarında devam etmektedir. Tohma Çayı, Gürün’ün yüksek tepelerinden kaynağını alarak yan kollarla birlikte Darende ilçesinin içinden geçmektedir.



**Şekil 1. Çalışma Alanı**

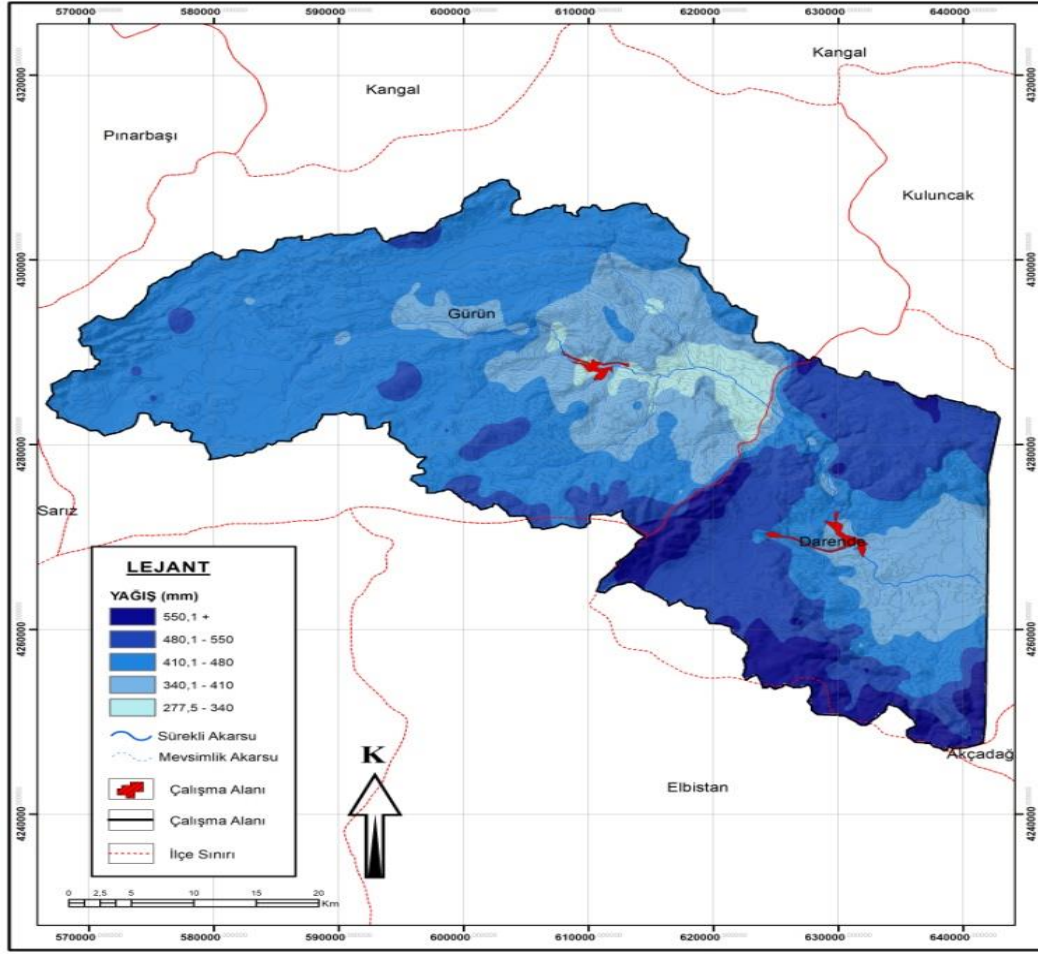
Havzanın temel morfometrik ve hidrografik özellikleri CBS teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Meteoroloji istasyonları, alınan veriler ArcMap ortamında noktasal veri oluşturularak yazılıma girilmiştir. Uygun katmanların sayısallaştırılmasından sonra arazi kullanımı, jeoloji, yağış, bakı, eğim, toprak, akarsuya uzaklık parametreleri çıkarılmıştır.

### **3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR**

Çalışma alanının yükseklik haritası “viewfinderpanoramas.org” sitesinden indirilen 30 m çözünürlükteki DEM verilerinden yararlanarak oluşturulmuştur.( “viewfinderpanoramas.org”, erişim 04.09.2019 ). Eğim ve bakı haritaları 30 m çözünürlüğündeki DEM verilerinden üretilmiştir. İndirilen DEM verileri kullanılarak ArcGIS ortamında hidroloji analizi yapılarak çalışma alanının drenaj ağı çıkartılmış ve akarsuları haritaya işlenmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’den alınan verilerden çalışma alanının yağış haritası oluşturulmuştur. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığında alınan verilerle toprak ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Jeoloji haritası için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)’dan alınan verilerden jeoloji haritası hazırlanmıştır.

#### **3.1 Yağış**

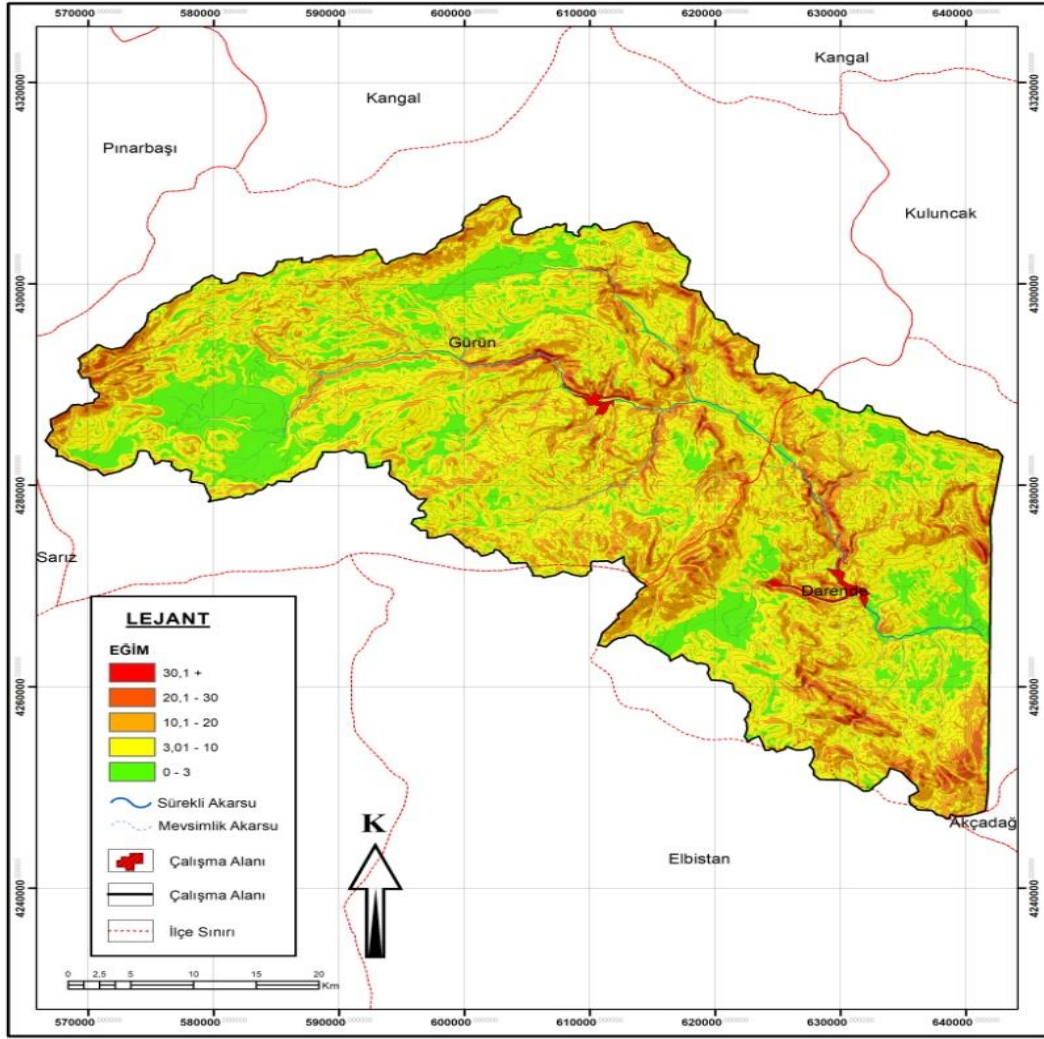
Toprağın suyu tutma kapasitesini aşması durumunda yüzeyde akışa geçecek olan en önemli faktörlerden biride yağıştır. Yağış haritaları oluşabilecek taşkınların önlenmesi için yapılacak çalışmalarda, yağmur suyu ve kanalizasyon proje uygulamaları gibi vb. temel mühendislik çalışmalarında ve tarımsal faaliyetlerde kullanılır. Ayrıca küresel iklim değişikliklerinin değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Şekil 2’de havzaya ait yağış haritası incelendiğinde, oluşturulan yağış haritasına göre yağışın en fazla olduğu alanlar Darende ovasının kuzeyinde yer alan yüksek kesimler görülürken yağışın en az olarak görüldüğü yerler Gürün ve çevresinde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Çalışma Alanına Ait Yağış Haritası

### 3.2 Eğim

Eğim, yüzey akışının belirli bir yere ulaşmasını kontrol etmede önemli bir rol oynar. Düz veya yumuşak eğimli yerlerde akış bir alan üzerinde depolanır ve zamanla yavaş yavaş ilerler (Meena ve diğ. 2017). Şekil 3’de havzaya ait eğim haritası oluşturulmuştur. Literatürde verilen birçok çalışmada da belirtildiği gibi eğimin etkisinden dolayı erozyon, heyelan, taşkın gibi doğal afetler meydana gelmektedir. Eğim haritalarının oluşturulması bölge üzerinde yapılacak her türlü çalışmalara fikir sunacaktır. Bölgenin geneli incelendiğinde ortalama eğim değerinin %3,01-10 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

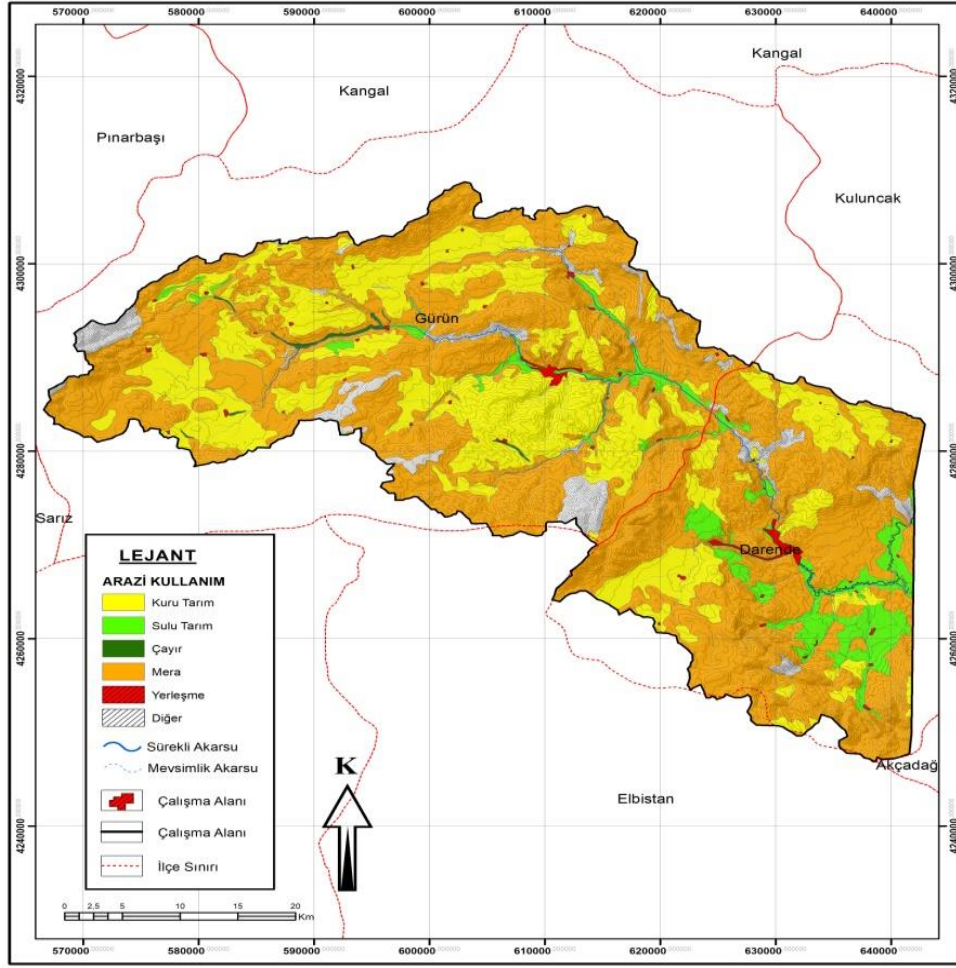


Şekil 3. Çalışma Alanının Eğim Haritası

### 3.3 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı, yıllardır süre gelen doğal ortamın insanların ihtiyaçlarını karşılamak için değiştirilmesidir. Ağaçların tarım arazileri için yok edilmesi ve tarım arazilerinin yerleşim haline getirilmesi olumsuz etki faktörlerini arttırmaktadır. Bu haritanın elde edilmesi ile yapılacak sulama projeleri, imar düzenlemeleri, tarımsal aktiviteler vb. çalışmalarda önemli altlık oluşturacaktır. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritası Şekil 4'de verilmiştir. Oluşturulan arazi kullanımı haritasına göre çalışma alanının genelinde mera ve kuru tarım arazileri olduğu görülmektedir.

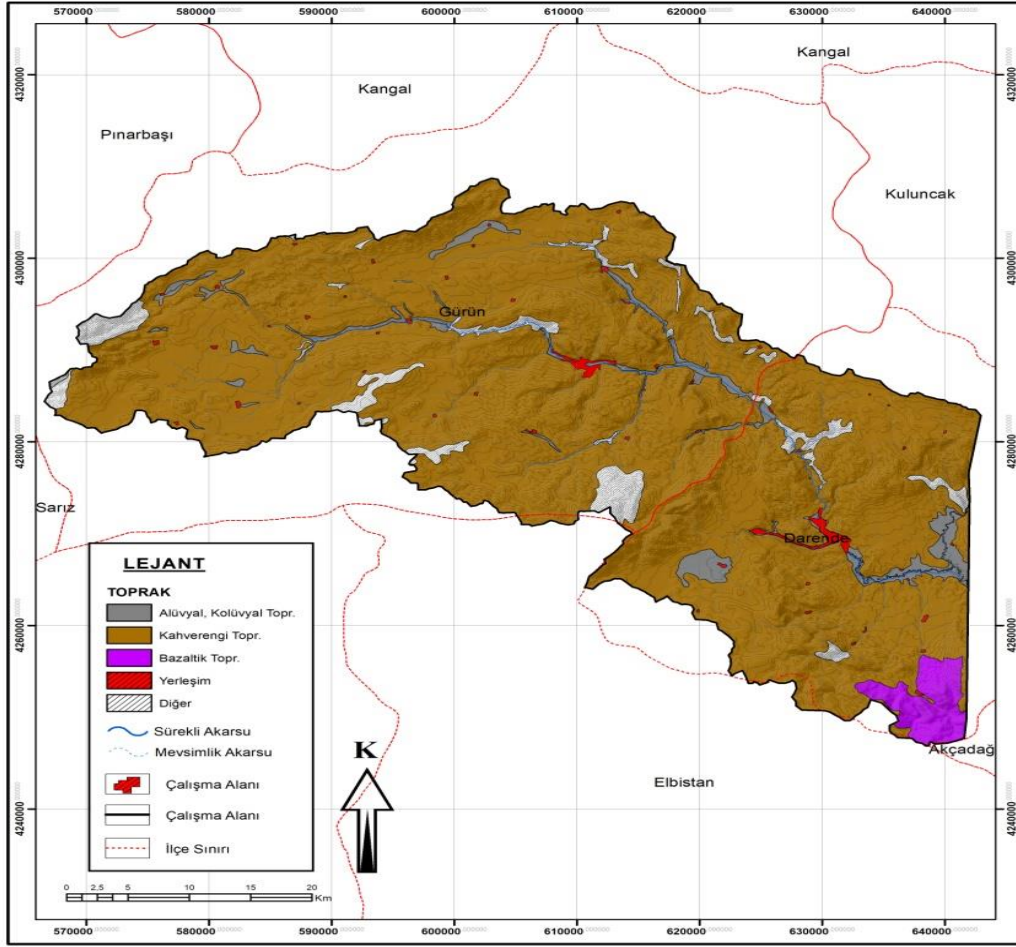




Şekil 4. Çalışma Alanının Arazi Kullanım Haritası

### 3.4 Toprak

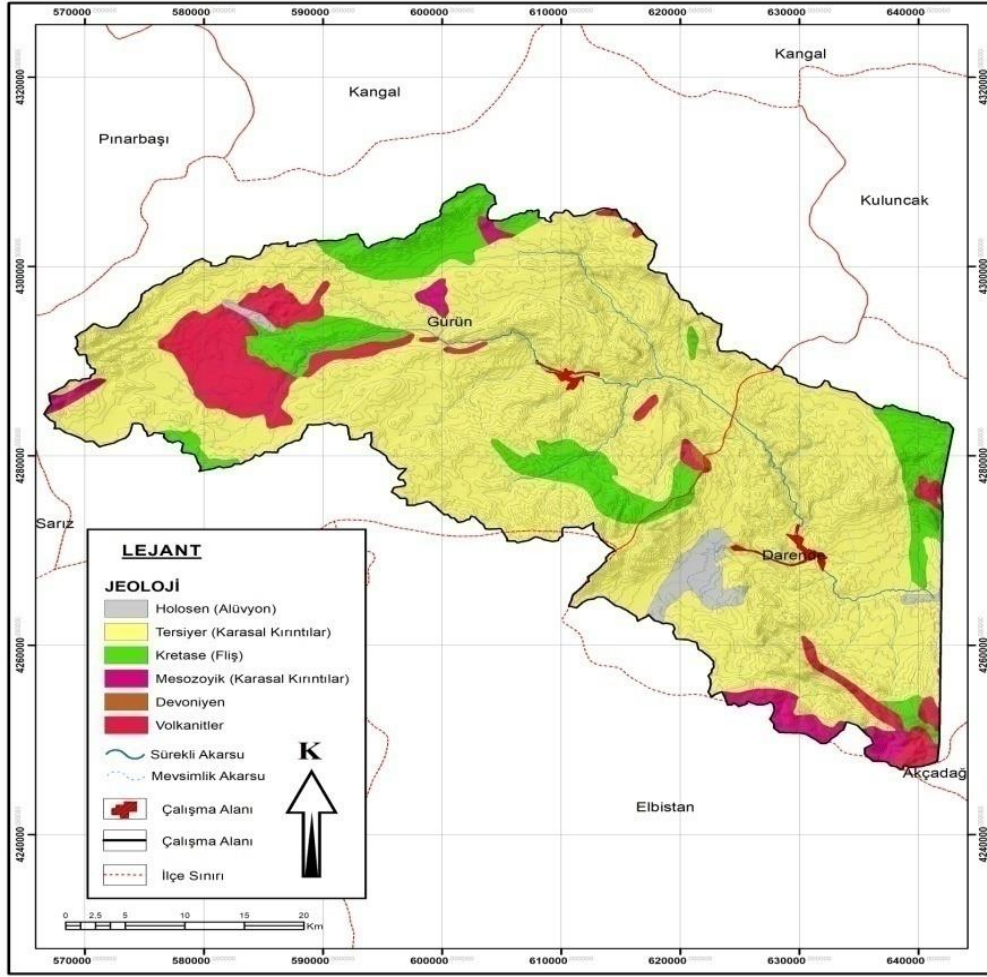
Akarsu havzalarında gelişen yerleşkeler toprak bölgelerini daraltmakta ve toprağın elverişsiz bir duruma getirilmektedir. Özellikle günümüzde inşaat sektörünün artmasına bağlı olarak suların tutulabileceği yerler işgal edilmektedir (Özcan, 2017). Bu haritalar bölgelerde yetiştirilecek ürünlerin seçilmesi ve bu ürünlerden verim alınmasında yardımcı olacaktır. Ayrıca toprak haritaları tarımsal master planları için bir altlık oluşturacaktır. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritası Şekil 5’de verilmiştir. Oluşturulan toprak haritasına göre arazinin genelinde kahverengi toprakların olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Çalışma Alanının Toprak Haritası

### 3.5 Jeoloji

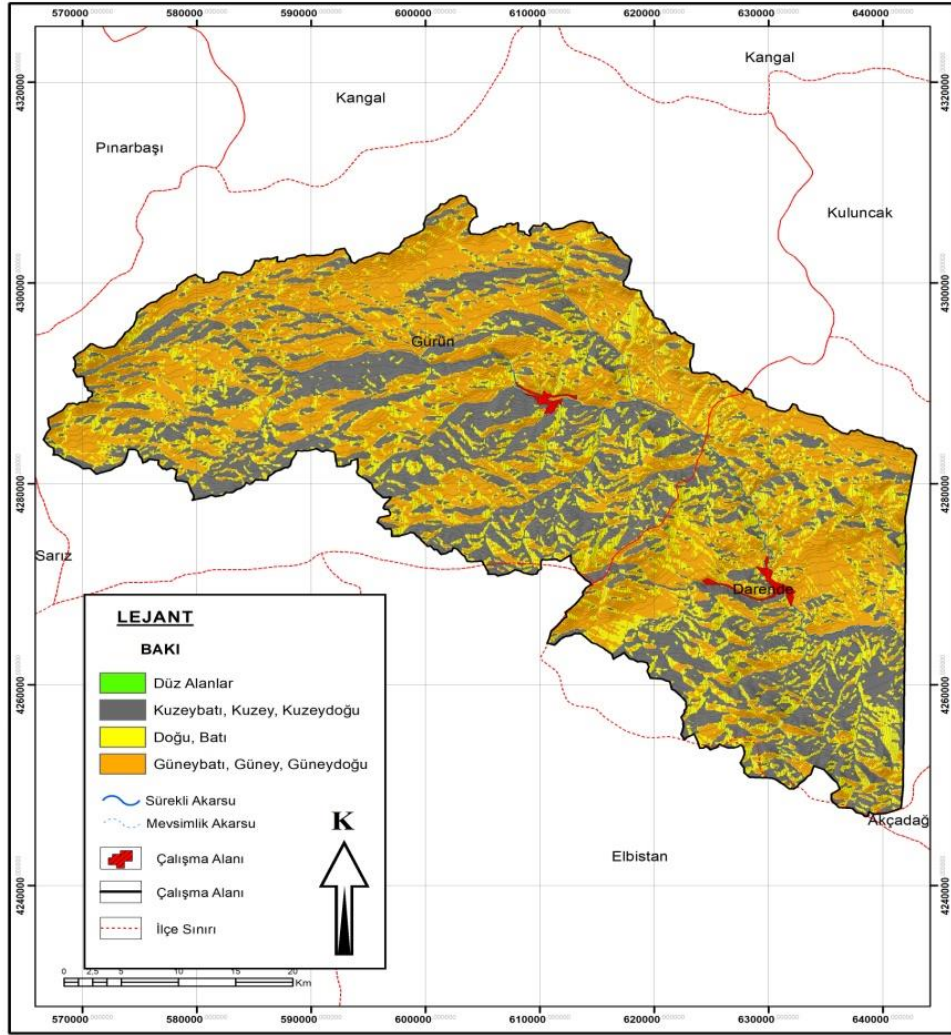
Jeoloji önemli havza faktörlerinden bir tanesidir. Havzanın jeolojik yapısı yağışın yeraltına sızma derecesini, fay hatlarını, kaya oluşumları ve havzanın diğer fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Bu haritalar bölgede bulunan jeolojik yapıların sebep olacağı muhtemel tehlikeleri tanımlayarak yapılacak olan çalışmalarda bu tehlikelere karşı alınacak önlemler için kullanılabilir. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritası Şekil 6'da verilmiştir. Oluşturulan harita göz önüne alındığında tersiyer jeolojik oluşumunun daha yaygın olduğu bulunmuştur.



Şekil 6. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası

### 3.6 Bakı

Bir yüzeydeki bir yerde en dik iniş yönünü tanımlar. Bir tepenin eğim yönü veya pusula yönü olarak da düşünülebilir. (Esri Inc., 1997). Bakı yağış ve rüzgâr yönü, güneşlenme süresi gibi temel faktörlerin değişkenlik göstermesinde etkilidir. Bakı haritaları orman işletme çalışmalarında, taşkın risk ve heyelan haritalarının oluşturulmasında ve GES uygulamalarında kullanılmaktadır. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritası Şekil 7'de görülmektedir. Şekil 7'de düz alanların kapladığı alanların az olduğu ve genellikle oluşumların dağlık olarak seyir ettiği görülmektedir.

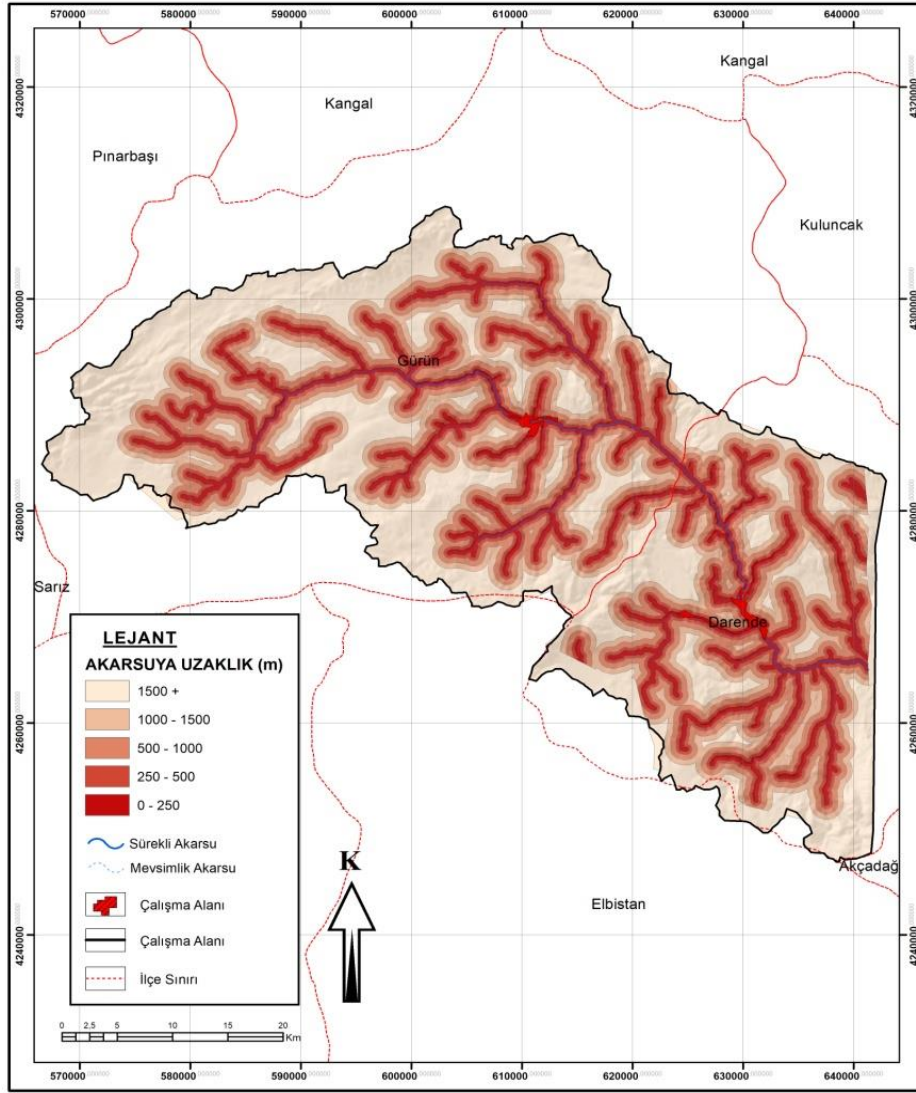


Şekil 7. Çalışma Alanının Bakı Haritası

### 3.7 Akarsuya Uzaklık

Çalışma alanında bulunan akarsu ve kollarına olan uzaklık hesaplanarak Şekil 8’de akarsu uzaklık haritası verilmiştir. Bu haritalar taşkın risk haritaları oluşturulmasında kullanılabildiği gibi sanayi tesislerinin kurulum yerlerinin belirlenmesinde ve tarımsal faaliyetlerin düzenlenmesinde referans bilgiler sunmaktadır. Ayrıca yapılacak imar vb. yapılaşma çalışmalarında akarsuya yakınlık haritaları akarsu yataklarının korunmasında belirleyici bir faktördür.





Şekil 8. Çalışma Alanının Akarsuya Uzaklık Haritası

#### 4. SONUÇLAR

Çalışma alanı olarak seçilen Tohma havzasına ait hidrolojik parametreler ArcGIS yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu parametreler Darende ve Gürün istasyonlarından alınan meteorolojik veriler ile elde edilmiştir. Elde edilen haritalara göre Darende Ovası ve yakın kesimlerinde yağışın fazla, eğimin düşük, arazinin büyük çoğunluğunun mera, toprak yapısının kahverengi toprak, jeolojik zaman diliminde alanın büyük çoğunluğunun genç bir oluşum olan tersiyer ile kaplı olduğu ve genellikle dağlık bir arazi yapısı olduğu anlaşılmıştır.

Gürün bölgesinde ise, yağışın fazla olmadığı, eğimin düşük, arazinin büyük çoğunluğunun mera ve kuru tarım olduğu, toprak yapısının kahverengi toprak, jeolojik zaman diliminde alanın büyük çoğunluğunun genç bir oluşum olan tersiyer ve yer yer kretase ile kaplı olduğu ve genellikle dağlık bir arazi yapısı olduğu anlaşılmıştır.

Havzanın yağış parametreleri incelendiğinde oluşturulan yağış haritasına göre yağışın en fazla olduğu alanlar Darende ovasının kuzeyinde yer alan yüksek kesimler görülürken yağışın en az olarak görüldüğü yerler Gürün ve çevresinde olduğu görülmektedir. Eğim haritası incelendiğinde bölgenin genelinin ortalama eğim değerinin %3.01-10 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Toprak haritaları bölgede yetiştirilecek ürünlerin seçilmesi ve bu ürünlerden verim alınmasında yardımcı olacaktır.

Yapılan çalışma ile oluşturulan haritalar havzanın morfometrik ve hidrografik özelliklerini ortaya çıkarmıştır. Bu haritaların ileride yapılacak havza modelleme çalışmalarında önemli bir altlık



oluşturacağı düşünülmektedir. Özellikle gelecek çalışmalar için, hidrolojik modellemenin çalışmaya dâhil edilmesi yapılacak hidrolojik çalışmalara katkı sunacağı söylenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı FYL-2019-1644 kod numarasıyla destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimine teşekkür ederim.

## 5. KAYNAKLAR

- Burrough, P. A. (1986). Principles of Geographical. *Information Systems for Land Resource Assessment*. Clarendon Press, Oxford.
- Darnell, A. P. (2011). Model Development and Incorporation of GIS Tools for Floodplain Management. ESRI INC., (1997a). ArcView 3D Analyst, 3D Surface Creation, Visualiton, and Analyses, Environmental Systems Research Institute, California, 118 p
- Nappi, M. F., (1990), Growth of geographical information system applications in developing countries. In *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning* (pp. 23-30). Springer, Dordrecht.
- Özcan, O. (2017). Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1), 9-27.
- Saeedrashed, Y., & Guven, A. (2013). Estimation of geomorphological parameters of Lower Zab River-Basin by using GIS-based remotely sensed image. *Water resources management*, 27(1), 209-219.
- Singh, V. P., & Fiorentino, M. (1996). Hydrologic modeling with GIS. In *Geographical Information Systems in Hydrology* (pp. 1-13). Springer, Dordrecht.
- Meena, Y. R., & Gupta, A. K. (2017). A Study on Urban Flood Vulnerability in Vrishabhavathi Valley Watershed, Bengaluru, Karnataka using AHP, GIS and RS Techniques. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 6(1), 2325-2342.

**ATIKSU SİSTEMLERİNDE ARIZA ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLERİN  
AĞIRLIKLARININ CRITIC YÖNTEMİLE HESAPLANMASI**  
DETERMINATION OF WEIGHTS OF FACTORS EFFECTIVE ON FAILURES USING CRITIC  
METHOD IN WASTEWATER SYSTEMS

**Cansu ORHAN**

Ardahan Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, (sorumlu yazar)

**Mahmut FIRAT**

İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

### **ÖZET**

Atıksu sistemleri, kullanılmış olan suların uzaklaştırılmasını sağlayan önemli alt yapı sistemleridir. Bu sistemler kusursuz tasarlanmış olsa dahi zamanla yıpranma ve çeşitli faktörlerin de etkisiyle arızalar meydana gelebilmektedir. Sistemde arıza oranlarının azaltılması için arızaya sebep olan faktörlerin analiz edilmesi ve etki seviyesinin belirlenmesi önemlidir. Arıza üzerinde etkili olabilecek faktörler temel olarak, atıksu sistem fiziksel, çevresel, işletme ve hidrolik şeklinde verilebilir. Bu çalışmada, arızaya sebep olan faktörlerin ağırlık katsayılarının objektif kriter ağırlığı hesaplama yöntemlerinden olan CRITIC yöntemi belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için atıksu sistemlerinde arızaya sebep olan faktörler detaylı literatür incelemesi ile belirlenmiş ve uygulama alanı için önemli olan parametreler uygulanabilirlik, ölçülebilirlik, kıyaslanabilirlik ve tutarlılık ölçütleri göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Çalışmada 2016-2018 yılları arasında kaydı tutulan yaklaşık 50,000 arıza verisi incelenmiş ve arıza potansiyeli en yüksek olan 19 bölge uygulama alanı olarak seçilmiştir. Faktörlere ait ağırlık katsayısının hesaplanmasında çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden objektif kriter ağırlığı hesaplama yöntemlerinden olan CRITIC yöntemi kullanılmıştır. CRITIC Yöntemi faktörlerin ağırlık katsayılarını standart sapma ve korelasyon kullanarak hesaplamaktadır. Faktörlere ait veriler, detaylı proje analizleri ve kanal görüntüleme yöntemleri ile elde edilmiştir. Katsayılar atıksu sistemlerinde arızaya sebep olan faktörlerden yüksek risk potansiyeli olan parametreye büyük katsayı gelecek şekilde atanmıştır. CRITIC yöntemine göre ise ağırlık katsayısı yüksek faktörler, zemin özelliği, boru yaşı, sokak sınıfı, baca arası minimum mesafe, boru eğimi, hat tipi şeklinde elde edilmiştir. Bu çalışmada yöntemin bulunduğu katsayılar doğrultusunda değerlendirme yapıldığında sonucun problemin doğal yapısı ile uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksu sistemleri, çoklu-ölçütlü karar verme, CRITIC

### **ABSTRACT**

Wastewater systems are the system that allows the used water to be removed from the structure with the help of various equipment and transmitted to the wastewater treatment plant, if any. Even if wastewater systems are designed perfectly, failures may occur in the system due to the wear and tear of various factors. Factors causing failures in wastewater systems were determined by a detailed literature review and the parameters that were important for the application area were selected considering the applicability, measurability, and comparability and consistency criteria. In this study, approximately 50000 fault data recorded between 2016-2018 years were examined and 19 regions with the highest potential for failure were selected as application areas. Numerical field data of the factors were obtained by detailed project analysis and channel imaging methods. In the study, CRITIC method, which is one of the criteria weighting methods, which is one of the multi-criteria decision making methods, was used to calculate the weight coefficient of the factors. The CRITIC method calculates the weight coefficients of the factors using standard deviation and correlation. The coefficients are assigned to the parameter with high risk potential, which is one of the factors causing failure in wastewater systems. The results showed that the highest coefficients of the factors causing failure in wastewater systems are soil property, street class, pipe age, pipe slope, minimum distance between manholes, system type etc. In this study, when the method is evaluated according to the coefficients found, the result is found to be in accordance with the natural structure of the problem.

**Keywords:** Wastewater systems, Multi-criteria decision making, CRITIC

## 1. Giriş

Atıksu sistemleri, kullanılmış suların uzaklaştırılmasını sağlayan önemli alt yapı sistemleri olup zamanla yıpranma ve çeşitli faktörlerin etkisiyle arızalar meydana gelebilmektedir. Sistemde arıza oranlarının azaltılması için arızaya sebep olan faktörlerin analiz edilmesi ve etki seviyesinin belirlenmesi önemlidir. Yun vd. (2006) göstergelerin ağırlık katsayılarının hesabında ENTROPI yönteminin kullanılması ve sonuçların kıyaslanarak yeni bir ağırlık yönteminin geliştirilmesi hedeflemiş ve ENTROPI yönteminin göstergelerin değerlendirilmesinde anlamlı sonuçlar ortaya çıkardığı görülmüştür. Chen vd. (2015) yeraltı suyu sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde AHP ve ENTROPI yöntemleri kullanılarak yeraltı suyunun nicel ve nitel göstergeler yardımıyla sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için rasyonel sonuçlar veren bir sınıflandırma yapmayı istemişlerdir. Kessili vd. (2016) atıksu sistemlerinde rehabilitasyon önceliği için çok ölçütlü karar verme yöntemlerini kullanarak bir metodoloji geliştirmeyi amaçlamış ve 47 proje ve 12 ölçüt AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Del Giudice vd. (2016), kanalizasyon şebekelerinde geometrik ve hidrolik bilgi eksikliği olması durumlarında, farklı modelleme araçlarının benimsenmesi ve bütçe yönetimi için öncelik stratejilerinin geliştirilmesi için istatistiksel bir yöntem belirlemeyi amaçlamıştır. Ebrahimian vd. (2015), kentsel yağmursuyu projelerinde en uygun inşaat yönteminin seçilmesi için basit, planlı ve sistemli AHP ve Fuzzy AHP yöntemleri gibi çoklu-ölçütlü yaklaşımları kullanmıştır. Tscheikner vd. (2016), alt yapı sistemlerinin rehabilitasyonunda öncelikli alanların AHP yöntemi ile belirlenmesini amaçlamıştır. Al-Zahrani vd. (2015) herhangi bir su dağıtım ağında bölgesel riske göre öncelik vermek için bulanık tabanlı bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Modelde, su kalitesi, hidrolik, yapısal olmak üzere farklı kategorilerde toplamda 19 faktör göz önünde bulundurulmuştur. Choi vd. (2015) herhangi bir arıza durumunda daha iyi su temin hizmeti sunabilmek amacıyla bir su kaynağı için risk değerlendirme modeli geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen risk değerlendirme modeli vasıtasıyla su kaçak oranları en aza indirilmiş ve gelir getiren su oranlarında yükselmeler gözlenmiştir. Bu çalışmada, arızaya sebep olan faktörlerin ağırlık katsayılarının objektif kriter ağırlığı hesaplama yöntemlerinden olan CRITIC yöntemi belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için atıksu sistemlerinde arızaya sebep olan faktörler detaylı incelemiş ve önemli olan parametreler uygulanabilirlik, ölçülebilirlik, kıyaslanabilirlik ve tutarlılık ölçütleri göz önünde bulundurulmuştur.

## 2. CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) YÖNTEMİ

Bir karar matrisinde CRITIC metodu ile kriterin ağırlıklandırmasında, standart sapma ve korelasyonun kriter ağırlıkları üzerindeki etkisi incelenmektedir (Diakoulaki vd., 1995). CRITIC yönteminde karar hiyerarşisindeki değişmeyen üstünlük ve zıtlık durumları ele alınarak analiz yapılmakta ve iki kriterin birbiriyle olan ilişkisini belirleyen korelasyon işlemine göre büyük değer alan kriterlere daha fazla ağırlık verilmesi ilkesine dayanmaktadır (Diakoulaki vd., 1995). Karar hiyerarşisini oluşturan kriterler alternatif bölgelerden oluşan karar matrisi ( $X_{ij}$ ), elemanları normalize edilirken denklem (1) kullanılmaktadır. Burada  $X$ =Karar matrisi,  $i=1,..,m$  ;  $j=1,..,n$ ,  $m$ , alternatifleri  $n$  ise kriterleri ifade etmektedir. Normalize edilmiş karar matrisinde ( $r_{ij}$ ) denklem (3) yardımıyla birinci kriterden başlanarak kriterin diğer tüm kriterlerle ilişkisi sırasıyla hesaplanmaktadır. Fayda kriterlerinin hesabı;

$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{mak} - x_j^{min}}$  ve Maliyet kriterlerinin hesabı,  $r_{ij} = \frac{x_j^{mak} - x_{ij}}{x_j^{mak} - x_j^{min}}$  şeklinde hesaplanmaktadır.

$$X = \begin{matrix} & K1 & \dots & \dots & Kn \\ A1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & x_{21} & \dots & \vdots \\ Am & x_{m1} & \dots & \dots & x_{mn} \end{matrix} \quad (1)$$

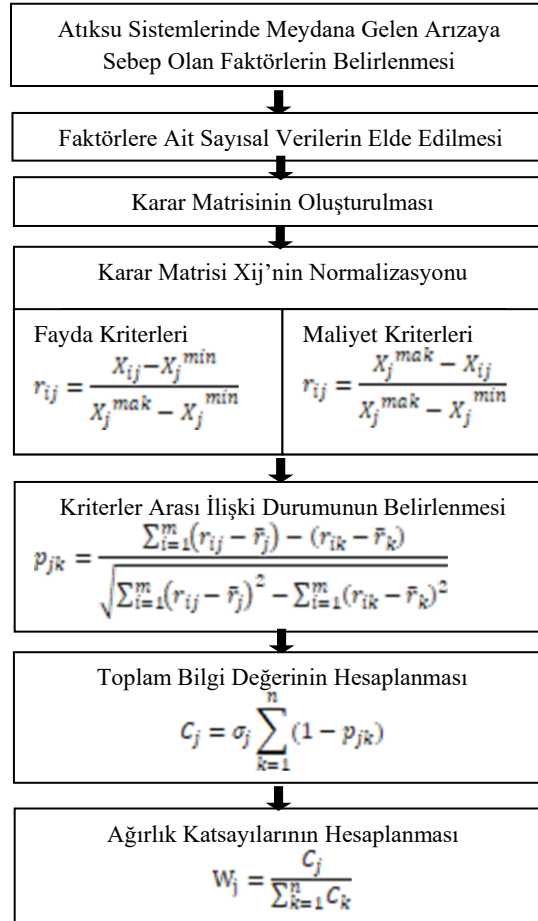
$$p_{jk} = \begin{matrix} & K1 & \dots & \dots & Kn \\ K1 & 1 & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & p_{21} & 1 & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & p_{21} & \dots & \vdots \\ Kn & p_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{matrix} \quad (2)$$

$$C_j = \begin{bmatrix} K1 & \dots & \dots & Kn \\ K1 & 0 & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & c_{21} & 0 & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & c_{21} & \dots & \vdots \\ Kn & c_{m1} & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - p_{jk}), \quad p_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j) - (r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 - \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}}, \quad j=1, \dots, n, \quad C_j, \text{ toplam bilgi ve } \sigma_j, j.$$

kritere ait standart sapmayı ifade etmekte ve  $\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}}$  gibi hesaplanmaktadır.  $p_{jk}$ , j ve k kriterleri arasındaki korelasyon katsayısı, j, k=1, ..., n ve n, kriter sayısıdır. Toplam bilgi değerinin normalize edilmesi ile kriterler ağırlıkları bulunmaktadır.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad (4)$$

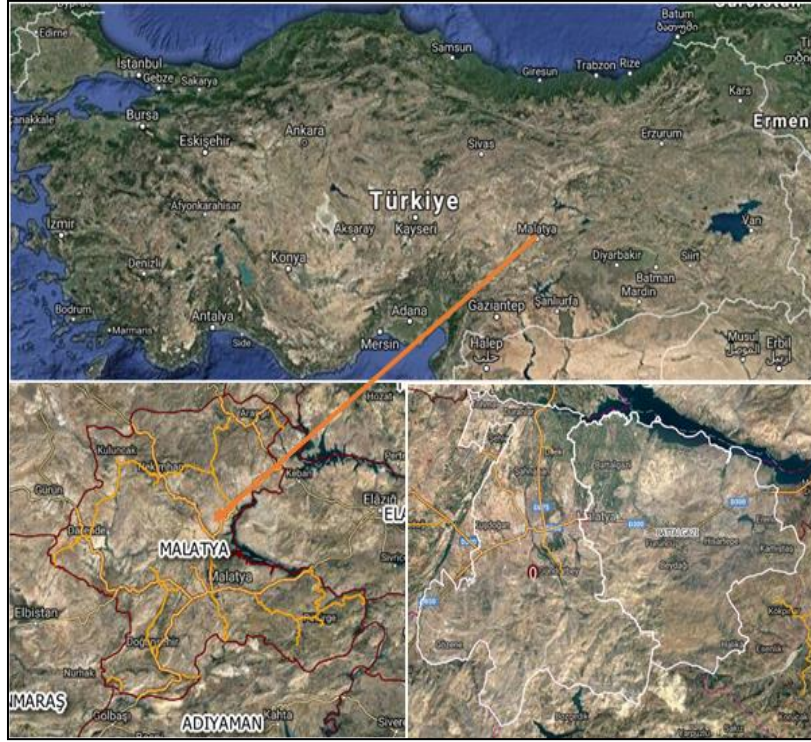


Şekil 1. CRITIC Yöntemi Akış Kartı (Orhan, 2018)

### 3. Çalışma Alanı ve Veri

Bu çalışmada Malatya ilinde arızaların yoğunlukta yaşandığı Yeşilyurt ve Battalgazi merkez ilçeleri uygulama alanı seçilmiştir (Şekil 2). Bölgede 1229.4 km atıksu şebekesi olup 2016-2018 yılları arasında gözlenen yaklaşık 50000 saha kayıtları incelenmiştir. Merkez ilçelere bağlı mahalleler üzerinde kanal temizleme işlemi yapılarak kamera görüntüleri alınmış olan 19 mahalle için arızanın yoğunlukta olduğu 52 kritik sokağın tespiti yapılmıştır. Sistemde arızaya sebep olan faktörler detaylı literatür taramasıyla tespit edilmiş ve bu faktörlere ait sayısal veriler ise detaylı proje analizleri ve atıksu sisteminde mevcut durumu analiz ederek arızanın noktasal tespitine olanak tanıyan CCTV kanal görüntüleme sistemi ile elde edilmiştir (Orhan, 2018). Yapılan literatür analizlerine göre atıksu sistemlerinde arızaya sebep olan

28 parametre belirlenmiş ve 19 mahalle için karar matrisi kurulmuştur. Sözel verileri içeren boru malzemesi, zemin özelliği, trafik hacmi, sokak sınıfı, hat tipi parametrelerinin değerleri sayısal verilere dönüştürülerek kullanılmıştır. Sözel ifadelerin sayısal verilere dönüştürülmesi işleminde arızayı etkileme durumu göz önüne alınmış yüksek risk taşıyanlara büyük numaralar verilmiştir.



Şekil 2. Uygulama alanı (Orhan, 2018)

Boru malzemesinde, beton borular için 1 kullanılırken, Koruge boru için 2 kullanılmıştır. Ortalama ve hareketli zemin çeşidinden oluşmakta olan zemin özelliği parametresi için sırasıyla 1 ve 2 değerleri kullanılmıştır. Trafik hacmi için düşük, orta ve yüksek şeklinde sınıflandırma yapılırken sırasıyla 1,2 ve 3 şeklinde numaralandırma yapılmıştır. Sokak sınıfı sınıflandırmasında 20 m değeri eşik kabul edilerek sokaklar 20 metreden büyük ve küçük şeklinde incelenmiş ve büyük sokaklar için 2, küçük sokaklar için 1 numaraları verilmiştir. Kanalizasyon hat tipi ayrık ve birleşik sistemden oluşmaktadır. Birleşik sistemlerde arıza potansiyeli daha yüksek olduğu için birleşik sistem için 2, ayrık sistem için mahallelere 1 numaralandırması yapılmıştır. Çizelge 1’de CRITIC Yönteminde kullanılacak olan faktörlere ait gerçek saha verilerini içeren karar matrisi verilmiştir (Orhan, 2018).



**1. ULUSLARARASI MALATYA UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ**  
**20-22 Aralık 2019/ MALATYA**

Çizelge 1. Karar Matrisi (Orhan, 2018; MASKİ, 2018).

Bölge	Boru Çapı	Boru Yaşı	Boru Malzemesi	Boru Derinliği	Kamera Metraжі	Görüntü Alınmayan Temizlik Metraжі	Boru Eğimi	Ters Eğim Oranı	Cadde/ Sokak Ort. Eğim	Min. Baca Arası Mesafe	Mak. Baca Arası Mesafe	Boru Sırt Derinliği	Bina Bağlantı Sayısı	Boru Sayısı	250 mm Çapından Küçük Boru Sayısı
B1	200	21	1	1.953	1323.25	127.36	0.742	0.730	0.004	1.51	64.87	2.156	183		39
B2	400	20	1	2.103	2385.01	220.67	1.590	0.047	0.048	1.24	75.5	2.075	184		33
B3	300	16	1	2.517	1838.63	62.83	0.951	0.078	0.043	1.02	72.41	2.003	180		43
B4	200	25	1	2.138	1273.61	196.86	2.618	0.212	0.011	1.46	168.73	1.928	137		43
B5	200	25	1	2.097	287.95	59.73	2.677	0.141	0.033	6.4	57.61	2.232	39		13
B6	300	20	1	2.500	470.71	0.10	1.600	0.001	0.131	0.85	58.1	2.703	13		14
B7	200	10	1	2.000	347.54	0.10	0.430	0.001	0.003	27.08	47.18	2.203	38		9
B8	200	10	2	2.000	34.37	0.10	4.000	0.001	0.002	11.76	22.61	2.203	2		2
B9	200	25	1	2.428	881.67	195.63	2.080	0.235	0.010	0.19	59.96	2.478	128		34
B10	200	15	1	2.367	695.90	130.17	2.940	0.250	0.051	2.97	54.29	2.501	103		25
B11	200	15	1	2.730	180.56	31.19	0.650	0.265	0.051	8.5	56.05	2.933	20		8
B12	200	8	1	2.214	2039.25	33.01	0.480	0.037	0.203	2.88	65.33	1.923	56		47
B13	200	10	1	2.335	586.77	116.79	0.415	0.001	0.013	6.76	62.82	1.920	70		20
B14	200	25	1	2.000	56.12	0.10	0.440	0.001	0.002	19.71	36.41	2.203	6		2
B15	200	25	1	2.020	562.15	55.58	1.420	0.001	0.024	9.84	51.96	2.240	42		16
B16	200	25	1	2.000	534.68	0.10	0.498	0.030	0.002	0.88	58.65	2.203	55		15
B17	200	25	1	2.000	403.50	0.10	0.907	0.001	0.002	1.75	52.65	2.203	59		15
B18	300	15	1	2.383	1058.60	83.55	2.020	0.229	0.036	0.64	60.18	2.588	45		13
B19	200	13	1	1.870	360.83	1.70	3.285	0.001	0.011	0.81	59.9	2.087	12		12

**1. ULUSLARARASI MALATYA UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ**  
**20-22 Aralık 2019/ MALATYA**

Çizelge 2. Karar Matrisi (devam) (Orhan, 2018; MASKİ, 2018).

Bölge	Yapısal Kusur Yüzdesi	Kanalizasyona Aşırı Yükleme	Kanalizasyon Hat Tipi	Bölge Alanı	Bölge Nüfusu	Boru Yenileme Maliyeti	Arıza Sayısı	Zemin Özelliği	Trafik Hacmi	Sokak Sınıfı	Konut Sayısı	Kritik Müşteri Sayısı
B1	14.79	0.40	2	272031.00	3442	686069.16	52	1	2	1	229	3
B2	7.71	0.40	2	836126.93	4264	1255937.76	34	1	3	2	323	7
B3	18.73	0.50	2	493044.78	3047	916503.72	43	1	2	2	282	5
B4	14.85	0.50	1	322162.50	1803	708766.54	28	2	3	1	264	2
B5	6.32	0.30	1	74967.52	1401	167581.76	21	2	3	2	182	1
B6	18.46	0.70	2	98698.37	540	226882.22	8	2	2	1	97	2
B7	1.73	0.40	1	23413.53	978	167514.28	16	2	3	1	88	2
B8	5.82	0.50	1	2905.85	554	16566.34	7	2	2	1	43	1
B9	12.08	0.70	1	166880.15	2590	519258.60	50	1	2	1	150	2
B10	17.66	0.70	1	105319.64	1970	398165.74	15	1	3	1	170	2
B11	5.19	0.60	1	25071.15	406	102063.50	17	2	2	1	20	1
B12	17.22	0.50	2	607234.70	3410	998829.32	45	2	3	2	230	1
B13	4.44	0.60	1	201315.16	736	339115.92	14	2	2	1	110	2
B14	8.91	0.50	1	7483.02	102	27049.84	4	1	1	1	19	1
B15	6.94	0.60	1	58012.82	278	297745.86	23	1	1	1	71	1
B16	3.44	0.80	1	36783.45	494	257715.76	9	1	2	1	113	1
B17	40.18	0.80	1	47367.47	364	194487.00	19	1	2	1	88	1
B18	11.52	0.70	1	178618.91	2889	550516.30	25	2	3	2	134	2
B19	6.14	0.60	2	36002.60	195	174739.46	9	2	2	2	32	1

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

CIRITIC yöntemi ile faktörlere ait ağırlık katsayıları hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Ağırlık katsayılarına göre atıksu sitemlerine meydana gelen arızaya sebep olan faktörler içinde en etkili olanların Zemin Özelliği, Sokak Sınıfı, Boru Yaşı Kanalizasyon Hat Tipi ve Minimum Baca Arası Mesafe şeklinde olduğu görülmektedir. Yağışlı dönemlerde yeraltı su seviyesinin yükselmesiyle ince daneli yatak malzemesinin yıkanması ile boru alt yüzeyinde boşluklar oluşmakta ve boru üzerindeki trafik yükü, boru sırt derinliğinin fazla bırakıldığı durumlarda artan toprak basıncı gibi yüzeysel basınçların oluşturduğu etki ile bu kısımlarda kayma, kırık, çatlama ve çökme gibi durumlar gözlenmektedir. Bu bakımdan zemin özelliğinin atıksu sistemlerinde arızaya sebep olan faktörler arasında en yüksek katsayıyı almış olması makul bir sonuç oluşturmuştur. 20 m’den büyük olan sokaklarda altyapı elemanları kaldırım altında kalacak şekilde konumlandırılmamışsa trafik yükünün etkisiyle bu sokak sınıfında arızaların yoğunlukta yaşandığı söylenebilir.

Çizelge 2. CRITIC yöntemi ile belirlenen parametre ağırlık katsayıları

Faktör	Ağırlık	Faktör	Ağırlık
Zemin Özelliği	0,0816	Arıza Sayısı	0,0322
Sokak Sınıfı	0,0572	Cadde/Sokak Ortalama Eğim	0,0315
Boru Yaşı	0,0567	Ters Eğim Oranı	0,0313
Kanalizasyon Hat Tipi	0,0554	Boru Çapı	0,0311
Minimum Baca Arası Mesafe	0,0515	250 mm çaptan Küçük Boru Sayısı	0,0310
Boru Eğimi	0,0508	Yapısal Kusur Yüzdesi	0,0307
Kanalizasyona Aşırı Yükleme	0,0474	Bölge Nüfusu	0,0295
Boru Sırt Derinliği	0,0437	Konut Sayısı	0,0280
Boru Malzemesi	0,0383	Kritik Müşteri Sayısı	0,0270
Trafik Hacmi	0,0376	Kamera Metraji	0,0267
Boru Derinliği	0,0360	Bölge Alanı	0,0261
Görüntü Alınmayan Temizlik Metraji	0,0359	Boru Yenileme Maliyeti	0,0258
Bina Bağlantı Sayısı Boru sayısı	0,0341	Maksimum Baca Arası Mesafe	0,0227

Atıksu sistemleri, zamanla boru iç yüzeyindeki sıvının asidik oranı, ters eğim etkisiyle değişiklik gösteren hızlar, bağlantı noktalarındaki contaların ekonomik ömrünü tamamlaması gibi iç ve dış etkilerle bozulmaya uğramaktadır. Boru yaşının büyük olması özellikle beton borularda arızaya elverişli ortamların oluştuğunu göstermektedir. Birleşik sistemlerde yağmurlu dönemlerde kanalın yetersiz kalması ve geri tepmelerin gözlenebilmesi, arıtma tesisine iletilen su debisinin fazla olması ve pompaj masrafının artması, daha büyük kanallara olan ihtiyacın artmasından dolayı arıza riski yüksektir. Ayrıca kurak mevsimlerde minimum hız değerinin sağlanamaması ve borularda sediment birikimi ve debinin mevsimsel olarak değişkenlik göstermesi gibi sebeplerden dolayı katsayının yüksek çıkmış olması mantıklıdır. Minimum baca arası mesafenin uygun bırakılmadığı durumlarda borunun temizlenmesi güçleşmekte, havalandırma işlemi yetersiz kalmakta ve tıkanmalar artmaktadır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Cansu ORHAN (2018) tarafından tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiş ve İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2017-582 tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi BAP Birimi’ne ve veri-teknik destekten dolayı MASKİ Genel Müdürlüğüne teşekkür etmektedir.

#### Kaynaklar

- Al-Zahrani, M., Abo-Monasar, A., Sadiq, R. (2015). Risk-based prioritization of water main failure using fuzzy synthetic evaluation technique. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*. 65, jws2015051.
- Chen, J., Zhang, Y., Chen, Z. (2015). Improving assessment of groundwater sustainability with analytic hierarchy process and information entropy method: a case study of the Hohhot Plain, China. *Environmental Earth Sciences*. 73, 2353–2363.
- Choi, T., Koo, J. (2015). A water supply risk assessment model for water distribution network. *Desalination and Water Treatment*. 54, 1410–1420.
- Del Giudice, G., Padulano, R., Siciliano, D. (2016). Multivariate probability distribution for sewer system vulnerability assessment under data-limited conditions. *Water Science and Technology*. 73, 751–760.

- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Papayannakis, L.(1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers Ops Res.*, 22(7), 763-770.
- Ebrahimian, A., Ardeshir, A., Zahedi Rad, I., Ghodsypour, S. H. (2015). Urban stormwater construction method selection using a hybrid multi-criteria approach. *Automation in Construction*. 58, 118–128.
- Kessili, A., Benmamar, S. (2016). Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science and Technology*. 73, 283–291.
- Tscheikner-Gratl, F., Sitzenfrei, R., Rauch, W., Kleidorfer, M. (2016). Integrated rehabilitation planning of urban infrastructure systems using a street section priority model. *Urban Water Journal*. 13, 28-40.
- Yun, L., Sun, J., Zou, Z., (2006). Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment, *Journal of Environmental Sciences*. 18, 1020-1023.

**SU TEMİNİ SİSTEMLERİNDE HİZMET VEREN POMPA İSTASYONLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY IN PUMP STATIONS PROVIDING SERVICE IN WATER SUPPLY SYSTEMS****Yusuf AYGÜNEŞ**

İnşaat Mühendisi, Tarım ve Orman Bakanlığı 15. Bölge Müdürlüğü, Malatya,

**Mahmut FIRAT**

İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Mevlana SANCAKOĞLU**

Makine Mühendisi, Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi, Malatya

**ÖZET**

İçmesuyu dağıtım sistemlerinde terfi istasyonları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Su yönetimde işletme maliyetinin artmasında en temel unsurlardan biri de terfi istasyonlarından kaynaklanan enerji tüketimi gösterilebilir. Terfi istasyonlarında, pompanın kurulu gücü, pompanın çalışma saatleri ve süresi, terfi yüksekliği, isale hattı fiziksel özellikleri (uzunluk, çap, pürüzlülük katsayısı), depo özellikleri vb. birçok parametreye bağlı olarak Kurum için önemli enerji maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle su ve enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması açısından terfili sistemlerde en uygun işletme stratejisinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Ancak birçok su iletim sistemlerinde yüksek kurulu güç değerine sahip, çalışma süresi ve saatleri rasgele belirlenmiş, amacı dışında kullanılan terfi istasyonları yer almaktadır. Bu nedenle, pompa özellikleri, isale hattı, depo ve abone karakteristikleri göz önüne alınarak terfi istasyonları için en uygun işletme planlamasının yapılması gerekmektedir. Diğer taraftan, Ülkemizin yeraltı ve yerüstü su potansiyelleri incelendiğinde ülkemizin su yönünden zengin bir ülke olmadığı ve giderek daha da su fakiri bir ülke olma yolunda ilerlediği görülmektedir. Bu durum göz önüne alındığında suyun verimli bir şekilde kullanılmasının ve çevre bilincinin oluşmasının önemi anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, su ve enerji verimliliği açısından terfi istasyonları değerlendirilmiş, enerji tüketimi üzerinde etkili olabilecek faktörler tartışılmıştır. Özellikle sistem özellikleri, davranışı, abone tüketim özellikleri, sistemde-depoda-şebekede meydana gelen sızıntıların enerji verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su İletim Sistemleri, Pompa İstasyonu, Enerji, Enerji Verimliliği**ABSTRACT**

Pumping stations are widely used in drinking water distribution systems. One of the most important factors in increasing the operating cost in water management is the energy consumption arising from the pumping stations. In pump stations, significant energy costs arise for the Water Utilities depending on many parameters such as the installed power of the pump, working hours and time of the pump, the pumping head, the physical characteristics of the pipeline (length, diameter, and roughness coefficient), storage characteristics etc. For this reason, it is very important to determine the most suitable operating strategy in pumped systems in terms of efficient use of water and energy resources. However, in many water transmission systems, there are pumping stations with high installed power value, operating time and hours are determined randomly and used out of purpose. Therefore, considering the pump characteristics, transmission line, storage and subscriber characteristics, it is necessary to make the most suitable operation planning for the pumping stations. On the other hand, when the underground and surface water potentials of our country are examined, it is seen that our country is not a water rich country and progresses towards becoming a water poor country. When this situation is taken into consideration, the importance of efficient use of water and environmental awareness is understood. In this study, pumping stations were evaluated in terms of water and energy efficiency and the factors that could affect the energy consumption were discussed. In particular, system features, behavior, subscriber consumption characteristics, the effects of system-warehouse-network leakages on energy efficiency were evaluated. For this purpose, the factors affecting energy efficiency or energy consumption are discussed based on the studies in the literature.

**Keywords:** Water Supply Systems, Pumping Station, Energy, Energy Efficiency



## 1. Giriş

İçme suyu temini sondaj kuyularından, barajlardan ve bazı yerlerde deniz suyu arıtılarak temin edilen su, arıtma tesisi, terfiler, depolar ve şebeke üzerinden musluklarımıza kadar gelir. Kaynaktan musluğa kadar olan bu süreçte ana unsur elektrik ile çalışan motorlar ve pompa sistemleridir. Son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisine bağlı olarak yeni modelleme yöntemleri önerilmekte ve İnşaat mühendisliği alanında uygulanmaktadır. Optimize edilmiş tasarımlar ve iyileştirilmiş imalat teknikleriyle, pompa performansı zamanla iyileştirilmiştir. Eyal Price ve Ostfeld (2012) minimum maliyetli sistem işletimini tüketici su dengesi kısıtlamaları, sistem düğümlerindeki minimum veya maksimum su talebi kısıtlamaları ve sızıntıyı en aza indirecek pompa başına düşen enerji tüketimi gibi faktörlere bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Bu faktörlerin değişkenleriyle doğrusal olmayan bir ilişkiye sahip olduklarını ve genellikle Puneet Khatavkar vd. (2017) modelini kullanarak pompaların çalışmalarını ve bakım maliyetlerini minimuma indirmeye çalışmışlar ve tüketici taleplerini ve dağıtım sistemindeki basınç gereksinimlerini karşılamayı amaçlamışlardır. Candelieri vd. Bayesian optimizasyonun simülasyon ve hesaplaması maliyetli olan sorunlara uygun olduğunu belirtmiştir. Chang vd. su temini sistemlerindeki enerji tüketiminin su talebiyle yakından bağlantılı olduğunu, enerji, suyu kaynağından pompalamak için ihtiyaç duyulabilecek enerjinin yanı sıra, su iletim ve dağıtım sürecinde de çoğunlukla tüketilmekte olduğunu söylemişlerdir. Gong ve Cheng (2018) pompa ünitelerinin hızı kullanılarak doğrusal olmayan matematiksel bir model kurmuştur. Yapılan modelde kademeli pompa istasyonu sisteminde minimum güç tüketimi hedef alınarak model oluşturulmuştur. Le'on-Celi vd. (2018) şebekelerde en önemli maliyetlerden biri de pompalama maliyetlerinin olduğunu vurgulamış ve bu maliyeti en aza indirmek için en uygun akış hızını saptamak optimizasyonla mümkün olabileceği belirtmiştir. Puleo vd. (2014) 24 saat değişken pompa çalışmasına dayalı bir programlamayla bir metodoloji ile farklı bir programa akış hızları dikkate alınarak sürekli pompa sistemi çalışmıştır. Çalışmada pompalarda optimizasyon yapılarak verimlilik artırabilir veya tüketimi düşük dönemlere kaydırarak % 10-20 tasarruf sağlanabileceği belirtilmiştir. Bohórquez vd. (2015) su dağıtım sistemlerinde işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını pompalardaki enerji tüketimi ve sızıntılardan kaynaklı su kaybının oluşturduğunu belirtmiştir. Bolognesi vd. (2015) su temini sistemlerinde enerji verimliliği değerlendirilirken, tüketilen enerjiye ve enerjinin ne kadar verimli kullanıldığına bakılması gerektiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada, su ve enerji verimliliği açısından terfi istasyonları değerlendirilmiş, enerji tüketimi üzerinde etkili olabilecek faktörler tartışılmıştır. Özellikle sistem özellikleri, davranışı, abone tüketim özellikleri, sistemde-depoda-şebekede meydana gelen sızıntıların enerji verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

## 2. Pompa Seçimi İçin Parametreler

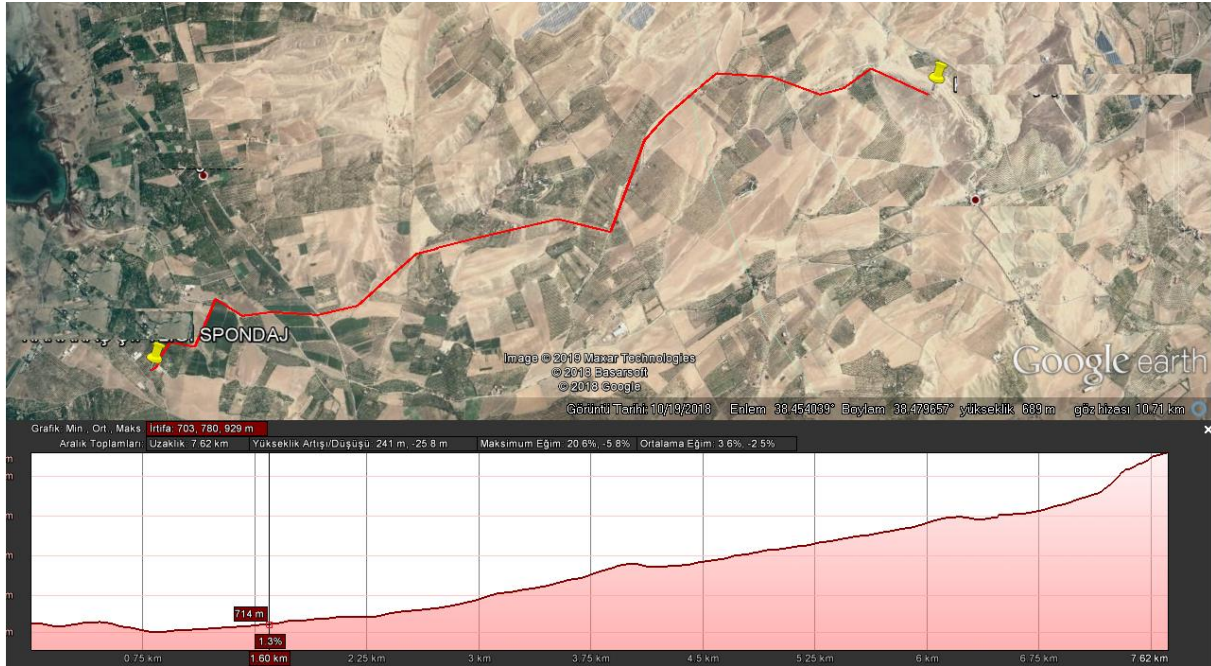
Pompalama sistemleri için akışkan gücü, debi, basınç (basma yüksekliği) ve akışkanın özgül ağırlığı arasındaki ilişkiler denklemlerle ifade edilebilir. Statik basma yüksekliği, pompanın giriş ve çıkış tarafındaki kaplardaki akışkan yüzeyleri arasındaki yükseklik farkıdır. Statik basınç, debiden bağımsızdır ve sistem eğrisi diyagramında düz bir çizgi olarak gösterilir. Sürtünme basma yüksekliği, bir pompalama sisteminin boru tesisatı ve boru bileşenlerindeki sürtünme kayıplarını aşmak için gereken basma yüksekliğidir. Sürtünme basma yüksekliği, debi, boru ve bağlantıları ve vanaların özellikleri ile akışkan özelliklerine bağlı olarak değişir. Pompalama sistemine bağlı olarak, sürtünme kayıpları, giriş borusu ucundaki giriş kayıpları ile çıkış noktasındaki çıkış kayıplarını da içerebilir. Ekonomik boru çapının tayininde ilk yatırım bedeli, sürtünme katsayıları, pompaların verimi, su darbeleri ve işletme maliyeti gibi faktörler göz önüne alınır. Literatür taramasında incelenen makaleler sonucu pompa istasyonlarının verimliliğine etki eden parametreler verilmiştir (Tablo 1)

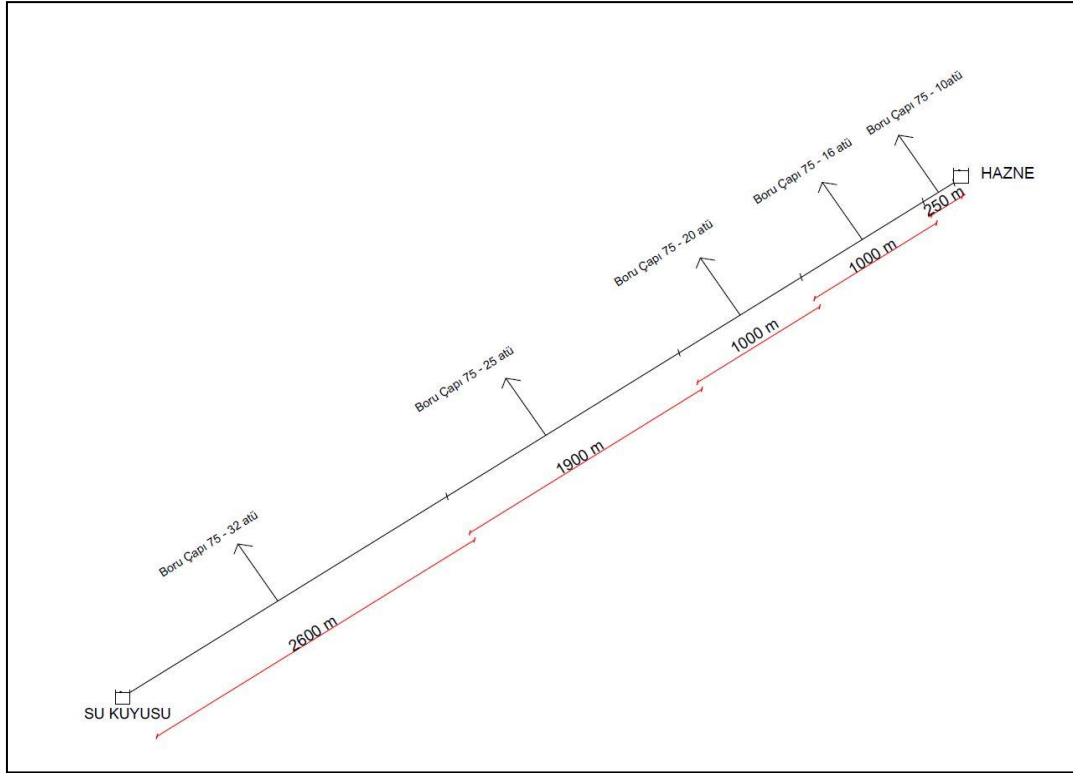
Tablo 1. Literatürde pompa sistemi parametreleri

Boru uzunluğu	Zaman indeksi	Günlük su tüketimi
Boru çapı	Borudaki ana kayıp	Saatlik su tüketimi
Borunun Şekli	Borudaki akış hızı	Su iletim maliyeti
Ana kayıp	Pürüzlülük katsayısı	Elektrik birim maliyeti
Pompanın gücü	Yükseklik	Elektrik birim fiyatı
Debi	Basınç düşürme valfi	Enerji maliyeti
Akış hızı	Vana	Toplam maliyet
Pompanın verimi	Minimum terfi maliyeti	Suyun özgül ağırlığı
Boru yaşı	Günlük pompalama maliyeti	Zaman
Akış sürtünmesi	Kademeli pompa sayısı	Tahliye
Sızıntı	Bir istasyondaki pompa sayısı	Pompa verimliliği
Pompalama süresi	Su yoğunluğu	Birim güç
Pompa maliyeti	Yerçekimi	Ortalama üretim ve yük
Pompa sayısı	Fiili motor gücü	Motor yükü
Pompa kapasitesi	Motor verimliliği	Minimum debi
Arz talebi	Emiş gücü	Maksimum debi
Depolama kapasitesi	Minimum depo seviyesi	Amaç fonksiyonu
Minimum verimlilik	Maksimum depo seviyesi	Kontrol aralığı
Su kaynağı sayısı	Pürüzlülük	Su seviyesi alt-üst sınırı
İşletme basıncı	Rehabilitasyon süreci	Yükseklik farkı
Basınç aralığı	Enerji kaybı	Borunun cinsi

### 3. Uygulama ve Sonuçlar

Çalışmanın bu bölümünde pilot bir terfi sisteminde mevcut koşullarda enerji verimliliği analiz edilmiş ve sistemin daha verimli çalışması için alternatif çözüm önerilmiştir. Bu kapsamda şematik profili Şekil 1'de verilen örnek bir sistem (gerçek saha problemi) belirlenmiştir.





Şekil 1. Pilot terfi sistemi şematik profili

Şematik profilden de görüldüğü gibi, mevcutta hizmet veren isale hattı (terfi ile depo arası) 75 mm çaplı ve farklı basınç dayanımlarına sahip borulardan oluşmaktadır. Şematik profili verilen pilot bölgede pompa ve sistem karakteristikleri ve mevcut durumdaki işletme maliyetleri Çizelge 2’de verilmektedir. Çizelgeden de görüldüğü gibi, mevcutta kuyu verimi 10 l/s olduğu halde, sisteme verilen debi 1.5 l/s civarındadır. Mevcut terfi ve isale koşullarında terfi edilen debinin yerleşim yerinin ihtiyacını karşılayamaması durumunda yeni bir planlama zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 2. Mevcut terfi sistemi karakteristikleri

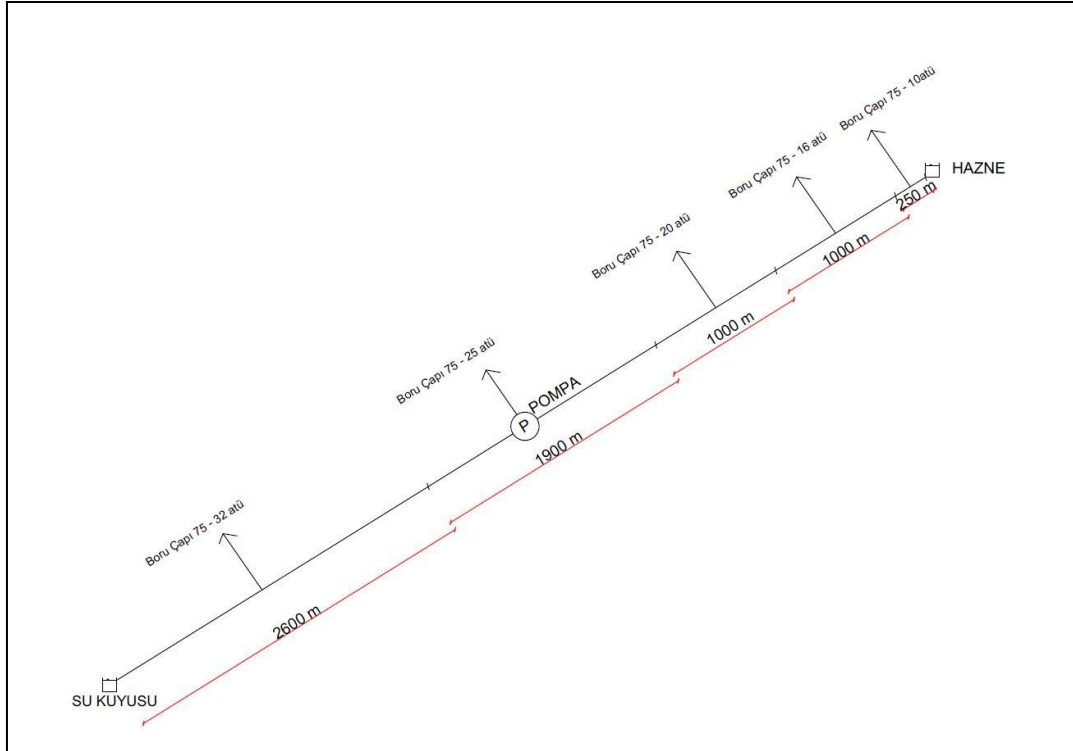
Kuyu Değerleri			Proje İçin Hesaplanan Değerler		
Kuyu Derinliği	120	m	Debi	1.5	l/s
Statik Seviye	45	m	HM	342.44	mss
Dinamik Seviye	54	m	P	25	HP
Kuyu Verimi	10	l/s	Kot Farkı	225	mSS

Boru Çapı	Boru Basıncı	Uzunluk (m)	Kayıp mss
PN32	DN75	2600	34.944
PN25	DN75	1900	16.34
PN20	DN75	1000	6.3
PN16	DN75	1000	5
PN10	DN75	250	0.86
<b>TOPLAM</b>		<b>6750</b>	<b>63.444</b>

İlk tasarım sırasında isale hattı boyutlandırılırken 75 mm çaplı olarak boyutlandırıldığı için ihtiyacın karşılanması ve sistemin daha verimli hale dönüştürülmesi için; (i) mevcut isale hattı dikkate alınarak çözüm üretmek, (ii) yeni isale hattı planlamak gibi iki farklı senaryo karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda ilk senaryonun dikkate alınması durumunda ise, aynı isale hattı ile talebin karşılanması için daha fazla debi iletilmesi gerekeceğinden kademeli pompa sisteminin planlanması ortaya çıkacaktır. Bu da sistemin mevcut işletme maliyetinden daha fazla enerji tüketimi ve maliyeti ortaya çıkaracaktır. Bu seçenek için ortaya çıkacak maliyet kalemleri temel olarak;

- Daha fazla debi iletilmesi için kademeli olarak pompa planlanması
- Planlanan sistem için daha fazla güç tüketen pompaların seçilmesi
- Bunların ilk yatırım maliyetleri (kademeli pompalar için toplama odası, pompa odası vb.)
- Pompalar için enerji maliyetleri, bakım ve diğer işletme maliyetleri şeklinde detaylandırılabilir.

Bu verilen sistem için enerji verimliliğini daha iyi açıklamak adına mevcut sistem koşulları korunarak (isale hattı, depo) 5 l/s talep debisinin karşılanması için sistem yeniden planlanarak ortaya çıkan koşullar detaylandırılmıştır (Çizelge 3). Bu planlamada mevcut isale hattında yeni bir pompa öngörülmüş ve şematik profil Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kademeli terfi sistemi şematik profili

Çizelge 2. Kademeli terfi sistemi karakteristikleri

Kuyu Değerleri			Proje İçin Hesaplanan Değerler		
Kuyu Derinliği	120	m	Debi	5	l/s
Statik Seviye	45	m	HM	861.75	mss
Dinamik Seviye	54	m	P	100	HP
Kuyu Verimi	10	l/s	Kot Farkı	225	mSS

Boru Çapı	Boru Basıncı	Uzunluk (m)	Kayıp mss
PN32	DN75	2600	322.4
PN25	DN75	1900	150.1
PN20	DN75	1000	57.5
PN16	DN75	1000	45
PN10	DN75	250	7.75
<b>TOPLAM</b>		<b>6750</b>	<b>582.75</b>

Çizelge 2’den de görüldüğü gibi, mevcut isale koşulları korunarak ortaya konulan yeni planlamada gerekli olan pompa gücü 100 HP olurken sistemde debinin artmasına bağlı olarak ortaya çıkan yük kaybı 582 m civarında çıkmıştır. Bu koşullar göz önüne alındığında gerekli toplam terfi (kuyu ve ara terfi pompası) yüksekliği 862 m olarak hesaplanmıştır. Bu elde edilen veriler ışığında yerleşim yerinin talebinin karşılanması için mevcut sistemde yapılan yeni planlamada oldukça yüksek enerji gereksinimleri ve maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Burada maliyetin artmasında ve sistemin

verimliliğinin azalmasında etkili faktörler, isale hattının başlangıç çapının yanlış planlanması, talebin karşılanması için oldukça fazla terfi yüksekliğine gereksinim duyulması gösterilebilir.

## Sonuçlar

Bu çalışmada, su ve enerji verimliliği açısından terfi istasyonları değerlendirilmiş, enerji tüketimi üzerinde etkili olabilecek faktörler tartışılmıştır. Özellikle sistem özellikleri, davranışı, abone tüketim özellikleri, sistemde-depoda-şebekede meydana gelen sızıntıların enerji verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. İlk tasarım sırasında isale hattı boyutlandırılırken 75 mm çaplı olarak boyutlandırıldığı için ihtiyacın karşılanması ve sistemin daha verimli hale dönüştürülmesi için; (i) mevcut isale hattı dikkate alınarak çözüm üretmek, (ii) yeni isale hattı planlamak gibi iki farklı senaryo karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda ilk senaryonun dikkate alınması durumunda ise, aynı isale hattı ile talebin karşılanması için daha fazla debi iletilmesi gerekeceğinden kademeli pompa sisteminin planlanması ortaya çıkacaktır. Mevcut isale koşulları korunarak ortaya konulan yeni planlamada gerekli olan pompa gücü 100 HP olurken sistemde debinin artmasına bağlı olarak ortaya çıkan yük kaybı 582 m civarında çıkmıştır. Bu koşullar göz önüne alındığında gerekli toplam terfi (kuyu ve ara terfi pompası) yüksekliği 862 m olarak hesaplanmıştır. Bu elde edilen veriler ışığında yerleşim yerinin talebinin karşılanması için mevcut sistemde yapılan yeni planlamada oldukça yüksek enerji gereksinimleri ve maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Burada maliyetin artmasında ve sistemin verimliliğinin azalmasında etkili faktörler, isale hattının başlangıç çapının yanlış planlanması, talebin karşılanması için oldukça fazla terfi yüksekliğine gereksinim duyulması gösterilebilir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Yusuf AYGÜNEŞ tarafından yapılan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2018-1499 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar, Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür etmektedir.

## Kaynaklar



**İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİNİN REHABİLİTASYONU VE GÖZÖNÜNE ALINAN FAKTÖRLER****REHABILITATION OF WATER DISTRIBUTION NETWORKS AND FACTORS****Şeymanur GÜL**

İnşaat Yüksek Mühendis, Çevre İl Müdürlüğü, Mardin

**Mahmut FIRAT**

İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Yusuf KILINÇ**

Tarım ve Orman Bakanlığı 15. Bölge Müdürlüğü, Malatya

**ÖZET**

İçmesuyu dağıtım sistemleri, kentlerde altyapı hizmetlerinin zamanında ve istenen koşullarda yerine getirilmesi açısından oldukça önemlidir. Ancak bu sistemlerde, sistemin fiziksel özelliklerinin yanı sıra, çevresel, iklim ve diğer dış faktörlere bağlı olarak arızalar meydana gelmektedir. Bu arızalar özellikle su kayıplarının (sızıntı şeklinde) artmasına, sık sık su kesintilerinin yaşanması, abone memnuniyetsizliğinin artmasına ve neticede normal işletme koşullarının bozulmasına neden olmaktadır. Bu arızaların azaltılmasında izlenecek yollardan biri de arıza sebep olan faktörlerin araştırılması ve buna göre gerekli tedbirlerin alınması gösterilebilir. Boruların kırılmasının değerlendirilmesi için kullanılan boru yaşı, boru çapı, boru derinliği ve boru malzemesi tipi gibi fiziksel parametrelerin belirlenmesi sistemin performansını iyileştirilmesi yönünden oldukça önemlidir. Rehabilitasyon öncelikleri belirlemek ve risk analizi yapmak için verilerin toplanması ilk aşamayı oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, içmesuyu dağıtım sistemlerinde rehabilitasyon önceliklendirme modeli kurmak ve öncelikli bölgeleri belirlemek için etkili olan faktörler incelenmiştir. Bu faktörlerin belirlenmesi rehabilitasyon önceliklendirme modelinin seçiminde ve sistemin mevcut performansının belirlenmesinde karar verici olmaktadır. Literatürde içmesuyu dağıtım sistemlerinde, arıza analizi, su kayıp analizi, su kayıplarının azaltılması-önlenmesi, şebekede boru hasarlarının incelenmesi ve modellenmesi konularında yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiş ve şebeke performansı üzerinde etkili olacak 156 farklı değişkenin kullanıldığı gözlenmiştir. Bu nedenle rehabilitasyon önceliğine karar vermek için bu faktörlerin ayrı ayrı araştırılması gerekmektedir. Su şebekelerinin rehabilitasyonu hakkında karar vermek, sistemi etkileyen faktörlerin sayısının sürekli artması ve birbirleriyle etkileşim halinde olması sebebiyle oldukça karmaşıktır. Su dağıtım sistemlerini etkileyen değişkenler verilerin kullanılabilirliği açısından fiziksel, çevresel ve işletme ana başlıkları altında kategorize edilmiştir. Değişkenler ana faktörler ve alt faktörler başlığı altında incelenerek sistemin mevcut performansı daha anlaşılır bir biçimde belirlenmiş olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Su Dağıtım Sistemleri, Boru Hasarı, Su Kayıpları, Şebeke Rehabilitasyonu**ABSTRACT**

Water distribution systems are very important for performing the infrastructure services in cities on time and under the desired conditions. However, in these systems, besides the physical characteristics of the system, faults occur due to environmental, climate and other external factors. These failures lead to increased water losses (leakage), frequent water interruptions, increased subscriber dissatisfaction and consequently deterioration of normal operating conditions. One of the ways to reduce these faults is to investigate the factors that cause faults and take necessary measures accordingly. Determining physical parameters such as pipe age, pipe diameter, pipe depth and type of pipe material used to evaluate the breakage of pipes is very important in terms of improving the performance of the system. The first step is to collect data to determine rehabilitation priorities and to conduct risk analysis. The aim of this study is to investigate the factors that are effective in establishing rehabilitation prioritization model and identifying priority regions in water distribution systems. The determination of these factors is the decision maker in the selection of the rehabilitation prioritization model and in determining the current performance of the system. In literature, studies on failure analysis, water loss analysis, reduction and prevention of water losses, investigation and modeling of pipe damages in water distribution systems have been examined in detail and it has been observed that 156 different variables that will have an impact on network performance have been used. Therefore, these factors should be investigated separately to decide the priority of rehabilitation. Deciding on the rehabilitation of water networks is

very complex as the number of factors affecting the system is constantly increasing and interacting with each other. Variables affecting water distribution systems are categorized under physical, environmental and operational headings in terms of data availability. By analyzing the variables under the main factors and sub-factors, the current performance of the system will be determined more clearly.

**Keywords:** Water Distribution Systems, Pipe Damage, Water Losses, Network Rehabilitation

### 1. Giriş

Su kaynaklarının korunması, aşırı su tüketiminin önlenmesi, içme suyunun etkin kullanılması ve verimliliğin artırılması doğrultusunda içme suyu dağıtım sistemlerinin kontrollü bir şekilde sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Son yıllarda, su dağıtım sistemlerinin boyutlandırılmasında, işletilmesinde, su dağıtım şebekelerinin rehabilitasyonunda ve riskli bölgelerin önceliklendirilmesinde pek çok teknik kullanılmaktadır. Su dağıtım sistemlerini etkileyen değişkenler verilerin kullanılabilirliği açısından fiziksel, çevresel ve işletme ana başlıkları altında kategorize edilmiştir. Değişkenler ana faktörler ve alt faktörler başlığı altında incelenerek sistemin mevcut performansı daha anlaşılır bir biçimde belirlenmiş olacaktır. Fares (2008) Kanada’da içme suyu şebekelerinde arızaların risk durumunu değerlendirilmesi, içme suyu şebekesinin korunması için yönetim stratejilerinin uygulanması, maddi ve fiziksel hasarların önlenmesi amaçlamıştır. Çalışmada, risk kaynakları 5 grupta incelenmiş olup, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Hiyerarşik bulanık uzman sistem ve Analitik Hiyerarşi Süreci modeli uygulanmış ve en yüksek risk faktörünün boru yaşı olduğu saptanmıştır. Tagherouit vd. (2011) kanalizasyon şebekesinin performansının ve mevcut durumunun değerlendirilmesi için model geliştirmeyi, yapısal ve hidrolik performans kullanılarak sezgisel yaklaşımlarla gerçekçi sonuçlar elde etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, CBS Destekli Bulanık Sistem yaklaşımı önerilmiş, boruların ve çevresinin hidrolik davranışına ve içsel ortamına göre; hidrolik, yapısal, geniş çaplı performansları belirlenmiştir. Tabesh ve Saber (2012), su dağıtım şebekesinde rehabilitasyon önceliği için entegre bir model oluşturulması, hidrolik, ampirik ve fiziksel alt modelleri içeren entegre bir model sunulması amaçlamış, boru uzunluğu, yaşı, basıncı ve altyapı endekslerinin su şebekesi rehabilitasyonunun üzerindeki etkisini saptamıştır. Kabir vd. (2015), dağıtım şebekelerinin arıza riskini ölçmek, değerlendirmek, bakım, rehabilitasyon, değişim aşamaları için bir sıralama sağlamak, çok büyük çaplı borular ile küçük çaplı boruların arıza endeksleri karşılaştırmak amacıyla Bayes Ağ Modelini kullanmıştır. Bu çalışmada, içmesuyu dağıtım sistemlerinde rehabilitasyon önceliklendirme modeli kurmak ve öncelikli bölgeleri belirlemek için etkili olan faktörler incelenmiştir. Faktörlerin belirlenmesi rehabilitasyon önceliklendirme modelinin seçiminde ve sistemin mevcut performansının belirlenmesinde karar verici olmaktadır. Literatürde dağıtım sistemlerinde, arıza analizi, su kayıp analizi, su kayıplarının azaltılması-önlenmesi, şebekede boru hasarlarının incelenmesi ve modellenmesi konularında yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir.

### 2. İçmesuyu Dağıtım Sistemlerine Ait Değişkenler

Bu bölümde, dağıtım sisteminde rehabilitasyon önceliklendirme modelinin seçiminde ve sistemin mevcut performansının belirlenmesinde rol oynayan faktörler belirlenmiştir (Gül, 2018). Su şebekelerinde, sistemi etkileyen faktörlerin sayısının sürekli artması ve birbirleriyle etkileşim halinde olması sebebiyle oldukça karmaşıktır. Sistemi etkileyen faktörler, verilerin kullanılabilirliği açısından fiziksel, çevresel ve işletme ana başlıkları altında kategorize edilmiştir. Boruların kırılması, çatlaması, su akışının kesilmesi gibi etkenler bir sistemi verimsiz hale getirmektedir. Örneğin boruların kırılmasının değerlendirilmesi için kullanılan boru yaşı, boru çapı, boru derinliği ve boru malzemesi tipi gibi fiziksel parametrelerin belirlenmesi sistemin performansını iyileştirilmesi yönünden oldukça önemlidir. Bu nedenle rehabilitasyon önceliğinde karar vermek için bu faktörlerin ayrı ayrı araştırılması gerekmektedir. Sistemdeki risk yönetimi, bakım, onarım ve değişim için hangi değişken üzerinde durulması gerektiği karar vericilere kolaylık sağlayacaktır. Literatürde içmesuyu dağıtım sistemlerinde, arıza analizi, su kayıp analizi, su kayıplarının azaltılması-önlenmesi, şebekede boru hasarlarının incelenmesi ve modellenmesi konularında yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiş ve şebeke performansı üzerinde etkili olacak çok farklı değişkenin kullanıldığı gözlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Literatür Kapsamında Ulaşılan Faktörler (Gül, 2018)

Boru Tipi	Nüfus	Boruların Derinliği
Boru Çapı	Boruların Sayısı	Boru Boyutu %
Korozif Olmayan Boruların Oranı	Arızalı Boruların Sayısı	Hizmet Ömrü Verileri
Amortisman Süresi	Birim Boru Maliyet(\$/M)	Ortalama Günlük Trafik
Boru Yaşı (Yıl)	Boruların Konumu	Yıllık Ort. Günlük Trafik
Boruların Arıza Oranları	Birim Enerji Maliyeti	Boru Yerleştirme Yılı
Nüfustaki çocuk genç yaşlı Oranı	Getiri Oranı Ve Yatırım Yılı	Mevcut Arıza Kayıtları
Boru Malzemesi	Depoların Maksimum Seviyesi	Arazi Durumu
Şebekedeki mevcut borular	Deponun Başlangıç Seviyesi %	Su kalite izleme istasyonu
Hidrolik Kapasite İçin Detaylar	Acil Depolama Boyutu	Nüfus Dağılımı
Boruların Uzunluğu	Depoların Boyutu	Mevcut Boru Özellikleri
Boruların Kalınlığı (Et Kalınlığı)	Günlük Depo Seviye Farkı	Boru sınıfı
Zemin Ve Toprak Özelliği	Mevcut ve Yeni depo Konumu	Sızıntı Süresi
Trafik Ve Yol Durumu	Pompa Enerji Maliyeti	Şebeke Toplam Uzunluğu
Yer Altı Su Seviyesi	Pompaların Çalışma Zamanı	Zeminin Kil Ve Çakıl %
İşletme Basıncı	Yeni Depoların Maliyeti	Maliyetin bugünkü değeri
Toplam Su Talebi m <sup>3</sup> /gün	Depo Su Seviyesi Salınımı	Boruların Yaş Oranı
Borulardaki Sızıntı Miktarı	Pürüzlülüğü arttıran sebepler	Basınç Ölçüm Noktaları
Zemindeki Nem İçeriği	Akış Hızı	Boru Son Kullanım Yılı
Borulardaki Suyun Kalitesi	Toplam servis boru uzunluğu	İşçilik Kalitesi
Servis Borularının Ağırlıklı Ort.	Toprak Sıcaklığı-don derinliği	Rehabilitasyon Maliyeti
Önemli Yapılar (Hastane, Kamu)	Sistem min. depolama miktarı	Şebekede Paralel Borular
Hizmet Alanı, Araç Sayısı,	Su Temininin Süresi	Değiştirilmiş Borular
Pompa ve hidroelektrik Durumu	Tasarımdaki Pürüzlülük	Pürüzlülük Artış Oranı
Boruların yaşlanmanın etkisi	Su Kesinti Saatleri	Arıza Tahmini
Su Talebinde Yıllık Artış Oranı	Düzensiz akışın görüldüğü aylar	Ortalama Nüfus Artışı %
Basınç Kaybı, Yük Kaybı	Aylık Kaybolan Su Maliyeti	Hidrolik Eğimin Hesabı
Abone Sayısı	Boru Eğimi	Minimum Hız
Pompa Sayısı	Depolar arası akış ve transfer	Yapım Maliyetleri
İşletme Ve Bakım Çalışmaları	Vana sayısı ve yeri	Yıllık Bileşik Faiz Oranı
Su Fiyatlarındaki Artış Oranı	Konut Yoğunluğu	Tasarım Maliyetleri
Başlangıç Kurulum Maliyetleri	Boruların tasarım Ömrü	Maks. Hidrolik Eğim

### 3. Çalışma Kapsamında Belirlenen Değişkenler ve Şebekeye Etkileri

Şebekedeki arızalar, önemli sağlık ve sosyo-ekonomik etkiler oluşturmakta ve kamu güvenini olumsuz yönde etkilemektedir. Arıza tahmini için değişkenlerin ana faktörler altında belirlenmesi daha doğru ve gerçekçi arıza tahminleri sağlamaktadır. Fazla sayıda değişkenin kurulacak modelde kullanılması, problemin karmaşıklığını arttıracak, verilerin toplanmasında güçlükten dolayı uygulanabilirliğini güçleştirecektir. Bu nedenle bu sistemin mevcut performansını belirlemek ve karar modeli kurmak için Çizelge 'de verilen değişkenler incelenmiş ve dört kriter göz önüne alınarak (uygulanabilirlik, anlaşılabilirlik, ölçülebilirlik, karşılaştırılabilirlik) değerlendirilmiştir (Gül, 2018). Uygulanabilirlik: Fiziksel, çevresel ve işletme parametrelerin ilişkisini kapsar. Anlaşılabilirlik: Değişkenlerin ne kadarının anlaşılabilir olduğunun ve bu verilerin ana kategoriler başlığı altında yorumlanabilirliğini kapsar. Ölçülebilirlik: Değişkenlerin ne kadarının sıklıkla ölçülebilir olduğunu kapsar. Karşılaştırılabilirlik: Değişkenlerin ne kadarının kıyaslanabilirliğini kapsar. Bu değerlendirmeler sonucunda, 156'dan 28 faktöre düşürülmüş ve gruplandırılmıştır (Şekil 1).

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

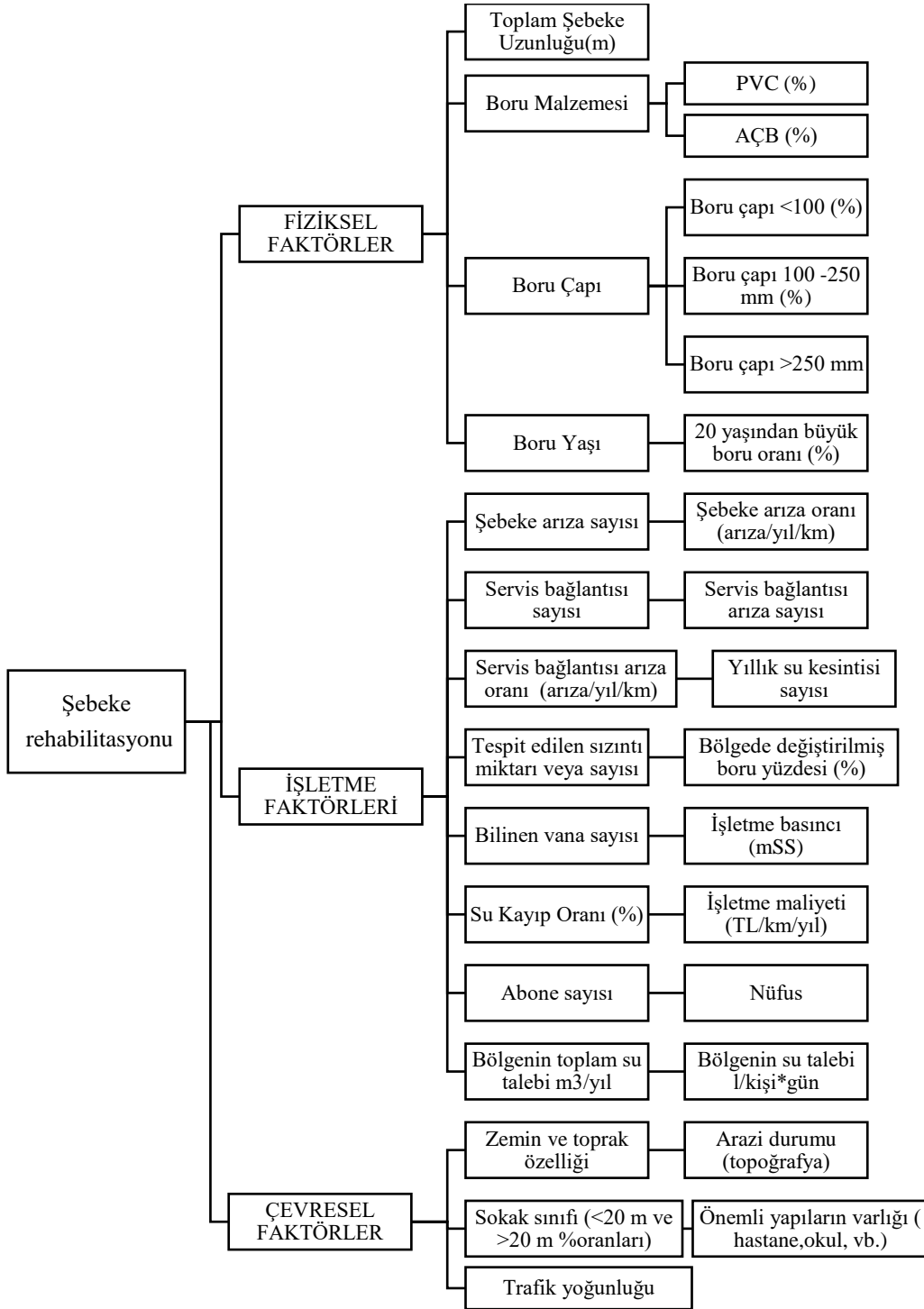
#### 3.1. Fiziksel Faktörler

**Toplam Şebeke Uzunluğu:** Şebeke uzunluğu arttıkça boru uzunluğuna bağlı olarak yük kayıpları artmaktadır. İller Bankası Yönetmeliğine göre şebeke hesabı yapılırken, suyun en kısa yoldan tüketiciye teminini sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. **Boru Çapı:** Boru içi akışlarda dirseklerde oluşan kayıplar, Reynolds sayısının bir fonksiyonudur; dolayısıyla akış hızı ve boru çapı parametreleri kayıp katsayısını doğrudan etkilemektedir. Boru çapının uygun seçilmemesi durumunda boruda oluşan basınç kaybını artırır ve tesisatın ömrünü kısaltır. **Boru Yaşı:** İçme suyu sistemi arızalarında en yüksek

risk faktörüdür. Eski borular, eski borularda meydana gelen kırıklar, arızalar sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Eski borularda arıza meydana gelme olasılığı yeni imal edilmiş borulara göre çok daha yüksektir. Bu sebepten ötürü yapılan çalışma kapsamında 10 yaşından genç borular, 10-20 yaş arasındaki borular ve 20 yaşından daha büyük borular incelenmiştir. *20 Yaşından Büyük Boruların Oranı*: boruların etkili rehabilitasyonunu sağlamak için sistemde kullanım ömrü dolan eski boruların tespit edilmesi gerekmektedir. *Boru Malzemesi*: malzemenin uygun seçilmesi sistemin performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Borunun ekonomik olmasının yanında uzun ömürlü kullanım, dayanıklılık, bakım, onarım ve montaj kolaylığı gibi özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir.

### 3.2 Çevresel Faktörler

*Zemin ve Toprak Özelliği*: Boruların inşaatı esnasında zemin hareketinin ve toprak cinsinin belirlenmesi iyi bir işçilik ve yatak koşullarıyla borular üzerinde iç ve dış koruma sağlamak açısından önemlidir. *Trafik Yoğunluğu*: Boru üzerinde meydana gelebilecek hasarlarda etkili olan bir parametredir. Boru çatlakları ve ezilmeleri, alt yapı sistem arızalarını önemli ölçüde etkilemektedir. *Önemli Yapıların Varlığı (hastane, okul vb.)*: Su tüketimlerini etkileyen parametrelerden biridir. Bir bölgede bulunan hastaneler, okullar, alışveriş merkezleri vb. su tüketim oranını büyük ölçüde arttırmaktadır. *Sokak Sınıfı (>20 M, <20 M)*: Bir bölgede bulun sokakların, caddelerin genişliği çalışma koşulları açısından önemlidir. Dar sokaklarda yapılan boru imalatlarının işçilik ve maliyet üzerinde etkisi vardır. *Arazi Durumu (Topoğrafya)*: Boru montajına, hendek kazısına ve dolgu malzemesinin sıkıştırılması gibi imalat işlerinde gerekli özen gösterilmezse boru hattında patlamalar yaşanır. Bu sebeplerden ötürü çalışılan bölgelerin arazi yapısı bilinmelidir.



Şekil 1. Fiziksel, Çevresel ve İşletme Faktörleri

### 3.3 İşletme Faktörleri

**Şebeke Arıza Sayısı ve Arıza Oranı:** Su dağıtım şebekelerinin bozulması dağıtım sisteminin yapısal ve hidrolik kapasitesinin azalmasına neden olur. Boruların kırılması, çatlaması, su akışının kesilmesi gibi arızaya sebep olan etkenler bir sistemi verimsiz hale getirmektedir. Şebekede meydana gelen arızaların tespiti rehabilitasyon çalışmalarında öncelik oluşturan bir parametredir. **Servis Bağlantısı Sayısı:** dağıtım sistemlerinde, abonelere suyun iletilmesi için yapılan boru bağlantılarını ifade etmektedir. Servis bağlantılarında şebekede bulunan boru cinsine uygun olan bağlantı yapılmaktadır. Servis bağlantıları yapılırken şebeke basınç katlarına, malzeme maliyetine, işçilik kalitesine, abone bağlantısının yapılacağı coğrafi şartlara, alt bölge sınırlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. **Servis Bağlantılarında Arıza Sayısı:** Şebekenin yapısal esnekliğini, güvenilirliğini sağlamak için servis



bağlantıların belirlenmesi uygun bir bakım onarım çalışması yapılabilmesi için servis bağlantılarındaki arızaların tespit edilmesi gerekir. *Yıllık Su Kesintisi Sayısı*: Suyun tüketiciye kaliteli ve verimli bir şekilde ulaştırılması gerekmektedir. Hizmet aksaklığını belirlemek ve etkisini saptamak amacıyla bir bölgedeki su kesintilerinin oranı ve sayısının bilinmesi gerekmektedir.

*Tespit Edilen Sızıntı Miktarı*: Su dağıtım şebekelerinde, borulardaki çatlaklardan ötürü büyük oranda su kaybı yaşanmaktadır. Bu arızaların en kısa sürede tespit edilip onarılması, meydana gelen su kaybının önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Su şebekelerinde sızıntı olması durumunda, su basıncının değişmesi, alt yapıda seslerin oluşması, toprak ısısının değişimi gözlenir. *Bölgede Değiştirilmiş Boru Uzunluk Yüzdesi*: Uygun boru kesitlerinde bakım onarım çalışması yapılması için önceden rehabilitasyonu yapılan boruların tespit edilmesi gerekmektedir. *Bilinen Vana Sayısı*: Vanalar sistemin arıza durumlarında boşaltılmasına yardımcı olan şebekenin emniyetli çalışmasını sağlayan elemanlardan biridir. İçme suyu dağıtım sistemlerinde, alt ölçüm bölgelerini ayırmak, işletme sırasında bakım ve onarım amaçlı bölgesel tecrit oluşturmak amacıyla uygun noktalarda vanalar teşkil edilmektedir. *İşletme Basıncı*: Boru içinde meydana gelen basınç dalgalanmaları, vakumlama etkisiyle meydana gelen basınç değişimleri, boru hasarlarına neden olur. Dağıtım sistemindeki kayıplar genellikle sızıntı esaslı olup borulardaki aşırı şebeke basıncı da sistemi olumsuz etkilemektedir. Şebekenin topoğrafik durumu göz önüne alınarak maksimum statik basınç değeri ise 60-65 m olacak şekilde şebeke basınç zonları oluşturulur. *Su Kayıp Oranı (%)*: Su kayıpları borulardaki su sızıntılarından, kaçak bağlantılardan ve hatalı su sayaçlarından kaynaklanmaktadır. Su kayıpları borulardaki çatlaklardan, vanaların bağlantı yerlerinden ve binalardaki musluk sızıntılarından oluşmaktadır. Su sızıntıları ve kaçaklarının belirlenmesi su kayıp oranını önemli ölçüde azaltmaktadır.

*İşletme Maliyeti*: Rehabilitasyon için ayrılan bütçe düşükse bir fon yaratmak ve rehabilitasyon önceliği belirlemek gerekir. Bütçe ve kaynakların sınırlı olması sebebiyle, arıza önceliğine göre rehabilite çalışmaları yapılır. Sistemde meydana gelen hasarlar ise maliyetleri ciddi oranda arttırmaktadır. Boru imalatı maliyeti; borunun döşenmesi, boru ek parçaların döşenmesi, boru basınç testleri ile boru bedelinden oluşmaktadır. *Abone Sayısı ve Nüfus*: Su tasarruf yönetimi yapabilmek için bölgedeki tüketicilerin bilinmesi gerekmektedir. *Bölgenin Toplam Su Talebi*: Su talebi, belirli bir zaman periyodu içinde belli bir nüfusun ihtiyaç duyduğu su miktarını ifade eder. Su talebi, su üretimi ile eşdeğer bir kavramdır ve olası su kayıp miktarını da içermektedir. Artan su talebine karşılık sistem kapasitesini genişletmek için bölgedeki su talebinin tespit edilmesi gereklidir.

### **Teşekkür**

Bu çalışma, Şeymanur GÜL tarafından 2018 yılında tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2017-583 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

### **Kaynaklar**

- Fares, H.A. (2008). Evaluating the Risk of Water Main Failure Using a Hierarchical Fuzzy Expert System. *Masters thesis, Concordia University*. 1–11.
- Gül, Ş. (2018). İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Rehabilitasyon İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kabir, G. (2015). Evaluating risk of water mains failure using a Bayesian belief network model. *European Journal of Operational Research*, 240, 220–234.
- Tagherout, W. Ben, Bennis, S., Bengassem, J. (2011). A Fuzzy Expert System for Prioritizing Rehabilitation of Sewer Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 26, 146–152.
- Tabesh, M., Saber, H. (2012). A Prioritization Model for Rehabilitation of Water Distribution Networks Using GIS. *Water Resources Management*, 26, 225–241.

**RADYAL KAPAKLI AÇIK KANALLARDA DEBİ KATSAYISININ ARAŞTIRILMASI**  
**INVESTIGATION OF DISCHARGE COEFFICIENT IN OPEN CHANNEL WITH RADIAL GATE****Bilal BEYHAN**

İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Ö. Faruk DURSUN**

İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Açık kanallarda kapak altı akışların modellenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Düz veya radyal bir kapak altından geçen akımın debi katsayısını artırmak kanal içi tesislerin boyutlarını etkilemektedir. Kapak boyutlarının ve maliyetinin düşürülmesi hidrolik mühendislerinin araştırma alanıdır. Araştırmacılar bu doğrultuda farklı kapak tipleri için farklı eşik kullanımlarını incelemektedir. Bu çalışmada, radyal kapaklı bir açık kanalda serbest akış durumunda farklı eşiklerin debi deşarj katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Eşiksiz, dikdörtgen eşikli ve sabit bağlama hidrolik profiline sahip eşikli durumları için deneyler yapılmıştır. Bu kapsamda 38.5 cm genişliğindeki açık kanalda 9 farklı debi değeri kullanılmıştır. Yapılan deneylerde eşik yüksekliği ve eşik geometrisinin debi katsayısı üzerindeki değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiklerle karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Debi Katsayısı, Radyal Kapak, Açık Kanal, Eşik**ABSTRACT**

Numerous studies have been conducted to model under gate flows in open channels. Increasing the discharge coefficient of the flow under a flat or radial gate affects the dimensions of the in-duct facilities. Reducing gate dimensions and costs is the field of research for hydraulic engineers. Researchers investigate the use of different sills for different gate types. In this study, the effect of the sills on the flow discharge coefficient of the radial gates in the case of free flow was investigated. Experiments were performed for the no sill, rectangular sill and spillway sill states. In this context, 9 different discharges were used in the 38.5 cm wide open channel. In the experiments, changes of discharge coefficient depending on the sill height and the sill geometry were examined. The results were compared with the graphs and interpreted.

**Keywords:** Discharge Coefficient, Radial Gate, Open Channel, Sill**1.GİRİŞ**

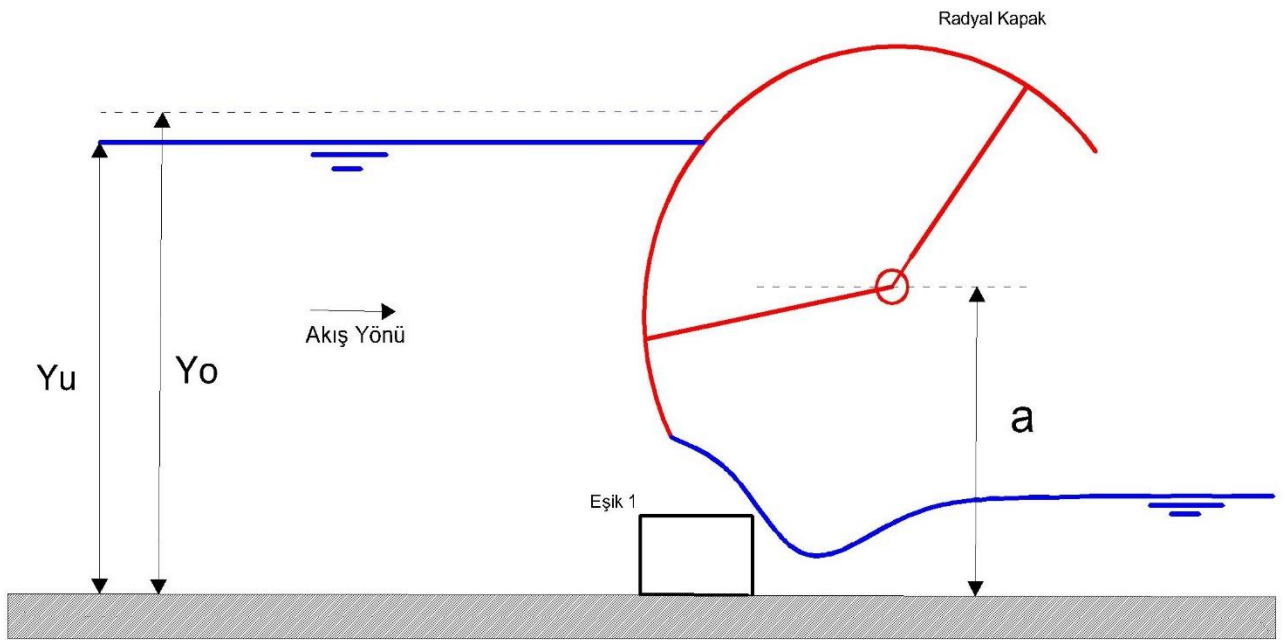
Açık kanallarda debi katsayısı genellikle kapaklarla kontrol edilir. Kapak altında oluşan akımlar, kapak açıklığına ve kapağın mansabındaki su derinliğinin ölçüsüne göre serbest veya batmış akım tipinde olabilir. Eşikler, kapakların yüksekliğini azaltır ve sonuç olarak kapağın üzerine etki eden basınç kuvvetlerini, kapağın ağırlığını, çalışma kuvvetini ve maliyetini azaltmış olur. Eşikler ayrıca, enerjinin kapakların altındaki dağılımında da etkilidir.

Eşiklerin, kapak altındaki serbest ve batmış akış özellikleri üzerindeki etkisi ile ilgili çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Salem (1990), radyal kapaklı açık kanalda üstü düz ve eğri olan farklı yükseklikteki eşikleri farklı akış koşullarında incelemiştir. Üstü eğri olan eşiğin debi katsayısını arttırdığını bulmuştur. Negm vd. (1993), eşik kret şeklinin serbest akış koşulları altında hidrolik sıçrama uzunluğu ve debi katsayısı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Saad (2007) serbest akış koşullarında düz kapakta dairesel eşiklerin debi katsayısı üzerindeki etkisini incelemiştir. Debi katsayısı değerini etkileyen ana faktörün eşiğin geometrik şekli olduğu ifade etmiştir. Salama (1987), farklı mansap eğimli üç farklı modeldeki eşikleri incelemiştir. Eşikli durumun eşiksiz duruma göre debi katsayısını arttırdığı tespit etmiştir. Negm, vd. (2001), düz kapaklı açık kanalda eşikleri incelemiştir. Deneysel çalışmalarını 10 cm genişliğinde ve 31 cm derinliğinde ve 3 metre uzunluğunda bir kanalda gerçekleştirmişlerdir. Kapak altındaki eşik varlığının debi katsayısı üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip olduğunu ve debi katsayılarındaki gözlenen değişikliklerin Froude sayısına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışma, serbest akış koşullarında radyal kapaklı açık kanalda yapılmıştır. Farklı eşik geometrileri ve eşik yükseklikleri kullanılmıştır. Eşiksiz durum için de deneyler yapılmış olup, eşikler hem kendi arasında kıyaslanmış hem de eşiksiz duruma göre karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Deneyler, İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği hidrolik laboratuvarında bulunan 38.5 cm genişliğindeki 60 cm yüksekliğinde ve 13 m uzunluğundaki açık kanalda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 62.5 cm çaplı radyal kapak kullanılmıştır. Farklı çeşitte iki adet eşik kullanılmıştır. Kapak açıklığı 2.5 cm dir. Eşik konumu kapak kapandığında eşik ortasına gelecek şekilde belirlenmiştir. Aynı zamanda eşiksiz olarak da deney yapılmıştır.



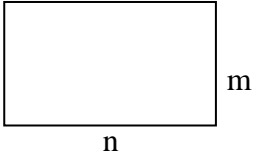
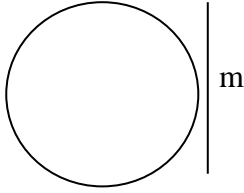
Şekil 1. Radyal Kapaklı Açık Kanal ve Eşik Konumunun Gösterimi

Çalışmanın yapıldığı yer şekilde gösterilmiş olup a, kanal tabanından kapağın eksenine olan yüksekliktir. Eşik şekilde görüldüğü üzere kapağın altına yerleştirilmiştir. Yu, memba derinliği Yo, membadaki enerji yüksekliğidir.(Şekil 1.)

### 2.1. Kullanılan Eşikler

Kullanılan eşik türleri ve boyutları sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kullanılan Eşik Çeşitleri

Eşik Adı	Eşik Şekli	Açıklamalar
Eşik 1		Eşik dikdörtgen şeklinde olup farklı yüksekliklerde 5 adet kullanılmıştır. n=2m eşitliği kullanılmıştır.
Eşik 2		Eşik daire şeklinde olup farklı yükseklikte beş adet kullanılmıştır.

**Tablo 2.** Kullanılan Eşik Boyutları

Eşik Adı	Kapak Açıklığı (cm)	Değerler (cm)	Deney Sayısı
Eşik 1	2.5	m*=3, 5, 7, 9, 11	45
		n**=6, 10, 14, 18, 22	
Eşik 2	2.5	m=3, 5, 7, 9, 11	45

Deney sonuçlarında grafik oluşturulurken debi katsayısı ( $C_d$ ),  $(Yu-m)/G$  boyutsuz parametreler ile karşılaştırılmıştır. Yu; membadaki su yüksekliği m; eşik yüksekliğidir.

Çoğu çalışmada, radyal kapağın serbest akıştaki debi katsayısını ( $C_d$ ), radyal kapağın akış ve geometrik özelliklerinin bir fonksiyonu olduğu gösterilmiştir. Akış özellikleri, memba su derinliği ve geometrik özelliklerini, kapağın yarıçapı, kapağın ekseninin kanalın tabanından yüksekliği ve radyal kapağın açılmasını içerir. Bu etkileyen parametreleri denklem olarak yazabiliriz.

$$F_1(Yu, G, a, R, m, n, b, \mu, \rho, Q, g, v_1) = 0 \quad (1)$$

Burada; Yu memba suyu derinliğini; G, kapak açıklığını; a, kapak ekseninin yüksekliğini; R kapak yarıçapını; m eşik yüksekliğini; n eşik uzunluğunu; b, kanalın genişliğini;  $\mu$  suyun viskozitesini temsil eder.  $\rho$  su yoğunluğu; Q debi; g yerçekimi ivmesi ve  $v_1$  kanaldaki ortalama hızdır.

$$v_1 = \frac{Q}{b \cdot h} \quad (2)$$

Buckingham teoremine göre ve  $\rho$ ,  $v_1$  ve G'yi bağımsız değişkenler olarak kabul ederek, aşağıdaki sekiz boyutsuz grup elde edilir:

$$F_2\left(\frac{Yu-m}{G}, \frac{G}{R}, \frac{m}{m'}, \frac{n}{G}, \frac{a}{G}, \frac{b}{G}, \frac{Q}{bG\sqrt{2g(Yu-m)}}, \frac{\rho Q}{b\mu}\right) = 0 \quad (3)$$

(3). denklemi kısaltarak yazarsak:

$$F_3\left(\frac{Y_u-m}{G}, \frac{G}{R}, \frac{n}{m}, \frac{a}{G}, \frac{b}{G}, F_r, R_e\right) = 0 \quad (4)$$

a/G'yi b/G'ye bölerek a/b oranı üretilir ve bu çalışmada hem a hem de b sabit parametreler olduğu için diğer parametreler için kullanılırlar.

Denklem (4) deki  $F_r = \frac{Q}{bG\sqrt{2g(Y_u-m)}}$  kapak açıklığının altındaki Froude sayısıdır. Bu durumda,  $Fr = C_d$  ve

$C_d$  debi katsayısı olarak bilinir.

Denklem (4) deki,  $Re$ , Reynolds sayısına eşittir ve viskoz etkileri ihmal edilerek, Denk. (4) aşağıdaki şekilde basitleştirilir:

$$C_d = \left(\frac{Y_u-m}{G}, \frac{G}{R}, \frac{n}{m}\right) \quad (5)$$

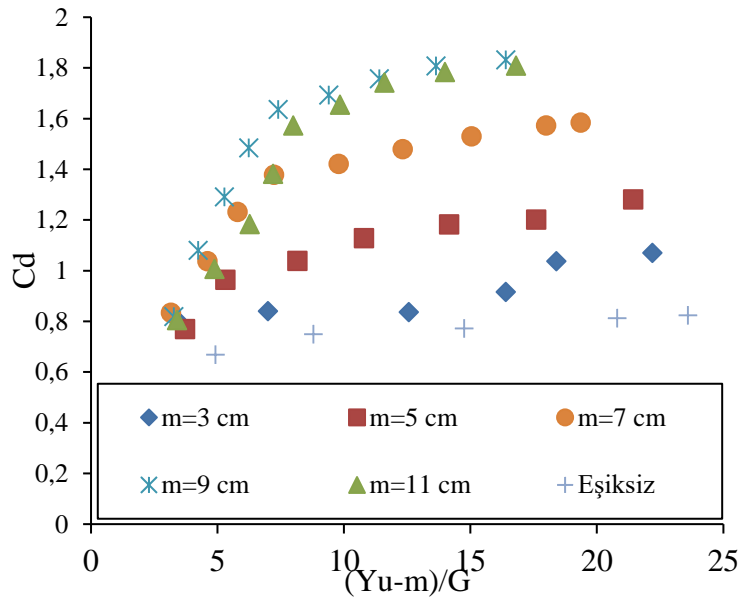
Debi katsayısı değerlendirilirken şu formül kullanılmıştır.

$$C_d = \frac{Q}{bG\sqrt{2g(Y_u-m)}} \quad (6)$$

### 3. ELDE EDİLEN BULGULAR

Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre grafikler oluşturulmuştur. Grafik oluştururken debi katsayısı ile boyutsuz parametreler karşılaştırılmıştır. Bu durumda debi katsayısı belli bir değere kadar artmaya devam etmiş pik değere ulaştıktan sonra azalmaya başlamıştır.

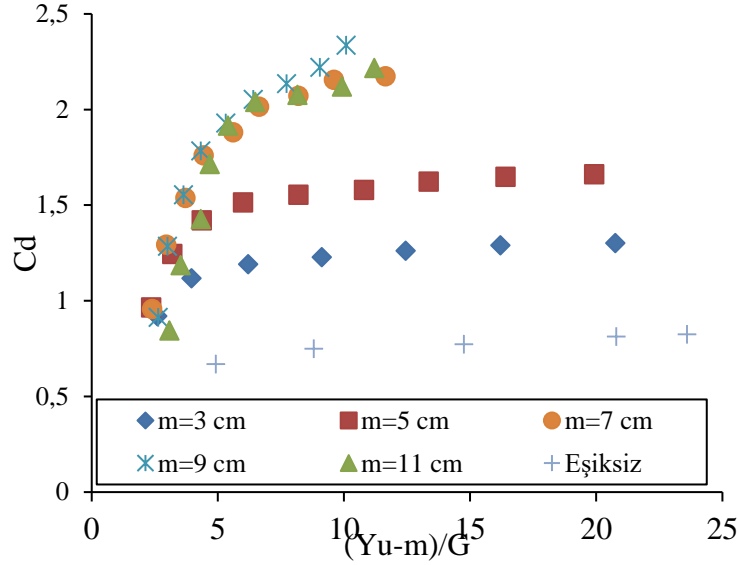
Eşik 1 farklı yüksekliklerde incelenmiş ve 11 cm değeri itibariyle debi katsayısının azaldığı görülmüştür. 11 cm yüksekliğe karşılık gelen değerlere bakıldığında  $C_d$  değerinin 9 cm yükseklikteki değere göre azaldığı görülmektedir. (Şekil 2.)



Şekil 2. Eşik 1 in Farklı Yüksekliklerde İncelenmesi

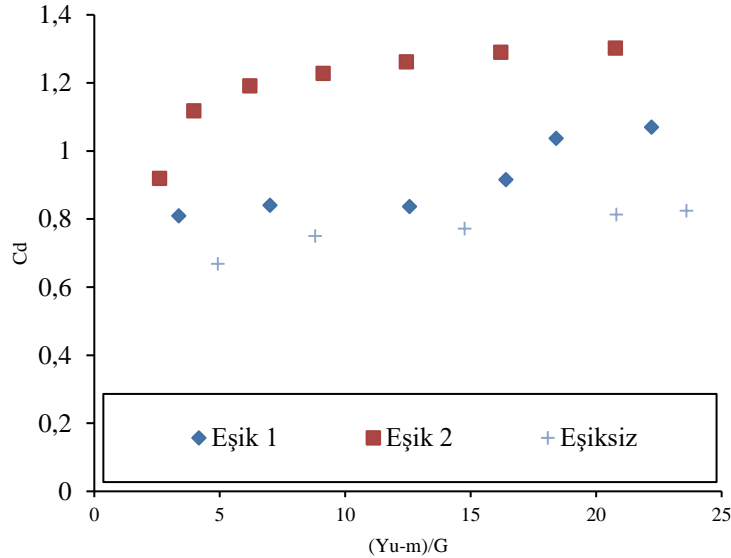
Eşik 2 farklı yüksekliklerde incelenmiş belli bir değere kadar debi katsayısının arttığı belli değerden sonra azalmaya başladığı görülmüştür. 11 cm yükseklik değeri ile debi katsayısı ( $C_d$ ) 9 cm deki değerlere göre aşağıda kalmıştır. Ayrıca  $(Y_u-m)/G$  nin ilk değerlerine karşılık gelen  $C_d$  değerlerine bakıldığında  $m=7$  cm e göre daha alt değerde olduğu görülürken  $(Y_u-m)/G$  nin belli bir değerinden itibaren  $m=7$  cm e göre daha üst  $C_d$  değerinde olduğu görülmektedir. Debi katsayısının eşikli durumda eşiksiz duruma göre çok daha iyi olduğu görülmüştür.  $m$  değerinin artmasıyla  $C_d$  deki artışın daha keskin ve dik olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 3.)





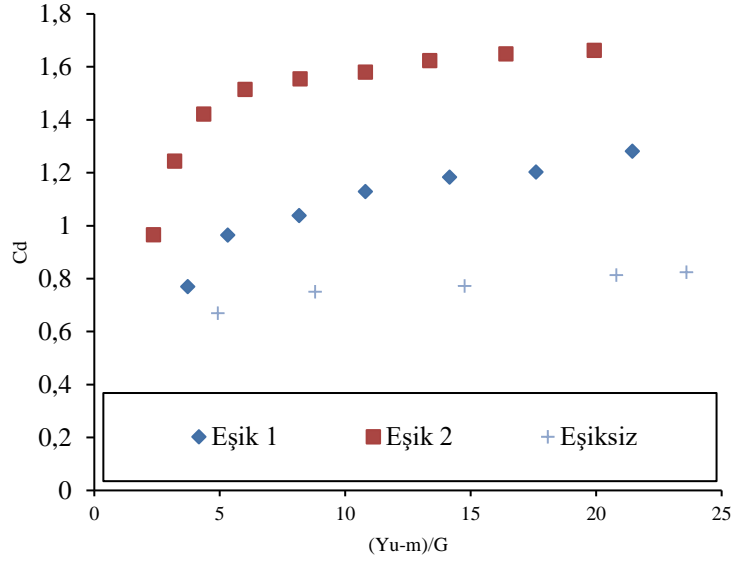
Şekil 3. Eşik 2 nin Farklı Yüksekliklerde Cd Üzerindeki Etkisi

Daha sonra Eşik 1, Eşik 2 ve Eşiksiz durumdaki debi katsayıları için her bir eşik yüksekliği değerinde ayrı ayrı kıyaslama yapılmıştır. 3 cm için değerler incelendiğinde Eşik 2 nin debi katsayısı performansının Eşik 1 e göre daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki eşik eşiksiz duruma göre daha iyi olduğu değerlendirilmektedir. Şekile baktığımızda Eşik 2 nin Eşik 1 e göre debi katsayısında düzenli bir artış olduğu görülmektedir. Eşik 2,  $(Y_u - m)/G$  nin belli bir değerinden sonra  $C_d$  üzerindeki artışının daha stabil olduğu tespit edilmektedir.(Şekil 4.)



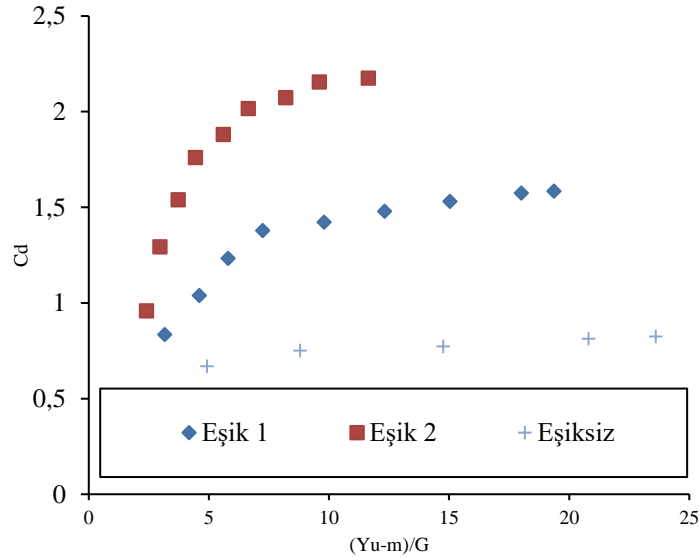
Şekil 4. 3 cm Eşik Yüksekliği İçin Cd Değerleri

5 cm eşik yüksekliği için değerler incelendiğinde her iki eşik için bir önceki yükseklik değerine göre debi katsayılarında artış olduğu görülmektedir. Eşik 2 nin Eşik 1 e göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir. Şekil 5 deki  $C_d$  artışının bir önceki grafiğe göre daha düzenli bir artış olduğu tespit edilir.  $(Y_u - m)/G$  nin yaklaşık 5 olduğu değerden sonra  $C_d$  nin her iki eşik çeşidi için artışının önceki duruma göre daha yatay hal aldığı görülür.(Şekil 5.)

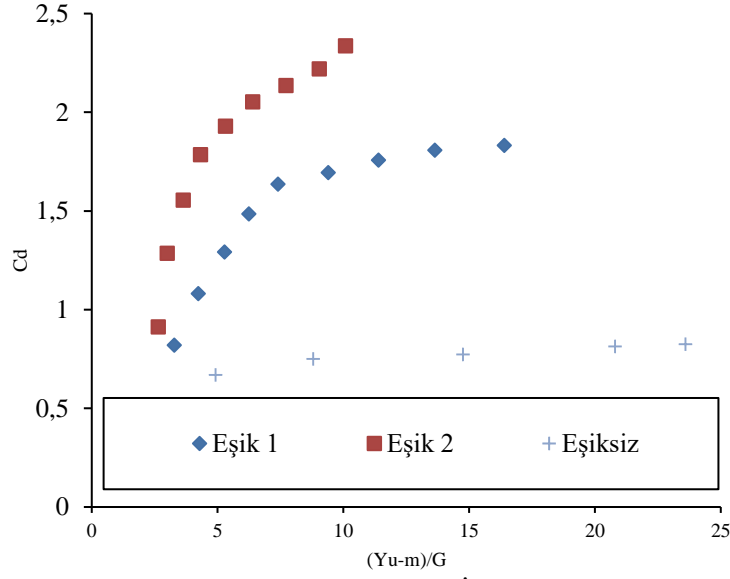


Şekil 5. 5 cm Eşik Yüksekliği İçin  $C_d$  Değerleri

7 cm ve 9 cm eşik yükseklikleri için inceleme yapıldığında grafiklerin bir önceki yüksekliklere daha dikey bir konuma gelip sonra tekrar yataya doğru gittiği görülmektedir. Eşik 2, Eşik 1 e göre daha iyi durumda olup eşiksiz duruma göre her iki eşik de iyi durumdadır. Şekil 7. daki Eşik 2 nin Eşik 1 e olan  $C_d$  değerleri farkı Şekil 6. e göre daha fazladır. Şekil 7. da eşikler arası  $C_d$  katsayısı farkının Şekil 6. e göre azaldığı görülmektedir. (Şekil 6. ve Şekil 7.)

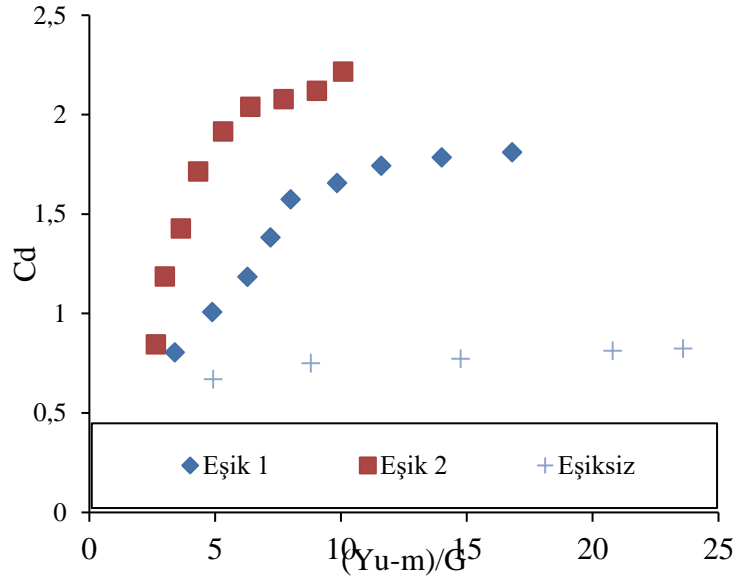


Şekil 6. 7 cm Eşik Yüksekliği İçin  $C_d$  Değerleri



Şekil 7. 9 cm Eşik Yüksekliği İçin  $C_d$  Değerleri

Eşik 1 ve Eşik 2 için  $C_d$  katsayısı  $(Y_u - m)/G$  değerlerine karşılık olarak artış durumundadır. Ancak eşikler son olarak 11 cm değerinden önce pik değere ulaşmışlar ve debi katsayısı bir önceki grafiğe göre azalmış durumdadır. Eşikli durum için  $C_d$  katsayısı eşiksiz duruma göre daha avantajlı durumdadır. (Şekil 8.)



Şekil 8. 11 cm Eşik Yüksekliği İçin  $C_d$  Değerleri

#### 4.SONUÇLAR

Her bir eşik kendi arasında farklı yükseklikleri için ayrı ayrı  $C_d$  katsayısı kıyaslanmıştır. Eşik yüksekliğinin 11 cm olduğu değerde bir önceki eşik yüksekliği değerine göre her iki eşik için debi katsayısının azalmış durumda olduğu görülmüştür. Bu duruma göre eşik yüksekliğinin 9 cm olduğu değerden sonra  $C_d$  değeri pik noktaya ulaşmıştır. Ayrıca her bir yükseklik değeri için eşikler ve eşiksiz durumdaki debi katsayısı değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde eşikli durumlardaki debi katsayısı değerlerinin eşiksiz duruma göre daha iyi olduğu görülmektedir. Eşikler iki farklı geometrik şekilde üretilmiştir. Eşik 2 geometrisinin  $C_d$  performansının Eşik 1 e göre daha önde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmayla eşik kullanımının ve eşik geometrisinin debi katsayısı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Eşik yüksekliği ve çeşidi kıyaslandığında eşik çeşidi olarak Eşik 2 nin ve eşik yüksekliği olarak 9 cm değerinin ideal olduğu saptanmıştır.

**5.KAYNAKLAR**

Saad, Y. (2007). "Effect of circular-crested sill shapes under sluice gate on supercritical free flow characteristics." Ain Shams University, Engineering Bulletin, Vol. 42, No. 4, pp, 161-173.

Salama, M. (1987). "Flow below sluice gate with sill." Journal of Egyptian Society of Engineers, Vol. 26, No. 4, pp, 31-36.

Negm, A. M., Abdel-Aal, G. M., and Salem, M. N. (2001). "Characteristics of submerged flow below gate with sill in non-prismatic channel. "6th International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt.

Negm A.M. (1994). Optimum Relative Height of the Optimal Under-Gate Sill for Supercritical Submerged Flow below Sluice gates. 19th International Conference for Statistic, Computer Science, Scientific and Social Applications, 9- 14 April, Engineering Science, Cairo, Egypt. 1: 39-49.

Negm A. M. and El-Saiad A. A. (1993). Subcritical Submerged Flow Characteristics Beneath Silled Sluice Gates. Proc. of AEIC-93, December 18-21, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Naser City, Cairo, Egypt. 4: 298-309.

Salem M.N. 1990. Study of the hydraulic properties of segmental gates of low head irrigation structures. Unpublished M.Sc. Thesis, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo, Egypt.

**BUHAR KÜRÜ UYGULANAN ÇELİK LİFLİ BETONUNEĞİLME VE BASINÇ  
DAYANIMININ İNCELENMESİ**  
INVESTIGATION OF COMPRESSIVE STRENGTH AND FLEXURAL STRENGTH OF STEEL  
FIBER REINFORCED CONCRETE IN STEAM CURE

**Harun TANYILDIZI**

Prof. Dr., Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Ahmet COŞKUN**

Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Elazığ Organize Sanayi Bölgesi MYO İnşaat Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)

**Gülşen GÜLER**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Teknolojileri  
Anabilim Dalı

**ÖZET**

Bu çalışmada buhar kürünün, çelik lifli betonuneğilmeye çekme ve basınç dayanımlarına etkisi araştırılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında boyu 30 mm olan çelik lif, %0, %2.5 ve % 5 oranında kullanılmıştır. Agrega maksimum tane çapı (d<sub>max</sub>) 22 mm olan dere agregası ve kimyasal katkı olarak da priz hızlandırıcı kullanılmıştır. Çekme dayanımı deneyleri için 100x100x500 mm prizmatik, basınç dayanımı deneyleri için 150x150x150 mm boyutlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Numuneler, 8 saat, 60±5°C' deki buhar kürüne maruz bırakıldıktan sonra çekme ve basınç dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur. En yüksek eğilmeye çekme dayanımı değerleri, % 5 lif katkılı numunelerden elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Lif, Beton, Buhar Kürü, Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı.

**ABSTRACT**

In this study, the effect of steam curing on flexural and compressive strength of steel fiber concrete was investigated. Steel fiber with a length of 30 mm was used in the preparation of the samples at %0, %2.5 and % 5. The aggregate has a maximum grain diameter (d<sub>max</sub>) of 22 mm and aggregate accelerator is used as chemical additive. 100x100x500 mm prismatic samples for flexural strength tests and 150x150x150 mm cube samples were prepared for compressive strength tests. Samples were subjected to flexural and compressive strength tests after 8 hours of steam curing at 60±5 °C. The highest flexural strength values were obtained from samples with % 5 fiber added.

**Keywords:** Steel fiber, Steamcuring, Compressivestrength, Flexuralstrength.

**1.GİRİŞ**

Beton; agregası, su ve çimento gibi temel bileşenler kullanılarak elde edilen kompozit bir malzemedir. Betonun çekme dayanımı ve çekme birim deformasyon kapasitesi çok düşük olmaktadır. Betonun bu zayıf özelliklerini iyileştirmek amacıyla betonun çekme dayanımını arttırmak için çeşitli lifler kullanılmaktadır ve bu tür betonlara lifli beton denilmektedir. Betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerini mineral ve kimyasal katkılar ile iyileştirilmesinin yanı sıra birçok lif de kullanılmaktadır. Lifler, betonun özelliklerini değiştirerek iyileştirmek amacıyla, taze beton içerisine çeşitli yöntemlerle değişik oranlarda katılan polipropilen, cam, plastik ve çelik gibi değişik malzemelerden, farklı tip, özellik ve boyutlarda üretilebilmektedirler. Lifleri tanımlayabilecek en önemli öge, lifin sahip olduğu mekanik özellikler ile onun sayısal bir parametre gibi ifade edilmesini sağlayan biçimsel özellikleridir. Lif tipi, uzunluğu, çapı, geometrik yapısı ve lifin çekme gerilme dayanımı önemli özelliklerindedir. Lifli betonlarda beton bileşimine giren parametreler içerisinde beton özelliklerini önemli ölçüde etkileyen faktörler narinlik oranı (lif boyu/lif çapı) ve lif miktarıdır. Ayrıca katılan liflerin karışımında homojen olarak dağılması ve karışımdan sonra bu dağılımın korunmasının sağlanması da liflerin betonun özellikleri üzerinde yapacağı iyileştirmeyi doğrudan etkileyebilmektedir.

Beton içerisindeki çelik lifi, betonun yapısını değiştiren ve ona plastik davranış özelliği kazandıran bir malzeme olarak nitelendirebiliriz. Çelik lifli betonun özelliği, onun artırılmış plastik davranışı ve enerji



yutma yeteneğidir. Genellikle beton karışımlarında kullanılan çelik liflerin narinlik oranı 50 ile 100 arasında değişmektedir [1-10].

Bu çalışmada farklı oranlarda çelik lif kullanılarak elde edilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çelik lifli beton karışımlarında su/çimento oranı sabit tutulmuş ve priz hızlandırıcılı akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Üretilen lifli betonlara buhar kürü uygulanarak basınç ve dört noktalı eğilmede çekme deneyi gibi sertleşmiş beton deneyleri yapılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA ve BULGULAR

### 2.1. Malzemeler

#### 2.1.1. Çimento

Çalışmada kullanılan çimento, Elazığ Çimento Fabrikasına ait CEM I 42.5 R olup, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Kullanılan çimentonun özellikleri

Kimyasal Bileşim (%)	Portland Çimentosu
S(SiO <sub>2</sub> )	21,12
A(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5,62
F(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,24
C(CaO)	62,94
MgO	2,73
SO <sub>3</sub>	2,30
Na <sub>2</sub> O	-
K <sub>2</sub> O	-
Cl	-
Kızdırma Kaybı	1,78
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	3,1
Özgül Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> /g)	3370
Priz Başlangıcı	167 dakika
Priz Sonu	213 dakika
Basınç Dayanımı (2. gün)	27,9 Mpa
Basınç Dayanımı (28. gün)	58,9 Mpa

#### 2.1.2. Agregalar

Üretilen betonlarda Elazığ’ın Palu, Kuyulu (I), Kuyulu (II) kumu ve taş tozu olmak üzere 4 tip agregalar kullanılmıştır. D<sub>max</sub>22 olarak belirlenmiştir. Beton bileşimlerinde agregalar granülometrisi sabit tutulmuştur. Agregaların elek analizi değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Agregaların elek analizi

Elekaçıklık ları (mm)	Palukumu (3-9mm)	Kuyulu I (7-14mm)	Kuyulu II (14-22mm)	Yıkılmamış Taş tozu (0-5mm)
0,063	0	0	0	12
0,125	0	1	0	16
0,25	0	20	0	23
0,5	0	78	0	34
1	0	92	0	47
2	0	95	0	67
4	1	97	0	97
8	37	100	0	100
16	100	100	53	100
31,5	100	100	100	100

#### 2.1.3. Katkı Maddesi

Lifli ve liffsiz betonların taze haldeki işlenebilirliğini artırmak için karışımlarda çimento ağırlığının % 1’i oranında CHRYSOXel AH-5 priz hızlandırıcılı süperakışkanlaştırıcı su kesme özelliği olmayan beton

katkı maddesi kullanılmıştır. Katkı, karışıma suyla karıştırılarak ilave edilmiştir. Katkının pH'ı 16.5 ve katı oranı da % 22'dir.

#### 2.1.4. Çelik Lifler

TS 10513 çelik lifleri A, B ve C olmak üzere üç sınıfa ayırmaktadır. A sınıfı teller, düz, pürüzsüz yüzeyli tellerdir. Bunlar normal yuvarlak kesitli telden kesilmiş parçalardır. B sınıfı teller, bütün uzunluğu boyunca çentiklenmiş, girinti ve çıkıntılara sahip tellerdir. C sınıfı teller uçları (bir ucu veya iki ucu) kıvrılmış tellerdir. Bu çalışmada üretilen betonlar için kullanılan teller C sınıfına ait tellerdir. Betonların donatılmasında kullanılan teller düşük karbonlu çelikten soğuk çekme işlemi ile üretilmektedir [11]. Çelik lifli karışımlarda kullanılan kemerix KMX 55/30 BL adlı çelik lifin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3' de, şekli ise şekil 1' de verilmiştir.

**Tablo 3.** Çelik lif özellikleri.

Boy (mm)	30
Çap (mm)	0,55
Narinlik (l/d)	55
Çekmedayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	1500
Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	7850
Elastisite Modülü (GPa)	210



**Şekil 1.** Kullanılan çelik tellerin şekli

#### 2.2. Numunelerin Hazırlanması

Lifsiz, % 2.5 ve % 5 çelik lif içeren toplam 3 seri beton numunesi hazırlanmıştır. Çelik lif miktarı, çimento miktarına göre belirlenmiştir. Karışımlarının hazırlanmasında ve yapılan deneylerde TS 10514, TS 10515, TS 1247, TS 3323 standartları dikkate alınmıştır [3, 12-15]. Tablo 4' de karışım oranları verilmiştir.

**Tablo 4.** Beton serilerinin karışım oranları

Beton Türü	Çimento	Su	Katkı	Lif Miktarı	Taş Tozu	Palu Kumu	Kuyulu I	Kuyulu II
Lifsiz	390	180	3,9	0	100	900	340	400
Çelik Lifli 1	390	180	3,9	10*	100	900	340	400
Çelik Lifli 2	390	180	3,9	20**	100	900	340	400

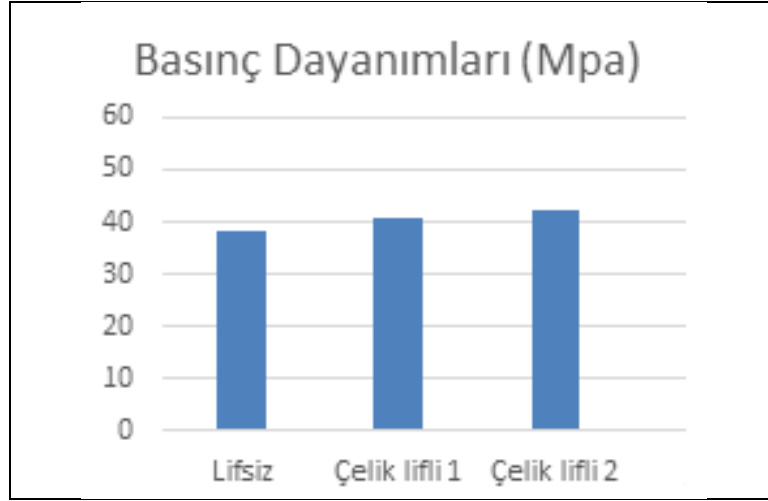
Not: Birimler Kg cinsindedir, \* %2.5 lif miktarı 9.75 kg dan 10 kg' a, \*\* % 5 lif miktarı 19.5 kg' dan 20 kg' a yuvarlanmıştır.

Malzemeler kuru halde karıştırıldıktan sonra, çelik liflerin homojen dağılması için lifler kuru karışıma yavaş yavaş eklendi. Daha sonra karışım suyunun yarısı ilave edildi, sonrasında katkı maddesi ilave edilen karışım suyunun geri kalan kısmı da eklenerek karışım hazırlandı. Hazırlanan taze beton 100x100x500 mm kiriş ve 150x150x150 mm küp numune kalıplarına yerleştirilmiştir.

Kalıba yerleştirilen betonun sıkıştırılmasında tabla tipi vibratör kullanılmış ve bu işlem 30±15sn'de yapılmıştır. Tüm beton numuneler; döküm işleminden 24 saat sonra kalıplarından çıkarılarak TS 3648'e uygun olarak 60±5 °C sıcaklıkta buhar küründe 8 saat küredilmiştir [16]. Kür süresinin sonunda numuneler kuru yüzey doygun hale geldikten sonra eğilme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur.

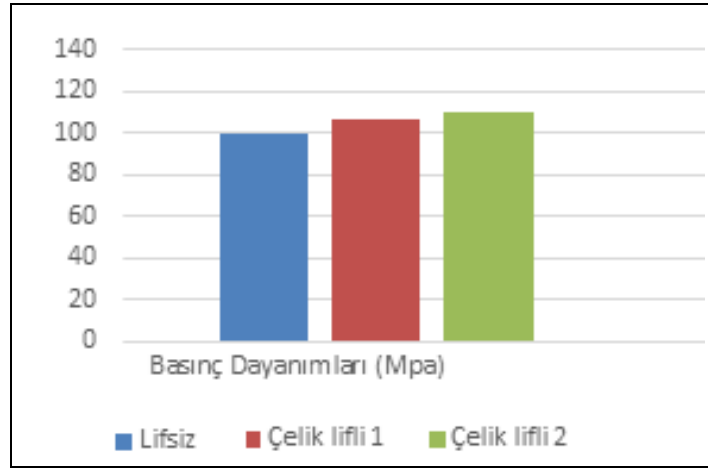
#### 2.3. Basınç Deneyi ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Basınç deneyleri 150x150x150 mm küp numuneler üzerinde 500 ton kapasiteli kapalı çevrimli deformasyon kontrollü pres kullanılarak yapılmış ve basınç dayanımı değerleri şekil 2' de verilmiştir.



**Şekil 2.**Beton Numunelerin Basiñ Dayanımları

Deney sonuçlarından da görüleceği üzere, lifli betonların basıñ dayanımı lifsiz betona göre yüksektir. Basiñ dayanımlarındaki artış oranları % olarak şekil 3’ de verilmiştir.

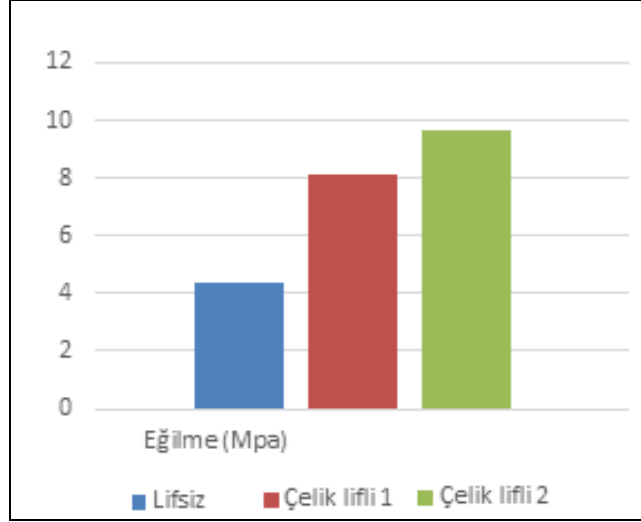


**Şekil 3.** Basiñ Dayanımlarındaki Artış Oranları

Literatürde bu hacimlerde çelik lif içeren normal dayanımlı betonlarda basıñ dayanımının %10 mertebesinde artış gösterebileceği gibi değişmeyebileceği ya da bir miktar düşüş yaşayabileceği bilgisi mevcuttur. Lifli betonda oluşan bu basıñ dayanımı azalmasının liflerin sisteme katılmasıyla zorlaşan sıkıştırma ve bunun sonucunda lifsiz betonlara göre daha fazla boşluk içeren bir yapının oluşması olarak açıklanmaktadır [17, 18]. Bu nedenden dolayı basıñ deneyi için hazırlanan deneyler hem tablalı vibratör hem de şiş yardımıyla sıkıştırılmıştır.

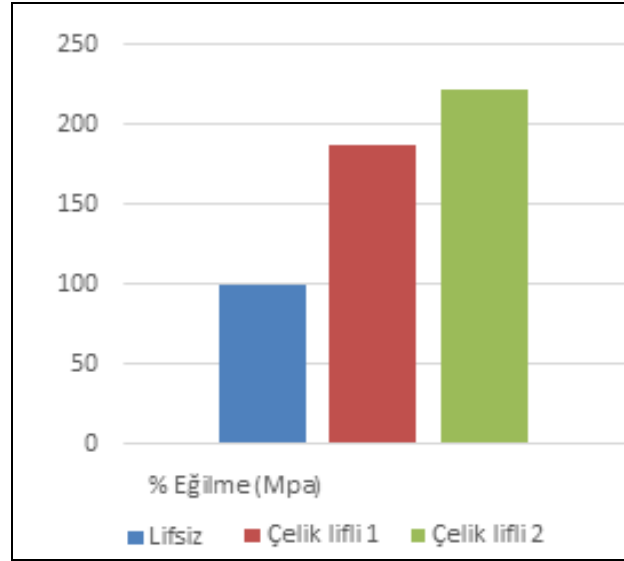
#### **2.4. Eğilmede Çekme Deneyi ve Sonuçların Değerlendirilmesi**

Dört noktalı eğilme deneylerinden elde edilen sonuçlara göre yalnız betona lif eklenmesi kırılma enerjisini büyük oranda artırmaktadır. Lifsiz betona %2.5 ve % 5 lif katılmasıyla, lif katkılı betonların kırılma enerjilerinin lifsiz betona göre arttığı görülmüştür. Lifsiz ve lifli betonlara 4 noktalı eğilme deneyi uygulanması sonucunda elde edilen eğilme dayanımları şekil 4’ de verilmiştir.



Şekil 4. Lifli ve Lifsiz Betonların Eğilme Dayanımları

Normal dayanımlı betonlardan farklı olarak matris ve lifler arasındaki aderans kuvvetleri daha büyük olduğundan tüm numunelerde deformasyon sertleşmesi davranışı görülmüştür. Çelik lif miktarındaki değişimin, çatlak oluşmadan önceki davranış üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, yükteki artışla birlikte eğilme değerlerinin de doğrusala yakın bir şekilde arttığı görülmektedir. Deney sonuçlarına göre % 5 çelik lifli beton numunesinin en yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen eğilme dayanımlarının % artış oranları Şekil 5’ de verilmiştir.



Şekil 5. Lifli ve Lifsiz Betonların Eğilme Dayanımlarının Artış Oranları

Lif miktarı arttıkça eğilme dayanımının da arttığı Şekil 3 ve Şekil 4’ de görülmektedir. Kısacası, eğilme halindeki normal betonda ani kırılma görülürken, betona ilave edilen lifler sayesinde lif katkılı betonlar eğilme ve basınç halinde ilk çatlaktan sonra birmiktar daha yük taşımaktadırlar hatta en büyük gerilmeye bu noktadan sonra ulaşmaktadırlar.

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, %2.5 ve %5 oranlarında çelik lif kullanılmıştır. Priz hızlandırıcı kullanılarak kalıp alma süresi kısaltılmıştır. Sertleşmiş beton basınç deneyleri için 150x150x150 mm küp numuneler ve eğilmede çekme deneyi için 100x100x500 mm kiriş numuneleri üretilmiştir. Üretilen numuneler TS 3648’e uygun olarak 60± 5 °C’ de 8 saat boyunca buhar kürüne maruz bırakılmıştır. Beton numuneleri basınç ve eğilme deneylerine tabi tutulmuştur.

Bu çalışmanın neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Betonda kullanılan çelik lifler, lifsiz betonun eğilme şekil değiştirme yeteneğini önemlilercedede arttırmıştır. % 5 çelik lifilave edilen betonun eğilmede çekme dayanımı, lifsiz betonueğilmede çekme dayanımının 2 katından daha fazladır.
- Hazırlanan numunelerin basınçdayanımlarında lif ilavesiyle oluşan artışın, bu betonişlenebilirliğinin daha az olması nedeniyle sıkıştırma işleminin daha etkili bir şekildegerçekleştirilmesinin beklenen bir sonucudur.
- Lifler, betonların basınç dayanımlarını yönelim ve dağılımlarından dolayı hem olumlu hemde olumsuz yönde etki etmişlerdir.Karışım esnasında topaklanma olmaması için yeterince karıştırılmalıdır.
- Uygulanan buhar kürü sonucunda 28 günlük dayanım elde edilmiştir.
- Numunelere uygulanan basınç deneyi sonucunda doğrusal bir artış gözlenmiştir.
- Bu konuda araştırma yapacak araştırmacılara; farklı lif miktarları kullanılarak ve minimum donatı atılarak kirişlerdeki donatı oranının azaltılması ile yapının deprem etkilerine karşı nasıl davranacağının incelenmesi önerilir.

#### 4. KAYNAKLAR

- [1] Şimşek, O. 2004. Beton ve Beton Teknolojisi. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 247s.
- [2] Karahan, O., 2006, Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu Küllü Betonların Özellikleri , Doktora tezi.
- [3]Topçu, İ. B., Boğa, A. R., 2005, “Uçucu Kül ve Çelik Liflerin Beton ve Beton Borularda Kullanımı”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt XVIII, Sayı 2.
- [4] ACI Committee 544. (1998). Measurement of properties of fibereinforcedconcrete, ACI 544-2R, AmericanConcreteInstitute, Michigan.
- [5]Bentur A, Mindness S. Fibereinforcedcementitiouscomposites. NewYork: ElsevierAppliedScience; 1990.
- [6]Gambhir ML. Concretetechnology. New Delhi: McGrawHill Publishing; 1986.
- [7]Tokyay M, Ramyar K, Turanlı L. Behaviour of polypropyleneandsteel fiber reinforcedhighstrengthconcretesundercompressiveandflexuralloads. In: Proceedings of secondnationalconcreteconference. Istanbul, 1991. p 303–11.)
- [8]Yazici S, Inan G, Tabak V. Effect of aspectratioandvolume fraction of steel fiber on themechanicalproperties of SFRC. ConstrBuild Mater 2007;21:1250–3.
- [9] 4. Zollo RF. Fiber-reinforcedconcrete: an overviewafter 30 years of development. Cem ConcrCompos 1997;19(2):107–22.
- [10] Mansur MA, Chin MS, Wee TH. Stress–strainrelationship of highstrength fiber concrete in compression. J Mater CivEng 1999;11(1):21–9.
- [11] TS 10513, “Çelik Teller-Beton Takviyesinde Kullanılan”, TSE Ankara, 1992.
- [12] TS 10514, “Beton-Çelik Tel Takviyeli-Çelik Telleri Betona Karıştırma ve Kontrol Kuralları”, TSE Ankara, 1992.
- [13] TS 10515, “Beton-Çelik Tel Takviyeli-Eğilme Mukavemeti Deney Metodu”, TSE Ankara, 1992.
- [14] TS 1247, “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları”, TSE Ankara, Mart 1984.
- [15] TS 3323, “Beton Basınç Deney Numunelerinin Hazırlanması, Hızlandırılmış Kürü ve Basınç Dayanım Deneyi”, TSE Ankara, Mart 1979.
- [16] TS 3648, “Ön Yapımlı beton elemanlara atmosfer basıncı altında buhar kürü uygulama kuralları”, TSE Ankara, 1994.
- [17]Yiğiter, H. (2002). Yüksek performanslı betonların süneklik özelliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [18]Nyström U, Gylltoft K. Comparativenumericalstudies of projectileimpacts on plainandsteel-fibereinforcedconcrete. Int J ImpactEng 2011;38:95–105.



**ERKEN YAŞTAKİ ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİTİN (ECC) DONMA ÇÖZÜLME  
DAYANIKLILIĞI**  
DURABILITY OF FREEZE-THAW OF ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE IN  
EARLY-AGE

**Ahmet COŞKUN**

Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Elazığ Organize Sanayi Bölgesi MYO İnşaat Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)

**Harun TANYILDIZI**

Prof. Dr., Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**Kazım TÜRK**

Prof. Dr., İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Bu çalışmada erken yaştaki çimento esaslı kompozit numunelerin donma çözülme deneyi öncesi ve sonrası dayanım özellikleri incelenmiştir. Numunelerin hazırlanmasında agrega olarak maksimum tane çapı (d<sub>max</sub>) 2 mm olan silis kumu, ASTM C618 standardına uygun F sınıfı uçucu kül, lif olarak Kuralon Firmasına ait PVA (polivinil alkol fiber) lif kullanılmıştır. Basınç dayanımı deneyleri için 50x50x50 mm boyutlarında küp numune, eğilmede çekme dayanımı deneyleri için 50x75x360 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numuneler 3 gün boyunca standart kürde bekletilmiştir. Numunelere donma-çözülme deneyleri TS EN 15177' ye uygun olarak yapılmıştır. Donma çözülme deneyi sonrasında numunelere basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çimento esalı kompozit, Donma-çözülme, Basınç dayanımı, Eğilmede çekme dayanımı.

**ABSTRACT**

Inthis study, the strength properties of early-ageengineered cementitious composite specimens after freeze thaw test were investigated. Silica sand with a maximum particle diameter (d<sub>max</sub>) of 2 mm was used as aggregate, F class flyash according to ASTM C618 standard, PVA (polyvinyl alcohol fiber) fiber of Kuralon as a fiber shall be used in experiments. Cubic specimens with dimensions of 50x50x50 mm for compressive strengthtests and 50x75x360 mm specimens for flexural strength tests were prepared. The samples were kept in standard cure for 3 days. The freeze-thaw test were being carried out in accordance with TS EN 15177 forsamples. Afterfreeze-thaw test, samples compressive strength and flexuralstrength tests were being applied.

**Keywords:**Engineered Cementitious Composites, Freeze-thaw, Compressive strength, Flexural strength.

**1. GİRİŞ**

Yapının performansı, kullanılan malzemelerin özelliklerinden etkilendiği yadsınamaz bir gerçektir. Gelişen ülkelerde, beton son yüz yılın en çok kullanılan yapı malzemesidir. Beton, bağlayıcı bir ortam (hidrate olmuş çimento hamuru) ve agrega tanelerinden oluşmaktadır. Birçok noktada enerji tasarrufu ve ekolojik faydaları ile bütünleşmiş, çok ucuz bir maliyette sağlam mühendislik gereksinimlerini sunmaktadır. Özellikle basınç direnci, ham madde erişilebilirliği ve istenilen türden şekillerde üretilebilmesi gibi avantajları onu harika bir yapı malzemesi yapmaktadır.

Lakin beton gibi bağlayıcı malzemeler, düşük çekme mukavemeti ve düşük deformasyon kapasitesi ile mekanik yükler altında gevrek bir davranış sergilemektedir. Bu gevrek davranış dayanıklılık, çekme ve kesme kuvveti gibi yapısal performans parametrelerine bir engel teşkil etmektedir [1].

Homojen bir şekilde beton içinde dağılmış ve yüksek mukavemetli olan liflerin çimento esaslı matris içerisine atılıp sünek bir yapının oluşturulması, bu gevrek özelliğin iyileştirilmesi için mantıklı bir çözümdür. Bu çözüme bağlı olarak, yapının performansında engel olan bu gevrekliğin iyileştirilmesi, “Tasarlanmış Çimento Esaslı Kompozitler (Patentli İsmi: Engineered Cementitious Composites – ECC)” olarak adlandırılan, yeni bir kompozit türünün beton dünyasına girmesi ile giderilmiş oldu.

Şekil değiştirme sertleşmesi gösteren yüksek performanslı lif donatılı çimento esaslı kompozitler, yüksek süneklik ve dayanıklılık için mikro-mekanik tabanlı olarak tasarlanan oldukça yeni ve gelecek vadeden bir kompozit malzeme sınıfıdır [2-4]. Mikro-mekanik olarak tasarlanmış malzemelerin optimizasyonu ve hacimce %2'lik lif eklenmesi ile aksenal çekme kuvveti altında %3'ü aşan bir şekil değiştirme kapasitesi (tensile straincapacity) elde edilebilmektedir [2, 5].

**Şekil 1.**ECC'nin eğilme yükleri altındaki davranışı



Matristeki ilk çatlaktan sonra, sıralı birçok mikro çatlak oluşmakta ve şekil değiştirme kapasitesi normal betonun 300-500 katı kadar artmaktadır. Hatta nihai yükte bile çatlak genişlikleri 50-80 mm civarında sabit kalmaktadır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için sürdürülebilir kalkınmada inşaat ve beton sektörünün hayati bir önemi bulunmaktadır. Yapı tasarımının ve betonun ucuza mal edilmesi ilk maliyeti düşürse bile, binanın yanlış tasarımı, deprem yükleri ve şiddetli çevresel etkiler gibi sebeplerle yapı zamanla onarım ve güçlendirmeye ihtiyaç duymakta; zaman, insan gücü, malzeme ve serviste aksama gibi kayıplarla yapının maliyeti ilk başta hesaplanan maliyetten çok daha yüksek rakamlara ulaşmaktadır. Öte yandan, ECC kullanımıyla yapıların daha sünek ve dayanıklılığı yüksek bir betonla inşa edilmesi, yapı ömrünü uzatıp onarım/güçlendirme ve yeni inşaatlar için harcanan malzeme ihtiyacını azaltacaktır. Böylece hem doğal kaynakların tüketilmesini hem de çimento ve donatı gibi yapısal malzemelerin üretiminde harcanan çok büyük miktardaki enerji kullanımını azaltacaktır. Ayrıca, ECC üretiminde endüstriyel atık malzemelerin (silis dumanı, uçucu kül gibi mineral katkıları) yüksek hacimlerde kullanılmasıyla geri dönüşüm sağlanacak ve çevreye verilen zarar engellenmiş olacaktır.

ECC üretiminde kullanılan malzemelerin yüksek maliyette üretilmesi veya zor temin edilmesi, ECC'nin yapısal uygulama alanlarında kullanılmasının önündeki en önemli problemi teşkil etmektedir. Üretimi aşamasında Portland çimentosunun miktarının azaltılıp mineral katkıları ile yer değiştirilmesi, kullanılan agrega tane boyutunun artırılması veya kısıtlı rezervi olan silis kumu (SK) yerine başka agrega tipinin kullanılmasıyla ECC'nin maliyetini azaltılıp, malzeme çevre ile dost bir hale getirilebilir. Çünkü bu şekilde çimento miktarının azaltılması ile doğaya daha az karbondioksit salınmakta ve SK yerine yerel malzemelerin kullanılması ile malzemenin hem üretim maliyeti azaltılmış hem alternatif malzeme oluşturulmuş hem de çevreye duyarlılığı artırılmış olur [6].

**2. DENEYSSEL ÇALIŞMA****2.1. Malzemeler**

Çalışmada kullanılan malzemelerden çimento, Elazığ Çimento Fabrikasından temin edilmiş olup TS EN 197-1-CEM I 42,5 R sınıfına girmektedir [43]. Kullanılan uçucu kül ise Kütahya Tunçbilek Termik Santralinden temin edilen ASTM C 618'e göre F sınıfı uçucu küldür [7].

ECC'nin gösterdiği yüksek sünekliğin ana sebebi, mikro-mekanik tabanlı tasarımı sayesinde ECC'nin ilk çatlak oluşumundan sonra şekil değiştirme sertleşmesi sergilemesidir. Mikro-mekanik modellerle kompozitin mikro yapısı, istenen mekanik özelliklerin elde edilmesi için en uygun hale getirilmektedir. Bu şekilde, lif, matris ve arayüz etkileşiminin kontrolü ile yüksek performanslı kompozitler elde edilmektedir. Mikro-mekanik tasarım aşamasında lifin mekanik ve fiziksel özellikleri gibi parametreler kullanılmaktadır. ECC üretiminde başarılı bir şekilde kullanılan ve mikro-mekanik tabanlı tasarım sonucu geliştirilmiş Kuralon Firmasına ait PVA (polivinil alkol fiber) lifleri, bu çalışmada kullanılmıştır. Bu liflerin özelliği, yüzeyinin ağırlıkça %1.2 oranında özel bir hidrofobik (su iten) yağ ile kaplı olmasıdır. Bu özellik sayesinde, matris (lifsiz ECC) ve lif arasında yer alan optimumara yüz özellikleri elde edilmektedir. Lif boyları ise 12 mm' dir

Agrega olarak maksimum tane çapı (d<sub>max</sub>) 2 mm olan silis kumu, Ankara'da bulunan "DemirsanMetalurji ve Silis kumları" firmasında temin edilmiştir. Çimento ile uçucu külün fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1' de, silis kumunun özellikleri Tablo 2' de verilmiştir. Betonun iyi işlenebilmesi ve sıkışabilmesini sağlamak için, Sika Firmasına ait yüksek oranda su azaltıcı/hiperakışkanlaştırıcı özelliğe sahip Hitech 37 katkısı kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Çimento ve uçucu külün fiziksel-kimyasal özellikleri

% Ağırlık olarak	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	LOI	Özgül Yüzey Alanı (Blaine) (cm <sup>2</sup> /gr)	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
Portland Çimentosu	21.12	5.62	3.24	62.94	2.73	1.42	3430	3.1
Uçucu Kül	58.25	16.66	12.91	1.91	5.08	-	3812	2.26

**Tablo 2.** Silis kumunun özellikleri

ELEK	ELEK ÜSTÜ		KÜMLATİF	ÇARPIM FAKTÖRÜ		DİĞER ÖZELLİKLER	
	MM	GR.		%	A.F.S.		
1,400	0,00	0,00	0,00	6	1673	Rutubet %	0
1,000	0,00	0,00	0,00	9	1183	Kil %	0,28
0,710	0,16	0,16	0,16	15	843	Sinterleşme	>1500
0,500	2,57	2,57	2,73	25	600	SiO <sub>2</sub> %	99,15
0,355	15,38	15,40	18,13	35	420	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,147
0,250	38,50	38,55	56,68	45	300	CaO+MgO %	0,04
0,180	34,06	34,10	90,78	60	212	K <sub>2</sub> O %	0,03
0,125	8,81	8,82	99,60	81	150	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	0,36
0,090	0,34	0,34	99,94	118	106	Kızdırma Kaybı %	0,11
0,063	0,06	0,06	100,00	164	75	Tane Şekli Faktörü	
TAVA	0,00	0,00	100,00	275	35	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	
TOPLAM	99,88	100,00				Kum Sıcaklığı °C	
TARİH		KUMUN CİNSİ		A.F.S.	O.T.	AÇIKLAMA	
		50-55 AFS		51,51	283,03		
NUMUNE MİKTARI (gr)			TİTREŞİM SÜRESİ (dk)				
100,00			15				

**2.2. Numunelerin Hazırlanması**

Basınç dayanımı deneyleri için 50x50x50 mm boyutlarında küp numuneler, eğilmede çekme dayanımı deneyleri için 50x75x360 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numuneler 3 gün boyunca uygun laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Numunelere donma-çözülme deneyleri TS EN 15177' ye uygun olarak yapılmıştır [8]. Donma çözülme deneyi sonrasında numuneler basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri uygulanmıştır.

**2.3. Uygulanan Deneyler****2.3.1. Basınç Dayanımı Deneyi**

Basınç dayanımı deneyi her yaş için 3' er adet 50×50×50 mm ölçülerindeki küp numune üzerinde, 3000 kN yükleme kapasitesine sahip otomatik kontrollü preste, TS EN 12390-3' e göre yapılmıştır [9].

**5.3.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi**

Eğilmede çekme deneyi 50x75x360 mm boyutlarında numuneler üzerinde, şekil 2' de görülen 50 KN kapasiteli deplasman kontrollü preste yapılmıştır.



Şekil 2. 50 KN kapasiteli deplasman kontrollü pres.

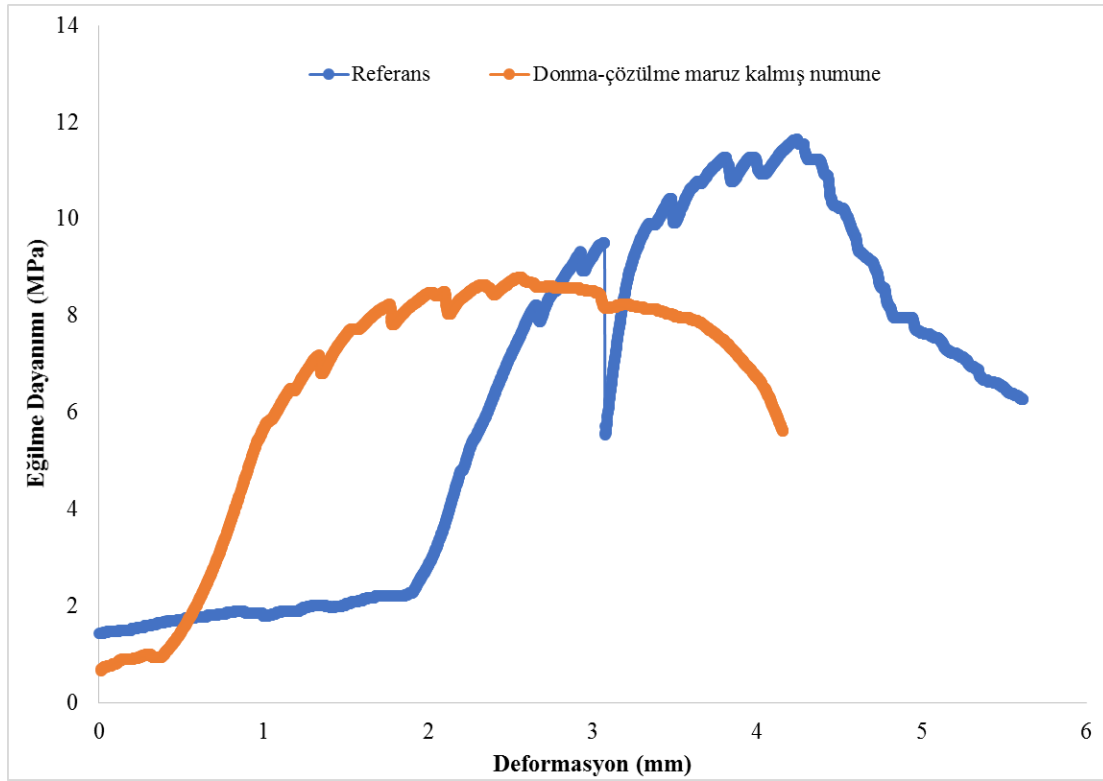
**2.3.3. Donma-Çözülme Deneyi**

Belirlenen kür süresinin tamamlanmasından sonra numuneler TS EN 15177 standardına göre donma-çözülme çevrimlerine maruz bırakılmıştır. Dondurma işlemi havada, çözme işlemi ise suda yapılmıştır. Donma-çözülme deneyi 56 çevrim olarak gerçekleştirilmiştir.

**3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞILMASI****3.1. Eğilme Peformansı**

Şekil 2, mevcut deneysel çalışmada üretilen ECC karışımlarının tipik eğilmede çekme mukavemeti ve açıklık ortası sehimini göstermektedir. Yükleme altındaki numunede ilk çatlama ile oluşan ve gerilmedeki ilk düşüş olarak saptanan mukavemete, ilk çatlama mukavemeti denilir. Oluşan en büyük gerilmeye, eğilmede çekme mukavemeti ve bu eğilmede çekme mukavemetine tekabül eden maksimum deplasmana da açıklık ortası sehim kapasitesi denir. Üretilen tüm numunelerin eğilmede çekme mukavemeti ve açıklık ortası sehim kapasitesi değerleri, üç tane dört noktalı eğilme testinden elde edilen sonuçların ortalamasıyla belirlenmiştir.

Şekil 3' de de görüldüğü gibi üretilen her ECC kirişi, dört noktalı yükleme altında sünek bir davranış sergilemektedir. İlk çatlamadan sonra, referans numunelerinin eğilme davranışının, donma-çözülme maruz kalmış numunelere kıyasla daha sünek bir davranış sergiledikleri görülmüştür.



Şekil 3. 3 günlük ECC numunelerinin tipik eğilmede çekme mukavemeti ve açıklık ortası sehimi

ECC kirişlerindeki çok çatlaklı davranışın sergilenmesi lif, matris ve ara yüz arasındaki etkileşime bağlıdır. Bundan dolayı, ECC numunelerinde çok çatlaklı bir davranış sağlamak için, çatlak düzleminde matris çekme mukavemetinin lifler arasındaki köprü mukavemetinden daha küçük olması istenmektedir [4]. Çok çatlak oluşumu yüklemeye arttıkça görülmekte ve sonra ilk çatlak genişliği sehimi artışı ile ilerleyip artmakta ve daha sonra 70-100 mm arası çatlak genişliğinde sabit kalmaktadır. Eğilme dayanımına yaklaşıldığında, açıklık ortasındaki bir bölgede, lif köprü mukavemeti aşıldığında ECC numuneleri eğilme altında göçer [6, 10].

Tablo 3’ de 3 günlük numunelere ait maksimum eğilmede çekme mukavemetleri ve açıklık ortası sehimi değerleri verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi referans numunelerinin eğilmede çekme mukavemeti değeri, donma-çözülme maruz bırakılmış numunelerine eğilmede çekme mukavemeti değerinden daha büyüktür. Benzer şekilde, referans numunelerinin açıklık ortası sehimi değeri, donma-çözülme maruz bırakılmış numunelerine açıklık ortası sehimi değerinden dedaha büyüktür.

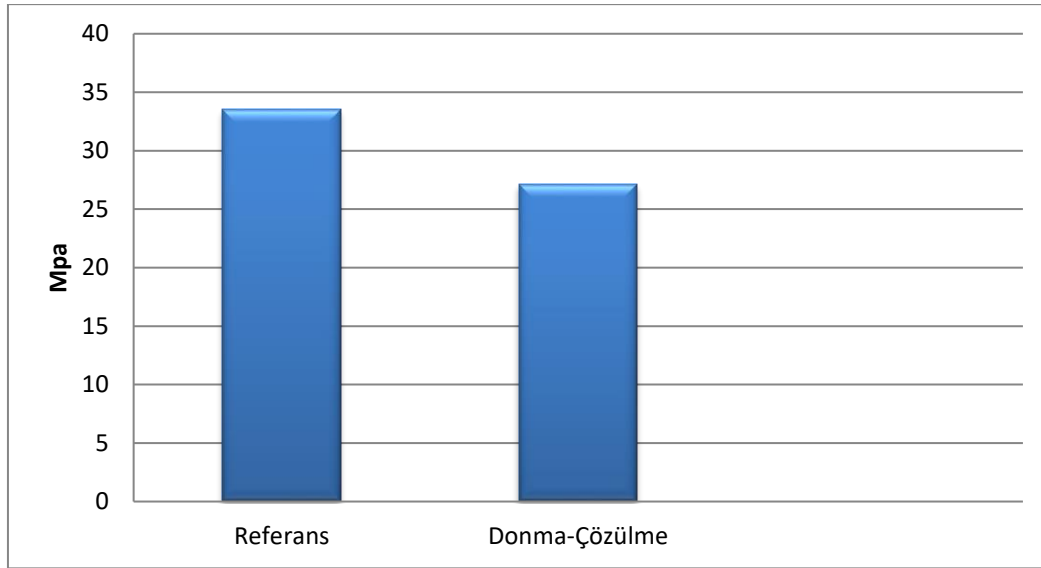
**Tablo 3.** 3 günlük numunelere ait maksimum eğilmede çekme mukavemetleri ve açıklık ortası sehimi değerleri

Seriler	Eğilmede çekme mukavemeti (MPa)	Açıklık ortası sehimi (mm)
Referans	11,64	4,24
Donma-Çözülme	8,78	2,57

### 3.2. Basınç Dayanımı Performansı

Tüm numunelerin basınç dayanımı sonuçları şekil 4’ de verilmiştir. Şekil incelendiğinde referans numunelerinin basınç dayanımı değerlerinin, donma-çözülme maruz bırakılmış numunelerin basınç dayanımı değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir.





**Şekil 4.** Numunelerin basınç dayanımı sonuçları

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada erken yaştaki çimento esaslı kompozit numunelerin donma çözülme deneyi öncesi ve sonrası dayanım özellikleri incelenmiştir.

- Referans numuneleri, donma-çözölmeye maruz bırakılan numunelere göre daha sünek bir davranış sergilediği görölmüştür.
- Donma-çözölmeye maruz bırakılan numunelerin eğilmede çekme mukavemeti değeri, referans numunelerine göre % 33 düşüş göstermiştir.
- En büyük açıklık ortası sehimi değeri referans numunelerinde elde edilmiştir.
- Referans numunelerinin basınç dayanımı mukavemeti değeri, donma-çözölmeye maruz bırakılan numunelere göre daha fazladır.

#### 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmamız Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi TEKF.16.16 numaralı projesi tarafından desteklenmiştir (FÜBAP-TEKF.16.16). Yazarlar olarak FÜBAP' a teşekkür ederiz.

#### 6. KAYNAKLAR

- [1]Li, V. C., "Advances in ECC research," ACI Special Publication on Concrete:MaterialScienceto Applications, SP 206-23, p. 373-400, 2002.
- [2]Lin, Z. andLi, V. C., "CrackBridging in Fiber ReinforcedCementitiousCompositeswith Slip-HardeningInterfaces". Journal of MechanicsandPhysics of Solids, 45(5), p. 763-787, 1997.
- [3]Li, V.C, Wang, S. andWu, C., "TensileStrain-hardeningBehavior of PVA-ECC". ACI MaterialsJournal, 98(6), p. 483-492, 2001.
- [4]Li, V. C., "On EngineeredCementitiousComposites (ECC) A Review of theMaterialandIts Applications". Journal of Advanced ConcreteTechnology, 1(3), p. 215-230, 2003.
- [5]Lin, Z., Kanda, T. andLi, V. C., "On interfacepropertycharacterizationandperformance of fiber reinforcedcementitiouscomposites". ConcreteScienceandEngineering, RILEM, 1, p. 173-184, 1999.
- [6]Türk, K.,Turğüt, P., "Silis Kumu Yerine Kireçtaşı Tozu Kullanımının tasarlanmış Çimento Esaslı Kompozitlerin Dayanım Ve Geçirimsizlik Özelliklerine Etkisi". Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (HÜBAK), Proje No:1106, 2012.
- [7]ASTM C 618, "Standard Specification for Coal Fly Ash and Rawor Calcined Natural PozzolanforUse as a Mineral Admixture in Concrete", 2002.
- [8]Türk Standartları Enstitüsü, "TS EN 15177, Betonun donma-Çözölme direncinin tayini - Yapısal iç hasar", Ankara, 2006.
- [9]Türk Standartları Enstitüsü, "TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini", Ankara, 2003.

[10]Turk, K., Demirhan, S., “TheMechanicalProperties of Engineered Cementitious Composites Containing Limestone Powder Replaced by Microsilica Sand”, Can. J. Civ. Eng. 40: 151–157 dx.doi.org/10.1139/cjce-2012-0281, 2013.

**KIŞNARI NAR GENOTİPİNİN YAPRAKLARINDA BİTKİ BESİN MADDELERİNİN  
MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ**  
SEASONAL VARIATION OF NUTRIENT CONTENTS IN LEAVES OF THE POMEGRANATE  
GENOTYPE “KIŞNARI”

**Serdar TÜRKER**

Dr. Öğr. Görevlisi, Gaziantep Üniversitesi Nizip Meslek Yüksekokulu  
(Sorumlu Yazar)

**A. Aytekin POLAT**

Prof. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

### **ÖZET**

Bu çalışmada, Gaziantep yöresinde yetiştirilen Kışnarı (*Punica granatum L.*) genotipinin vejetasyon dönemi boyunca yapraklarındaki (sekiz farklı dönem) makro (N, P, K, Mg, Ca) ve mikro (Cu, Fe, Mn, Zn) bitki besin elementlerinin mevsimsel değişimleri belirlenmiştir. Deneme, “Tesadüf Parselleri Deneme Desenine” göre üç yinelemeli ve her yinelemede bir ağaç olacak şekilde yürütülmüştür. Çalışmada, yapraklardaki N, P ve Ca’un artan; Mg’un ilk örneklerin alındığı tarihten (16-30 Haziran) Ağustos’un ikinci yarısına kadar artan, daha sonra azalan; Zn, K ve Cu’un, Ağustos’un 15’ne kadar inişli-çıkışlı bir seyir izleyip, Aralık ortasına kadar azalma gösterdiği; Fe’in Ağustos’un 15’ne kadar arttığı, bu dönemden son örnekleme tarihine kadar önce azalan daha sonra artan bir gelişme gösterdiği; Mn’nin ise vejetasyon süresince 15 Ağustos’a kadar arttığı, bu tarihten son örnekleme dönemine kadar azalış gösterdiği belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, yapraklardaki çoğu makro ve mikro besin maddelerinin fazla değişkenlik göstermediği 15 Temmuz ile 15 Eylül dönemleri arasında yaprak örneklerinin alınmasının daha uygun olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nar, Besin Elementleri, Mevsimsel Değişim, Yaprak

### **ABSTRACT**

This study determines the seasonal variation of macro (N, P, K, Mg, Ca) and micro (Cu, Fe, Mn, Zn) plant nutrients in the leaves (over eight different periods) during the vegetation period of the Kışnarı (*Punica granatum L.*) genotype grown in Gaziantep region. The experiment was designed according to completely randomized design with three replications having single tree in each replication. Throughout the study, in the leaves, it was found that the N, P and Ca content increased; that Mg increased from the first sampling date (June 16-30) to the second half of August; that Zn, K and Cu levels were undulating until August 15 and then decreased until mid December; that Fe increased until August 15, decreased and then increased from this period to the last sampling date; that Mn increased until August 15 during vegetation and then decreased until the last sampling date as of this date. The research results showed that it would be more convenient to take samples from leaves within the period of July 15 and September 15, when many macro and micro nutrients do not vary as much.

**Keywords:** Pomegranate, Nutritional Elements, Seasonal Variation, Leaves,

### **1. GİRİŞ**

Nar (*Punica granatum L.*), *Punicaceae* familyasından çok yıllık bir bitki olup, son yıllarda besin değeri ve insan beslenmesindeki işlevselliği nedeniyle bilimsel çalışmaların ilgi odağı olmuştur. Nar meyvesi birçok ülkede nüfusun beslenme ve tıbbi gereksinimlerini karşılamakta ve birçok farklı coğrafi bölgede yaygın olarak yetiştirilmektedir (Fawole ve Opara, 2013a). Besin maddelerince noksan bitkilerde, yapraklar klorofil sentez yeteneklerinden yoksun kalmakta, böylece bitkilerin fotosentez aktiviteleri zayıflamakta ve dolayısıyla karbohidratların yapımı ve birikimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bitki köklerinin topraktan besin maddeleri almalarında karbohidratların rolünün önemli olmasından dolayı, bitki yaşantısında elzem gerekli olan bu iki unsur, birbirlerini olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedirler. Karbohidratlar, bitkide depolanabilir (toplam kuru ağırlığın yaklaşık % 50-80’ini oluştururlar) en büyük enerji potansiyeline sahip maddeler olduklarından, lipitler, proteinler vb. gibi çeşitli temel biyokimyasal maddelerin sentez olaylarında da başrol oynarlar. Bitki besin maddelerinin ise birçok fizyolojik olayda biyokatalizör görevi yapan enzimlerin aktive olmasında son derece önemli rolleri bulunmaktadır (Vardar, 1972). Ağaçtaki ürünün kalitesi ve verimi için optimum besin elementi

durumu tanımlanmalıdır. Bunda da en büyük ölçüt besin elementlerinin mevsimsel değişimlerinin bilinmesidir. Makro ve mikro besin elementi noksanlıkları ve fazlalıkları tarımsal ürünlerde büyük ölçüde istenilmeyen değişimlerle sonuçlanır. Genellikle ürünün şekil ve boyundaki değişiklikler makro ve mikro elementlerle ilişkilidir (Badizadegan ve Khabbazian, 1977). Bu araştırmacıların yaptıkları çalışmada, narda çiçek tutumundan olgunlaşmaya kadar kabuk ve meyvede mineral maddenin mevsimsel değişimine bakılmıştır. Bu çalışmada, Kışnarı (*Punica granatum* L.) genotipinin yapraklarındaki bitki besin maddelerinin mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Böylece narda gübreleme ile ilgili yapılacak, verim ve kaliteyi arttıracak çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Bitki Materyali ve Araştırma Alanı**

Bu çalışma, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsüne ait nar bahçesinde 2 yıl süreyle yürütülmüştür. Deneme alanının denizden yüksekliği 705 m olup, 36° 56' 51.9972" enlem ve 37° 28' 44.0004" kuzey boylamındadır. Denemede kullanılan Kış narı genotipine ait bahçe 2006 yılında, 1x5 m aralıklarla tesis edilmiştir. Deneme süresince nar bitkileri damla sulama sistemi ile sulanmış olup, yıllık kültürel bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Deneme, "Tesadüf Parselleri Deneme Deseni"ne göre 3 yinelemeli olarak kurulmuş ve her yinelemede bir bitki kullanılmıştır. Bu bitkilerden alınan örneklerde bitki besin maddeleri 3 yinelemeli olarak analiz edilmiştir. Yaprak örnekleri, tam çiçeklenmeden sonra 15 gün ara ile meyve hasadına kadar (8 dönem), meyvesiz sürgünlerin orta yapraklarından alınmıştır (Özkan ve ark., 1999; Xiang ve ark., 2008; Zhang ve ark., 2010). Her ağaçtan ayrı ayrı alınan yapraklar % 0.1'lik deterjanlı su ile temizlenmiş, daha sonra çeşme suyu ile iyice yıkandıktan sonra saf sudan geçirilmiştir. Yapraklar 65-70 °C de sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra öğütülerek, dış ortamdan nem almasını önleyecek şekilde, analiz zamanına kadar serin bir ortamda saklanmışlardır.

### **2.2. Besin Maddesi Analizi**

Öğütülmüş yapraklardan tartılan 1 g örnek içerisindeki azot içerikleri Lees (1971) tarafından önerilen "Kjheltec" yöntemine göre belirlenmiştir. Yine öğütülmüş yapraklardaki K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe ve Zn içerikleri, 0.25 g tartılarak Kacar (1972) tarafından belirtilen yöntemle göre yaş yakma (nitrik asit ve hidroklorik asit karışımı) yapılmıştır. Fosfor, Vanadamolibdo fosforik sarı renk yöntemine göre yapılarak, daha sonra spektrofotometrede 430 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, mangan, demir ve çinko miktarları Varian 710-ES ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer) cihazında tespit edilmiştir. Sonuçlar P, K, Ca ve Mg için kuru maddede "%" olarak; Fe, Zn, Mn ve Cu için kuru maddede "ppm" olarak verilmiştir.

Denemeden elde edilen veriler, "Tesadüf Parselleri Deneme Deseni"ne göre varyans analizine tabii tutulmuştur. Ortalamaların karşılaştırılmasında bağımsız iki örneklem t testi, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve etkileşim için iki yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizinde anlamlı fark bulunduğu, gruplar arası çoklu karşılaştırmalar için Tukey HSD testi kullanılmıştır. Birlikte değişimlerin analizinde korelasyon ve regresyon analizi kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 16 (Inc, Chicago, IL) paket programı kullanılmış, istatistiksel anlamlılık düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiştir.

İncelenen yapraklardaki makro ve mikro besin elementlerinin miktarlarında meydana gelen değişim ile dönemler arasındaki ilişkilerin istatistiksel anlamlılık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla lineer ve kuadratik regresyon modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Yapraklarda 15'er günlük dönemlerde elde edilen ortalama veriler ile regresyon modelinin uyumu belirleyicilik (determinasyon) katsayısı ile değerlendirilmiştir.

## **3. BULGULAR ve TARTIŞMA**

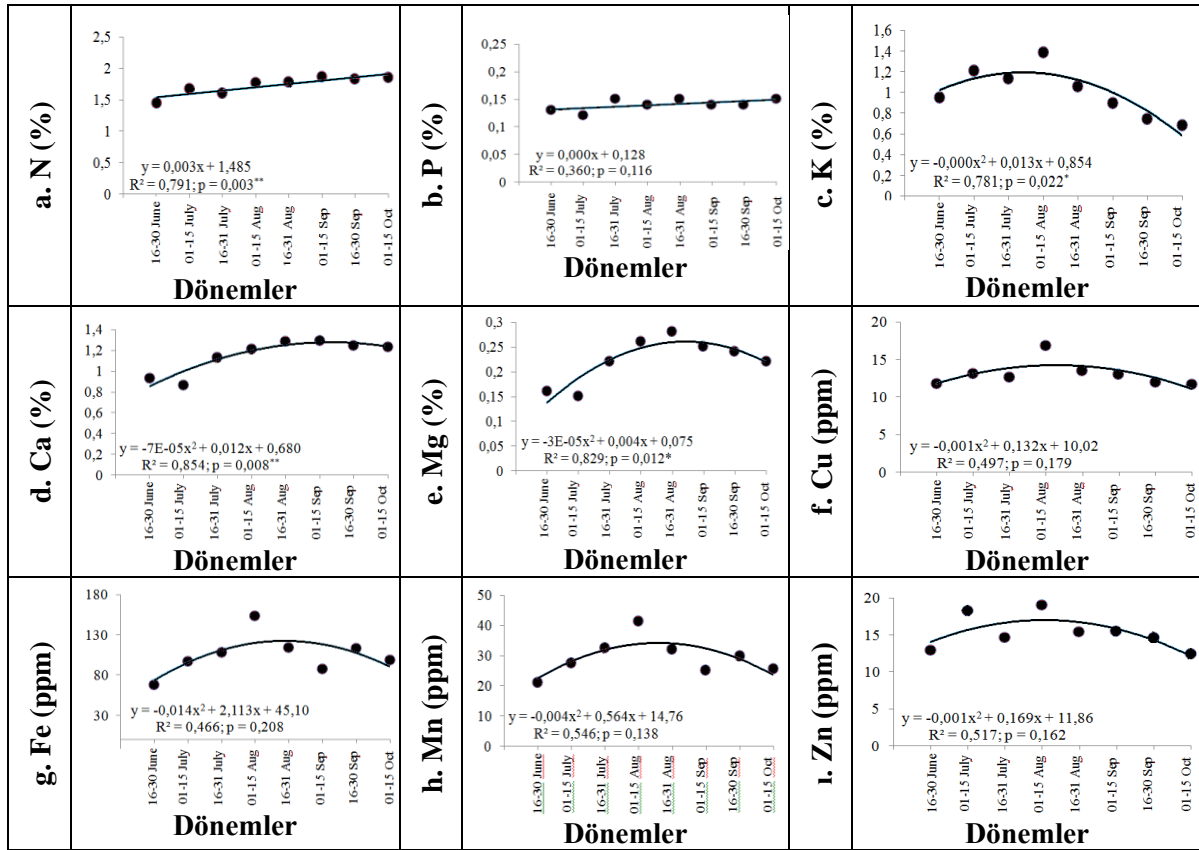
Yapraklardaki besin elementlerinin dönemsel değişimlerine ilişkin regresyon analiz sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Yapraktaki azot miktarının dönemlere göre doğrusal bir artış gösterdiği ( $R^2 = .791$ ;  $p < 0.05$ ) ve en yüksek azot içeriğinin, 01-15 Eylül döneminde (% 1.86), en düşük içeriğin ise 16-30 Haziran (% 1.44) döneminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1a). Bacha (1975), "Banati" çeşidinin yapraklarındaki azotun yetiştirme mevsimi boyunca azalış gösterdiğini, bunun nedeninin ise azotun büyüyen meyve ve ağacın diğer organlarına transferiyle alakalı olduğunu; Munde ve ark. (1981), Ganesh nar çeşidinin yaprak azot içeriğinin vegetasyon boyunca azalma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. İbrahim ve El-

Samed (2009), Mısır'da "Manfalouty" nar çeşidinin yapraklarındaki azot içeriğini % 1.66; Davarpanah ve ark. (2016), İran'da "Ardestani" nar çeşidinin yaprak azot içeriğini % 1.88; Marathe ve ark. (2017), Hindistan'da "Bhagwa" nar çeşidinin yapraklarındaki azot içeriğini % 2.12 olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızın bulguları, başka araştırmacıların da belirttiği gibi meyve gelişiminin başladığı dönemlerden hasat zamanına kadar yapraklardaki azot miktarının bir azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Yapraklardaki fosfor içerikleri dönemlere göre incelendiğinde, en yüksek değerin (% 0.15) 16-31 Ağustos döneminde tespit edildiği ancak, yapraklardaki fosfor miktarının dönemlere göre gösterdiği doğrusal artışın istatistiksel bakımdan önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) belirlenmiştir (Şekil 1b). İbrahim ve El-Samed (2009)'in, Mısır'da yaptığı çalışmada, "Manfalouty" nar çeşidinin yapraklarındaki fosfor içeriği % 0.19; Davarpanah ve ark. (2016)'ın, İran'da yaptığı çalışmada "Ardestani" çeşidinin yaprak fosfor içeriği % 0.11; Marathe ve ark. (2017)'in, Hindistan'da yaptığı çalışmada "Bhagwa" çeşidinin fosfor değeri % 0.15 olarak ölçülmüştür.

Yapraklardaki potasyum miktarının dönemlere göre gösterdiği değişimin quadratik regresyon modeline uygun olduğu ( $p<0.05$ ) ve vejetasyon dönemi sonunda potasyum miktarının en düşük seviyeye indiği saptanmıştır (Şekil 1c). Yaprakların potasyum içeriğinin en yüksek 01-15 Ağustos'ta (% 1.38), en düşük ise 01-15 Ekim'de (% 0.68) belirlendiği ve yapraklardaki potasyum miktarının, örneklemenin alındığı ilk dönemden (16-30 Haziran) 01-15 Ağustos'a kadar kısmi bir artıştan sonra bu tarihten 01-15 Ekim'e kadar düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Abdelaty ve Gamal (2009), Mısır'da "Manfalouty" çeşidinde yaptığı çeşitli uygulamalara göre yaprak potasyum içeriğini % 1.12-1.64; İbrahim ve El-Samed (2009), Mısır'da "Manfalouty" nar çeşidinde potasyum içeriğini % 1.33; Davarpanah ve ark. (2016), İran'da "Ardestani" çeşidinin yaprak potasyum içeriğini % 0.93; Marathe ve ark. (2017), Hindistan'da "Bhagwa" çeşidi üzerinde yaptıkları çalışmada, potasyum değerini % 0.93 olarak ölçmüştür. Başka meyve türlerinde yapılan çalışmalarda; Uçgun (2012) Isparta'da elma yapraklarında iki yılın ortalamasına göre K'da olan değişimin yıllara göre farklılık gösterdiğini, birinci yılda linear bir azalma gösterirken, ikinci yılda önce artan sonra azalan bir değişim gösterdiğini; Bouranis ve ark. (2001), badem yapraklarında potasyum oranlarının vejetasyon döneminin sonlarına doğru azalma gösterdiklerini belirtmişlerdir. Çalışmamızın bulguları, özellikle Uçgun (2012) olmak üzere öteki literatür bulgularıyla uyumlu bulunmaktadır.





(\*) : Regresyon analizi için model anlamlılık düzeyi  $P < 0,05$ ; (\*\*): Regresyon analizi için model anlamlılık düzeyi  $P < 0,01$

Şekil 1. Kışınarı genotipinin yapraklarındaki makro (a-e) ve mikro (f-i) besin elementlerinin dönemsel değişimlerine (tam çiçeklenmeden sonra 15'er gün ara ile ölçülmüştür) ilişkin regresyon analizleri

Yapraklardaki kalsiyum miktarının dönemlere göre gösterdiği değişimin önemli olduğu ( $p < 0,05$ ) ve quadratik regresyon modeline uygun bir seyir izlediği belirlenmiştir (Şekil 1d). Kalsiyum içeriği en yüksek (% 1.29) 01-15 Eylül döneminde, en düşük (% 0.89) 01-15 Temmuz döneminde tespit edilmiştir. Fayed (2010), Mısır'da "Manfalouty" çeşidinde yaprakların kalsiyum içeriğini % 1.44; Khattab ve ark. (2011) % 1.42; Davarpanah ve ark. (2016), İran'da "Ardestani" çeşidinin yaprak kalsiyum içeriğini % 2.42; Marathe ve ark. (2017), Hindistan'da "Bhagwa" nar çeşidinin yaprak kalsiyum değerini % 1.77 olarak bildirmiştir. Ayrıca birçok araştırmacı[Yıldız (2011), Trabzon hurmasında; Picchioni ve ark. (1997), Antepfıstığında; Güven (2011) ile Pınar ve ark. (2007), muzda; Özkan ve ark. (1999), Hicaznar'ında; Uçgun ve ark. (2009), elmada]. , bu çalışmada tespit edilen bulgulara benzer şekilde yaprak kalsiyum içeriklerinin hasat zamanına kadar artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yapraklardaki magnezyum miktarının dönemsel değişiminin kalsiyumda olduğu gibi quadratik regresyon modeline uygun ve önemli olduğu ( $p < 0,05$ ) belirlenmiştir (Şekil 1e). Dönemlere göre yapraklardaki magnezyum içerikleri % 0.16 (16-30 Haziran) ile % 0.28 (16-31 Ağustos) arasında değişiklik göstermiş ve 16-31 Ağustos dönemine kadar artış, bu tarihten itibaren son örnekleme dönemine kadar azalma gösterdiği saptanmıştır. Singh ve Patil (1989), nar yapraklarının Mg değerlerinin % 0.28-% 0.75 aralığında olduğunu; Fayed (2010), Mısır'da "Manfalouty" çeşidinde yaprak magnezyum içeriğini % 0.37; Özsayın (2012), Antalya ili ve çevresindeki Hicaznar bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin magnezyum değerlerinin % 0.18-0.58 arasında değiştiğini; Davarpanah ve ark. (2016), İran'da "Ardestani" çeşidinin yaprak magnezyum içeriğini % 0.336; Marathe ve ark. (2017), Hindistan'da "Bhagwa" çeşidinin yaprak magnezyum içeriğini % 0.46 olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda belirlenen yaprak Mg değerlerinin, Sheikh (2006)'ın nar yapraklarındaki Mg için yeterli gördüğü % 0.16-0.42 aralığında olduğu görülmektedir. Ayrıca, en yüksek Mg değerlerinin ağustos ayında elde edilmesi de literatürdeki bazı bulgular ile uyumlu gözükmektedir.

Yapraklardaki bakırın dönemsel değişim modellerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $p>0.05$ ) belirlenmiştir (Şekil 1f). Yapraklardaki bakır içeriği bakımından en yüksek değeri (16.78 ppm) 01-15 Ağustos döneminde, en düşük değeri (11.67 ppm) ise 01-15 Ekim döneminde saptanmıştır. Mirzapour ve Khoshgoftarmanesh (2013), İran’da “Ghojagh” çeşidinin yapraklarındaki bakır içeriğini çeşitli uygulamalara göre birinci yıl 2-8 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), ikinci yıl ise 3.5-12.5 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ); Davarpanah ve ark. (2016), İran’da “Ardestani” çeşidinin yaprak bakır içeriğini 6.8 mg/kg; Marathe ve ark. (2017), Hindistan’da “Bhagwa” çeşidinin yapraklarındaki bakır içeriğini 81.1 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) olarak belirlemiştir. Kivilerde tam çiçeklenmeden sonra 10. haftaya kadar arttığı, kayıslarda ise yaprak bakır değişiminin en büyük artışını temmuz ayında yaptığı, daha sonra bu aydan itibaren hasat sezonuna kadar azaldığı bildirilmektedir (Sharma ve ark. 2005; 2007). Çalışma bulgularımızın, Sharma ve ark. (2005; 2007)’in değişik meyve türlerinin yapraklarındaki bakır değişimine ilişkin bildirdikleri ile uyum içerisinde olduğu söylenebilir.

Yapraktaki demir miktarının dönemsel değişiminin quadratik modele uygun olduğu ancak, model uyumunun istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) saptanmıştır (Şekil 1g). Yaprakta en yüksek demir değeri (153.4 ppm) 01-15 Ağustos döneminde, en düşük değer (67.4 ppm) ise 16-30 Haziran döneminde tespit edilmiştir. Literatürde, nar yapraklarındaki demir içeriği Mısır’da “Manfalouty” çeşidinde 140.07 ppm (Fayed,2010); İran’da “Ardestani” çeşidinde 112.8 mg/kg (Davarpanah ve ark., 2016); “Bhagwa” çeşidinde 162.8 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) (Marathe ve ark.,2017), olarak belirlendiği bildirilmiştir. Literatürlerde demirin dönemsel değişimi konusundaki bulgular türlere göre farklılıklar göstermektedir. Yıldız (2011) Trabzon hurmasında, Sheng ve ark. (2009) portakallarda, Özolcum ve Üner (1991) şeftalilerde; Bouranis ve ark. (2001) badem yapraklarındaki Fe içeriğinin mart-eylül arası dönemde azaldığını; Leece ve Gilmour (1974) şeftali yapraklarında Fe’in hasat zamanına doğru arttığını belirtmektedir. Bozkaya (2009), zeytin yapraklarında Fe içeriklerinin 101.50  $\text{mg.kg}^{-1}$  ile 203.0  $\text{mg.kg}^{-1}$  arasında değişim gösterdiğini, en yüksek (203.0  $\text{mg.kg}^{-1}$ ) Fe değerinin aralık ayında (tam olgunluk dönemi), en düşük (101.50  $\text{mg.kg}^{-1}$ ) Fe değerinin ise ocak (ilk sürgünlerin ortaya çıkışının başlaması) ayında tespit edildiğini, bu durumun da zeytin meyvesinin olgunlaşma dönemine doğru Fe’in yaprakta birikmeye başlayarak artış göstermesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Güven (2011), muzlarda şubat-mayıs arasında demir içeriğinin arttığını ve ağustos ile kasım dönemlerinde ise düşüş eğilimi gösterdiğini; Uçgun (2012), elma yapraklarının demir içeriğinde dönemsel olarak bazı iniş-çıkışlar olsa da, genel olarak sezon başında düşük (ortalama 56.76 ppm) olan Fe’in ilk dönemlerde hızlı bir yükselme gösterdiğini ve tam çiçeklenmeden 56 gün sonra en yüksek değerlere (ortalama 91.60 ppm) ulaştığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen bulgular, Güven (2011) ve Uçgun (2012)’un çalışmalarına kısmen benzerlik göstermektedir.

Yapraklardaki mangan miktarının dönemsel değişiminin quadratik modele uygun olduğu ancak, regresyon modelinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) belirlenmiştir. Dönemlere göre yapraklarda saptanan mangan içerikleri, 21.03 ppm (16-30 Haziran) ile 41.23 ppm (01-15 Ağustos) değerleri arasında değişim göstermiştir (Şekil 1h). İbrahim ve El-Samed (2009), Mısır’da “Manfalouty” nar çeşidinde mangan içeriğini 103.15 ppm; Mirzapour ve Khoshgoftarmanesh (2013), İran’da “Ghojagh” çeşidinin yapraklarında çeşitli uygulamalara göre birinci yıl 10-30 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), ikinci yıl 14-27 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ); Davarpanah ve ark. (2016), İran’da “Ardestani” çeşidinin yaprak mangan içeriğini 68.2 mg/kg; Marathe ve ark. (2017), Hindistan’da “Bhagwa” çeşidinin yapraklarında mangan içerdiğini 30.9 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) olarak belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarımız, Bergmann (1992)’in bitki bünyesindeki hareket kabiliyeti düşük olan mangan gibi besin elementlerinin, vegetasyon süresince yapraklarda artarak biriktiği yönündeki görüşüyle kısmen uyumlu görülmektedir.

Yapraklardaki çinko miktarının dönemsel değişiminin quadratik modele benzediği ve model uyumunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $p>0.05$ ) saptanmıştır (Şekil 1i). Dönemlere göre yapraklarda saptanan çinko içerikleri 12.36 ppm (01-15 Ekim) ile 19.03 ppm (01-15 Ağustos) arasında değişim göstermiştir Genel olarak haziran sonu-temmuz ortası arasında bir artış, temmuzun ikinci yarısında azalış, ağustosun ilk yarısında bir artıştan sonra, son örneklemenin alındığı ekimin ortalarına kadar azalış göstermiştir (Şekil 2i). Davarpanah ve ark. (2016), İran’da “Ardestani” çeşidinin yaprak çinko içeriğini 17.2 mg/kg; Marathe ve ark. (2017), Hindistan’da “Bhagwa” çeşidinin çinko içeriğini 46.1 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) olarak belirlemiştir. Öte yandan Leece ve Gilmour (1974), elma yapraklarında çinkonun zamanla azaldığını; Bouranis ve ark. (2001) bademde çinkonun önce artan sonra azalan bir seyir gösterdiğini;

Ryu ve ark. (2006), elmalar üzerindeki çalışmasında kullandığı çeşitlerden birinde Zn düzeyinin arttığını, diğerinde ise azaldığını; Chatzissavvidis ve ark. (2005) Yunanistan'da zeytinlerde; Nachtigall ve Dechen (2006) Brezilya'da elmalarda inişli-çıkışlı bir seyir belirlediklerini bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen yaprak çinko içeriği, Nachtigall ve Dechen (2006)'ın belirttikleri gibi inişli-çıkışlı bir seyir izlemiştir, ayrıca Uçgun (2012)'un belirttiği gibi vejetasyon süresince azalan, daha sonra önce artan sonra azalan bir değişim gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca Kacar ve Katkat (2007)'in, bitkilerin topraktaki Zn elementinden faydalanmalarında en önemli etkenin tür ve çeşitliliğin rol oynadığına ilişkin bildirimleri, denememizde yapraklarda belirlenen farklı seviyelerde Zn değerlerini destekler niteliktedir.

#### 4. SONUÇ

Kaliteli ve yüksek verimli meyve elde edilebilmesi için dengeli bir gübreleme yapılması ve bunun için de meyve bahçesinin yaprak ve toprak analizlerinin yaptırılması gerekmektedir. Ancak yaprak örneklerinin alınma zamanı; bitki türüne, yetiştiği ekolojik faktörlerin özellikleri gibi çeşitli faktörlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu yanıyla değerlendirildiğinde, çalışmanın, bölge nar yetiştiriciliği ve yaprak analizleri için en uygun yaprak örneği alma zamanının belirlenmesinde yararlanabilecek önemli bilgi ve bulgular ortaya koyduğu söylenebilir. Ayrıca bölgedeki nar bahçelerinde, gübreleme zamanının belirlenmesi açısından da bu çalışmanın önemli bulgular içerdiği açık bir gerçektir. Araştırmada yaprak örneklerindeki makro ve mikro besin elementlerinin mevsimsel değişimleri, her iki yılda da genotip, dönem ve genotip x dönem interaksyonları bakımından önemli değişiklikler göstermiştir. Yaprak örneklerindeki bitki besin elementlerinden N, P, Ca, Mg ve Fe'in artan, K ve Zn'nun azalan, Cu ve Mn'nun ise vejetasyon dönemi boyunca inişli-çıkışlı bir seyir izledikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada nar yapraklarındaki makro ve mikro besin elementlerinin miktarlarında meydana gelen değişim ile dönemler arasındaki ilişkilerin istatistiksel anlamlılık düzeylerinin belirlenmesi amacıyla lineer ve kuadratik regresyon modelleri kurularak analiz edilmiştir. Yapraktaki besin elementleri miktarlarının dönemlere göre değişimi genellikle kuadratik regresyon modeline uymaktadır. Nitekim besin elementlerinin genellikle vejetasyon döneminin ortasında en yüksek değerlerine ulaştıkları belirlenmiştir. Yaprakta tespit edilen N ( $R^2 = .791^{**}$ ), Ca ( $R^2 = .854^{**}$ ), Mg ( $R^2 = .829^*$ ) ve K ( $R^2 = .781^*$ ) için model uyumunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada incelenen yaprak dokularındaki bitki besin maddelerinin mevsimsel değişim sonuçlarına göre, özellikle bölgedeki nar yetiştiriciliğinde, yapraklardaki çoğu makro ve mikro besin maddelerinin stabil olduğu 15 Temmuz ile 15 Eylül dönemleri arasında yaprak örneklerinin alınmasının daha uygun olacağı söylenebilir.

#### TEŞEKKÜR

Araştırmayı (Proje No: 280) maddi açıdan destekleyen HMKÜ Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

#### KAYNAKÇA

- Abdelaty M.I., Gamal A.A. (2009). Effects of Different Irrigation Regimes and Patial Substitution of N-Mineral by Organic Manures on Water Use, Growth and Productivity of Pomegranate Trees. *European Journal of Scientific Research*. 38(2), 199-218.
- Al-Maiman S.A., Ahmad D. (2002). Changes in Physical and Chemical Properties During Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit Maturation. *Food Chemistry*, 76, 437-441.
- Bacha M.A.A. (1975). Seasonal Trends and Carbohydrate Contents of 'Banati' Pomegranate Leaves. *Scientia Horticulturae*, 3, 247-250.
- Badizadegan M., Khabbazian G.H. (1977). Study of Pomegranate Cultivation in Fars Provinces. Shiraz University Research Centre. 69 p.
- Bergmann W. (1992). Nutritional Disorders of Plants, Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, 741 p., Stuttgart, New York.
- Bouranis D.L., Chorianopoulou S.N., Zakyntinos G., Sarlis, G Drossopoulos B.J. (2001). Flower Analysis for Prognosis of Nutritional Dynamics of Almond Tree. *Journal of Plant Nutrition*, 24(4-5), 705-716.
- Bozkaya F. (2009). Dolu Yılında Zeytin (*Olea europaea* L.) Bitkisinde Mineral Bitki Besin Maddelerinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi (Basılmamış), Aydın.

- Chatzissavvidis C.A., Therios I.N., Molassiotis A.N. (2005). Seasonal Variation of Nutritional Status of Olive Plants as Affected by Boron Concentration in Nutrient Solution. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 309–321
- Davarpanah S., Tehranifar A., Davarynejad G., Abadía J., Khorasani R. (2016). Effects of Foliar Applications of Zinc and Boron Nano-Fertilizers on Pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) Fruit Yield and Quality. *Scientia Horticulturae* 210, pp.57–64.
- Fawole O.A., Opara U.L. (2013). Developmental Changes in Maturity Indices of Pomegranate Fruit: A Descriptive Review. *Scientia Horticulturae*, 159, 152–161.
- Fayed T.A. (2010). Effect of Compost Tea and Some Antioxidant Applications on Leaf Chemical Constituents, Yield and Fruit Quality of Pomegranate. *World Journal of Agricultural Sciences* 6(4) 402-411.
- Güven D. (2011). Yeni Bazı Muz Çeşit ve Klonlarında Fenolojik ve Pomolojik Özellikler ile Bitki Besin Maddeleri ve Hormonların Dönemsel Değişimlerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora tezi (Basılmamış), Antalya, ss.209.
- Ibrahim A.M., El-Samad G.A. (2009). Effect of Irrigation Regimes and Partial Substitution of N-Mineral by Organic Manures on Water Use, Growth and Productivity of Pomegranate Trees. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X. Vol.38 No.2, pp.199-218.
- Kacar B., Katkat A.V. (2007). Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 49, 659 s., Ankara.
- Kaçar B. (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri-II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 453 Uygulama Kılavuzu: 155. Ankara.
- Khattab M.M., Shaban A.E., El-Shrief A.H., El-Deen Mohamed A.S.(2011). Growth and Productivity of Pomegranate Trees Under Different Irrigation Levels. III: Leaf Pigments, Proline and Mineral Content. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 3 (3), 265-269.
- Leece D.R., Gilmour A.R. (1974) Diagnostic Leaf Analysis for Stone Fruit, 2. Seasonal Changes in the Leaf Composition of Peach. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 14 (71), 822-827.
- Lees H., (1971). *Laboratory Handbook of Methods of Food Analysis*. Leonard Hill Books, London.
- Marathe R.A., Sharma J., Murkute A.A., Babu K. D. (2017). Response of Nutrient Supplementation Through Organics on Growth, Yield and Quality of Pomegranate. *Scientia Horticulturae* 214, pp.114-121.
- Mirzapour M.H., Khoshgoftarmanesh A. H. (2013). Effect of Soil and Foliar Application of Iron and Zinc on Quantitative and Qualitative Yield of Pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*, 36, p. 55-66.
- Munde S.S., Patil V.K., Chavan S.D. (1981). Chemical Composition of Pomegranate Leaves Sample During Different Stages of Crop. *Food Farm. and Agr. March*: p. 177-181.
- Nachtigall A.R., Dechen G.R. (2006). Seasonality of Nutrients in Leaves and Fruits of Apple Trees. *Science and Agriculture*, 63(5), 493-501.
- Özgüven A.I. (1997). World Production Status of Pomegranate (*Punica granatum* L.). 2 nd MESFIN Meeting On Plant Genetic Resources, 5-8 August 1997, Madeira, Portugal.
- Özkan C.F., Ateş T., Tibet H., Arpacıoğlu A. (1999). Antalya Bölgesinde Yetiştirilen Nar (*Punica granatum* L çeşit: Hicaznar) Yapraklarındaki Bazı Bitki Besin Maddelerinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi. *Türkiye III. Bahçe Bitkileri Kongresi*, 14-17 Eylül 1999, s. 710-714, Ankara.
- Özolcum Ü., Üner K. (1991). Seasonal Changes in the Macro and Micronutrient Content of Leaves of the Peach Cultivars Early Red and Rio-Oso-Gem Growing in the Menemen and Aydın Plains and the Relationship Between Soil Nutrients and the Nutrient Content of Leaves During the Stable Period. *Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, 176, 97 s.
- Özsayın S. (2012). Antalya İli ve Çevresindeki Nar (*Punica granatum* L.) Bahçelerinin Beslenme Durumlarının, Bazı Meyve Kalite Kriterlerinin ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Y. Lisans Tezi (Basılmamış), 134 s., Antalya.
- Pınar H., Türkay C., Yılmaz C., Bircan M., Bozak B., Çakır İ., Paydaş S. (2007). Anamur Koşullarında Plastik Örtü Altında Yetiştirilen Muzların (Dwarf Cavendish klonu) Beslenme Durumlarının ve Yapraklarındaki Besin Elementlerinin Mevsimsel Değişimlerinin Saptanması, Verim ve Kaliteyle İlişkileri. *Tagem Sonuç Raporu* (Basılmamış).



- Picchioni G.A., Brown P.H., Weinbaum S.A., Muraoka T.T. (1997). Macronutrient Allocation to Leaves and Fruit of Mature, Alternate-Bearing Pistachio Trees: Magnitude and Seasonal Patterns at the Whole-Canopy Level. *Journal of the Amer. Soc. For Hort. Science* 122 (2), 267-274.
- Ryu C.B., Oh S.M., Kwon S.T., Chun I.J.(2006). Seasonal Changes of Foliar Nutrient of 'Hongro' and 'Fuji' Apple Trees Grafted on M.9 Rootstock. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 47(5), 271-275.
- Sharma N., Verma H.S., Sharma S.D.( 2005). Foliar Sampling Techniques and Seasonal Variation in Leaf Nutrient Contents of Kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 696, 241-247.
- Sharma S., Rana, V.S., Rehalia A.S. (2007). Seasonal Variations in Leaf Nutrient Composition of Apricot cv. New Castle. *Asian Journal of Horticulture*, 2(1), 189-192.
- Sheikh M.K. (2006). *The Pomegranate*. International Book Distributing Co. India.
- Sheng O., Yan X., Peng S.A., Deng X.X., Fang Y.W. (2009). Seasonal Changes in Nutrient Concentrations of 'Newhall' and 'Skagg's Bonanza' Navel Oranges. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40, 3061-3076.
- Singh I., Patil V.K. (1989). Nutrition in Pomegranate- A Review: *J.Mah.agric.Univ.* 14 (1), 37-40.
- Uçgun K., Akgül H., Ay Z., Altındal M. (2009). MM 106 Anacına Aşılı Jersey Mac Elma Çeşidinde Bazı Besin Elementlerin Yıl Boyunca Yaprak ve Bitki Öz Suyunda Mevsimsel Değişimleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2), 171-178.
- Uçgun K.(2012). Elma Bahçelerinde Erken Dönemde Yapılan Yaprak Analizlerinin Yorumlanmasına İmkan Tanıyan Referans Eğrilerin Oluşturulması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi (Basılmamış), 148 s., Konya.
- Vardar Y., (1972). *Bitki Fizyolojisi Dersleri-I (Bitkilerin Metabolik Olayları)*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No, 37, 332 s.
- Xiang L., Xing D., Lei F., Wang W., Xu L., Nie L., Du L. (2008). Effects of Season, Variety and Processing Method on Ellagic Acid Content in Pomegranate Leaves. *Tsinghua Science and Technology*,13(4), 460-465.
- Yıldız E., 2011. Farklı Trabzon Hurması Çeşitlerinde Meyve Verim ve Kalitesi ile Bitki Besin Maddeleri, Karbonhidratlar ve Meyve Bileşimindeki Bazı Maddelerin Mevsimsel Değişimleri. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi (Basılmamış), 344 s., Antakya/Hatay.
- Zhang L., Gao Y., Zhang Y., Liu J.,Yu J.(2010). Changes in Bioactive Compounds and antioxidant Activities in Pomegranate Leaves. *Scientia Horticulture*, 123(4), 543-546.



**DEĞİŞİK NAR GENOTİPLERİNDE MEYVE KABUK ve DANE RENKLERİNİN  
BELİRLENMESİ****DETERMINATION Of FRUIT PEEL and SEED COLORS In DIFFERENT POMEGRANATE  
(*Punica granatum* L.) GENOTYPES****Serdar TÜRKER**

Dr. Öğr. Görevlisi, Gaziantep Üniversitesi Nizip Meslek Yüksekokulu, (Sorumlu Yazar)

**A.Aytekin POLAT**

Prof. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı,

**Recep BİNDAK**

Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,

**ÖZET**

Bu çalışmada, Kışnarı tipi ile Hicaznar ve Kirli Hanım çeşitlerinin meyve kabuk ve dane renkleri incelenmiştir. Kabuk L\* değeri yıllara ve genotiplere göre değişmekle beraber, 47.15 - 101.00 arasında belirlenmiştir. Kabuk renginde en yüksek a\* değeri Kışnarı'nda (45.00), b\* değeri ise Kirli Hanım'da (41.88) belirlenmiştir. Meyve kabuk rengi kroma (C\*) değerleri 36.99 ile 63.51 arasında değişim göstermiştir. Kirli Hanım (44.88) ve Kışnarı'nın (41.59) kabuk Hue değerlerinin, Hicaznar (35.14) çeşidinden anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dane L\* değerlerine göre en yüksek parlaklığın Kirli Hanım (73.68), en az parlaklığın ise Hicaznar'da (39.80) olduğu tespit edilmiştir. İki yıllık ortalamaya göre genotiplerin meyve dane rengi a\* değeri, 39.73 ile 47.66 arasında değişmiştir. En düşük dane rengi b\* değeri Hicaznar çeşidinde (18.25), en yüksek ise Kirli Hanım çeşidinde (22.02) belirlenmiştir. Genotiplerin dane rengi kroma değerleri 43.73 ile 53.99 arasında değişim göstermiştir. Genotiplerin iki yıllık ortalama dane rengi H° değeri, 24.48 (Kış Narı) ile 25.95 (Kirli Hanım) arasında ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Dane, Meyve Kabuğu, Nar, Renk Özellikleri**ABSTRACT**

In this study examines the fruit peel and seed colors in "Kışnarı" genotype, "Hicaznar" and "Kirli Hanım" pomegranate cultivars. . The peel L\* value was determined to range between 47.15 and 101.00 and varies by year and genotype. The Kışnarı (45.00) variety had the highest a\* value in terms of peel color while the highest b\* value was registered in the Kirli Hanım (41.88) variety. The fruit peel chromaticity (C\*) values varied between 36.99 and 63.51. It was found that the peel color values of the Kirli Hanım (44.88) and Kışnarı (41.59) varieties were significantly higher than those of the Hicaznar (35.14) variety. According to seed L\* values, the highest brightness was ascribed to the Kirli Hanım (73.68) while the lowest to the Hicaznar (39.80). According to a two-year average, the a\* value of the seed color of the genotypes varied between 39.73 and 47.66. The Hicaznar (18.25) variety had the lowest b\* value of seed color while the Kirli Hanım (22.02) had the highest. The seed color chroma (C\*) values of the genotypes varied between 43.73 and 53.99. The two-year average seed color H° value of the genotypes varied between 24.48 (Kışnarı) and 25.95 (Kirli Hanım).

**Keywords:** Seed, Peel, Pomegranate, Color Properties,**1. GİRİŞ**

Nar (*Punica granatum* L.), *Punicaceae* familyasından çok yıllık bir bitki olup, genellikle tropik ve subtropik bölgelerden (Schubert ve ark., 1999), 1000 m rakıma kadar her yerde yetiştirilebilmektedir (Özgüven ve Yılmaz, 2000).

Nar, ülkemizde yıllardır yetiştiriciliği yapılan bir meyve türüdür. Türkiye, narın gen merkezlerinden birisi olduğundan dolayı ülkemiz son derece zengin nar genetik kaynaklarına sahiptir. Ülkemizde şu ana kadar tescilli yapılmış elliye yakın nar çeşidi bulunmaktadır. Bu nar çeşitleri tatlıdan ekşiye, kırmızıdan sarıya, küçük meyveliden, büyük meyveliye ve sert çekirdekliден yumuşak çekirdekliye kadar pek çok çeşit içermektedir (Yılmaz, 2007). Son yıllarda yapılan araştırmalarda, narın insan sağlığı üzerine olan olumlu ve tedavi edici özelliklerinin keşfedilmesiyle nar ve nar ürünlerine olan talep hızla artış göstermiş, buna bağlı olarak artan talep karşısında yeni bahçe tesisleri kurulmaya başlanmıştır (Durgaç

ve ark., 2008). Türkiye'nin pek çok bölgesinde yerli çeşitlerle yöresel nar yetiştiriciliği yapılmaktadır. Zivzik narı (Siirt), Gerger narı (Adıyaman), Suruç narı (Şanlıurfa), Nuz Ekşi (Gaziantep), Kuytucak narı (Kozan-Adana), İsalı narı (Ceyhan-Adana), Keben narı (Silifke-Mersin), Gazipaşa çekirdeksiz narı (Gazipaşa-Antalya), İnhisar narı (İnhisar-Bilecik) yetiştiriciliği yapılan nar genotiplerinden bazılarıdır (Yılmaz, 2007).

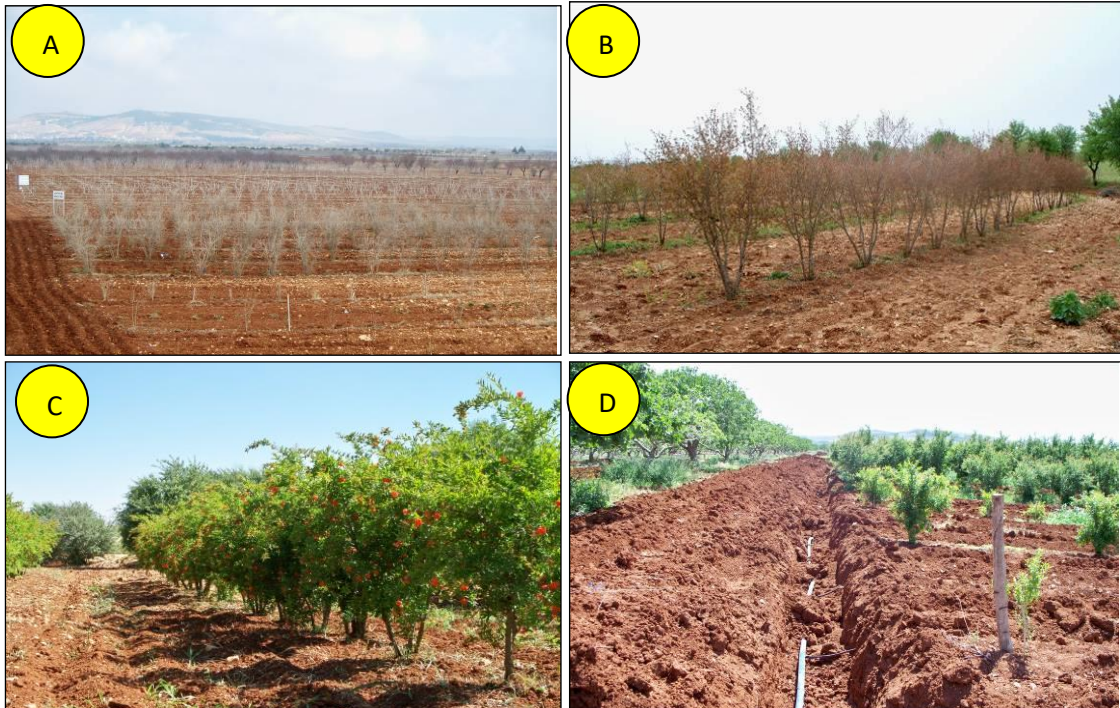
Bu çalışmada Gaziantep yöresinde yetiştirilmekte olan Kışnarı tipi ile Hicaznar ve Kirli Hanım çeşitlerinin meyvelerinde meyve kabuk ve dane renk değişimleri incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Antepfıstığı Araştırma Enstitüsüne ait araştırma istasyonunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1A). Deneme alanının denizden yüksekliği 705 m olup, 36° 56' 51.9972" enlem ve 37° 28' 44.0004" kuzey boylamındadır. Ağaçlar ortalama 3-4 gövdeli olup, çalı formundadır (Şekil 1B). Denemede yer alan genotiplerin genel görünümü Şekil 1C'de sunulmuştur. Deneme süresince nar bitkileri damla sulama sistemi (Şekil 1D) ile sulanmış olup, yıllık kültürel bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Araştırmada, Hicaznar ve Kirli Hanım çeşitleri ile Kışnarı tipi kullanılmıştır. Meyvelerin kabuk ve dane renk ölçümleri, "Tesadüf Parselleri Deneme Deseni" ne göre 3 yinelemeli ve her yinelemede 5 meyve olacak şekilde yapılmıştır.

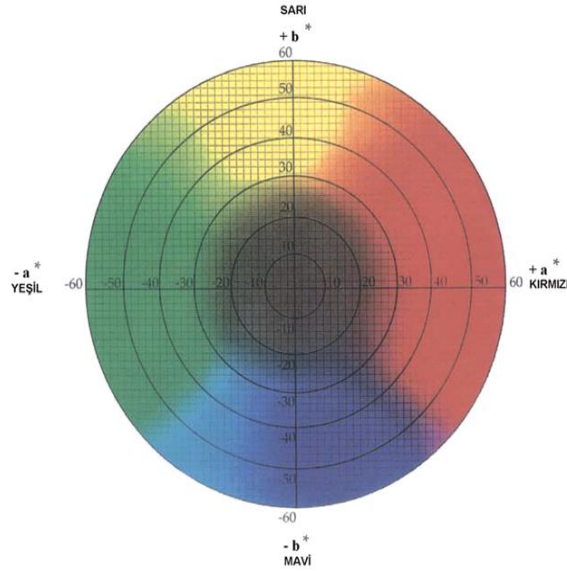
### 2.1. Meyve Kabuk ve Dane Rengi

Meyve kabuğu ile danelerin renk ölçümleri C.I.E.  $L^* a^* b^*$  (Commission Internationale de l'Eclairage-Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) metoduna göre Hunter Lab kolorimetre cihazıyla yapılmıştır (A 60-1010-615 Model Colorimeter, Hunter Lab and Reston VA; Zerbini and Polesollo, 1984). Meyvelerin ekvatorial bölgesi üzerinde 4 ayrı nokta ile kaliks bölgesi ve meyve sap bölgesindeki 2 ayrı noktadan toplamda 6 ayrı simetrik noktadan yapılan ölçümlerin ortalaması meyve kabuk rengi olarak alınmıştır. Meyve dane renk ölçümleri, petri kapları içerisine konulan yaklaşık 2-3 cm kalınlığındaki daneler üzerinde yapılmıştır (Şekil 1). Örneklerin kroma [ $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ ](1), renk yoğunluğunu ve hue [ $h^\circ = \arctan(b^*/a^*)$ ](2), renk tonu açısını (0°; kırmızı-mor, 90°; sarı, 180°; mavimsi-yeşil, 270°; mavi) göstermektedir (Zerbini ve Polesollo, 1984).  $L^*$  değeri beyazlık-siyahlık göstergesi olup, 0 (siyah) ile 100 (beyaz) değerleri arasında,  $a^*$  değeri yeşillik-kırmızılık olup, -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) değerleri arasında ve  $b^*$  değeri mavilik-sarılık göstergesi olup yine  $a$  değerinde olduğu gibi -60 (mavi) ile +60 (sarı) değerleri arasında değişim göstermektedir (Şekil 2, Özdemir, 2001). Ayrıca, kroma rengin yoğunluğunu ve hue rengin açı değerini (0°; kırmızı-mor, 90°; sarı, 180°; mavimsi-yeşil, 270°; mavi) ortaya koymaktadır (Şekil 3, McGuire, 1992).

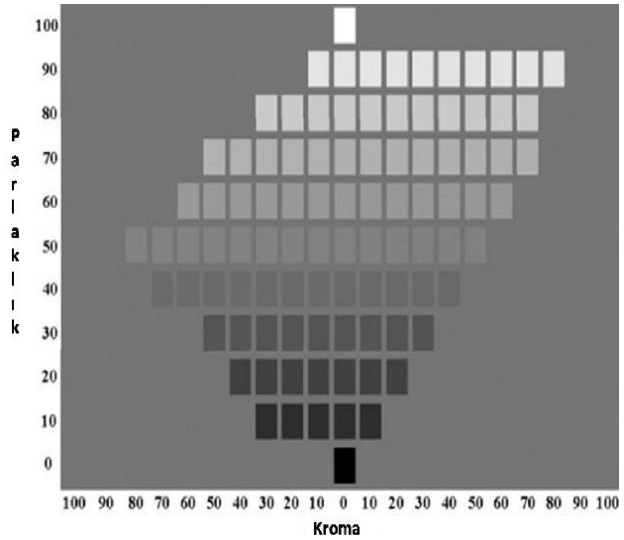


Şekil 1. Deneme alanından görüntüler

İki yılın ortalama verilerinin değerlendirilmesi “Tesadüf Parselleri Deneme Deseni” ne göre 3 yinelemeli olarak yapılmış ve ortalamalar arasında anlamlı fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir; varyans analizinde anlamlı fark bulunduğu, gruplar arası çoklu karşılaştırmalar için Tukey HSD (Honest Significant Difference) testi uygulanmıştır. Verilerin analizinde SPSS 16 (Inc, Chicago, IL) paket programı kullanılmış, istatistiksel anlamlılık düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiştir. Kabuk ve dane renk değerleri kullanılarak genotiplerin özellikleri temel bileşenler PCA (Principal Component) analizi ile sınıflandırılmıştır. **PCA analizi, çok sayıdaki değişkeni daha az bileşen ile açıklamaya çalışan çok değişkenli bir istatistiksel tekniktir.**



Şekil 2. L\*, a\*, b\* ve hue değerleri



Şekil 3. Parlaklık-kroma diyagramı

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Meyve Kabuk Rengi

Meyve kabuk parlaklığını ifade eden L\* değeri 47.15 (Hicaznar) ile 101.00 (Kırlı Hanım) arasında tespit edilmiştir (Çizelge 1). Değişik çalışmalarda meyve kabuk L\* değeri 32.76 ile 87.35 değerleri arasında saptanmıştır (Yılmaz, 2005; Toplu ve ark., 2007; Al-Said ve ark., 2009; Çalışkan ve Beyazıt, 2013; Pe~na ve ark., 2013; Selcuk ve Erkan, 2014; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark., 2018; Boussaa ve ark., 2019). Bu çalışmada Kışnarı ve Hicaznar genotiplerinden elde edilen meyve kabuk rengi L\* değerinin, önceki çalışmalarda belirlenen bulgularla uyumlu, ; en parlak kabuk yapısına sahip Kırlı Hanım çeşidinde belirlenen değer (101.00) literatürdeki değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Bazı nar genotiplerinin meyve kabuk renk değerleri

	Kışnarı	Hicaznar	Kırlı Hanım	ANOVA F test
L*	72.31±4.50 b <sup>1</sup>	47.15±4.69 c	101.00±11.14 a	308.595**
a*	45.00±19.72 a	30.17±3.90 b	44.03±15.89 a	9.428**
b*	35.38±4.27 b	20.70±2.30 c	41.88±10.49 a	79.311**
Chroma	59.36±13.69 a	36.99±3.12 b	63.51±6.61 a	76.041**
Hue	41.59±15.11ab	35.14±5.33 b	44.88±16.15 a	4.265*

(1): Aynı satırda farklı harfler ile belirtilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Tukey HSD  $\alpha=0,05$ ). Değerler iki yıllık olup Mean±SD biçiminde verilmiştir (\*:p<0,05; \*\*:p<0.01)

İki yıllık ortalamaya göre, meyve kabuk rengi a\* değeri 30.17 ile Hicaznar'da en düşük, 45.00 ile Kışnarı'nda en yüksek olarak ölçülmüştür. Farklı çalışmalarda (Toplu ve ark., 2007; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark., 2018; Boussaa ve ark., 2019) meyve kabuk rengi a\* değeri 3.22-48.73 olarak bildirilmiştir. Meyve kabuğunun yeşilden-kırmızıya renk değişimini veren a\* değerleri bakımından elde ettiğimiz bulgular, birçok araştırmacının bulgularıyla uyumlu bulunmaktadır. İki yıllık ortalamaya göre, genotiplerin meyve kabuk rengi b\* değeri arasındaki farklılık istatistiksel



olarak önemli bulunmuş ve en düşük değer 20.70 ile Hicaznar'da en yüksek değer ise 41.88 ile Kirli Hanım'da saptanmıştır. Çeşitli araştırmacılar (Toplu ve ark., 2007; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019) meyve kabuk rengi  $b^*$  değerini 17.11-45.69 olarak belirlemişlerdir. Çalışmamızda elde edilen meyve kabuk  $b^*$  değerlerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir.

İki yıllık ortalamaya göre meyve kabuk rengi kroma değerleri (düşük değerler koyu renkli, yüksek değerler açık renkli), 36.99 ile 63.51 değerleri arasında değişim göstermiştir. En yüksek meyve kabuk rengi kroma değeri, Kirli Hanım'da saptanmıştır. Literatürde, narların meyve kabuk rengi kroma ( $C^*$ ) değerlerinin, 27.21 ile 55.80 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Yıldız ve ark., 2009; Pe~na ve ark., 2013; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Selcuk ve Erkan, 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019). Bu çalışmada elde edilen değerlerin diğer araştırmacıların verilerinden biraz yüksek olduğu (36.99-63.51), bundan dolayı özellikle Kirli Hanım (63.51) genotipinin kabuk renginin daha açık renkli olduğu söylenebilir.

Renk aç değeri Hue ( $H^\circ$ ),  $0^\circ$ 'den  $90^\circ$ 'ye doğru kırmızıdan sarı renge ve  $90^\circ$ 'den  $180^\circ$ 'ye doğru ise, sarıdan yeşile doğru geçişi ifade etmektedir. İki yıllık ortalamaya göre Kışnarı ve Kirli Hanım genotiplerinin meyve kabuk Hue değerlerinin (sırasıyla 41.59 ve 44.88), Hicaznar (35.14) genotipinin meyve kabuk Hue değerinden anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, Hicaznar genotipinde meyve kabuk renginin diğer genotiplere göre kırmızı renge daha yakın olduğu söylenebilir. Çeşitli araştırmacılar (Yıldız ve ark., 2009; Çalışkan ve Beyazıt, 2013; Pe~na ve ark., 2013; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019) kabuk Hue aç değerini 17.05 ile 103.2 arasında ölçmüşlerdir.

### 3.2. Meyve Dane Rengi

Genotiplerin dane rengi  $L^*$  değeri, 39.80 (Hicaznar) ile 73.68 (Kirli Hanım) arasında bulunmuştur (Çizelge 2). Yurt içinde veya yurt dışında yapılan birçok çalışmada (Yılmaz, 2005; Gölükçü ve Tokgöz, 2008; Al-Said ve ark, 2009; Gündoğdu ve ark., 2011; Caliskan ve Beyazıt, 2012; O'Grady, 2012; Fawole ve Opara, 2013a,b; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019) meyve dane rengi  $L^*$  değerleri 9.9-103.4 gibi çok geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Çalışmamızda belirlenen dane rengi  $L^*$  değerleri, literatürde yer alan bu değerler arasında bulunmaktadır.

Genotiplerin meyve dane rengi  $a^*$  değeri, 39.73 (Hicaznar) ile 47.66 (Kışnarı) arasında değişmiştir. Narların meyve dane rengi  $a^*$  değerleri, araştırmaların yapıldığı ülkelere, bölgelere, ekolojilere, özellikle de çeşitlere göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Nitekim; yapılan çalışmalarda, narların meyve dane rengi  $a^*$  değerlerinin 0.31 ile 34.10 arasında belirlendiği bildirilmektedir (Legua ve ark., 2000; Yılmaz, 2005; Gölükçü ve Tokgöz, 2008; Al-Said ve ark., 2009; Borochoy-Neori ve ark., 2009; Gündoğdu ve ark., 2011; Caliskan ve Beyazıt, 2012; Fawole ve Opara, 2013a,b; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019).

Çizelge 2. Bazı nar genotiplerinin meyve dane renk değerleri

	Kışnarı	Hicaznar	Kirli Hanım	ANOVA F test
$L^*$	72.82±4.87 a <sup>1</sup>	39.80±6.71 b	73.68±9.26 a	217.428**
$a^*$	47.66±13.44 a	39.73±7.50 b	46.48±14.27 ab	3.747*
$b^*$	19.44±6.77 a	18.25±3.89 a	22.02±13.57 a	1.364
Chroma*	52.72±9.77 a	43.73±8.40 b	53.99±10.00 a	10.588**
Hue	24.48±12.89 a	24.55±1.29 a	25.95±16.09 a	0.145

(1): Aynı satırda farklı harfler ile belirtilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Tukey HSD  $\alpha = 0,05$ ). Değerler iki yıllık olup Mean±SD biçiminde verilmiştir (\*:p<0,05; \*\*:p<0.01)

Dane rengi  $b^*$  değeri bakımından, 22.02 ile Kirli Hanım en yüksek, 18.25 ile Hicaznar en düşük değere sahip olmuştur. Farklı ekolojilerde yapılan birçok çalışmada (Legua ve ark., 2000; Yılmaz, 2005; Gölükçü ve Tokgöz, 2008; Al-Said ve ark., 2009; Gündoğdu ve ark., 2011; O'Grady, 2012; Fawole ve

Opara, 2013b; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019) nar meyve dane rengi  $b^*$  değerleri -1.90 ile 30.02 arasında ölçülmüştür. Danenin sarıdan maviye renk değişimini ifade eden  $b^*$  değerlerine ilişkin bulgularımız, literatür bilgileri ile uyumlu gözükmemektedir.

Dane renklerinin en düşük kroma değeri Hicaznar'da (43.73), en yüksek ise Kirli Hanım'da (53.99) tespit edilmiştir. Literatürde, narların meyve dane rengi kroma ( $C^*$ ) değerlerinin, 0.39 ile 33.24 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Legua ve ark., 2000; Yılmaz, 2005; Gölükçü ve Tokgöz, 2008; Özgen ve ark., 2008; Gündoğdu ve ark., 2011; Çalışkan ve Bayazıt, 2012; O'Grady, 2012; Fawole ve Opara, 2013b,c; Nuncio-Jáuregui ve ark., 2014; Yaman ve ark., 2015; Türker ve ark.,2018; Boussaa ve ark, 2019). Çalışmada elde edilen dane rengi kroma (düşük değerler koyu renkli, yüksek değerler açık renkli) değerlerine göre en açık dane rengine Kirli Hanım'ın, en koyu dane rengine ise Hicaznar'ın sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Genotiplerin ortalama dane rengi  $H^0$  değeri, 24.48 (Kış narı) ile 25.95 (Kirli Hanım) arasında ölçülmüştür. Çalışkan ve Bayazıt (2012), mayhoş narlarda 33.6-65.8, tatlı narlarda 26.5-64.1, ekşi olanlarda ise 34.3-68.9 arasında; O'Grady (2012) Güney Afrika'da 17.3 (Ruby)-22.1 (Arakta) arasında; Fawole ve Opara (2013a,b), Güney Afrika'da "Ruby" çeşidi için Hue değerini 32.09-47.18; Yaman ve ark. (2015), Hatay ekolojisinde Hicaznar'da 30.42; Türker ve ark.(2018) Gaziantep ekolojisinde 32.69-60.05 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, diğer literatür bulgularıyla uyumlu gözükmemektedir.

### 3.3. Meyve Kabuk ve Dane Rengi PCA Analizi

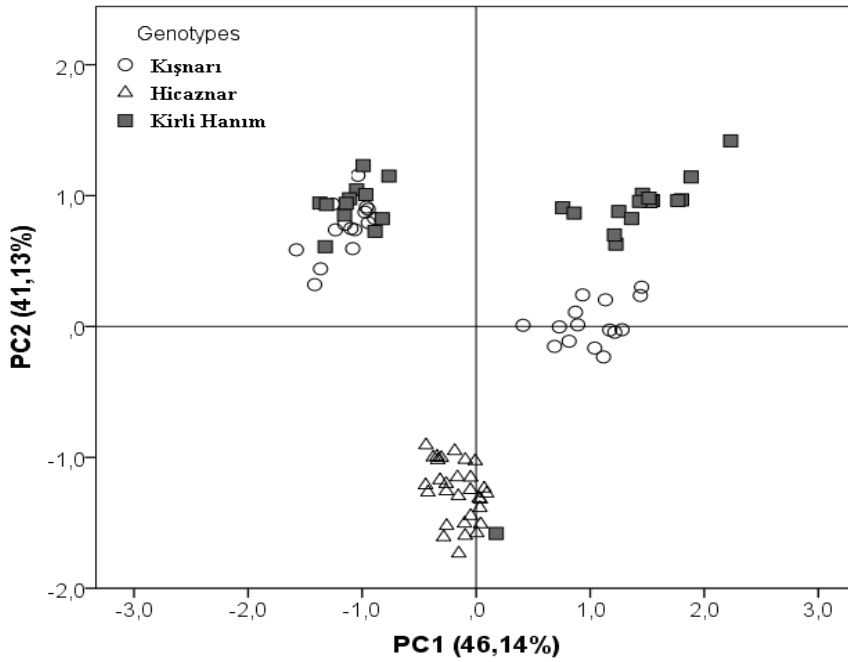
Meyve kabuk ve dane rengine ait ölçüm sonuçları Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Meyve kabuk ve dane renk özellikleri birer değişken kabul edilerek Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis, PCA) gerçekleştirilmiştir. Böylece nar genotiplerinin latent değişkenlere göre sınıflandırılması yapılmıştır. Renk özelliklerine göre nar genotiplerinin PCA ile sınıflandırılması incelendiğinde, genotiplerin yüksek oranda doğru bir şekilde sınıflandırıldığı görülmektedir (Şekil 4). İlk iki bileşenin açıkladığı toplam varyans oranı % 87.27 olarak elde edilmiştir. PCA analizinde sadece renk özellikleri kullanılmasına rağmen, açıklanan varyans oranı oldukça yüksektir. Birinci bileşenin açıkladığı varyans oranı % 46.14, ikinci bileşenin açıkladığı varyans oranı da % 41.13 olarak hesaplanmıştır. PCA analizinde dane  $a^*$ , dane  $b^*$  ve dane  $H^0$  birinci bileşen için en önemli özelliklerdir. Öte yandan, kabuk  $L^*$ , dane  $L^*$  ve kabuk  $C^*$  ise ikinci bileşen için en önemli (major) özelliklerdir (Çizelge 3).

Çizelge 3. PCA faktör yük değerleri (Component Matrix<sup>1</sup>)

Kabuk ve Dane Renk Özellikleri		PC1	PC2
Kabuk	$L^*$	,060	,893
	$a^*$	-,796	,548
	$b^*$	,581	,770
	$C^*$	-,344	,895
	Hue	,952	,152
Dane	$L$	,068	,942
	$a$	-,815	,472
	$b$	,846	,157
	$C^*$	-,532	,677
	Hue	,973	-,067



(1: Extraction Method: Principal Component Analysis)



Şekil 4. Renk özelliklerine göre çeşit ve tiplerin sınıflandırılması (Principal Component Analysis)

#### 4. SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre en parlak kabuk yapısı Kirli Hanım çeşidinde ( $L^*$ :101.00), en koyu kırmızı kabuk ( $a^*$ =30.17,  $C^*$  =36.99,  $H^*$  =35.14) ve dane ( $a^*$ =39.73,  $C^*$  =43.73,  $H^*$  =24.55) rengi Hicaznar çeşidinde belirlenmiştir. Nar piyasasında meyve boyutları iri, koyu ve kırmızı renkli olan çeşitler tercih edilmektedir. Bu sonuçlara göre, özellikle Gaziantep Bölgesine dışarıdan getirilmiş olan Hicaznar çeşidinin, bu çalışmadaki yerel diğer iki genotipten daha iri ve koyu renkli meyveler vermiş olmasının, incelenen özellikler bakımından yeni nar bahçesi tesisinde tercih edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca yapılacak ıslah çalışmalarında da, Hicaznarın bu özelliklerinin değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir.

#### TEŞEKKÜR

Araştırmayı (Proje No: 280) maddi açıdan destekleyen HMKÜ Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- Al-Said FA, Opara LU, Al-Yahyai RA 2009. Physico-Chemical and Textural Quality Attributes of Pomegranate Cultivars (*Punica granatum* L.) Grown in the Sultanate of Oman. *Journal of Food Engineering*, 90: 129–134.
- Boročov-Neori, H, Judeinstein S, Tripler E, Harari M, Greenberg A, Shomer, I, Holland, D, 2009. Seasonal and Cultivar Variations in Antioxidant and Sensory Quality of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 189–195.
- Boussaa, F, Zaouay, F, Burlo-Carbonell, F, Nuncio-Jauregui, N, Gmati, M, El Arbi, B, Melgarejo, P, Hernandez, F, Mars, M, 2019. Combined effects of cropping system and harvest date determine quality and nutritional value of pomegranate fruits (*Punica granatum* L. cv. Gabsi). *Scientia Horticulturae* 249:419–431.
- Caliskan O, Bayazit S, 2012. Phytochemical and Antioxidant Attributes of Autochthonous Turkish Pomegranates. *Scientia Horticulturae*, 147: 81–88.
- Çalışkan O, Bayazit S, 2013. Morpho-pomological and Chemical Diversity of Pomegranate Accessions Grown in Eastern Mediterranean Region of Turkey. *J. Agr. Sci. Tech.* 15: 1449-1460.
- Durgaç, C, Özgen, M, Şimşek, Ö, Kaçar, Y, A., Kıyga, Y, Çelebi, S, Gündüz, K, Serçe, S, 2008. Molecular and Pomological Diversity Among pomegranate (*Punica granatum* L.) Cultivars in Eastern Mediterranean Region of Turkey. *African Journal of Biotechnology* 7(9): 1294-1301.

- Durgaç, C, 2011. Türkiye’de nar yetiştiriciliği ve sorunları . I, Nar Kongresi, 13-15 Mayıs 2011,Bilecik, 15-24 s.
- Fawole, O,A, Opara, U,L, 2013a. Fruit Growth Dynamics, Respiration Rate and Physico-Textural Properties During Pomegranate Development and Ripening. *Scientia Horticulturae*, 157: 90–98.
- Fawole, O,A, Opara, U,L, 2013b. Changes in Physical Properties, Chemical and Elemental Composition and Antioxidant Capacity of Pomegranate (Cv. ‘Ruby’) Fruit at Five Maturity Stages. *Scientia Horticulturae*, 150: 37–46.
- Gölküçü M, Tokgöz H, 2008. Ülkemizde Yetiştirilen Önemli Nar (*Punica granatum* L.) Çeşitlerine Ait Nar Sularının Bazı Kalite Özellikleri. *Hasat Gıda Dergisi*, 274: 26-31.
- Gündoğdu, M,A, Şeker, M, Yılmaz, C, Gür, E, 2011. Çanakkale Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Bazı Nar (*Punica granatum* L.) Çeşit ve Tiplerinin Pomolojik ve Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, (04-08 Ekim, Şanlıurfa), Bildiriler Kitabı, 1: 630-641.
- Legua, P, Melgarejo, P, Martinez, M, Hernandez, F, 2000. Evolution of Anthocyanin Content of Four Pomegranate Cultivars (*Punica granatum* L.) During Fruit Development (In: P. Melgerajo-Moreno, J.J. Martinez-Nicolas, J. Martinez-Tome (Ed.) *Production, Processing and Marketing of Pomegranate in the Mediterranean Region: Advances in Research and Technology*, pp: 93-97, CIHEAM-IAMZ, Zaragoza.
- McGuire, R,G, 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *Hort Science*, 27(12): 1254-1255.
- Nuncio-Jáuregui N, Calín-Sánchez A, Carbonell-Barrachina A, Hernández Fca 2014. Changes in Quality Parameters, Proline, Antioxidant Activity and Color of Pomegranate (*Punica granatum* L.) as Affected by Fruit Position within Tree, Cultivar and Ripening Stage. *Scientia Horticulturae*, 165: 181–189.
- O’Grady L 2012. Effect of Postharvest Handling on Nutritional Quality of Pomegranate (*Punica granatum* L.), Master Thesis, Stellenbosch University, RSA, 124 p.
- Özdemir, M 2001. Mathematical Analysis of Color Changes and Chemical Parameters of Roasted Hazelnuts. Istanbul Technical University, Ph.D.Thesis,161 pp.
- Özgen, M, Durgac, C, Serce, S, Kaya, C 2008. Chemical and Antioxidant Properties of Pomegranate Cultivars Grown in the Mediterranean Region of Turkey. *Food Chemistry* 111: 703–706 p.
- Özgüven, A,I, 1997. World production status of pomegranate (*Punica granatum* L.). 2 nd MESFIN Meeting On Plant Genetic Resources, 5-8 August 1997, Madeira, Portugal.
- Peña ME, Artés-Hernández F, Aguayo E, Martínez-Hernández GB, Galindo A, Artés F, Gómez PA 2013. Effect of Sustained Deficit Irrigation on Physicochemical Properties, Bioactive Compounds and Postharvest Life of Pomegranate Fruit (cv.‘Mollar de Elche’). *Postharvest Biology and Technology*, 86: 171-180.
- Schubert, S,Y, Lansky, E,P, Neeman, I, 1999. Antioxidant and eicosanoid enzyme inhibition properties of pomegranate seed oil and fermented juice flavonoids. *Journal of Ethnopharmacology*, 66:11-17.
- Selcuk N, Erkan M 2014. Changes in Antioxidant Activity and Postharvest Quality of Sweet Pomegranates Cv. Hicranar Under Modified Atmosphere Packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 92: 29-36.
- Toplu C, Ayanoglu H, Özdemir E, Bayazit S, Gündüz K, Yıldız E, Yılmaz S, Onur C 2007. Melez Nar Tiplerinin Kırıkhan-Hatay Ekolojisindeki Pomolojik Özellikleri. Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildiriler Kitabı, (04-07 Eylül, Erzurum), 1: 246-251.
- Türker S, Polat AA, Bindak, R 2018. Bazı Nar Genotiplerinin Gaziantep Ekolojisindeki Kalite Özellikleri. *International Congress on Vocational and Technical Sciences-III*, 5: 3347-3356.
- Yaman S, Öcal Ö, Toprak Z, Avcı F, Beyazit S, Çalışkan O 2015. Farklı Yükseltelerde Yetiştirilen “Hicaznar” Çeşidinin Meyve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Meyve Bilimi Dergisi*, 2(2): 9-15.
- Yıldız H, Bozkurt H, İcier F. (2009). Ohmic and conventional heating of pomegranate juice: Effects on rheology, color, and total phenolics. *Food Sci. Tech Int*; 15(5), 503-512.
- Yılmaz C. (2005). Narda Derim Öncesi Meyve Çatlama Anomisi ve Fizyolojisi. Çukurova Üni. Ziraat Fak. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Adana, 250 s.
- Yılmaz C.(2007). Nar. Hasad Yayıncılık,190 s.
- Zerbini E, Polesollo A. (1984). Measuring the Color of Apple Skin by Two Different Techniques. *Proceeding of the Workshop on Pome-Fruit Quality*. S.:161- 171.

**ALÜMİNYUM ESASLI HİBRİT KOMPOZİT MALZEMEDE MERMER TOZUNUN  
KÖPÜRMEYE ETKİSİ****EFFECT OF MARBLE POWDER ON FOAM IN ALUMINUM BASED HYBRID COMPOSITE  
MATERIAL****Mehtap MURATOĞLU**Prof. Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)**Büşra ALTUNTAŞ**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,

**Selin BAYDEMİR**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,

**Tuğçe ÖZCAN**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,

**ÖZET**

Köpük metal, gaz gözeneklerinin ince film tabakalarla ayrıldığı ve sürekli matrisin hacim oranının genellikle küçük olduğu (10-30%) sentetik hücresel bir malzemedir. Normal metallere karşılık, metal köpükler polimer köpüklerin ve ağaçların kullanılmadığı özel ortamlarda ve sıcaklıklarda mühendislik uygulamaları için bazı sıra dışı avantajlar sunarlar. Metalik köpüklerin, polimerik olanlara göre çeşitli mühendislik özellikleri daha üstündür: daha serttirler, yüksek sıcaklıklarda daha stabildirler, üstün yanma direncine sahiptirler, yangında zehirli dumanlar üretmezler. Daha da fazlası bu malzemeler kirlilik ya da çöp problemi olmadan tamamıyla geri dönüştürülebilirler. Metalik köpüklerin yüksek dayanım, düşük yoğunluk, titreşim, ses ve enerji sönmleme gibi özelliklerinden dolayı özellikle otomotiv, demir yolu taşımacılığı, gemi yapımı, hafif konstrüksiyonlar, uçak ve uzay sanayi gibi alanlarda kullanımına ilişkin yoğun çalışmalar devam etmektedir. Metalik köpük malzemeler arasında Al esaslı metalik köpükler, kapalı hücre yapıları ve hafiflikleri ile göze çarpmaktadırlar. Alüminyumun bulunabilirliği, elde edilmesi, üretimi ve hafifliği nedeniyle bir ileri teknoloji malzemesi olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada; toz metalürjisi yöntemi kullanılarak alüminyum matrise farklı oranlarda köpürtücü ajan, farklı tane boyutlarında takviye elemanı kullanılarak köpük üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla, matris olarak Al, takviye olarak geliştirilmiş perlit (%3 oranında 1-3-5 mm), köpürtücü ajan olarak ise farklı oranlarda (%5-%10 oranlarında) mermer tozu kullanılmıştır. Numuneler 900°C' de 30 dakika köpürme işlemine tabi tutuldu ve 550°C' de 3 saat sinterlenmiştir. Elde edilen numunelerin yoğunluk, SEM ve EDX analizleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre artan mermer tozu ilavesi sonucunda yoğunluk oranının artmasıyla birlikte gözenekliliğin arttığı ve daha fazla köpürme etkisi gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Metal Köpük, Genleştirilmiş Perlit, Alüminyum, Mermer Tozu**ABSTRACT**

Foam metal is a synthetic cellular material in which the gas pores are separated by thin film layers and the volume ratio of the continuous matrix is generally small (10-30%). In contrast to normal metals, metal foams offer some exceptional advantages for engineering applications in special environments and temperatures where polymer foams and trees cannot be used. Metallic foams have superior engineering properties compared to polymeric ones: they are harder, more stable at high temperatures, have superior combustion resistance, do not produce toxic fumes in fire. Moreover, these materials can be completely recycled without pollution or waste problems. Due to the high strength, low density, vibration, sound and energy damping properties of metallic foams, intensive studies continue to be used especially in automotive, railway transportation, shipbuilding, light constructions, aircraft and space industries. Among the metallic foam materials, Al-based metallic foams are distinguished by their closed-cell structure and light weight. Aluminum is known to be a high-tech material because of its availability, availability, production and lightness.

In this study; It is aimed to produce foaming agent with different proportions of foaming agent to aluminum matrix by using powder metallurgy method and reinforcing element of different grain sizes.

For this purpose, Al was used as matrix, expanded perlite (1-3-5 mm in 3%) and marble powder was used as foaming agent in different ratios (5-10%). The samples were foamed for 30 minutes at 900°C and sintered at 550°C for 3 hours. Density, SEM and EDX analysis of the samples were performed. According to the evaluations, increased porosity and increased foaming effect were observed as a result of increasing marble powder addition.

**Keywords:** Metal Foam, Expanded Perlite, Aluminum, Marble Powder

## 1.GİRİŞ

Metal köpük boşluklu yapıya sahip metaller için kullanılan genel terimdir. Metal köpük isimlendirmesinin yanı sıra hücreli metaller, gözenekli metaller, metal süngerler terimleri metal köpüklerin sınıflandırılmalarında sürekli kullanılmaktadır. Bu terimlerin kendi aralarındaki ana fark gözenek yapıların morfolojisinden meydana gelmektedir. Kendi aralarında homojen gözeneklere sahip yapılar köpük veya hücreli metal olarak sınıflandırılırken diğer kategorideki yapılar gözenekli veya sünger olarak nitelendirilebilir. Köpürtücü sınıfındaki malzeme metalik özelliğe sahip ise ve katılaştıktan sonra boşluklu yapıya sahip ise bu yapılara metal köpük adı verilir [1].

Metal köpükler kullanım ve tercih edilme özellikleri sebebiyle önemi sürekli artan malzemeler arasındadır. Kullanım ve tercih edilmelerinin ana sebepleri hafif olmaları ve çok iyi ses ve izolasyon sağlamaları, enerji absorblleme yeteneklerinden dolayı araçlarda tercih edilmeleri kullanım alanlarının artmasına sebep olmaktadır [2].

Mukavemet ve hafiflik özellikleri göz önüne alındıklarında, titreşimi minimize etme kapasitesi ve yanmazlık özellikleri nedeni ile deniz taşımacılığında, kara ve hava taşımacılığında, kapak ve özel imalat parçaların yapımında kullanılması önemli özellikleri arasında sayılmaktadır. Özellikle alüminyum esaslı metal köpükler, farklı mimari ve dekorasyon uygulamalarında tercih edilen malzeme kategorisinde son zamanlarda oldukça dikkat çekmektedirler. Alüminyum köpükler, birçok metalden daha fazla enerji sönmüleyebilen malzemelerdir [3].

Metal köpükler, gaz gözeneklerin ince tabakalarla ayrıldığı ve hacim oranının genellikle çok düşük olduğu malzemelerdir. Metallerle karşılaştırıldıklarında, polimer köpüklerin ve ahşabın kullanılmadığı nadir ortamlarda ve ısı farklılıklar da mimari ve mühendislik alanlar için avantaj sağlamaktadırlar [4]. Metal köpükler, polimer köpüklerle kıyaslandıklarında teknik özellikleri bakımından öndedirler: daha serttirler, yüksek ısı değerlerinde daha kararlıdır, alev durdurma özelliğine sahiptirler ve yangında zehirli gazlar üretmezler ve en önemli özelliklerinden biri de bu malzemeler doğaya hiçbir şekilde zararı olmayan tamamıyla çevreci ürünlerdir. Metal köpükler çarpışma yönün ve durumuna bağlı olmaksızın yüksek enerji sönmümler ve ses yalıtımında, elektromanyetik perdelemede, titreşim gidermede oldukça fazla kullanım alanlarına sahiptirler [5].

Metal köpük malzemelerin başlıca kullanım alanları arasında oto sanayi, demiryolu ve inşaat malzemeleri, astronomik parçalar, kara hava ve deniz taşımacılığında kullanılan parçaların üretimini ve spor malzemelerinin yapımı, biyomedikal uygulamalar, işlevsel kullanım alanları arasında ise filtreleme, klima sistemleri, elektrokimyasal uygulamalar, su arıtma infiltrasyon, sıvı saklama sektörel bazdaki alanlar en önemli uygulama alanlarıdır [6].

Metalik köpük malzemelerle diğer köpük malzemeler arasında fiziksel ve mekanik özellikler açısından değişiklikler vardır. Polimer malzemeler sağlam ve dayanıklı değildir ve seramik malzemeler de fazla kırılabilir bir yapıya sahiptirler. Bu sebeplerden dolayı metalik köpük yapıları kullanmak birçok avantajı beraberinde getirmektedir [7].

Yeni malzeme sınıflarından olan metal köpükler yoğunluğunun düşük olması, ayrıca mekanik ve fiziksel özellikleri ile önem teşkil etmektedir. Bunun yanı sıra metal köpükler termal, elektriksel ve akustik özellikleri ile de ileri bir malzeme türüdür. Metal köpükler, üretildikleri malzemeyle karşılaştırıldıklarında farklı belirleyici özellikler gösteren buluş niteliğinde malzemelerdir [8].

Bu çalışmada; toz metalürjisi yöntemi kullanılarak alüminyum matrisle farklı oranlarda köpürtücü ajan, farklı boyutlarda takviye elemanı kullanılarak köpük üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla, matris olarak Al, takviye olarak geliştirilmiş perlit (%3 oranında 1-3-5 mm), köpürtücü ajan olarak ise farklı oranlarda (%5-%10 oranlarında) mermer tozu kullanılmıştır. Mermer tozu içerisinde yüksek oranda kalsit vardır. Kalsit karbonatlı kayaçları oluşturan ve kimyasal formülü  $\text{CaCO}_3$  olan endüstriyel bir mineraldir. Çeşitli şekillerde kristalleşebilen mineral, camsı parlaklıkta ve renksiz saydam yapıdadır. Öğütüldüğünde beyaz renkli bir toz elde edilir. Kalker ya da kireç taşı olarak adlandırılan karbonatlı kayaçlar suyun doğrudan kristalleşmesi veya deniz canlılarının kabuklarının birikip sıkışması ile oluşmuştur [9]. Kalsiyum karbonatın doğada bulunduğu kayaçlar içinde en yoğun bilinenleri, aragonit, kalsit, vaterit, tebeşir, kireç taşı, mermer ve travertendir. Elazığ bölgesinde de oldukça geniş bir alanda mermer bulunduğu için kalsiyum karbonat yerine köpürtücü ajan olarak mermer tozu kullanılmıştır.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada toz metalürjisi yöntemiyle Al kompozit köpük üretimi yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; matris olarak Al, takviye olarak geliştirilmiş perlit (%3 oranında, 1-3-5 mm boyutlarında), köpürtücü ajan olarak ise mermer tozu kullanılarak metalik köpük, toz metalürjisi yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Toz metalürjisiyle üretilecek numuneler; Al tozuna %3 oranında perlit hassas terazide tartılarak 20 dakika süreyle mekanik olarak karıştırılmıştır. Hazırlanan toz karışımları 300 bar presleme kapasitesine sahip hidrolik preste gerçekleştirilmiştir. Karışım tozları, karıştırıcıdan kalıba aktarılmadan önce kullanılan kalıp çinko stearat ile yağlanmıştır. İşlem sonrasında çapı yaklaşık 15 mm yüksekliği 12 mm olan numuneler elde edilmiştir. Preslenerek kalıplanan numuneler 900°C sıcaklıkta 15 dakika köpürtme ısıl işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra numunelere 550°C sıcaklıkta 3 saat boyunca sinterleme işlemi uygulanmıştır. En iyi köpürtme kriterlerini belirlemek için birçok şart denenmiştir.

**Tablo 1:** Numunelerin bileşim oranları

Genleştirilmiş Perlit (A) 1mm		Genleştirilmiş Perlit (B) 3mm		Genleştirilmiş Perlit (C) 5 mm	
A1	Al + % 5 Mermer Tozu + % 3 perlit	B1	Al + % 5 Mermer Tozu + % 3 perlit	C1	Al + % 5 Mermer Tozu + % 3 perlit
A2	Al + % 10 Mermer Tozu + % 3 perlit	B2	Al + % 10 Mermer Tozu + % 3 perlit	C2	Al + % 10 Mermer Tozu + % 3 perlit

### 2.1. Yoğunluk Ölçümü

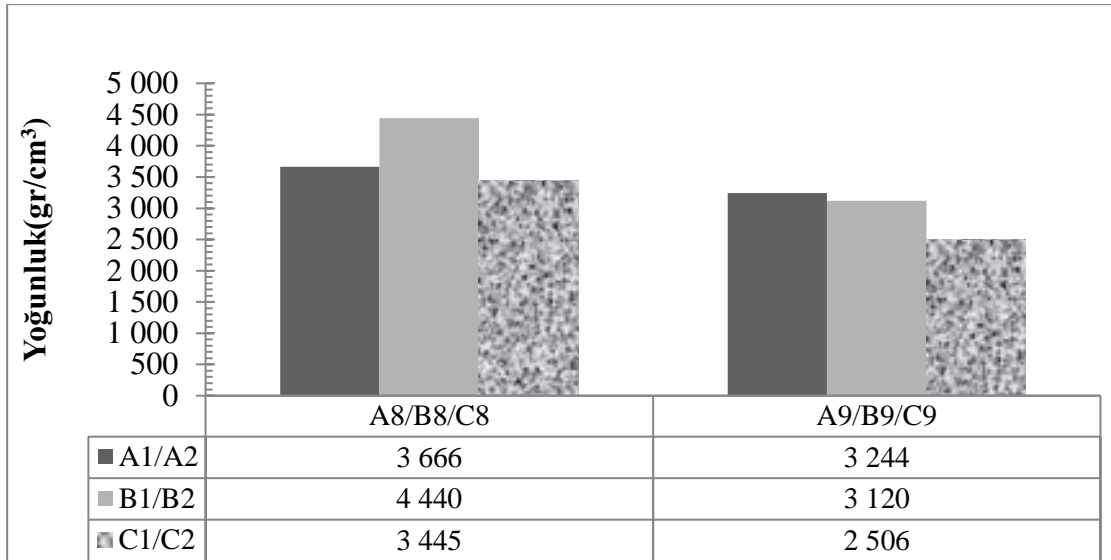
Yoğunluk hesabı sinterleme sonrası ölçülen değerlere göre hesaplanmıştır. Hassas terazide numunelerin ağırlıkları tartılmıştır. Numuneler su dolu cam mezürün içine atılarak yoğunluk hesabı aşağıda verilen denklem 2.1 ve 2.2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V = \pi R^2 H \quad 2.1$$

$$D = M/V \quad 2.2$$

V=Numunenin Hacmi, R=cam mezürün çapı, H=cam mezürde yükselen su miktarı D=Yoğunluk, M=Sinterleme sonrası ağırlık verilerine göre hesaplanmıştır.

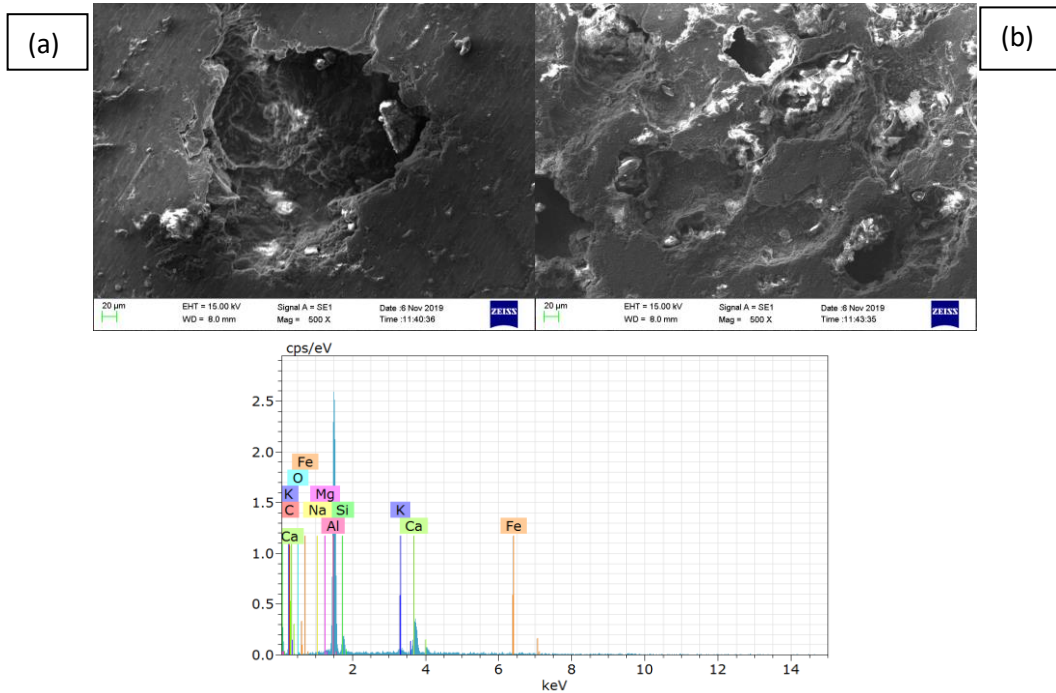




Şekil 1: Al Matrisli Numunelerde Perlitin Tane Boyutunun ve Mermer Tozunun Ağırlıkça Yüzdesinin Etkisi

Şekil 1'de görüldüğü gibi aynı koşullarda üretilen numunelerin mermer tozunun ağırlıkça artmasına bağlı olarak yoğunluğunda düşüş meydana gelmiştir. Bunun nedeni olarak ise homojen karışım, preslemedeki hatanın az olması ile birlikte mermer tozu içerisinde bulunan  $\text{CaCO}_3$  bileşiğinin 900 derecede yapılan köpürtme işleminde parçalanmasıdır. Parçalanmış  $\text{CaCO}_3$  gaz haline geçerek gözenek oluşturup yoğunluk düşüşüne sebep olduğu düşünülmektedir.

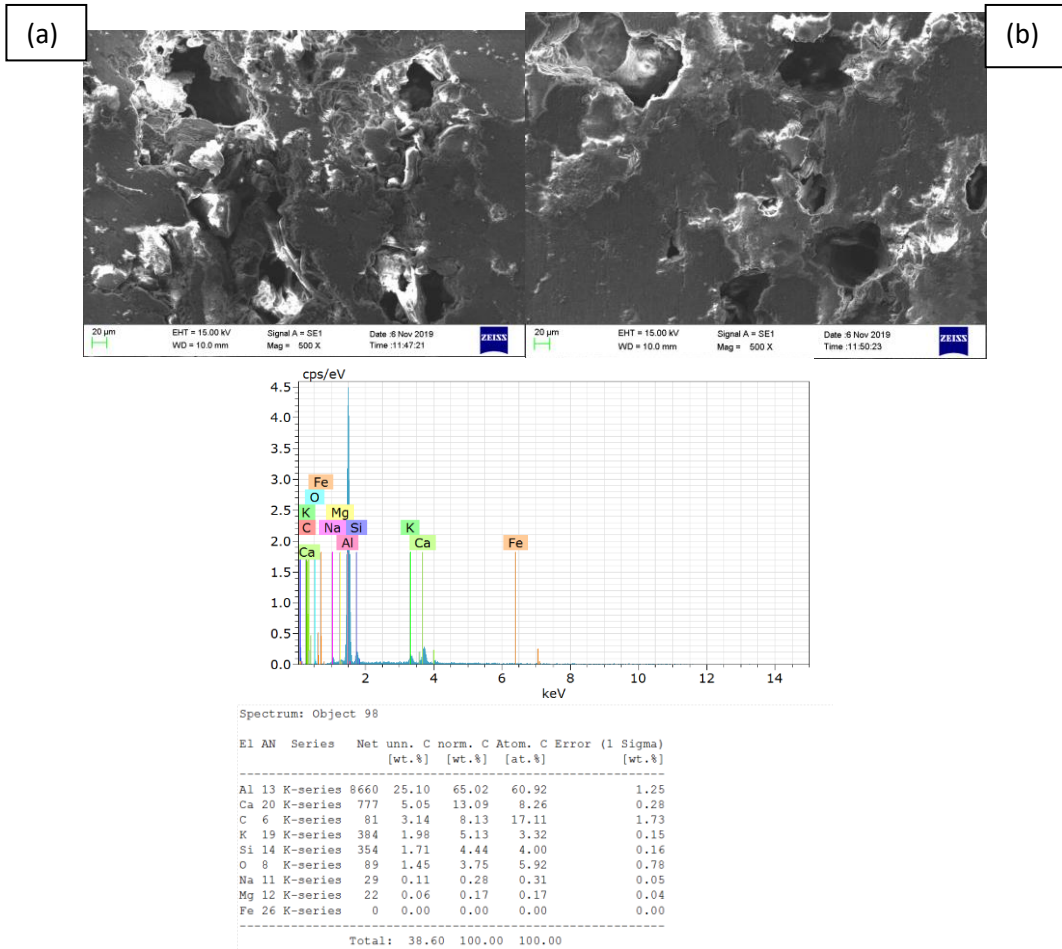
## 2.2 SEM ve EDX Analizleri



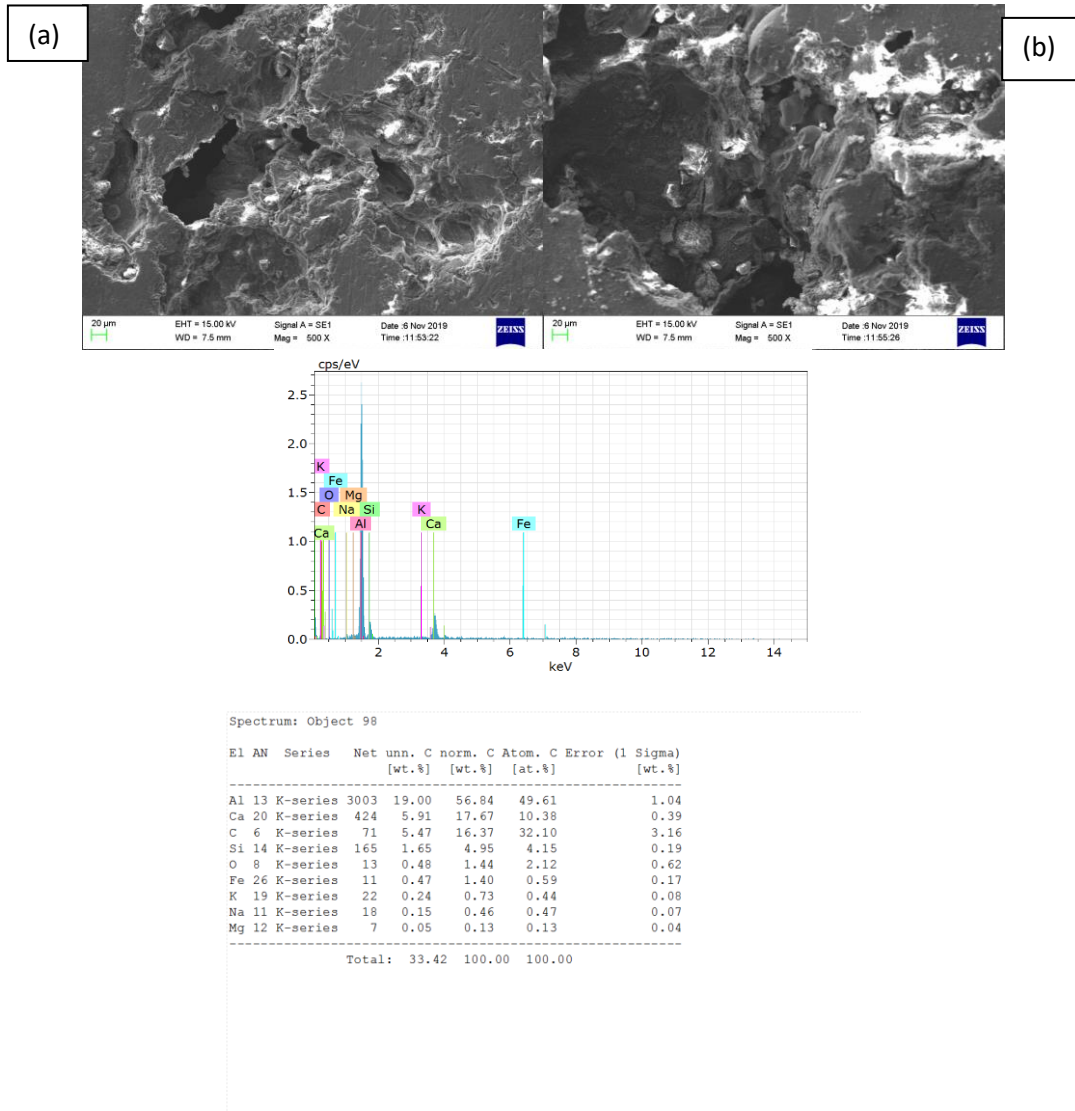
Spectrum: Object 97

El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error (1 Sigma)	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	
Al	13	K-series	3073	18.69	50.72	43.16	1.02
Ca	20	K-series	586	7.82	21.22	12.16	0.46
C	6	K-series	110	7.32	19.87	37.99	3.55
Si	14	K-series	208	1.92	5.22	4.27	0.21
K	19	K-series	65	0.68	1.84	1.08	0.12
O	8	K-series	5	0.20	0.55	0.78	0.41
Mg	12	K-series	24	0.15	0.41	0.39	0.06
Na	11	K-series	8	0.06	0.17	0.17	0.05
Fe	26	K-series	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total:			36.84	100.00	100.00		

Şekil 2: (a) 1 mm tane boyutuna sahip geliştirilmiş perlit ve %5 mermer tozu SEM görüntüsü (b) 1 mm tane boyutuna sahip geliştirilmiş perlit ve %10 mermer tozu SEM ve EDX görüntüsü



Şekil 3: (a) 3 mm tane boyutuna sahip geliştirilmiş perlit ve %5 mermer tozu SEM görüntüsü (b) 3 mm tane boyutuna sahip geliştirilmiş perlit ve %10 mermer tozu SEM ve EDX görüntüsü



Şekil 4: (a) 5 mm tane boyutuna sahip geliştirilmiş perlit ve %5 mermer tozu SEM görüntüsü (b) 5 mm tane boyutuna sahip geliştirilmiş perlit ve %10 mermer tozu SEM ve EDX görüntüsü

Köpürtücü ajan olarak %5-10 oranında mermer tozu ilave edilmiş numunelerden alınan SEM görüntüleri gösterilmiştir. Yapılan mikro yapısal incelemeler sonucunda mermer tozu yüzde (%) oranının arttıkça aynı perlit oranları içerisinde köpürme sürecini daha fazla hızlandırdığı gözlemlenmiştir. Yoğunluk verileri sırasında yapılan değerlendirmelerde göz önünde bulundurularak bunun nedeninin  $\text{CaCO}_3$ 'ün  $900^\circ\text{C}$  de parçalanarak gaz çıkışının olduğu düşünülmektedir. Çalışma sonucunda en fazla gözenek yapısı ağırlıkça %10 mermer tozu kullanılan numunede görülmektedir.

### 3.SONUÇ

Numunelerin deney aşamasında üretilme kriterleri açısından incelendiğinde köpürtme şartları optimize edilirken elde edilen sonuçlarda numunelerdeki gaz çıkışının üste doğru olduğu için üretilen tüm numunelerin orta kısmında boşluk oluştuğu gözlemlenmiştir. Kapalı potalar kullanılarak alt kısımda ve yan yüzeylerde kalan köpürmeyen yerlerin en aza indirilmesinin sağlanabileceği düşünülmektedir.

Mermer tozu ilave edilen numunelerde ise en iyi gözeneklilik %10 oranında katılan numunelerdir. Bunun nedeni ise  $\text{CaCO}_3$ 'ün  $900^\circ\text{C}$  de parçalanarak gaz çıkışının olduğu düşünülmektedir.

Perlitin tane boyutu arttıkça köpürme ajanı olarak mermer tozu ilave edilmiş olan numunelerin yoğunluk değerlerinde azalma gözlemlenmiştir.

Perliti kullanmanın hem daha ekonomik hem de işlem kolaylığı getirerek tek aşamada malzeme üretimini kolaylaştırmış olacaktır.

Çalışmamızda, sanayide artık olarak çok bulunan mermer tozunun bu amaçla yapılacak çalışmalarda daha kullanılabilir bir köpürtücü ajan olduğu görülmüştür. Mermer tozu üzerine daha fazla çalışma yapılması gerektiğini bize göstermiştir.

**KAYNAKLAR**

1. B.Deniz POLAT, Özgül KELEŞ, Yılmaz TAPTIK 2010 “Metalik Köpükler, Alüminyum Metalik Köpük ve Üretim Yöntemleri” Metal Dünyası İSTANBUL
2. Kadar, CS., Kenesei, P., Lendvai, J. ve Rajkovits, ZS., 2005, “Energy absorption properties of metal foams”, VI. Evfolyam 1. Szam, 6, January
3. Hanssen, A.G., Langseth, M., Happerstad, O.S., 2000, “Static and dynamic crushing of circular aluminium extrusions with aluminium foam filler”, J. Of Impact Eng., 24 (5): 475-507.
4. Zhenlun Song, Steven R. Nutt, 2007, “Rheology of Foaming Aluminum Melts”, Materials Science and Engineering, A 458 108–115.
5. H.-P. Degischer, B. Krisz, 2002, “Handbook of Cellular Materials”.
6. John Banhart, J., 2001, “Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams”, Progress in Materials Science, 46, 559-632.
7. Yi, F., Haiwu, Z., Zhengang, Z., Fangqiou, Z., 2002, "The Microstructure and Electrical Conductivity of Aluminum Alloy Foams", Material Chemistry and Physics, 78, 196–201.
8. M.F. Ashby, A.G. Evans, N.A. Fleck, L.J. Gibson, J.W. Hutchinson, H.N.G. Wadley, 2000, “Metal Foams A Design Guide”.
9. Stöbener K., Baumaster J., Lehms D., Stanzick H., Zöllner V., Composite based on Metallic foams: Phenomenology; Production; Properties and Principles, Int. Conf. On Advanced Metallic materials, 5-7 Nov. 2003, Smolenice, Slovakia

**HİDROTERMAL YÖNTEM KULLANILARAK İNSAN DİŞİNİN KAPLANMASI  
COATING OF BIOMATERIAL BY USING HYDROTERMAL METHOD****Mehtap MURATOĞLU**

Prof. Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,

**Büşra ALTUNTAŞ**Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)**ÖZET**

Biyomalzeme bilimi günümüzde büyük ve önemli adımların atıldığı bilim dallarından biridir. Bu bilim dalında insan veya hayvan biyolojik sistemlerinde, canlı doku ile uyum içinde etkileşim gösteren yeni malzemelerin geliştirilmesi için aşırı bir çaba bulunmaktadır. Biyolojik sistemlerde bulunan canlı dokuların görevlerini yerine getirmek veya onları desteklemek için kullanılan, sentetik veya doğal malzemeler ile yapılmış malzemeler, biyomalzemelerdir. Biyomateryaller; polimerler, metaller, seramikler ve bunların kompozitlerinden hazırlanabilir. Kompozit materyaller iki ya da daha fazla maddeden oluşurlar ve farklı maddelerin iyi özelliklerini birleştirerek daha iyi bir materyal elde etme olanağı sunarlar. Biyomalzemelerde en önemli özellik biyoyumluluk olup, kendisini çevreleyen dokuların normal değişimlerine engel olmayan ve dokuda yan etkiler oluşturmayan malzemelerdir. Vücudumuzda biyomalzemelerin başarılı bir şekilde kullanımı, malzeme özellikleri, tasarım ve kullanılan malzemelerin biyoyumluluğu gibi özelliklere bağlıdır. En yaygın kullanılan biyomalzemelerden olan hidroksiapatit (HA),  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ , doğal kemik doku ve diş ile kimyasal kompozisyondaki benzerlik ve yüksek biyoyumluluğundan dolayı dental implantlar, ortopedik, çene ve yüz cerrahisi, ilaç taşıma sistemi gibi medikal ve dental uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; insan dişi üzerine hidroksiapatite zeolit takviye edilerek elde edilen karışım hidrotermal yöntem kullanılarak kaplama yapılması amaçlanmıştır. Çalışmamızda perlitten elde edilen zeolit tozunun kaplamaya olan etkisi araştırılmak istenmiştir. Yapay zeolit elde etmek için hidrotermal cihazda dönüştürülmüştür. Hidroksiapatit kaynakları olan  $P_2O_5$  ve  $CaNO_3$  beherde saf su ile ultrasonik banyoda çözdürülüp ağırlıkça farklı oranlarda zeolit ilave edilerek zeolit etkisi gözlemlenmiştir. Elde edilen solüsyon altlık malzeme ile  $180^\circ C$  de 12 saat kaplanmak üzere yerleştirilmiştir. Kaplanan numunelere  $1100^\circ C$  de 1 saat boyunca sinterleme işlemi uygulanmıştır. Numunelerimizin SEM ve EDX analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre zeolit oranı arttıkça daha iyi sonuçlar alınmıştır. Zeolit takviye oranı arttıkça Ca/P oranı dikkate alınarak biyoyumluluk özelliğinin arttığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hibrit Kompozit, Hidrotermal Yöntem, Zeolit, Hidroksiapatit**ABSTRACT**

The science of biomaterials is one of the major disciplines in which major and important steps are taken. There is an extreme effort in this science to develop new materials in human or animal biological systems that interact in harmony with living tissue. Biomaterials are materials made from synthetic or natural materials that are used to support or support the functions of living tissues found in biological systems. Biomaterials; polymers, metals, ceramics and their composites. Composite materials are composed of two or more materials and combine the good properties of different materials to provide a better material. The most important feature of biomaterials is biocompatibility and they are materials that do not interfere with the normal changes of the surrounding tissues and do not cause side effects. The successful use of biomaterials in our body depends on properties such as material properties, design and biocompatibility of materials used. One of the most widely used biomaterials is hydroxyapatite (HA),  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ , due to its similarity and high biocompatibility with natural bone tissue and teeth, dental implants, orthopedic, maxillofacial surgery It is widely used in applications.

In this study; hydroxyapatite zeolite on the human tooth is obtained by reinforcing the mixture using the hydrothermal method is intended to be plated. In this study, we aimed to investigate the effect of zeolite powder obtained from perlite on the coating. It was converted in hydrothermal apparatus to obtain artificial zeolite. The effect of zeolite was observed by dissolving the hydroxyapatite sources  $P_2O_5$  and



CaNO<sub>3</sub> in beaker with pure water in ultrasonic bath and adding different amounts of zeolite by weight. The resulting solution was placed with the substrate at 180° C for 12 hours. The coated samples were sintered for 1 hour at 1100°C. SEM and EDX analyzes of our samples were performed. According to the obtained data, better results were obtained with increasing zeolite ratio. As the zeolite reinforcement ratio increases, it is thought that the biocompatibility property increases considering the Ca/P ratio.

**Keywords:** Hybrid Composite, Hydrothermal Method, Zeolite, Hydroxyapatite

## 1. GİRİŞ

Vücudumuzda biyomalzemelerin başarılı bir şekilde kullanımı, malzeme özellikleri, tasarım ve kullanılan malzemelerin biyouyumluluğu gibi özelliklere bağlıdır [1]. En yaygın kullanılan biyomalzemelerden olan hidroksiapatit (HA), Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>, doğal kemik doku ve diş ile kimyasal kompozisyondaki benzerlik ve yüksek biyouyumluluğundan dolayı dental implantlar, ortopedik, çene ve yüz cerrahisi, ilaç taşıma sistemi gibi medikal ve dental uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

Hidroksiapatit sentetik olarak veya doğal kaynaklardan (sığır, diş minesi vs.) elde edilebilmektedir. Hidroksiapatitin mükemmel biyouyumluluğuna ve kemiğe benzer dokulara etkin biyolojik bağlanmasına rağmen, kırılma ve düşük kırılma tokluğundan kaynaklanan zayıf mekanik özellikler yük taşıyıcı uygulamalarda kullanımını kısıtlamaktadır [3,4]. Mekanik özellikleri arttırmak amacıyla seramik, metal, visker gibi ikincil fazların ilavesiyle biyouyumluluktan ödün vermeden HA bazlı kompozit malzemeler üretilmektedir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan HA bazlı biyokompozitler, HA-alümina, HA zirkonya, HA-visker ve HA-biyocamı içermektedir [5].

Araştırmacılar, “biyomalzeme” ve “biyouyumluluk” terimlerini, malzemelerin biyolojik performanslarını belirtmek için kullanmışlardır. Biyouyumlu olan malzemeler, biyomalzeme, olarak adlandırılmıştır. Biyouyumluluk ise, uygulama sırasında malzemenin vücut sistemine uygun cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Biyouyumluluk, biyomalzemenin en değerli özelliğidir. Biyouyumlu yani, “vücutla uyuşabilir” malzeme kendisini çevreleyen dokuların anormal değişimlerine ve anormal hücre oluşumlarına neden olmayan, dokuda istenmeyen tepkiler (iltihaplanma, pıhtı oluşumu vb.) oluşturmeyen malzemelerdir. Wintermantel ve Mayer bu terimi biraz genişleterek biyomalzemenin yapısal ve yüzey uyumluluğunu ayrı ayrı tanımlamışlardır. Yüzey uyumluluğu; biyomalzemenin vücut dokularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygun olmasıdır. Yapısal uyumluluk ise; malzemenin vücut dokularının mekanik davranışına sağladığı optimum uyumdur [6].

Biyoyumlu malzemeler, çevrelerindeki yapılara zarar vermez, anormal iltihap oluşturan tepkilerine neden olmaz, alerjik veya bağışıklık sistemini etkileyecek reaksiyonları tetiklemez ve kansere yol açmazlar. Biyomalzeme kullanılarak üretilmiş bir implantın işlevselliğinde öneme sahip diğer biyouyumluluk parametreleri ise (1) mukavemet, tokluk ve yorulma özellikleri gibi mekanik özellikler; (2) eğer malzeme göz, cilt veya dişlerde kullanılacaksa uygun optik özellikler ve (3) uygun yoğunluktur. Söz konusu implantın sterilize edilebilir olması, üretilebilirliği, uzun süre muhafaza edilebilme koşulları ve uygun mühendislik tasarımı da göz önünde bulundurulmalıdır [7].

Seramik malzemeler kırılma dayanımları, gözenekli yapıları, düşük çekme kuvvetleri ve düşük darbe dayanımlarına rağmen uzun yıllardır medikal malzemeler olarak kullanılmaktadır. Yakın zamanlarda gelişen yeni yöntemlerle, seramikler birçok değişik biyomalzeme alanında kullanılmaktadır. Böylece seramikler ve kompozitler vücut içinde kemik yerine geçebilen biyomalzemeler olarak uygulanmaya başlanmıştır. İmplant olarak kullanılan seramik malzemeler vücut sıvılarına inert olması ve yüksek basma dayanımları avantajlarından dolayı medikal uygulamalarda tercih edilmektedirler. Bazı karbon bazlı seramikler kan sıvısıyla etkileşime girmediklerinden kalp kapakçığı olarak kullanılmaktadır. Bazı tümörlerin tedavisinde kullanılmak üzere özel olarak geliştirilmiş cam malzemeler de mevcuttur [7,8].

Hidroksiapatit (HA, Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>) biyoaktivitesinden dolayı kimyasal olarak canlı kemiğe bağlanabilen, mükemmel biyouyumluluğu ile bilinen ortopedik ve dental uygulamalarda kullanılabilen en popüler biyoseramik malzemedir [9,10].

Doğal ve sentetik olarak elde edilen apatitler biyoaktif malzemelerdir. Vücudun kemik dokusuyla güçlü kimyasal bağlar kurarak şekillenirler. Kireçlenmiş dokuların (diş minesi, dentin, kemik) ve bazı patolojik kireçlenmelerin (diş taşı ve böbrek taşı) mineral fazlarını içeren biyolojik apatitler ve saf hidroksiapatit stokiometri, kompozisyon, kristallik ve diğer fiziksel ve mekanik özellikler bakımından farklılıklar göstermektedir. Kemik ve diş gibi biyolojik apatitler, florit gibi birçok eser element içermektedir. Bu eser elementlerin apatitin başlangıç çekirdeklenmesine katkı sağladığı düşünülmektedir [11].

Bu çalışmada ; hidroksiapatit matris içerisine farklı oranlarda(%10-%20-%30-%50) takviye elemanları kullanılarak diştten elde edilen altlık üzerine hidrotermal yöntemle kaplama yapılmıştır.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Çalışmamızda, hidroksiapatit matris içerisine farklı oranlarda(%10-%20-%30-%50) takviye elemanları kullanılarak biyomalzeme altlık üzerine kaplama yapılmıştır. Altlık malzeme olarak doğal hidroksiapatit (diş tozu), matris olarak sentetik hidroksiapatit hazırlanmıştır, takviye elemanı olarak ise hazır alınan zeolit, perlitten dönüştürülen zeolit kullanılmıştır. Çalışmamızda perlitten elde edilen zeolit tozunun kaplamaya olan etkisi araştırılmak istenmiştir. İlk olarak çekilmiş olarak alınan dişlere 850°C de kalsinasyon işlemi uygulanarak sınırlarından ayrılmıştır. Kalsinasyon işlemi uygulandıktan dişler 150 mesh boyutunda elenmiştir. Elde edilen tozlar hidrolik basınç altında preslenerek altlık malzemelerimiz üretilmiştir. Perlitten zeolit elde etmek için, 3 gram NaOH 1 gr genişletilmiş perlit hidrotermal cihazda dönüştürülmüştür. Daha sonra altlığımız üzerine hazırladığımız hibrit kompozit malzeme 180°C' de 12 saat boyunca hidrotermal olarak kaplanmıştır.

### 2.1 Altlık Malzemenin Hazırlanması

Altlık malzemesi hazırlamak için diş hekimlerinden toplanan yetişkin insan dişleri 850°C de 3 saat boyunca kalsiyon işlemi uygulanmıştır. Bu sıcaklıkta kalsine edilen dişlerin sınırlarından ayrıldığı gözlemlenmiştir. Daha sonra kalsine edilen diş tozları öğütme işlemine tabi tutulmuştur ve ardından 150 mesh boyutundaki tozlar elde etmek için elek analizi yapılmıştır.

### 2.2 Kaplama Solüsyonunun Hazırlanması

Numune yüzeyini kaplama yapabilmek için kalsiyum nitrat  $Ca(NO_3)$  ve di fosfor pentaoksit ( $P_2O_5$ ) Ca ve P sağlayıcıları olarak seçilmiştir. Stokiometrik oranı 1.67 (Ca/P) olacak şekilde ayrı ayrı karıştırılarak çözündürüldükten sonra Ca içerikli çözelti P içerikli çözelti içerisine ilave edilmiştir. Belirlemiş olduğumuz zeolit oranlarında ayrı bir kap içerisinde çözündürülüp eklenmiştir. Manyetik karıştırıcı üzerinde ki solüsyonun pH değerinin 10 olması  $NH_3$  ile sağlanmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra çözelti manyetik karıştırıcı ile oda sıcaklığında karışmaya bırakılmıştır.

### 2.3 Perlitten Zeolit Dönüşümü

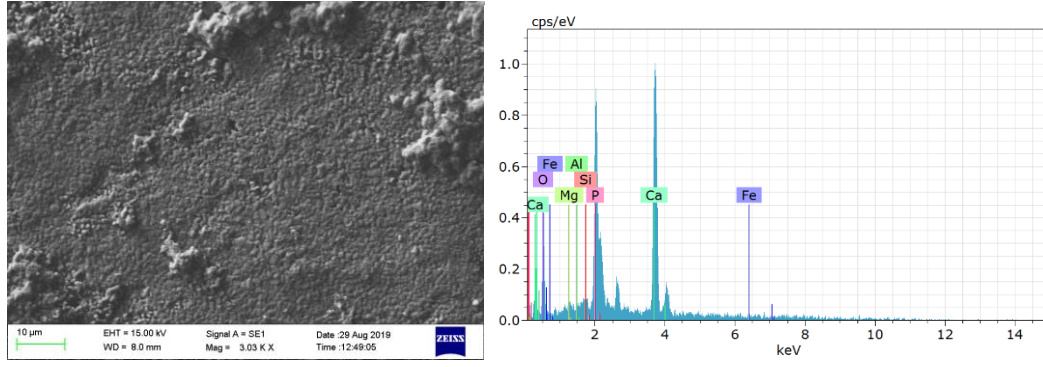
Kullanılan başlangıç malzemesi 100 mikron boyutundaki genişletilmiş perlittir. Sentez konsantrasyonu için 5.0 M NaOH (sodyum hidroksit) sulu çözeltisi ile perlit karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Katı çözelti oranı 1:15 g/ml olacak şekilde ayarlandı. Reaksiyonlar atmosferik basınç altında 90°C' de 24 saat boyunca gerçekleştirildi. İşlem sonrasında katı ürün süzülerek damıtılmış su ile yıkandı.

Tablo 1: kaplama için hazırlanan solüsyon içeriği

Kaplama için hazırlanan solüsyon
B1:SHA + %10 zeolit
B2:SHA + %20 zeolit
B3:SHA + %30 zeolit
B4:SHA + %50 zeolit

### 2.4 SEM ve EDX sonuçları

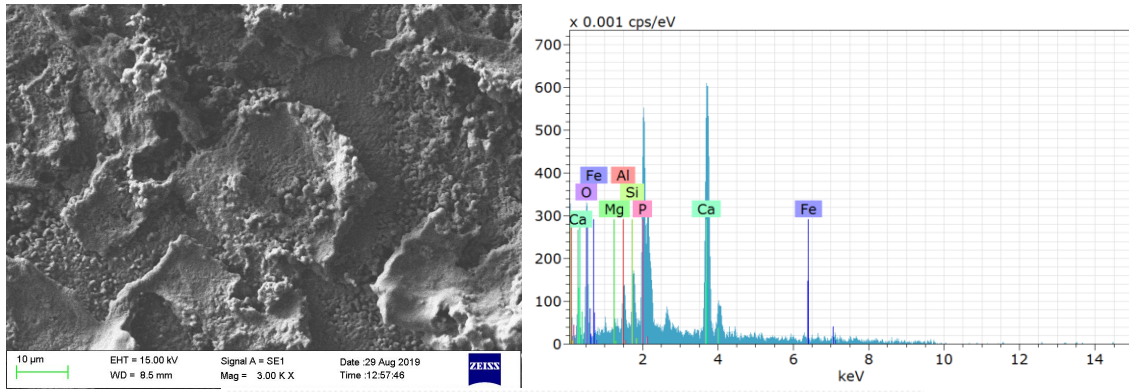
Numunelerin yüzeyleri DENTON VACUUM-DESK V kullanılarak altın ile kaplanmıştır. Daha sonra numunelerin içyapıları ZEISS marka EVA/ MA10 model taramalı elektron mikroskupu (SEM) ile belirlenmiş ve her numunenin EDX analizleri alınmıştır



Spectrum: Object 8

El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	Error (1 Sigma)	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	
Ca	20	K-series	1971	16.31	46.88	29.33	0.67
O	8	K-series	412	12.63	36.31	56.91	3.78
P	15	K-series	1223	5.52	15.85	12.84	0.32
Mg	12	K-series	22	0.12	0.35	0.37	0.06
Si	14	K-series	25	0.11	0.32	0.28	0.05
Al	13	K-series	21	0.10	0.30	0.27	0.05
Fe	26	K-series	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total:			34.79	100.00	100.00		

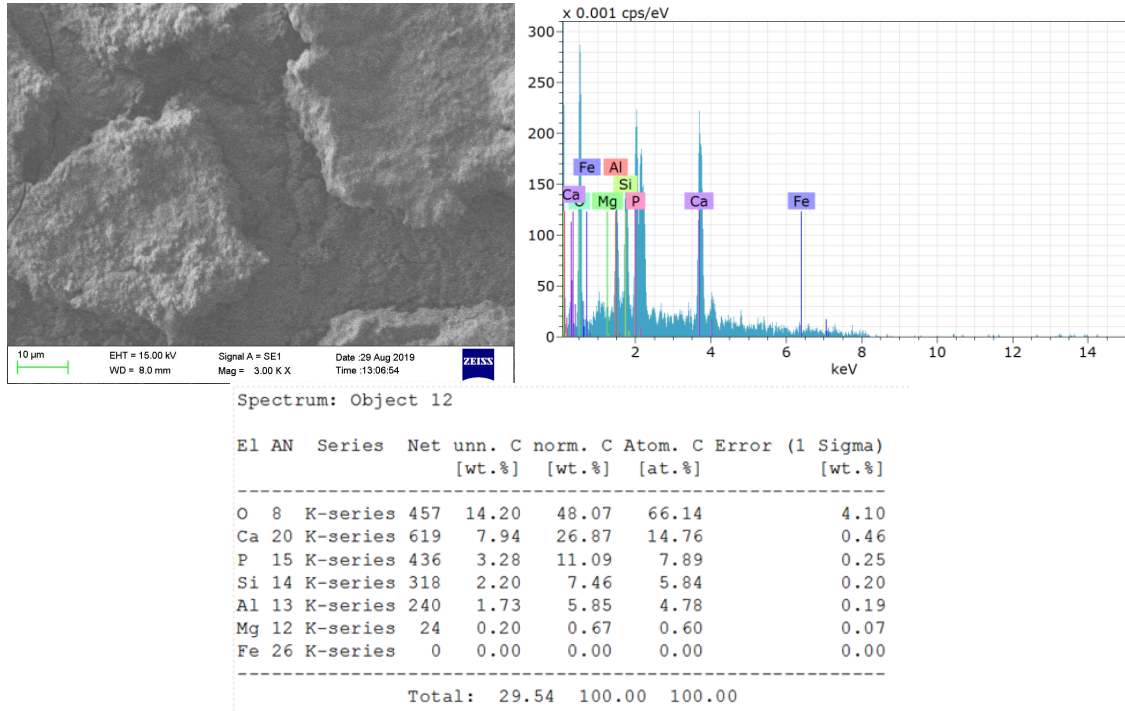
Şekil 1: (B1) Hidroksiapatit ve % 10 oranında genişletilmiş perlitten elde edilen zeolit



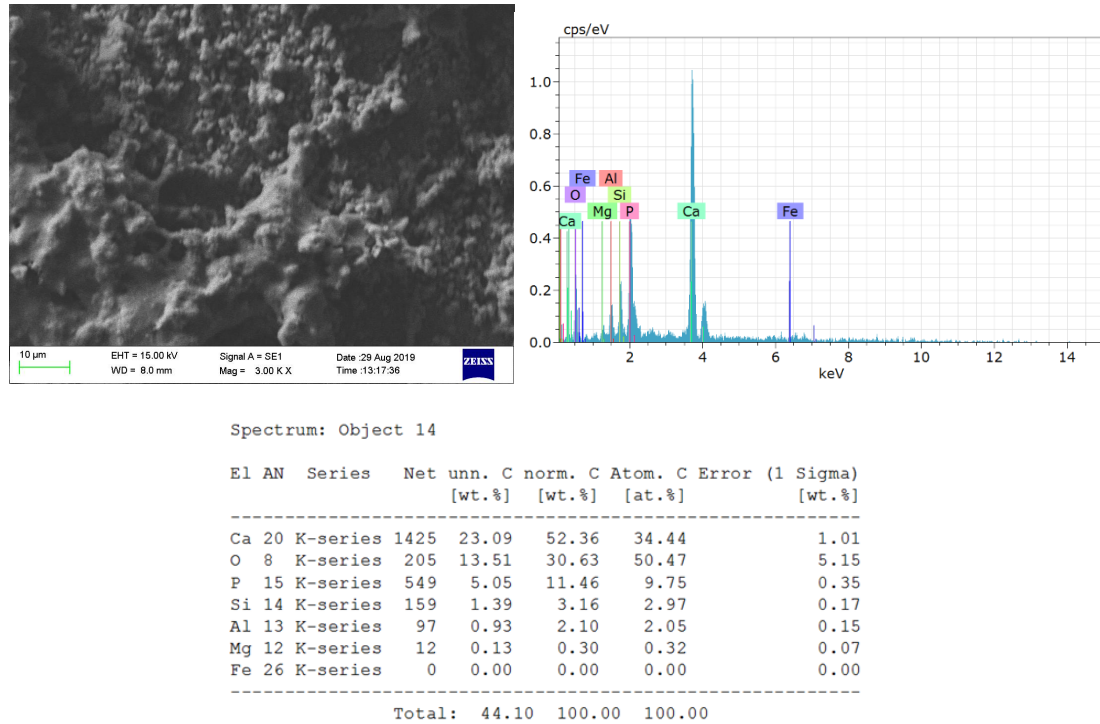
Spectrum: Object 10

El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	Error (1 Sigma)	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	
Ca	20	K-series	1303	13.98	40.47	24.26	0.64
O	8	K-series	393	13.81	40.00	60.05	4.19
P	15	K-series	803	4.83	13.98	10.84	0.31
Si	14	K-series	190	1.08	3.13	2.68	0.13
Al	13	K-series	120	0.74	2.14	1.91	0.11
Mg	12	K-series	13	0.09	0.27	0.27	0.05
Fe	26	K-series	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total:			34.53	100.00	100.00		

Şekil 2:(B2) Hidroksiapatit ve % 20 oranında genişletilmiş perlitten elde edilen zeolit



Şekil 3:(B3) Hidroksiapatit ve % 30 oranında genişletilmiş perlitten elde edilen zeolit



Şekil 4: (B4) Hidroksiapatit ve % 50 oranında genişletilmiş perlitten elde edilen zeolit

Yüzey kaplamasının analizi için her bir numunenin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi, Enerji Dağılımlı X-ışınları Spektroskopisi (EDX) analizi, yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Görüntüler 3000 büyütmede alınmıştır ve takviye oranları attıkça oluşan gözenekli yapılar ve gözenekler arası bağlantılar daha açık bir şekilde görülmektedir. EDX sonuçların Ca ve P elementlerinin atomik ağırlıkları incelenmiştir. Numunelerin yüzeyindeki Ca ve P elementleri karşılaştırıldığında, 180°C'de 12 saat bekleme süresi ile yapılan Hidroksiapatit kaplama işleminin başarılı olduğu düşünülmektedir. Gözenekli yapıların yanı sıra gözenekler arasında yoğun ve pürüzlü yapılar oluştuğu da gözlenmektedir. Oluşan porozlu yapı, biyoseramik malzemenin kemik dokuya uyumunu arttıracaktır.



**3. SONUÇ**

Kemik yerine kullanılacak şekillendirilmiş HA plakalarının en büyük dezavantajı mekanik özelliklerinin doğal kemik kadar olmamasıdır. Bu nedenle farklı katkı ve tekniklerle HA plakaların güçlendirilmesi üzerine çalışmalar birçok bilim adamının ilgisini çekmektedir. Kullanılan takviye malzemesi ile HA' in mekanik özelliklerinin geliştirildiği düşünülmektedir.

Takviye oranları arttıkça gözenekliliğin ve porozlu yapının arttığı görülmüştür. Böylece vücut içerisinde daha iyi bağ yapabileceği sonucuna varılabilir.

Hidroksiapatit esaslı solüsyonun numune üzerine uygulanan kaplama işleminden sonra Ca ve P elementlerine rastlanmıştır. Bu elementlerin oranları sonucuna bakılarak biyouyumlu malzeme elde edildiği görülmektedir.

**KAYNAKLAR**

1. Wong, J. Y., Bronzino, J. D. (2007). *Biomaterials*, CRC Press, Taylor&Francis Group, LLC.
2. Albayrak, O., Öncel, C., Tefek, M., and Altıntaş, S. (2007). Effects of Calcination on Electrodeposition of Naturally Derived and Chemically Synthesized Hydroxyapatite. *Rev. Adv. Mater. Sci.*, 15 10-15.
3. Gündüz, O., Oktar, F. N., Öz, B., Altundal, H., Agathopoulos, S., Salman, S., and Öveçoğlu, L. (2006). Sintering Effect on Mechanical Properties of Composites of Enamel Derived Hydroxyapatite (EHA) and Titanium. *Key Engineering Materials*, 309-311, 1137-1140.
4. Oktar, F. N., Aydın, H., Göller, G., Agathopoulos, S., Rocha, G., Sennaroglu, B., and Kayalı, S. (2006). Influence of Sintering Temperature on Mechanical Properties of Biologically Derived Hydroxyapatite Bodies. *Key Engineering Materials*, 309-311, 45-48.
5. Nath, S., Biswas, K., Wang, K., Bordia, R.K., and Basu, B. (2010). Sintering, Phase Stability, and Properties of Calcium Phosphate-Mullite Composites. *J. Am. Ceram. Soc.*, 93,6,1639-1649.
6. Erkan, M.E. (2005). Biyoaktif Seramik Katkılı Kemik Çimentosunun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
7. Köseoğlu, N.C. (2009). Hidroksiapatit/ Biyoaktif Cam İnce Filmlerinin Üretilmesi ve *in vitro* Davranışlarının İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
8. Kıyıcı, İ.A., (2011). Plazma Püskürtme Yöntemiyle Üretilen Hidroksiapatit- Cam Kompozit Kaplamaların Karakterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
9. Janus, A.M., Faryna, M., Haberko, K., Rakowska, A., and Panz, T. (2008). Chemical and Microstructural Characterization of Natural Hydroxyapatite Derived from Pig Bones. *Microchim Acta*, 161,349- 353.
10. Watazu, A., Kamiya, A., Zhu, J., Nonami, T., Sonoda, T., Shi, W., and Naganuma, K. (2003) Mechanical Properties of Hydroxyapatite- Granule-Implanted Titanium Alloy. *Key Engineering Materials*, 240- 242, 931-934.
11. Oktar, F.N., Göller, G., Yetmez, M. and Toykan, D. (2003). Effects of Bond-Coatings on Plasma Sprayed Calciumphosphate Coatings, *Key Engineering Materials*, 240-242, 315-318.



**YUMURTA KABUĞU /TiO<sub>2</sub> TAKVİYELİ HİDROKSİYAPATİT KOMPOZİTLERİN  
İNCELENMESİ**  
INVESTIGATION OF EGGSHELL / TiO<sub>2</sub> REINFORCED HYDROXYAPATİTE COMPOSİTES**Mehtap MURATOĞLU**Prof. Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği  
Bölümü**Selin BAYDEMİR**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Anabilim Dalı

**Büşra ALTUNTAŞ**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Anabilim Dalı

**Tuğçe ÖZCAN**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Anabilim Dalı

**ÖZET**

Günümüzde önemi ve uygulama alanı gittikçe artan biyoyumlu, güvenilir ve etkin olan biyomalzemeler, insan vücudundaki organ ya da canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek veya desteklemek amacıyla kullanılan malzemeler olup, sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut sıvıları ile temas halindedirler. Hidroksiapatitin biyoyumlu ve biyoaktif bir malzeme olmasına karşın, zayıf mekanik özellikler göstermesi implant malzemesi olarak kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, biyoyumluluktan ödün vermeden mukavemet ve tokluğu arttıran hidroksiapatit bazlı kompozitlerin üretim ihtiyacı gündeme gelmiştir.

Bu çalışmada, yumurta kabuğu ve TiO<sub>2</sub> takviyeli, hidroksiapatit matrisli kompozit malzeme üretilmiştir. Hidroksiapatit matrise ağırlıkça %5, 10 ve 20 oranlarında yumurta kabuğu ve ağırlıkça %5, 10 ve 15 oranlarında TiO<sub>2</sub> takviye edilmiştir. Yumurta kabuğu, geniş element içeriği ve doğal biyolojik kökeninden ötürü insan kemiğine benzer olduğu düşünülerek eklenmiştir. TiO<sub>2</sub> takviyesiyle de kemik hücre gelişimini ve hücre büyümesini arttırmak amaçlanmıştır. Numuneler mekanik karıştırıcı ile 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırılan tozlar çinko streat ile yağlanmış kalıplara dökülüp, 25 MPa basınç altında soğuk presle kompaktlanmıştır. Elde edilen numuneler 900<sup>0</sup> C de 1 saat boyunca sinterlenmiştir. Üretilen numunelerin, Arşimet prensibi ile yoğunluk, su emme yüzdesi, görünür porozite yüzdesi hesaplanıp, XRD ve SEM analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak, takviye elemanı olan yumurta kabuğunun ağırlıkça yüzdesi arttıkça daha pürüzlü ve gözenekli yapılar gözlenmiştir. Bununla birlikte TiO<sub>2</sub>'nin ağırlıkça yüzdesinin artmasıyla da gözenekli yapılar oluşmuştur. Ayrıca elde edilen XRD analizine göre kalsiyum fosfatlı ve titanyum fosfatlı yapılar elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidroksiapatit, Yumurta Kabuğu, TiO<sub>2</sub>**ABSTRACT**

Biocompatible with increasing importance and application area, reliable and efficient biomaterials, materials used to perform or support the functions of organs or living tissues in the human body; they are in contact with body fluids continuously or periodically. Although hydroxyapatite is a biocompatible and bioactive material, its weak mechanical properties restrict its use as implant material. Therefore, the need for production of hydroxyapatite-based composites, which increases strength and toughness without compromising biocompatibility, has been brought to the agenda.

In this study, eggshell and TiO<sub>2</sub> reinforced, hydroxyapatite matrix composite material was produced. 5, 10 and 20% by weight of eggshell and 5, 10 and 15% by weight of TiO<sub>2</sub> were fortified to the hydroxyapatite matrix. The eggshell was added with the assumption that it was similar to human bone due to its large element content and natural biological origin. TiO<sub>2</sub> supplementation was also aimed to increase bone cell growth and cell growth. The samples were mixed with a mechanical stirrer for 30 minutes. Mixed powders are poured into molds lubricated with zinc streat, compacted with cold press under 25 MPa pressure. The samples were sintered at 900<sup>0</sup> C for 1 hour. The density, water absorption percentage, apparent porosity percentage of the samples were calculated by Archimedes principle and XRD and SEM analyzes were performed. As a result, as the percentage by weight of the eggshell, which is the reinforcing element, increased, more rough and porous structures were observed. However, porous

structures were formed by increasing the percentage by weight of TiO<sub>2</sub>. Furthermore, calcium phosphate and titanium phosphate structures were obtained according to XRD analysis.

**Keywords:** Hydroxyapatite, Eggshell, TiO<sub>2</sub>

## 1.GİRİŞ

Eski çağlardan beri insan vücudundaki doku ya da organların çeşitli sebeplerden dolayı işlevini yitirmesi sonucunda kullanılan, vücudun işleyişine yardımcı olmak üzere üretilen ve geliştirilen malzemeler biyomalzemeler olarak adlandırılmaktadır. Yaşam standardı ve konforuna zarar vermeden işlevini yerine getirmesi için biyomalzemelerin biyoaktivite, biyouyumluluk, mekanik ve kimyasal özellikler yanında korozyon direnci gibi çeşitli gereksinimleri sağlaması gerekmektedir. Biyomalzemeler nakil yapılan doku ile doğrudan temas halinde olduğundan, biyolojik açıdan doğal dokuyla tam bir uyum içinde olması gerekir.

Günümüzde önemi ve uygulama alanı gittikçe artan biyouyumlu, güvenilir ve etkin olan biyomalzemeler, insan vücudundaki organ ya da canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek veya desteklemek amacıyla kullanılan malzemeler olup, sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut sıvıları ile temas halindedirler [1]. En önemli özellik biyouyumluluk olup, yapısal ve yüzey uyumluluğu olmak üzere iki şekilde incelenebilir. Yüzey uyumluluğu, bir biyomalzemenin vücut dokularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygun olmasıdır. Yapısal uyumluluk ise malzemenin vücut dokularının mekanik davranışına sağladığı optimum uyumdur [2]. Bazı durumlarda elde edilen biyomalzemeler hem mekanik hem de vücut dokularına adapte olmada doğal doku veya organ özellikleri sergileyemezler. Bu konuda yapılan araştırmalarda doğal kemik içeriğinin yaklaşık ağırlıkça % 60-70 oranlarında Hidroksiapatit(HA) bulunmakta olduğu gözlenmiştir [3, 4]. Bu sebeple biyomalzeme kullanımında HA seramikler revaçtadır.

Hidroksiapatit (HA), sentetik ve doğal kaynaklı olmak üzere iki yoldan elde edilir. Sentetik hidroksiapatit biyomalzemeler oldukça güvenilirdir, fakat üretimi karışık ve pahalıdır. Doğal olarak üretilen biyolojik apatitlerin ise üretimi daha kolay ve ekonomiktir. Hidroksiapatitin biyouyumlu ve biyoaktif bir malzeme olmasına karşın, zayıf mekanik özellikler göstermesi implant malzemesi olarak kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, biyouyumluluktan ödün vermeden mukavemet ve tokluğu arttıran HA bazlı kompozitlerin üretim ihtiyacı gündeme gelmiştir. Koyun kemiği, sığır kemiği, mercan, yumurta kabuğu gibi doğal maddelerden üretilen hidroksiapatit, sentetik hidroksiapatitlere göre farklılık gösterirler. Doğal hidroksiapatitler yapılarında karbonat, sitrat gruplarına ve genellikle kimyasal yapılarında az da olsa magnezyum, potasyum, stronsiyum ve sodyum içerirler [5]. Doğal hidroksiapatit de kalsiyumun fosfora oranı genel itibarı ile sentetik hidroksiapatitten daha fazladır. Bu gibi özelliklerden dolayı tıbbi uygulamalarda doğal hidroksiapatit kullanımı daha uygundur [6]. Bunun birlikte atıklardan kolayca elde edilebilen yumurta kabuğu takviyesi içerisindeki apatit bileşiminden dolayı insan kemiğine benzemesini sağlayacaktır [7].

Bu çalışmada hidroksiapatit matrisli kompozit malzeme üretilmiştir. Hidroksiapatit matrise ağırlıkça %5, 10 ve 20 oranlarında yumurta kabuğu ve ağırlıkça %5, 10 ve 15 oranlarında TiO<sub>2</sub> takviye edilmiştir. Numuneler mekanik karıştırıcı ile 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırılan tozlar çinko streat ile yağlanmış kalıplara dökülüp, 25 MPa basınç altında soğuk presle kompaktlanmıştır. Elde edilen numuneler 900°C de 1 saat boyunca sinterlenmiştir. Üretilen numunelerin, Arşimet prensibi ile yoğunluk, su emme yüzdesi, görünür porozite yüzdesi hesaplanıp, XRD ve SEM analizleri yapılmıştır.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

### 2.1. Kompozit Numunelerin Hazırlanması ve Preslenmesi

Numunelerin üretimi aşamasında Yumurta Kabuğu, Hidroksiapatit ve Titanyum Oksit malzemeleri kullanılmıştır. Matris olan hidroksiapatite, ağırlıkça % 5, 10 ve 20 oranlarında yumurta kabuğu ve ağırlıkça % 5, 10, 15 oranlarında TiO<sub>2</sub> ilave edilmiştir. Karıştırma işleminden sonra çinko streat ile yağlanan kalıba döküldü. Hidrolik pres yardımıyla 25 MPa basınç altında numuneler sıkıştırıldı. Bu işlem her numune için tekrarlandı ve pelet halindeki numuneler oluşturuldu. Oluşturulan numunelerin ağırlıkları, boyları ve çapları ölçülerek not alındı. Numuneler 900°C'de 1 saat boyunca sinterlendi. Sinterleme işleminin yapılmasının amacı malzemeyi oluşturulan tozların yüksek sıcaklıkta birbirlerine

bağlanarak malzemeye mukavemet kazandırmasıdır. Fırında 1 saat boyunca sinterlenen numuneler yine fırın içerisinde yavaşça soğumaya bırakıldı. Soğuyan numunelerin tekrardan ağırlıkları, boyları ve çapları ölçülerek not edildi. Elde edilen numuneler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hazırlanan kompozitlerin takviye oranları ve kodları

A	%5 Yumurta Kabuğu	B	% 10 Yumurta Kabuğu	C	% 20 Yumurta Kabuğu
A1	%5 TiO <sub>2</sub> + %5 Yumurta Kabuğu	B1	% 5 TiO <sub>2</sub> + % 10 Yumurta Kabuğu	C1	% 5 TiO <sub>2</sub> + % 20 Yumurta Kabuğu
A2	% 10 TiO <sub>2</sub> + % 5 Yumurta Kabuğu	B2	% 10 TiO <sub>2</sub> + % 10 Yumurta Kabuğu	C2	% 10 TiO <sub>2</sub> + % 20 Yumurta Kabuğu
A3	% 15 TiO <sub>2</sub> + % 5 Yumurta Kabuğu	B3	% 15 TiO <sub>2</sub> + % 10 Yumurta Kabuğu	C3	% 15 TiO <sub>2</sub> + % 20 Yumurta Kabuğu

## 2.2. Numunelerin Arşimed Prensibi, SEM ve EDX Analizleri

Yapmış olduğumuz çalışmada Arşimed prensibi uygulanarak elde edilen numunelerin su emme, yığın (bulk) ve görünür yoğunluklarının belirlenmiştir. Arşimed prensibinin amacı; bazı sinterlenmiş seramik numunelerin ve refrakter malzemelerin su emme, yığinsal (bulk)ve görünen yoğunluklarının ve açık porozite miktarlarının hesaplamaktır.

Su emme (%) =  $(WD - WK) / WK \times 100$

Yığinsal(bulk) yoğunluk: numune kütlesi/yığinsal hacim =  $[WK / (WD - WA)] \times \rho_{sıvı}$

Görünür katı yoğunluğu: numune kütlesi/görünen katı hacmi =  $[WK / (WK - WA)] \times \rho_{sıvı}$

$\rho_{sıvı}$

Görünür katı hacmi: katı hacmi + kapalı porların hacmi

% Görünür porozite:  $(açık porların hacmi/bulk hacmi) \times 100 = [(WD - WK) / (WD - WA)] \times 100$

Burada; WK; Kuru numunenin havadaki ağırlığı (g) ;WA = Su ya da sıvı emdirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı (g); WD = Su ya da sıvı emdirilmiş (doymuş) numunenin havadaki ağırlığı (g);  $\rho_{sıvı}$  = Kullanılan sıvının (genellikle su) yoğunluğu

Toplam porozite değerini hesaplamak için katının teorik yoğunluğundan faydalanılır. Burada:

% Toplam porozite:  $(1 - \rho_{bulk} / \rho_{teorik}) \times 100$  olarak hesaplanır ve buradan kapalı porozite miktarı da tayin edilebilir.

Seramik numuneler ağırlığı sabit kalıncaya kadar etüvde kurutuldu ve hassas terazide numuneler tartıldı (WK). Numuneler 110°C’de kaynayan su içerisine atıldı, 4 saat süresince kaynatma işlemi devam ettirildi, daha sonra oda sıcaklığına indirildi. Numuneler deney için özel hazırlanmış düzenekte su içerisinde asılı ağırlıkları tartıldı (WA). Daha sonra numune sudan çıkarıldı, yüzeyindeki su kağıt havlu yardımıyla silindi ve hızlı bir şekilde terazide tartıldı (WD).

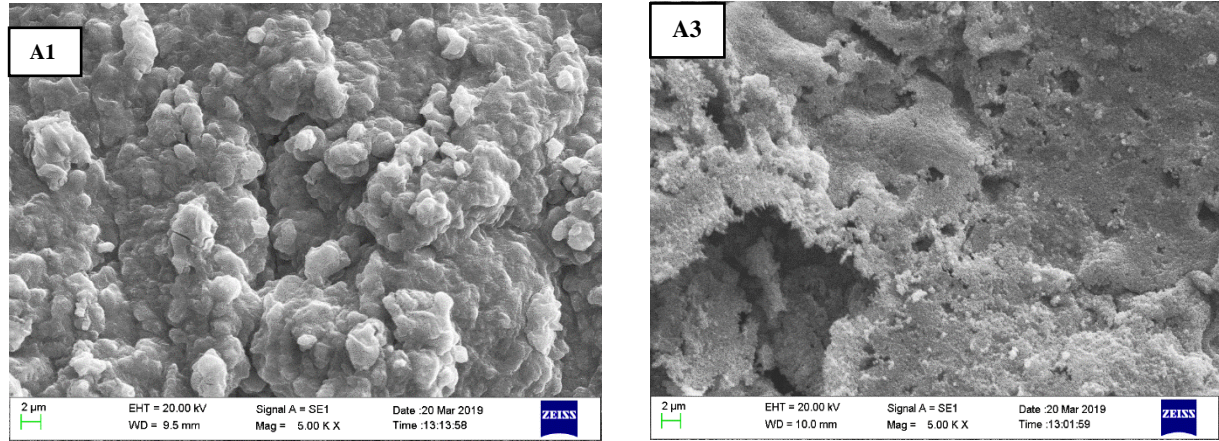
Elde ettiğimiz bu verileri kullanarak su emme, yığinsal yoğunluk, görünen yoğunluk ve açık porozite değerleri hesaplandı. Hesaplanan değerler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Numunelere Ait Su Emme Yüzdesi, Yığınsal Yoğunluk, Görünür Katı Yoğunluğu ve Görünür Porozite Yüzdesi

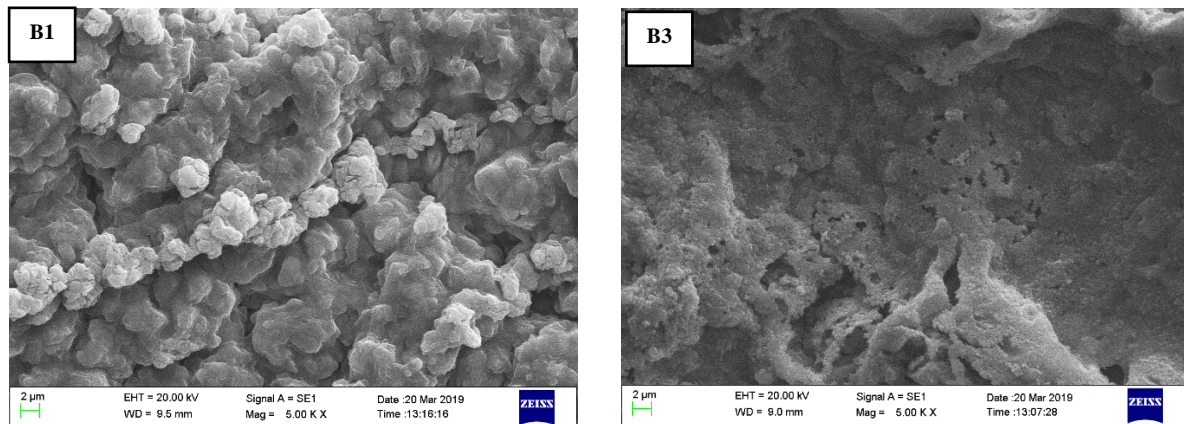
	W <sub>K</sub>	W <sub>A</sub>	W <sub>D</sub>	Su Emme (%)	Yığınsal Yoğunluk	Görünür Katı Yoğunluğu	Görünür Porozite (%)
A	1.502	0.739	1.480	-1.465	2.027	1.968	-2.969
A1	1.328	0.718	1.312	-1.205	2.236	2.177	-2.694
A2	1.247	0.654	1.224	-1.844	2.187	2.103	-4.035
A3	1.083	0.486	1.205	11.265	1.506	1.814	16.968
B	1.521	0.175	1.511	-0.657	1.910	1.887	-1.256
B1	1.473	0.836	1.513	2.715	2.175	2.312	5.908
B2	1.461	0.840	1.509	3.285	2.183	2.352	5.382
B3	1.515	0.820	1.719	13.46	-15	-4.967	-201.98
C	1.156	0.765	1.569	2.148	1.910	1.992	4.104
C1	0.990	0.537	1.056	6.666	1.907	2.185	53.250
C2	1.420	0.833	0.602	0.128	1.846	2.419	23.667
C3	1.381	0.792	2.057	48.95	1.092	2.345	53.438

### 2.3. Numunelerin SEM, EDX ve XRD Analizleri

Numunelerin yüzeyleri DENTON VACUUM-DESK V kullanılarak altın ile kaplanmıştır. Daha sonra numunelerin içyapıları ZEISS marka EVA/ MA10 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiş ve numunelerin EDX analizleri alınmıştır. Numunelerin 1 ve 3 numaralı olanlarından (A1, A3, B1, B2, C1 ve C3) SEM analizi alınmıştır. C1 ve C3 numunelerinin EDX analizleri alınmıştır. A3, B3 ve C3 numunelerinin de XRD analizi alınmıştır.

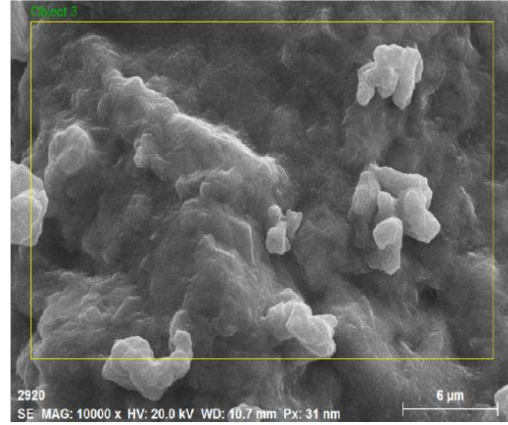
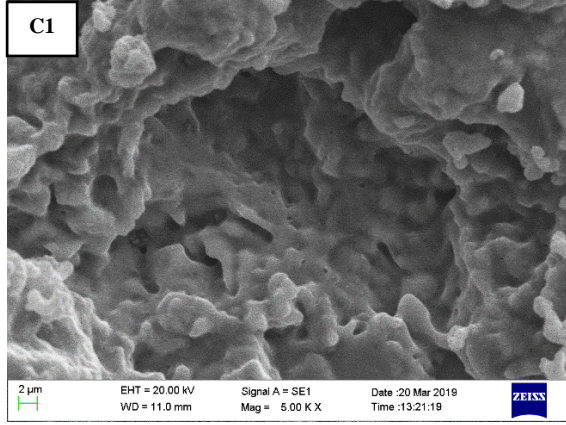


Şekil 1. A1 ve A3 Numunesine Ait SEM Görüntüsü



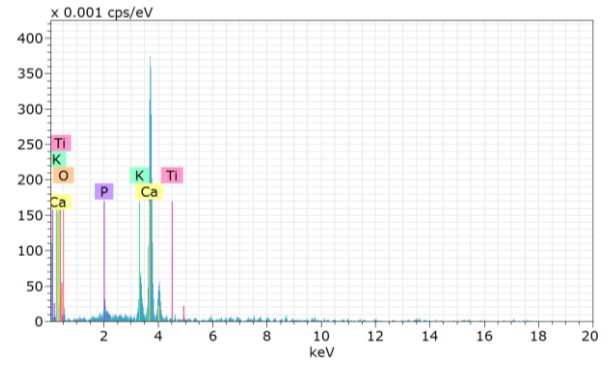
Şekil 2. B1 ve B3 Numunesine Ait SEM Görüntüsü





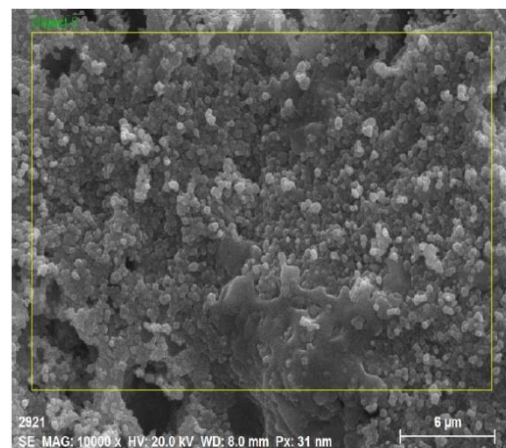
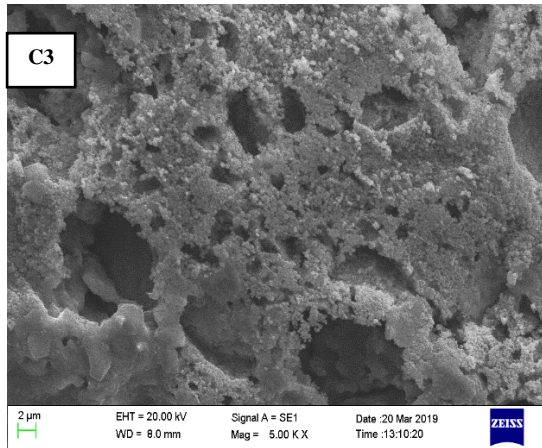
Spectrum: Object 3

El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	C Error (1 Sigma)	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	
Ca	20	K-series	860	42.19	67.74	49.24	2.08
O	8	K-series	24	15.32	24.61	44.81	14.06
K	19	K-series	109	3.73	5.99	4.47	0.43
P	15	K-series	26	0.89	1.42	1.34	0.22
Ti	22	K-series	2	0.15	0.24	0.15	0.14
Total:			62.28	100.00	100.00		

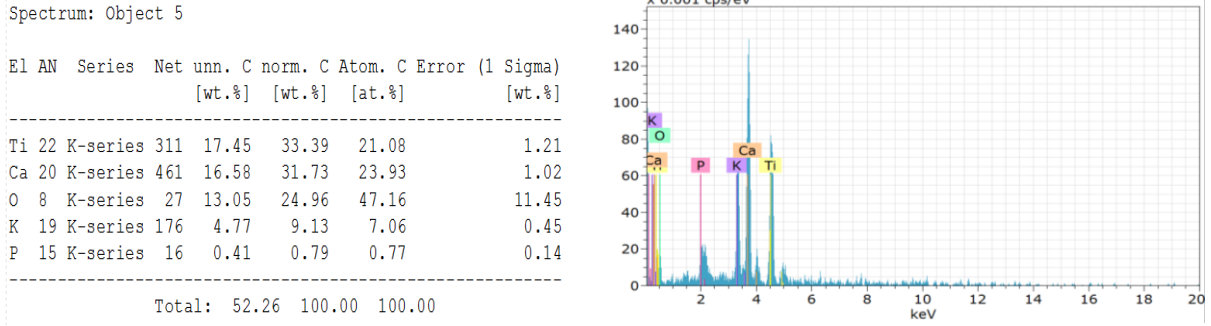


Şekil 3. C1 Numunesine Ait SEM ve EDX Analizi

Şekil 1, 2, 3' de numunelerin takviye elemanı olan  $TiO_2$ 'nin ağırlıkça yüzdesi artırılmıştır. SEM görüntülerinden anlaşıldığı üzere  $TiO_2$  takviyesi arttıkça gözeneklilik ve porazite azalmıştır. Ayrıca takviye edilen yumurta kabuğunun ağırlıkça yüzdesine göre kıyaslandığında C numunelerinin (%20 yumurta kabuğu) diğerlerine göre daha gözenekli olduğu gözlemlenmiştir. Üretilen biyomalzemelerin kullanım alanlarına göre hem tokluk hemde gözeneklilik aranabilir.





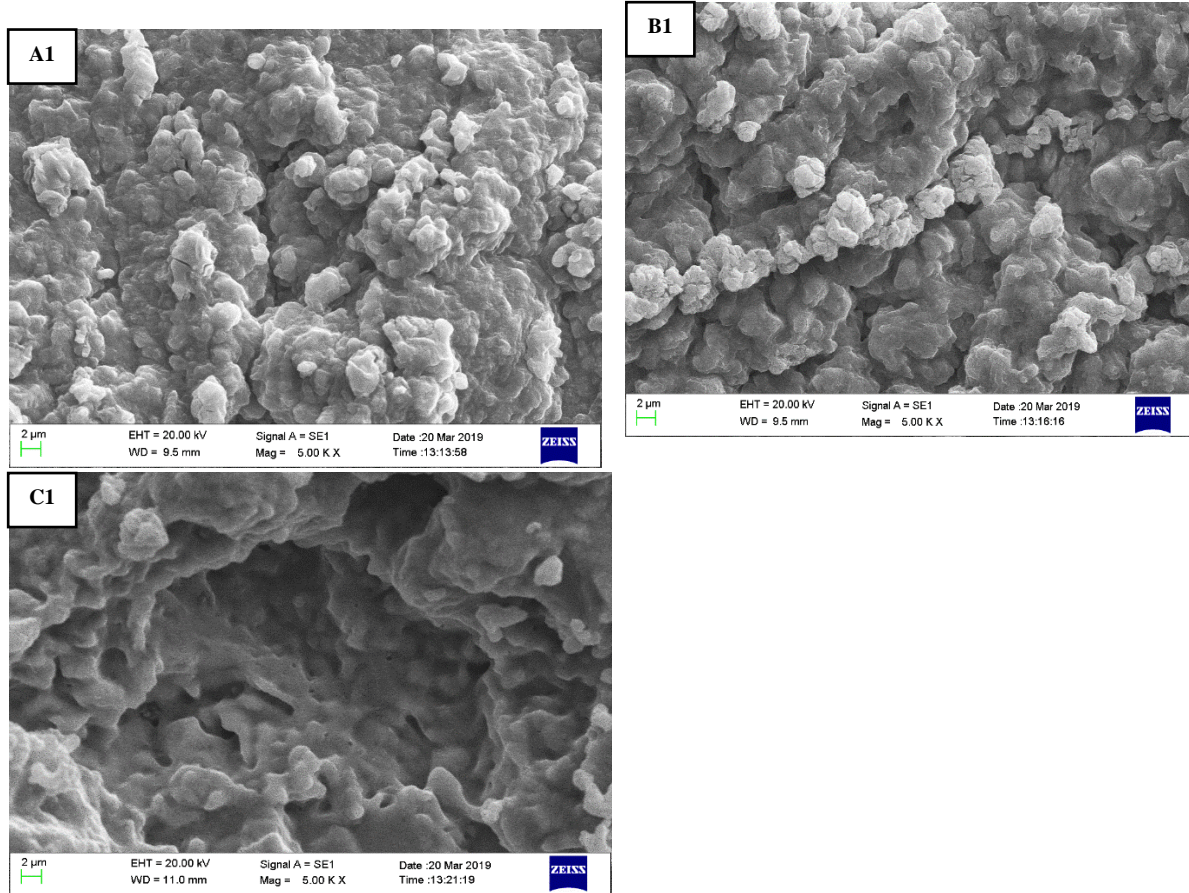


Şekil 4. C3 Numunesine Ait SEM ve EDX Analizi

Takviye olarak kullanılan  $TiO_2$ 'nin ağırlıkça yüzde oranının artmasıyla gözeneklilik ve pürüzlülük SEM görüntülerinden de görüldüğü üzere azalmıştır. Bunun nedeninin sinterleme sıcaklığının  $TiO_2$ 'nin ergime sıcaklığından düşük olması ve malzeme içerisinde bağ oluşturamamasıdır.

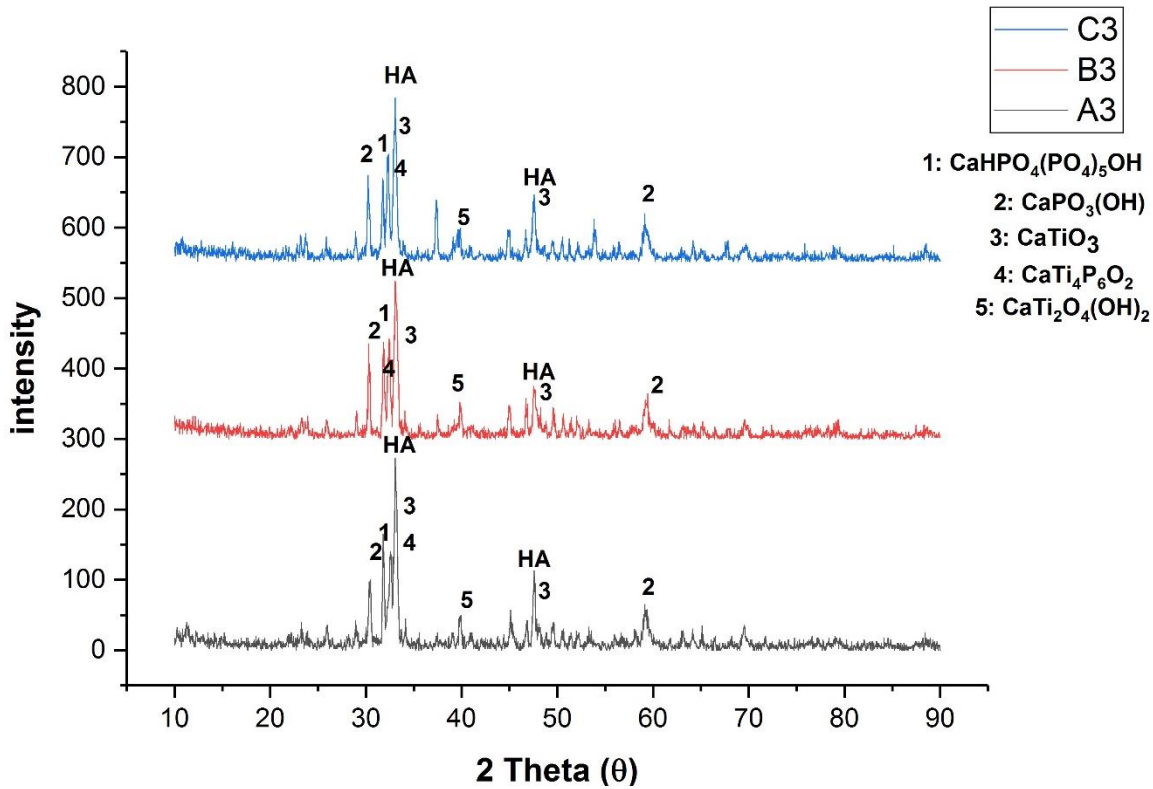
Yumurta kabuğunun ağırlıkça yüzdesi artmasıyla Ca ve P li yapılar daha çok oluştuğu için gözeneklilik artmıştır. Gözeneklilik artıp azalması kullanılan biyomalzemenin cinsine göre değişmektedir.

Her üç grupta da (A1-A3, B1-B3 ve C1-C3)  $TiO_2$ 'nin artışı porlarda azalmaya sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5. A1, B1 ve C1 Numunelerine Ait SEM Görüntüleri

Şekil 5 de görüldüğü gibi yumurta kabuğu takviyesi yüzde oranı arttıkça gözeneklilik ve porlu yapı artmıştır.



Hidroksiapatite takviye edilen yumurta kabuğu ve  $\text{TiO}_2$ 'den oluşan yapılar XRD analizi ile desteklenmiştir. Genellikle kalsiyum fosfatlı ve kalsiyum titanyum fosfatlı yapılar gözlenmiştir.

## SONUÇLAR

Takviye edilen yumurta kabuğunun ağırlıkça yüzdesi arttığında Ca ve P'li yapılar daha çok oluşacağından gözeneklilik artmıştır. Literatürde  $\text{TiO}_2$  kemik büyümesine katkı sağladığı için bu çalışmaya konulmuş olup incelenmiştir.  $\text{TiO}_2$ 'nin artması gözenekliliği azaltmıştır.

Üretilen biyomalzemelerin kullanım alanlarına göre hem tokluk hemde gözeneklilik aranabilir. Hidroksiapatite takviye edilen yumurta kabuğu ve  $\text{TiO}_2$ 'den oluşan yapılar XRD analizi ile desteklenmiştir. Genellikle kalsiyum fosfatlı ve kalsiyum titanyum fosfatlı yapılar gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Pasinli, A., Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (4) 25-34, 2004.
- [2] Wintermantel, E., Mayer, J., Blum, J., Eckert, K, L., Luscher, P, and Mathey, M., Tissue engineering scaffolds using superstructures, Biomaterials, 17, 83-91, 1996.
- [3] Hench, L. L., Bioceramics: From Concept to Clinic, *Journal of American Ceramic Society*, 74, 1487-1510, 1991.
- [4] Anee, T. K., Ashok, M., Palanichamy, M., Narayana Kalkura, S., A novel technique to synthesize hydroxyapatite at low temperature, *Materials Chemistry and Physics*, 80, 725-730, 2003.
- [5] Gutowska, I., Machoy, Z., Machalinski, B., The role of bivalent metals in hydroxyapatite structures as revealed by molecular modeling with the Hyper-Chem software, *J, Biomed, Mater, Res, Part A* 75, (4), 788-793, 2005.
- [6] Sakka, S., Ayed, F.B., Bouaziz, J., Mechanical Properties of Biomaterials Based on Calcium Phosphates and Bioinert Oxides for Applications in Biomedicine, INTECH Open Access Publisher, 2013.
- [7] S.C. Wu, H.K. Tsou, H.C. Hsu, S.K. Hsu, S.P. Liou, W.F. Ho, A hydrothermal synthesis of eggshell and fruit waste extract to produce nanosized hydroxyapatite, *Ceram. Int.* 39 (2013) 8183-8188.

**HİDROTERMAL YÖNTEMLE Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V ÜZERİNE HA/PERLİT KAPLAMANIN  
İNCELENMESİ**  
INVESTIGATION OF HA / PERLITE COATING ON Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V BY HYDROTHERMAL METHOD**Mehtap MURATOĞLU**Profesör Doktor, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Bölümü  
(Sorumlu Yazar)**Tuğçe ÖZCAN**Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Anabilim Dalı  
(Sorumlu Yazar)**ÖZET**

İnsanoğlunun maruz kaldığı kazalar sonucu oluşan doku hasarlarının onarımında kullanılan, vücudun işleyişine yardımcı olmak üzere üretilen ve geliştirilen malzemeler biyomalzemeler olarak adlandırılmaktadır. Biyomalzemeler, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek ya da desteklemek amacıyla kullanılan doğal ya da sentetik malzemeler olup, sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut akışkanlarıyla (örneğin kan) temas ederler. Biyomalzemedan beklenen en önemli özellik biyoyumlu olmasıdır. Yani biyomalzemedan kendisini çevreleyen dokularla uyum içinde olması beklenir ve ayrıca dokuda istenmeyen yan etkileri oluşturmaması istenir. Biyomalzeme olarak kullanılan implantasyonlar metalik, seramik, polimer ve kompozitler olmak üzere sınıflandırılır. Titanyum ve alaşımları, kobalt ve alaşımları, paslanmaz çelik ve altın vb. metaller dayanımları yüksek olduğu ve aşınmaya dirençli olduğundan metalik biyomalzeme olarak kullanılırlar. Titanyum ve alaşımlarının, havadaki oksijenle tepkime vermeyip oksit oluşturmaması ve dayanıklı olması sebebiyle birçok biyomedikal uygulamada tercih edilmektedir. Ayrıca titanyum ve alaşımlarından yapılan biyomalzemeler kemiğe uyumlu yapısı nedeniyle kullanımı sıkça tercih edilmektedir. Diğer bir malzeme grubu ise sert doku implantlarında kullanılan hidroksiapatittir. Hidroksiapatit kemik, diş ve implantların kaplanmasında genellikle sıkça kullanılan biyoyumlu bir biyomalzemedir.

Bu çalışmada, titanyum alaşımına hidroksiapatite perlit takviye edilerek elde edilen karışım hidrotermal yöntem kullanılarak kaplama yapılması amaçlanmıştır. Yüzeyi temizlenmiş Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V alaşımın yüzeyi hidroksiapatit ile kaplansın P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve CaNO<sub>3</sub> kaynakları kullanılmış ve perlit oranın etkisi gözlemlensin diye ağırlıkça %5-10-15 arası arttırılmıştır. Kaplama karakterizasyonuna etkisini gözlemlenmek amacıyla belirlenen solüsyonlara kitosan takviyesi ağırlıkça %5 eklenmiştir. Elde edilen solüsyon, titanyum alaşımı ile termo kaba konulup, hidrotermal cihaza 12 saat 180<sup>0</sup> C de kaplanmak üzere yerleştirilmiştir. Kaplanmış numuneler kaplama sonrası sıcaklık ve süre açısından kademeli olarak sinterleme ısıl işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen kaplamanın SEM, EDX ve kaplama kalınlığı değerleri karşılaştırılmıştır. SEM görüntülerinde, perlit takviyesi arttıkça daha yoğun yapılar gözlemlenmiştir. EDX analizlerinde yüzeyde Ca, P ve O gözlemlenmiştir. Hidroksiapatitin Ca/P mol oranı literatürde 1.67tir. Bizim yaptığımız çalışmada elde edilen Ca/P oranı genel olarak bu orana yakın çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomalzeme, Hidroksiapatit, Perlit**ABSTRACT**

Biomaterials are materials that are produced and developed to assist the functioning of the body, which are used in the repair of tissue damage caused by human accidents. Biomaterials are natural or synthetic materials used for the purpose of performing or supporting the functions of living tissues in the human body and they come into contact with body fluids (eg blood) continuously or periodically. The most important feature expected from the biomaterial is that it is biocompatible. In other words, the biomaterials are expected to be in harmony with the surrounding tissues and they are also asked not to cause unwanted side effects in the tissue. metals are used as metallic biomaterials because of their high strength and abrasion resistance. Titanium and its alloys are preferred in many biomedical applications because they do not react with oxygen in the air and form oxides and are resistant. In addition, biomaterials made of titanium and its alloys are often preferred because of their bone-compatible structure. Another material group is hydroxyapatite used in hard tissue implants. Hydroxyapatite is a biocompatible biomaterial that is often used for coating bones, teeth and implants. In this study, it was

aimed to make the coating obtained by reinforcing hydroxyapatite perlite to titanium alloy by using hydrothermal method. In order to observe its effect on coating characterization, 5% by weight of chitosan supplement was added to the identified solutions. The resulting solution was placed in a thermo container with titanium alloy and placed in the hydrothermal apparatus for 12 hours at 1800 ° C. The coated samples were subjected to gradual sintering heat treatment in terms of temperature and time after coating. SEM, EDX and coating thickness values of the obtained coating were compared. In SEM images, more dense structures were observed as perlite supplementation increased. In EDX analyzes, Ca, P and O were observed on the surface. Ca / P molar ratio of hydroxyapatite is 1.67 in the literature. The Ca / P ratio obtained in our study was generally close to this ratio.

**Keywords:** Biomaterials, Hydroxyapatite, Perlite

## GİRİŞ

Prostetik, teşhis ya da tedavi amaçlı kullanılan, vücut içerisinde doku, kan ve diğer vücut sıvıları ile temas halinde olan doğal veya sentetik olarak elde edilebilen ve canlıyı olumsuz olarak etkilemeyen biyomalzemeler metalik, polimerik, kompozit ve seramik olabilmektedirler. Biyomalzemelerden beklenen özellikler biyouyumluluk, biyoaktivite, uygun yoğunluk, mukavemet, tokluk, sertlik, yorulma ve korozyon direnci, göz, deri, veya diş uygulamalarında kullanılacak olanlar için uygun optik özellikler ile steril edilebilme ve uygun tasarımıdır [1]. En önemli özellik biyouyumluluk olup, yapısal ve yüzey uyumluluğu olmak üzere iki şekilde incelenebilir. Yüzey uyumluluğu, bir biyomalzemenin vücut dokularına fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygun olmasıdır. Yapısal uyumluluk ise malzemenin vücut dokularının mekanik davranışına sağladığı optimum uyumdur [2]. Bazı durumlarda elde edilen biyomalzemeler hem mekanik hem de vücut dokularına adapte olmada doğal doku veya organ özellikleri sergileyemezler. Bu konuda yapılan araştırmalarda doğal kemik içeriğinin yaklaşık ağırlıkça % 60-70 oranlarında Hidroksiapatit(HA) bulunmakta olduğu gözlenmiştir [3, 4].HAp kemik yapısının ağırlıkça %70'ini ve dişin %96'sını oluşturmaktadır.Biyoseramiklerden biri olan ve biyoaktivitesinden dolayı kimyasal olarak canlı kemiğe bağlanabilen, mükemmel biyouyumluluğu ile bilinen ortopedik ve dental uygulamalarda kullanılabilen en popüler biyoseramik olan HA kemik, diş ve diş minesi dokusunun inorganik yapısını oluşturan kalsiyum fosfat esaslı bir seramik olup, biyouyumluluğu nedeniyle yapay kemik olarak çeşitli protezlerin yapımında, çatlak ve kırık kemiklerin onarımında ve metalik biyomalzemelerin kaplanmasında kullanılmaktadır [1].HAp'ın kimyasal formülü  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  olup; ağırlıkça %39,68 Ca ve %18,45 P içerir, Ca/P mol oranı 1,667'dir. HAp 4,2-8,0 pH aralığındaki sulu ortamlarda diğer kalsiyum fosfat seramiklerinden daha yüksek kararlılığa sahiptir [5].

Ayrıca HA bazlıbiyokompozitler HA-alümina, HA-zirkonya, HA-biyocam ve HAw (visker) kompozitler vb. oluşmaktadır. Hidroksiapatite,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$  gibi biyo inert takviye elemanları ilave edilerek kompozit oluşturmak en yaygın olarak kullanılan tekniklerdendir [6]. Çalışmalarda  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , MgO gibi bileşenlerin ilavesi ile mikro-sertliğin artırıldığı ve mekanik özelliklerin iyileştirildiği gözlenmiştir [7].

Yapılan çalışmalarda hasarlı dokuların onarımı için biyoaktif camların önemli bir yeri olduğu görülmüştür.Biyoaktif camların içeriğinde  $SiO_2$ ,  $Na_2O$ , CaO ile  $P_2O_5$  bileşimler sayesinde biyouyumluluk özellikleri fazladır. Çünkü biyoaktif cam, ağırlıkça %60 "a yakın  $SiO_2$  ile  $Na_2O$ , CaO ile  $P_2O_5$  içerir ve bu bileşimler vücut sıvıları gibi sulu ortamlarda yüzeyi oldukça aktif hale getirir. Bunun yanı sıra biyoaktif camların bileşiminde yer alabilen MgO ile  $Al_2O_3$ , kullanılan biyomalzemeye bağlı olarak sert yapıya sahip olmayan vücut dokuları ile bağ oluşturabilmektedir [8-12]. Genleştirilmiş perlit kimyasal bileşeninde % 60-75 arası  $SiO_2$ , % 10-15 arası  $Al_2O_3$  ve farklı oranlarda  $K_2O$ , MgO, CaO ve  $Fe_2O_3$  gibi bileşenler içerir. Genleştirilmiş perlit bu açıdan bakıldığında ticari inert cam, biyoseramik cam ve özellikle biyoaktif cam ile çok fazla benzerlik göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında ise kemik yapısının inorganik yapısında olması, insan vücuduna yerleştirilenimplantın çevresindeki kemik ile bütünleşmesini ve güçlü bir bağ olusturmasını hızlandırması sebebiyle bir biyomalzeme olan  $Ti_6Al_4V$  altlık üzerine ağırlıkça farklı takviyelerde hidroksiapatit ( $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) + perlit tozları ve hidroksiapatit ( $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ )+ perlit tozları+kitosan tozlarıhidrotermal yöntemle kaplandı. Deneyle sonrası elde edilen kaplanmış numunelerin XRD, SEM ve yüzey pürüzlülüğü gibi mekanik özellikleri test edilip yorumlanmıştır.



**2. ARAŞTIRMA ve BULGULAR****2.1. Ti<sub>6</sub>Al<sub>6</sub>V Alt Malzemelerin Hazırlanması**

Ticari olarak temin edilebilen saf titanyum numuneleri kare şeklinde 3 mm kalınlığında ve 15 x 15 mm<sup>2</sup> büyüklüğünde kesildi. Numunelerin yüzeyi 400 den başlanıp 1200 e kadar zımparaya vuruldu Numuneler daha sonra etil alkol, aseton ve saf suyla yüzeyleri temizlendi. Temizlenmiş numuneler% 66.3H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve% 10.6 HCl çözeltisinde 1:1 ağırlık oranında 60 ° C de 1 saat bekletildi. Elde edilen numuneler oda sıcaklığında kurutulduktan sonra kademeli olarak 1 saat ısıtılma tabi tutuldu. Böylece numuneler kaplama için hazır hale getirildi.

**2.2. Hidrotermal Sentez**

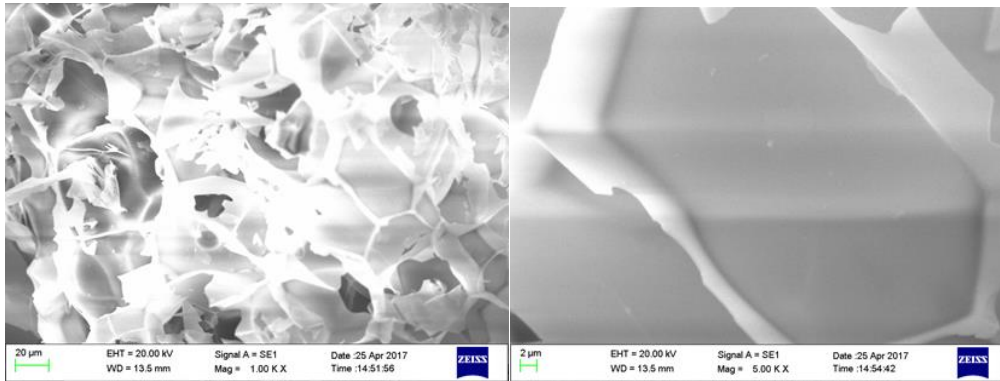
Hidrotermal sentez için CaNO<sub>3</sub> (0.2M) ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.12M) hazırlandı ve 15 ml damıtılmış su içinde karıştırıldı. Ek olarak, takviye elemanları Tablo 1 de gösterilen oranlarda 15 ml damıtılmış suya eklendi ve ultrasonik bir banyoda 30 dakika boyunca birbiri içinde çözüldü. Elde edilen iki çözelti birbiri içerisinde karıştırıldı. PH= 10 ayarlamak için damla damla amonyak ilavesi yapıldı. Elde edilen solüsyon altlık malzememiz ile termo kaba yerleştirilip cihaz içerisinde yerleştirildi. Cihazımız 180 ° C de 12 saat ayarlandı ve kaplama işlemi yapıldı.

<b>B1:</b> HA+%5 Perlit
<b>B2:</b> HA+%5 Perlit+%5 Kitosan
<b>B3:</b> HA+%10 Perlit
<b>B4:</b> HA+%15 Perlit
<b>B5:</b> HA+%15 Perlit+%5 Kitosan

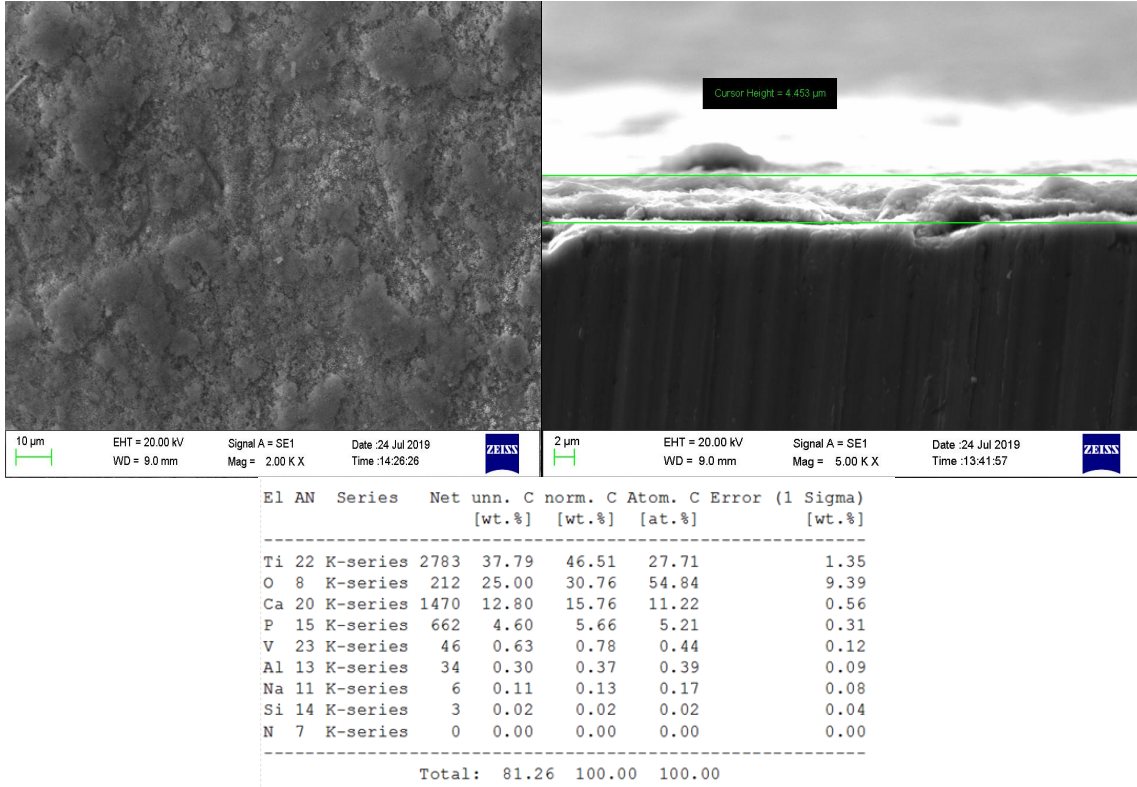
**Tablo1.** Numune Tablosu**2.3 SEM- EDX Analizleri**

Numunelerin yüzeyleri DENTON VACUUM-DESK V kullanılarak altın ile kaplanmıştır. Daha sonra numunelerin içyapıları ZEISS marka EVA/ MA10 model taramalı elektron mikroskupu (SEM) ile belirlenmiş ve her numunenin EDX analizleri alınmıştır

Bu çalışmada, hidroksiapatit kaplama için kalsiyum kaynağı olarak CaNO<sub>3</sub> fosfat kaynağı olarak P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> alınmış olup her numuneye sabit miktarda kullanılmıştır. Perlitin ağırlıkça etkisini gözlemleyebilmek için ağırlıkça %5-10-15 oranlarında kullandık. Ayrıca kitosanın yapışma mukavemetine etkisi olup olmadığını anlamak için bazı numunelere ağırlıkça %5 ilave ettik. Genleştirilmiş perlitte ait SEM görüntüsü Şekil 1 de gösterilmiştir. Numuneler ait SEM-EDX analizleri Şekil 2-6 arasında gösterilmiştir.

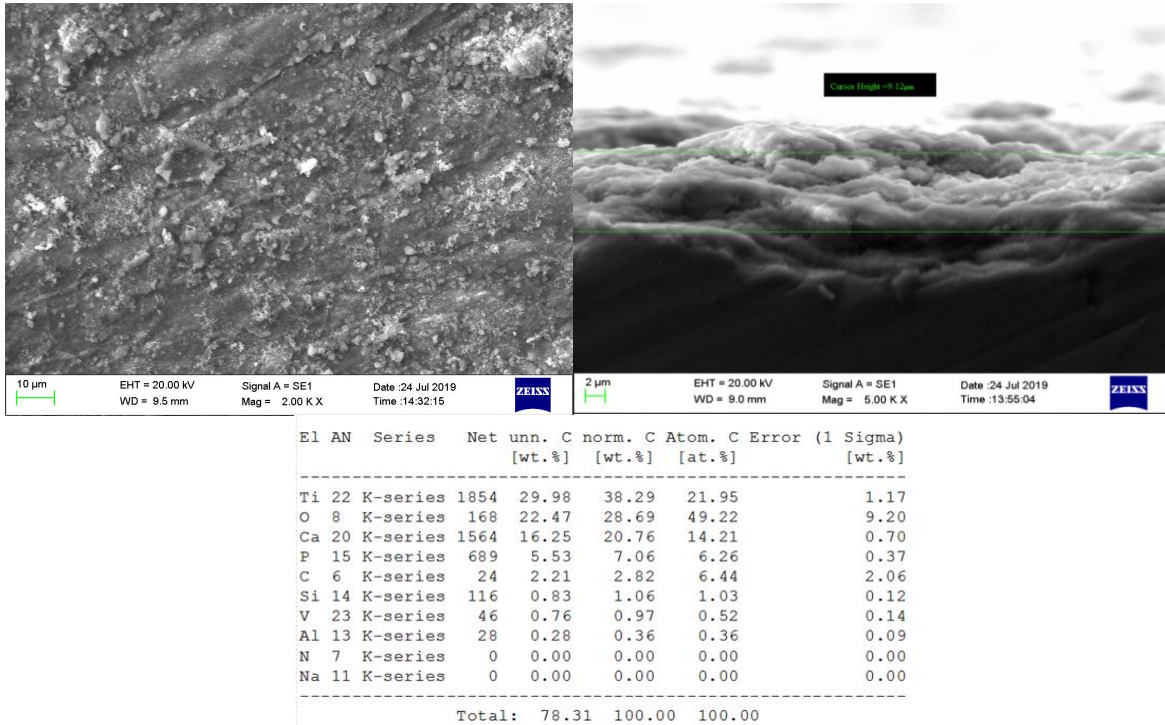
**Şekil 1.** Biyoseramik kompozitlere takviye olarak kullanılan GP “e ait SEM görüntüleri.





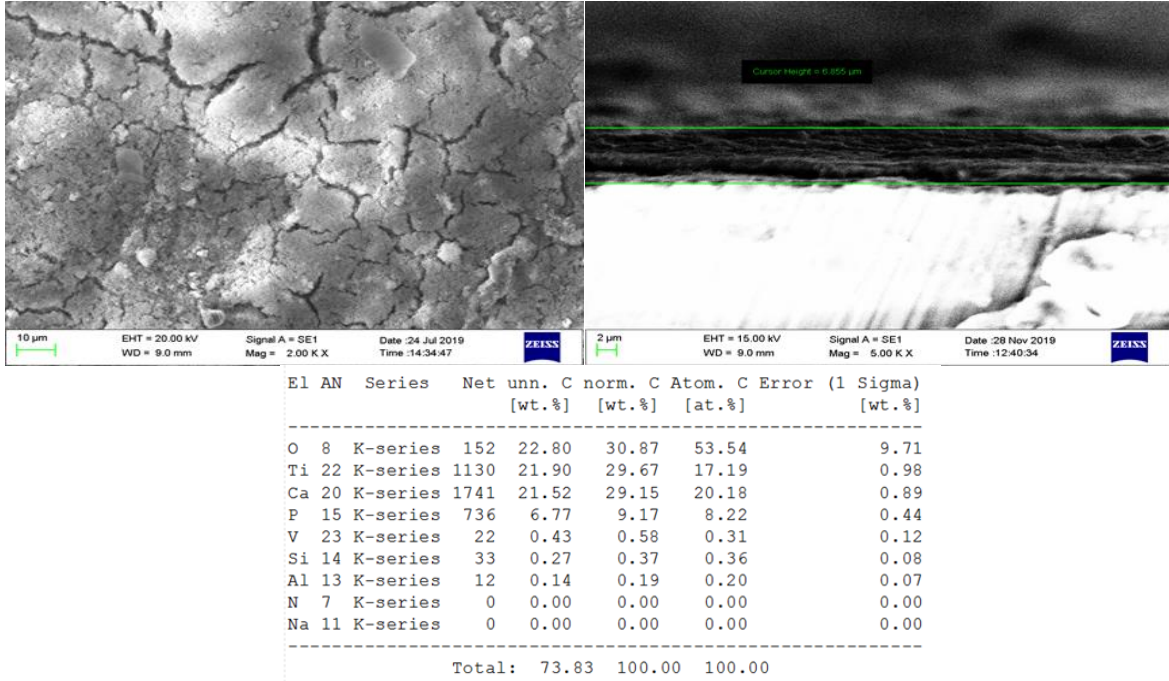
**Şekil 2.B1 Numunesine Ait SEM-EDX**

Perlit oranı ağırlıkça %5 eklendiğinde kaplama kalınlığımız yaklaşık 4.453µm olduğu gözlemlenmiştir.



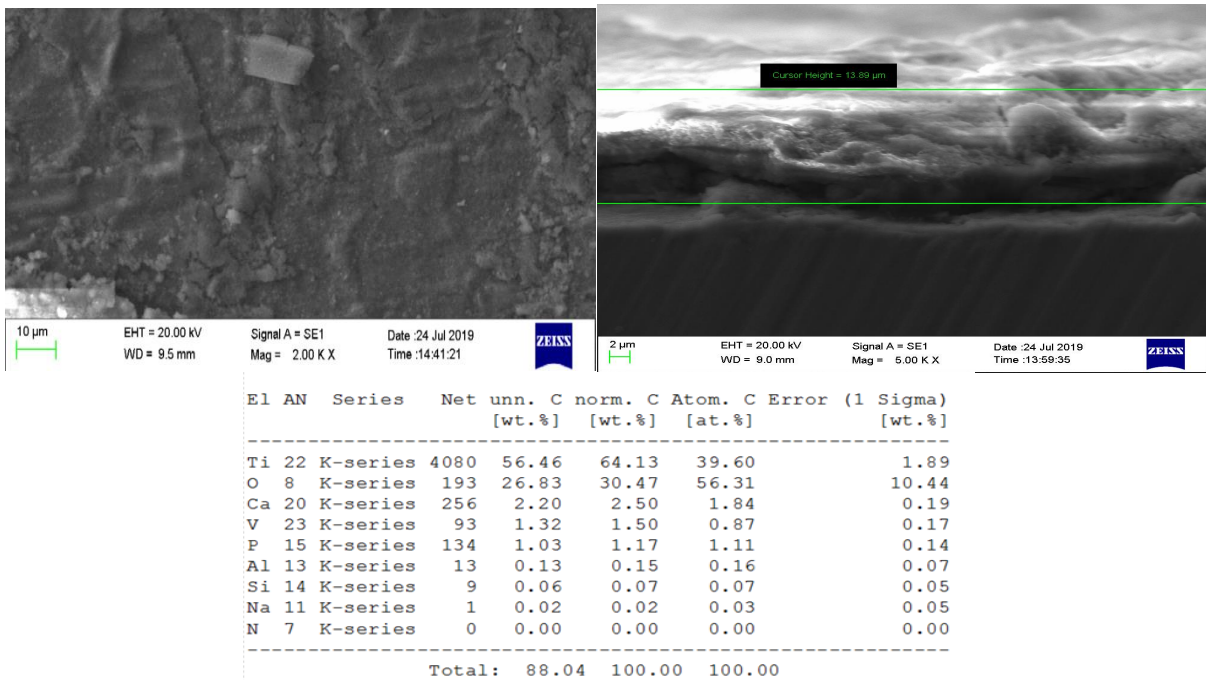
**Şekil 3.B2 Numunesine Ait SEM-EDX**

Son 50 yılda tıp alanında kullanılan kitosanbiyobozunurluk ve biyoyumluluk özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte antibakteriyel, antifungal ve yara iyileştirici gibi özelliklere de sahiptir. Kitosaninbozunma ürünleri toksik, antijenik ve kanserojenik değildir [13]. Aynı şart ve takviyeler altında ki kaplamaya ağırlıkça %5kitosan takviyesi kaplama kalınlığını 9.12 µm ye arttırmıştır.



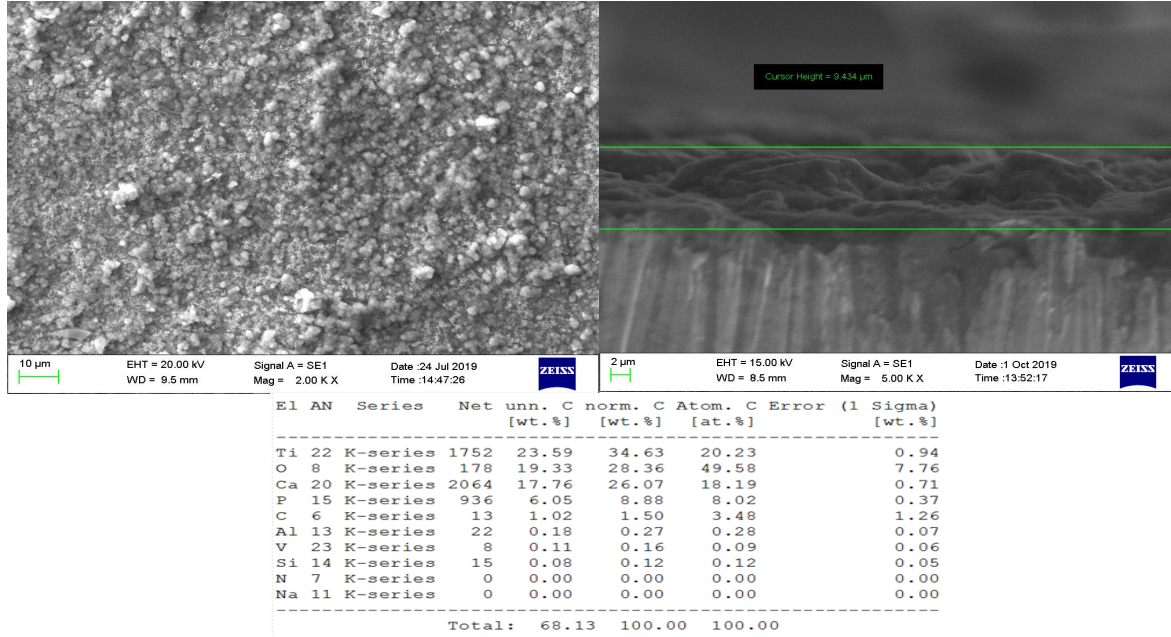
**Şekil 4.B3 Numunesine Ait SEM-EDX**

B1(ağırlıkça %5 perlit takviyeli) ve B3(ağırlıkça %10 perlit takviyeli) numuneleri aralarında kıyaslandığında kaplama kalınlığının 4,453 µm den 6,855 µm ye arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebinde perlitin içeriğindeki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SiO<sub>2</sub> artışının kaplama üzerindeki olumlu etkisinin olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 5.B4 Numunesine Ait SEM-EDX**

Perlit takviyesi ağırlıkça %15 olduğunda kaplama kalınlığının artarak 13,89 µm olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.B5 Numunesine Ait SEM-EDX

B5 numunesi diğer numuneler ile kıyaslandığında perlitin ağırlıkça oranının artması, kitosan ile birleştirildiğinde kaplamanın azalmasına sebep olmuştur.

## SONUÇLAR

Yalnız perlit takviyesinin artması ile kaplama kalınlığı artmıştır.

SEM görüntüleri incelendiğinde genişletilmiş perlitin ağırlıkça yüzde oranı artırılması ile mikro gözenekli ve daha porozlu yapıların oluştuğu gözlenmiştir. Bu açıdan elde edilen biyoseramik malzemelerin biyoyumluluğu ve implant doku uyumunda fayda göstereceği düşünülmektedir.

EDX analizine bakıldığında ise her kaplamada Ca, P ve O gibi elementler rastlanmıştır. Hidroksiapatitin Ca/P molar oranı literatürde 1.67 dir. Bizim yaptığımız çalışmada elde edilen Ca/P oranı genel olarak bu orana yakın çıkmıştır. Ayrıca artan perlit takviyesine, kitosan eklenmesi kaplama kalınlığında azalmalara neden olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Wong, J. Y., Bronzino, J. D. (2007). *Biomaterials*, CRC Press, Taylor&Francis Group, LLC.
- [2] Wintermantel, E., Mayer, J., Blum, J., Eckert, K, L., Luscher, P, and Mathey, M., *Tissue engineering scaffolds using superstructures*, *Biomaterials*, 17, 83-91, 1996.
- [3] Hench, L. L., *Bioceramics: From Concept to Clinic*, *Journal of American Ceramic Society*, 74, 1487-1510, 1991.
- [4] Anee, T. K., Ashok, M., Palanichamy, M., Narayana Kalkura, S., *A novel technique to synthesize hydroxyapatite at low temperature*, *Materials Chemistry and Physics*, 80, 725-730, 2003.
- [5] Best, S.M., Porter, A.E., Thian, E.S., Huang, J., 2008, *Bioceramics: Past, present and for the future*, *Journal of the European Ceramic Society*, 28, 1319-1327.
- [6] Silva, V. V., Lamerias, F, S., Domingues, R, Z., *Microstructural and mechanical study of zirconia-hydroxyapatite (ZH) composite ceramics for biomedical applications*, *Composites Science and Technology*, 61, 301-310, 2001.
- [7] Oktar, F, N., Agathopoulos, S., Özyeğin, L, S., Gündüz, O., Demirkol, N., Bozkurt, Y., Salman, S., *Mechanical Properties of Bovine Hydroxyapatite (BHA) Composites Doped with SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZrO<sub>2</sub>*, *J Mater Sci: Mater Med*, 18, 2137-2143, 2007.
- [8] Li U, J., Miao, X., *Ceramics International*, 30, 1781-1785, 2004.
- [9] Regi, M, V., *Ceramics for Medical Applications*, *J, Chem, Soc., Dalton Trans*, 97-108, 2001.

- [10] Larry, L., Wilson, H, J., An IntroductiontoBioceramics, World Scientific Publishing Co., 1-25, 139-189, 1993.
- [11] Sinha, A.,Ingle, A., Munim, K, R., Vaidya, S, N., Sharma, B, O., Bhisey, A, N., Development of CalciumPhosphateBasedBioceramics, Bull, Mater, Sci, Indian Academy of Sciences, 24, 653- 657, 2001.
- [12]Jones, J, R., A Review of BioavtiveGlass-fromHenctoHybrids, 9, 4457-4486, 2013.
- [13] Mota, J.,Yu, N., Caridade, S.G., Luz, G.M., Gomes, M.E., Reis, R.L., Jansen, J.A., Walboomers, X.F., Mano, J.F.,Chitosan/bioactiveglassnanoparticlecompositemembranesforperiodontalregeneration, *ActaBiomaterialia*, 8, 4173–4180, 2012.



**UHMWPE İNŞERT BİLEŞENİNDE MEYDANA GELEN AŞINMALARIN SEA YAZILIMI  
KULLANILARAK ARCHAD AŞINMA YASASI İLE İNŞELENMESİ  
INVESTIGATION OF UHMWPE INSERT COMPONENT WEAR BY ARCHAD WEAR LAW  
USING SEA SOFTWARE****Ender EMİR**

Öğr. Gör. , Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, (Sorumlu Yazar)

**Erkan BAHÇE**

Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi

**CebraİL ÖLMEZ**

Makine Mühendisi, İnönü Üniversitesi

**ÖZET**

Diz eklem protezleri femur, tibia ve insert olmak üzere üç ana bileşenden meydana gelmektedir. Günlük hareketler esnasında protez bileşenleri üzerinde oluşan yüklere bağlı olarak özellikle insert bileşeninde aşınmaların meydana geldiği bilinmektedir. Belli bir aşınma seviyesinin üzerinde ise artık protez kullanım ömrünün tamamlanmaktadır. Bu nedenle protezlerin hem deneysel hem de nümerik analizler ile ömürlerinin tahmini üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada farklı ölçülerde diz eklem protez bileşenlerinin CAD modelleri kullanılarak sonlu elemanlar analizi (SEA) yardımı ile meydana gelebilecek aşınma derinliklerinin ölçülmesi amaçlandı. Analizler ANSYS yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Yaygın olarak kullanılan size 1, size 3 ve size 5 olmak üzere üç farklı femur ve S-8, M-8, XL-8, S-10, M-10, XL-10, S-12, M-12, XL-12, S-15, M-15 ve XL-15 olmak üzere on iki farklı insert bileşeni için nümerik analizler ile testler gerçekleştirildi. Çalışma sonucunda femur ve insert bileşeni arasında sabit 1000 N yük altında meydana gelen kontak basınç değerleri elde edildi. Kontak basınç değerleri ve insert bileşeninin geometrik özelliklerine bağlı olarak Archad aşınma yasası ile aşınma derinlikleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlarda maksimum kontak basıncının noktasal olarak 110.41 MPa olarak size 1 femur ve S-8 insert bileşeninde ölçüldü. Minimum kontak basınç değeri ise size 5 femur ve S-15 insert bileşeninde 40.12 MPa olarak oluştuğu gözlemlendi. Elde edilen sonuçlarda kullanılan femur bileşenine karşılık gelen insert bileşeninin boyutlarının protez kullanım ömürleri için önemli bir parametre olduğu görüldü.

**Anahtar Kelimeler:** Diz Eklem Protezi, SEA, Archad Aşınma Yasası**ABSTRACT**

Knee joint prosthesis consists of three main components: femur, tibia and insert. It is known that wear occurs, particularly in the insert component, due to the loads on the prosthetic components during daily movements. Above a certain level of wear, the prosthesis now completes its service life. For this reason, studies on the life expectancy of the prosthesis are performed by both experimental and numerical analyzes. In this study, it is aimed to measure the wear depths of knee joint prosthesis components that can occur with the help of finite element analysis (SEA) using CAD models. Analyzes were performed using ANSYS software. Three different femurs are commonly used: size 1, size 3 and size 5 and tests were performed with numerical analyzes for twelve different insert components S-8, M-8, XL-8, S-10, M-10, XL-10, S-12, M-12, XL-12, S-15, M-15 and XL-15. As a result of the study, contact pressure values between the femur and insert component under a constant 1000 N load were obtained. Abrasion depths were calculated by Archad wear law based on contact pressure values and geometric properties of insert component. In the results obtained, the maximum contact pressure was measured at 110.41 MPa size in 1 femur and S-8 insert component. The minimum contact pressure value was 40.12 MPa for 5 femoral and XL-15 insert components. The results showed that the dimensions of the insert component corresponding to the femoral component used were an important parameter for the life of the prosthesis.

**Keywords:** Knee Joint Prosthesis, SEA, Archad Wear Law**GİRİŞ**

Diz eklem protezleri hasar görmüş kırık yapılarının eski işlevini yerine getirmek için metal ve polietilen malzemelerden üretilmiş protezlerdir. Kullanım amacına göre hasar görmüş diz eklemine



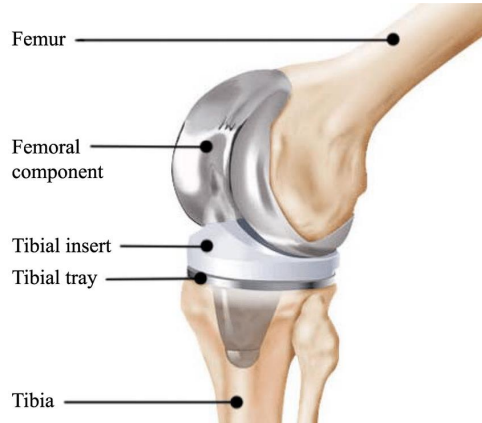
eski işlevini yerine getirmek için kullanılan diz eklem protezleri kişilerin ağırlığı, günlük kullanım şartları gibi etkenlere bağlı olarak farklı yönlerde değişken kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Etkiyen bu yükler belli bir süre sonucunda protez üzerinden parçacıkların kopması ve daha sonrasında protezin kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle protez üzerine etkiyen yüklerin ve bu yükler sonucunda meydana gelen basınç değişimlerinin deneysel yollarla önceden belirlenebilmesi protez ömürlerinin arttırılması için yapılacak çalışmalarda önemli bir referans haline gelmektedir.

Literatürde protez ömürleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde iki ana yöntem ile çalışmaların gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu yöntemlerden birincisi diz eklem hareketlerini birebir taklit eden simülasyonlar vasıtası ile gerçekleştirilen deneylerdir [1-5]. Diğer bir yöntem ise deneysel ekipman maliyeti hazırlama prosesi olmadan daha hızlı bir şekilde gerçeğe yakın sonuçların elde edilebileceği sonlu elemanlar (SEA) yazılımları kullanılarak oluşturulan simülasyon ortamında gerçekleştirilen çalışmalardır [6].

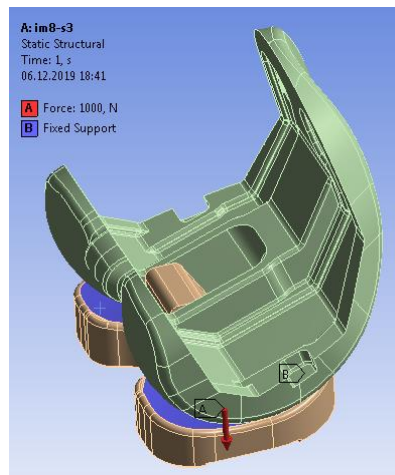
Bu çalışmada üç farklı ölçüde femur bileşeni ile üç farklı ölçüde insert bileşenin SEA yazılımı kullanılarak sabit yük altında meydana gelen kontak basınç değerlerinin belirlenmesi ve elde edilen basınç değerlerine göre aşınma derinliklerinin hesaplanması amaçlanmaktadır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Diz eklem protezleri kendi içerisinde üç ana bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar tibia bileşeni, femur bileşeni ve insert bileşenidir (Şekil.1). Bu çalışmada size-1, size-3 ve size-5 olmak üzere 3 farklı femur bileşeni, S-M-XL olmak üzere üç farklı ölçüde insert bileşeni CAD modeli kullanıldı. Protez CAD modellerinin aşınma derinliklerinin belirlenebilmesi için ANSYS sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak sabit 1000 N yük altında analizler gerçekleştirildi. Etkiyecek yük femur bileşeninden, sabitleme noktaları ise insert bileşeni üzerinden seçildi (Şekil.2).



Şekil.1. Diz eklem protez bileşenleri [7]



Şekil.2. ANSYS analiz görüntüsü

Çalışmada protez bileşenleri arasında meydana gelen kontak basınç değerlerinin değişimlerine göre aşınma derinlikleri Archard aşınma yasasına göre hesaplandı [6].

$$H = (k_0 + k^*x^*) * C_p * d \quad (1)$$

$C_p$  : Kontak basıncı (N/mm<sup>2</sup>)

$k_0$  : Doğrusal hareket katsayısı (0)

$k^*$  : Çapraz kesme hareket katsayısı (mm<sup>3</sup>/N.mm) (1.8x10<sup>-9</sup>)

$x^*$  : Normalleştirilmiş çapraz kesme yoğunluğu (1/100 )

$d$  : Çapraz uzunluk (mm)

$H$  : Aşınma derinliği (mm)

### BULGULAR ve TARTIŞMA

5 farklı size’da femur (1-2-3-4-5) ve 3 farklı tibial insert (S-M-XL) için ISO 14243 aşınma test standart hareketlerine uygun olarak gerçekleştirilen sonlu elemanlar analizi sonucunda elde edilen kontak basınç değerleri Tablo.1’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda en fazla hasara uğrayan femur-insert protez çifti Size-1 femur bileşeni ve Size-S-8 mm insert bileşeninde elde edilmiştir. Gerçekleştirilen aşınma derinliği hesabında da maksimum aşınma derinliği Size-1 S-8 diz eklem protez çiftinde meydana geldiği görüldü (Tablo.2).

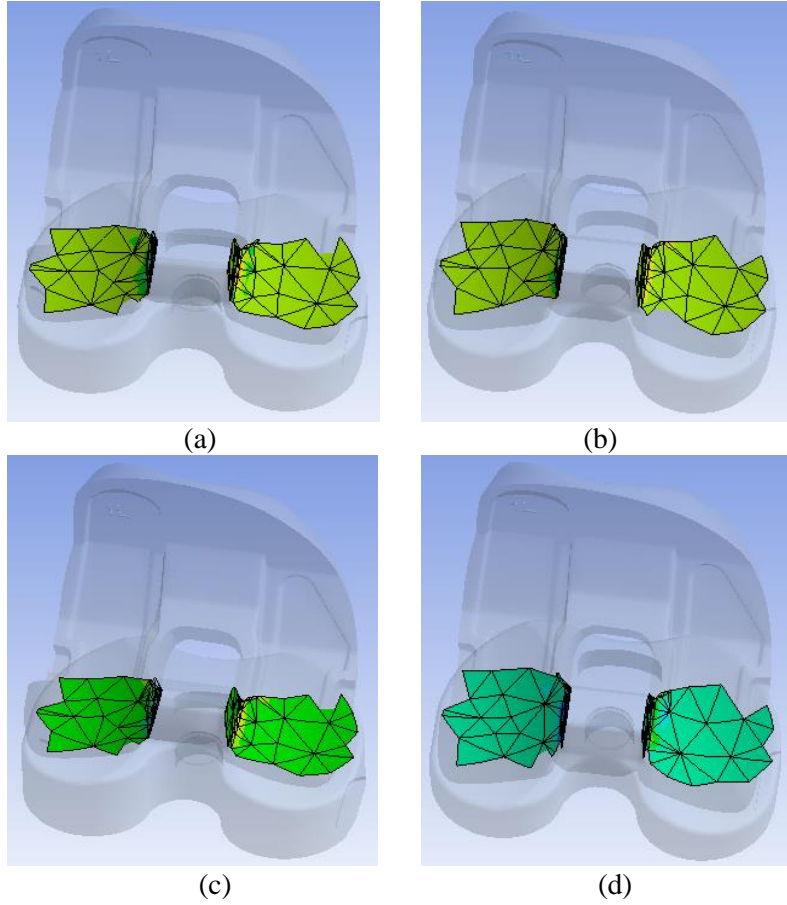
Tablo.1. Kontak basınç değerleri

Size	Max. Kontak Basıncı (MPa)	
1	8-S	110.41
	10-S	106
	12-S	94.87
	15-S	81.241
3	8-M	78.601
	10-M	75.37
	12-M	71.68
	15-M	68.15
5	8-XL	56.26
	10-XL	51.18
	12-XL	45.26
	15-XL	40.12

Tablo.2. Aşınma Derinlik Hesabı

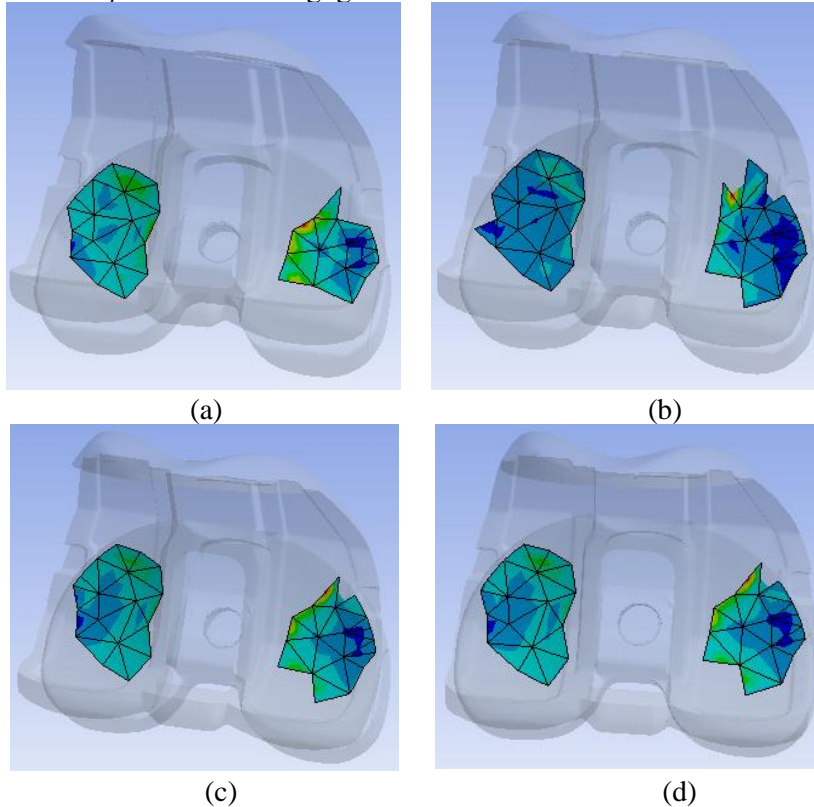
Size	Aşınma Derinliği (mm)	
1	8-S	0.0992
	10-S	0.0954
	12-S	0.0889
	15-S	0.0731
3	8-M	0.0848
	10-M	0.0569
	12-M	0.0357
	15-M	0.0344
5	8-XL	0.0191
	10-XL	0.0149
	12-XL	0.0136
	15-XL	0.0117

Size 1 femur ve size S insert bileşeni (8mm, 10mm, 12mm, 15mm) için gerçekleştirilen sonlu elemanlar analiz sonuç görüntüleri Şekil.3’de verildiği gibidir.



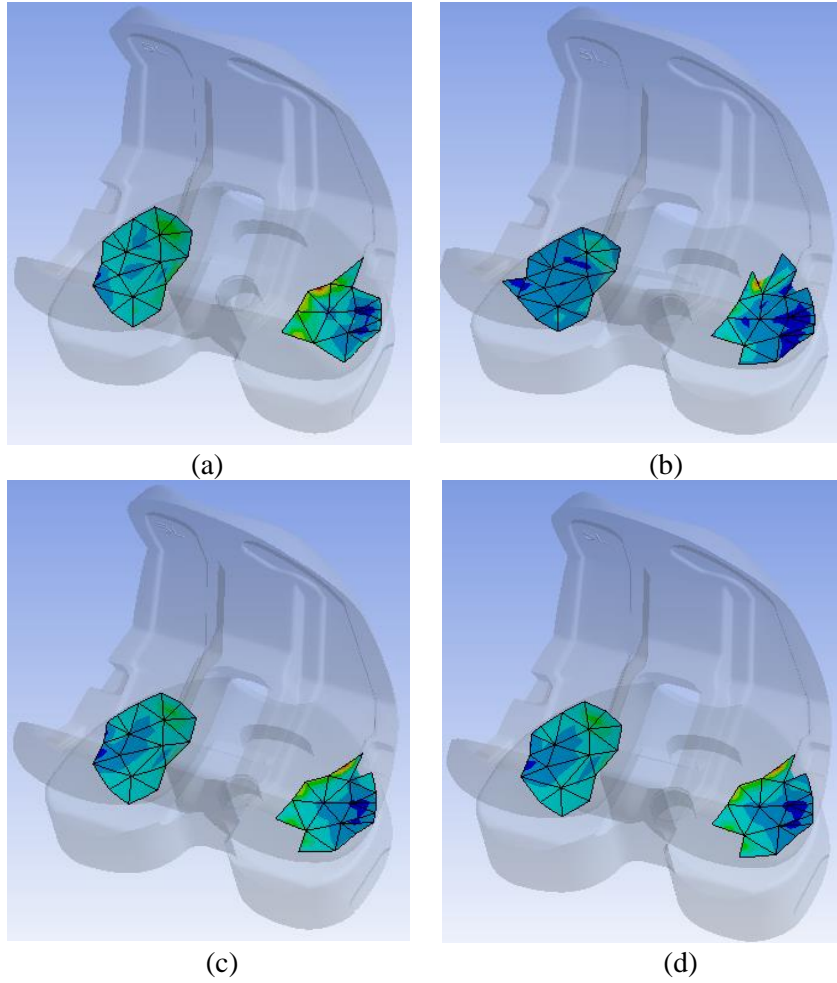
Şekil.3. Size-1 femur – size-S insert analiz sonuçları; a)8mm, b)10mm; c)12mm; d)15mm

Size 3 femur ve size M insert bileşeni (8mm, 10mm, 12mm, 15mm) için gerçekleştirilen sonlu elemanlar analiz sonuç görüntüleri Şekil.4’de verildiği gibidir.



Şekil.4. Size-3 femur – size-M insert analiz sonuçları; a)8mm, b)10mm; c)12mm; d)15mm

Size 5 femur ve size XL insert bileşeni (8mm, 10mm, 12mm, 15mm) için gerçekleştirilen sonlu elemanlar analiz sonuç görüntüleri Şekil.5’de verildiği gibidir.



**Şekil.5.** Size-5 femur – size-XL insert analiz sonuçları; a)8mm, b)10mm; c)12mm; d)15mm

### GENEL SONUÇLAR

Diz eklem protez bileşenleri arasında meydana gelen kontak basınç değerlerinin insert bileşeninde meydana gelebilecek aşınma derinlik değerlerinin oluşumunda doğrudan etkili olduğu görüldü. Çalışma sonucunda elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki maddeler halinde verildiği gibidir:

1. En düşük kontak basınç değerinin size-5 femur ve 15-XL insert bileşeni arasında 8.74 MPa olarak meydana geldiği görüldü. Elde edilen kontak basınç değerine göre de hesaplanan aşınma derinliği 0.0177 mm olarak de test edilen numuneler arasındaki en düşük değere sahip olarak ölçüldü.
2. En yüksek kontak basınç değerinin ise size-1 femur bileşeni ile 8-S insert bileşeni 110.41 MPa olarak oluştuğu görüldü. Diğer numunelerde olduğu gibi hesaplanan aşınma derinliği ise 0.0992 MPa olarak maksimum değerde ölçüldü.

Sonuç olarak protez ömürlerinin protez bileşenleri arasında meydana gelen kontak basıncı ile doğrudan ilişkili olduğu görüldü. Elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı gibi kontak basıncının maksimum olduğu protez bileşenlerinde aşınmanın maksimum, minimum olduğu bileşenler de ise en düşük değerlerde oluştuğu tespit edildi. Böylece elde edilen sonuçlar ışığında protez aşınma oranlarına bağlı olarak protez ömürlerinin belirlenebilmesi mümkün hale gelebilmekte ve aşınmaların yoğun olarak gerçekleştiği bölgeler tespit edilerek farklı geometrilerde protez tasarımlarının gerçekleştirilebilmesi için çalışmaların yapılması mümkün hale gelebilecektir.

**REFERANSLAR**

- [1] Flannery M, McGloughlin T, Jones E, Birkinshaw S. Analysis of wear and friction of total knee replacements: Part I. Wear assessment on a three station wear simulator. *Wear* 2008;265:999-1008.
- [2] Junfen S. Finite Element Analysis Of Total Knee Replacement Considering Gait Cycle Load and Malalignment [M.Sc. dissertation]. England; Wolverhampton University; 2007.
- [3] Antonino R. Design and development of a knee simulator device [M.Sc. dissertation]. Belgium; Politecnico Di Torino University; 2015.
- [4] Neil C. Design of knee simulator for the testing of total knee prosthesis [M.Sc. dissertation]. South Africa; Cape Town University; 2008.
- [5] Calliess T, Schado S, Richter BI, Becher C, Ezechieli M, Ostermeier S. Quadriceps force during knee extension in different replacement scenarios with a modular partial prosthesis. *Clinical Biomechanics* 2014;29:218–22.
- [6] Rawal BR, Yadav A, Pare V. Life estimation of knee joint prosthesis by combined effect of fatigue and wear. *Procedia Technology* 2016;23:60-67.
- [7] Hafezalkotob A, Hafezalkotob A. Interval MULTIMOORA method with target values of attributes based on interval distance and preference degree: biomaterials selection. *Journal of Industrial Engineering International*, 2016;13(2):181–198.



**Ti6Al4V ALAŞIMININ TORNALANMASINDA MEYDANA GELEN TALAŞ TIPLERİNİN  
VE MORFOLOJİSİNİN DENEYSEL VE NÜMERİK ANALİZLER İLE İNCELENMESİ  
INVESTIGATION OF THE CHIP MORPHOLOGY AND CHIP TYPE IN THE TURNING OF  
Ti6Al4V ALLOY BY EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS****Ender EMİR**

Öğr. Gör., Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, (Sorumlu Yazar)

**Erkan BAHÇE**

Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi

**CebraİL ÖLMEZ**

Makine Mühendisi, İnönü Üniversitesi

**ÖZET**

Ti6Al4V alaşımları günümüzde havacılık, medikal, savunma sanayi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına göre farklı geometrik şekil ve hassas ölçülerde üretilmesi gereken bu alaşımlar için çeşitli talaşlı imalat yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin en aşında tornalama ile talaş kaldırma işlemi gelmektedir. Parça yüzeyinden kaldırılacak talaşların morfolojik özellikleri elde edilmek istenen geometrik hassasiyeti ve yüzey bütünlüğünü etkilemektedir. Bu nedenle talaş kaldırma işlemi sonucunda ortaya çıkan talaşların detaylı olarak incelenmesi oldukça önemli bir durum haline gelmektedir. Bu çalışmada ise Ti6Al4V alaşımının hem CNC torna tezgahında hem de simülasyon programında oluşturulan talaş kaldırma işleminde meydana gelen talaşların morfolojik olarak incelenmesi işlemi gerçekleştirildi. Çalışmada talaş kaldırma işlemi için 0.08 mm/dev, 0.1 mm/dev ve 0.15 mm/dev olmak üzere üç farklı ilerleme hızlarında gerçekleştirildi. Çalışmada sonucunda her iki yöntem ile elde edilen talaşlardan ölçümler alındı. Elde edilen sonuçlarda ilerleme hızının artışı ile talaşların süreksiz hale geldiği, düşük ilerleme hızlarında ise sürekli bir formda oluştuğu görüldü. Sonlu elemanlar analizi (SEA) sonucunda elde edilen talaş görüntülerinde ise deneysel yollarla elde edilen verilere benzer sonuçların oluştuğu gözlemlendi. Üç farklı ilerleme hızı sonucunda elde edilen talaşlardan alınan ölçümler sonucunda talaş genişlik ve kalınlıklarının birbirine yakın değerlerde oluştuğu görüldü. Ayrıca bitmiş son ürün üzerinden alınan yüzey pürüzlülük ölçümlerinde de talaş morfolojisinin yüzey kalitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğu gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Ti6Al4V, Tornalama, Talaş Morfolojisi, SEA**ABSTRACT**

Ti6Al4V alloys are widely used in many fields such as aviation, medical and defense industries. Various machining methods are applied for these alloys which need to be produced in different geometric shapes and precise sizes according to their usage areas. Turning and chip removal are the most important of these methods. The morphological properties of the chips to be removed from the part surface affect the geometric precision and surface integrity desired. For this reason, detailed examination of the chips produced as a result of the chip removal process becomes a very important situation. In this study, Ti6Al4V alloy was processed both in CNC lathe and in the simulation program. Three different feed rates of 0.08 mm / rpm, 0.1 mm / rpm and 0.15 mm / rpm were used in the study. As a result of the study, measurements were taken from the chips obtained by both methods. As a result of the results, it was seen that with the increase of the feed rate, the chips became discontinuous and at low feed rates, they formed in a continuous form. It was observed that the results obtained from the finite element analysis (SEA) were similar to those obtained by experimental methods. As a result of the measurements taken from the chips obtained as a result of three different feed rates, it was seen that the chip width and thickness were close to each other. In addition, the surface roughness measurements of the finished product showed that chip morphology had significant effects on surface quality.

**Keywords:** Ti6Al4V, Turning, Chip Morphology, SEA**GİRİŞ**

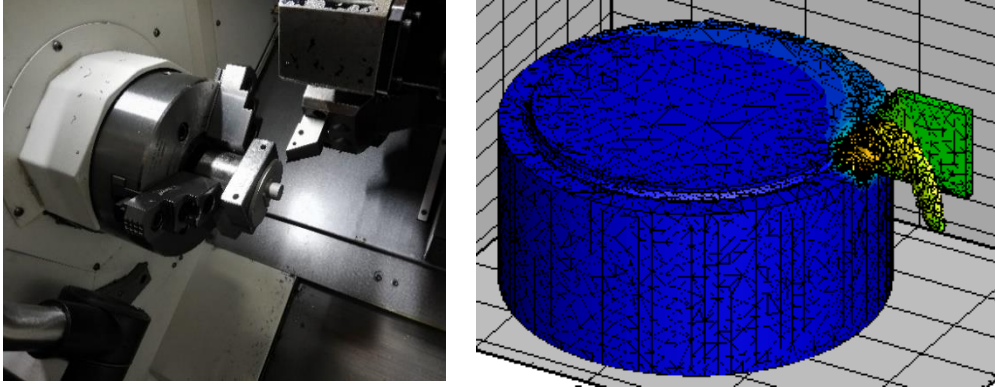
CoCrMo alaşımları kırık kemikleri bağlantılarında, diz ve kalça protezi uygulamalarında yüksek biyouyumluluğu ve mekanik özellikleri sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Ancak sağladığı yüksek biyouyumluluğun yanında alaşım içerisinde yer alan elementlerin yüksek mekanik

özelliklerinden kaynaklı olarak talaşlı imalat sonucunda son şeklini alacak ürünün işlenmesinde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların başında talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklık değerlerine bağlı olarak oluşan takım aşınması ve yüzey bütünlüğünde bozulmalar gelmektedir. İmalat esnasında meydana gelen sorunlar hem üretim zamanının hem de maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak üretim esnasında ortaya çıkabilecek problemlerin önceden öngörülebilmesi ve kontrol altına alınabilmesi oldukça önemlidir.

Kesme bölgesindeki temas koşulları ve alanları talaş morfolojilerini doğrudan etkiler [2]. Bu durumların deneysel çalışmalarla belirlenmesi işleme zamanı ve işleme maliyeti gibi önemli parametreleri etkilemektedir. Ancak deneyler sırasında ilerleme, devir sayısı, kesme hızı gibi kontrol altına alınmak istenilen parametrelerin etkilerini belirlemek zor bir işlemdir. İş parçası malzemesi ve fiziksel özellikleri, uygulanan kesme koşulları için kesme kuvvetini etkilemektedir. Bir kesici takımın optimum performansı, yukarıdaki takım parametrelerinin ve kesme koşullarının doğru bir kombinasyonunu gerektirir. Bu nedenle FEM yazılımlarının kullanımı talaşlı imalat işlemlerinin optimizasyonunda önemli hale gelmektedir. Bu yazılımlar sayesinde talaş kaldırma işleminde kesme kuvveti, kesme sıcaklığı, gerilme, takım sıcaklığı, talaş oluşumu, kesme anındaki ısı transferi gibi çeşitli sonuçların elde edilebilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu nedenle literatürde FEM yazılımları kullanılarak, deneysel yollarla elde edilmiş sonuçların desteklenmesine olanak sağlamaktadır. Literatürde bu konu ile yapılan çalışmalar incelendiğinde hem FEM ortamında gerçekleştirilen nümerik analizler hem de deneysel yollarla elde edilen sonuçlar birbirini destekleyecek şekilde elde edildiği görülmektedir [3,4]. Bu çalışmada da CoCrMo alaşımının tormalanmasında meydana gelen talaş tipleri ve morfolojisi hem deneysel hem de nümerik analizler ile incelendi.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada deneysel ve nümerik olarak iki farklı yöntem ile sonuçlar elde edildi. İlk yöntemde CNC torna tezgahına bağlanan CoCrMo numunesi üzerinden talaş kaldırma işlemi gerçekleştirildi. İkinci yöntemde ise sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak tormalama işlemi yapıldı. Her iki yöntemde de Tablo.1’de verilen işleme parametreleri kullanıldı. Talaş kaldırma işlemi sonucunda elde edilen talaş görüntüleri mikroskobik ortam da görüntülenerek, sonlu elemanlar yazılımı ile elde edilen talaş görüntüleri ile karşılaştırıldı.



Şekil.1 CoCrMo talaş kaldırma işlemi; a) CNC torna tezgahında, b) sonlu elemanlar yazılımında

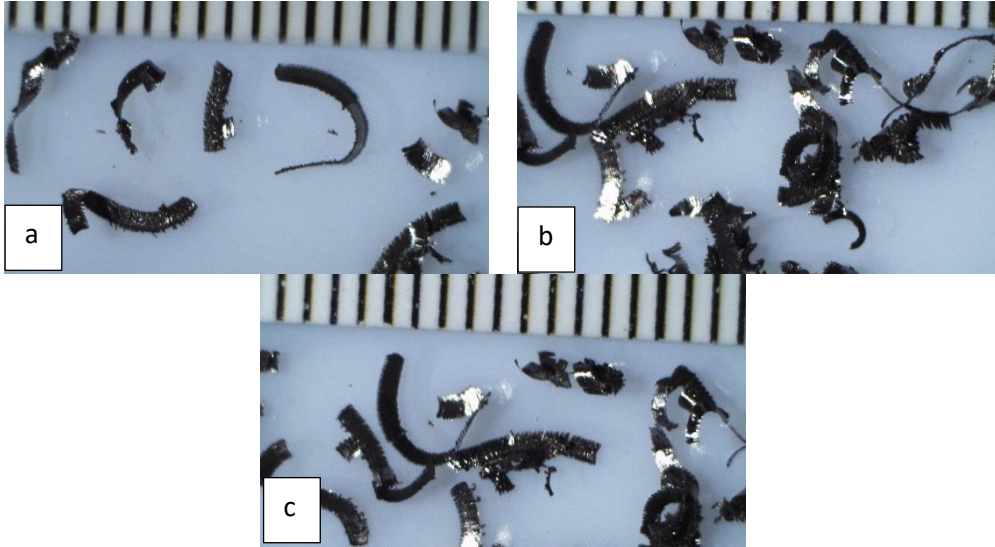
Tablo.1. CoCrMo alaşımının tormalanmasındaki işleme parametreleri

İlerleme (mm/dev)	Devir Sayısı (dev/dk)
0.08	400
0.1	
0.15	

### BULGULAR ve TARTIŞMA

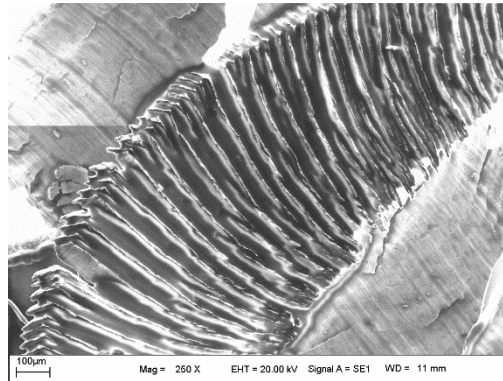
Talaş morfolojisi sabit 400 d/dk’da üç farklı ilerlemede (0.08 mm/dev, 0.1 mm/dev, 0.15 mm/dev) analiz edilmiş ve Şekil 2’de gösterilmiştir. Talaşların büyüklüğünün ilerleme ile doğrudan ilişkili olduğu görüldü. Elde edilen talaş görüntülerinde düşük ilerleme hızında (0.08 mm/dev) yüksek ilerleme hızına kıyasla sürekli talaş tiplerinin oluştuğu görüldü (Şekil.2a). Daha yüksek ilerleme hızlarında ise (0.1-0.15 mm/dev) sürekli talaş tiplerinin oluştuğu görüldü (Şekil.2b, Şekil.2c). Bu durum talaş kaldırma

esnasında ilerlemenin artması ile daha fazla talaş kalınlığının kaldırılacağı ve kesici takım ile iş parçası arasında daha yüksek seviyelerde gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır [5]. Böylece talaşlar kıvrılmak ve ya şerit şeklinde uzamak yerine kolay bir şekilde koparak daha küçük parçalara ayrılmaktadır.



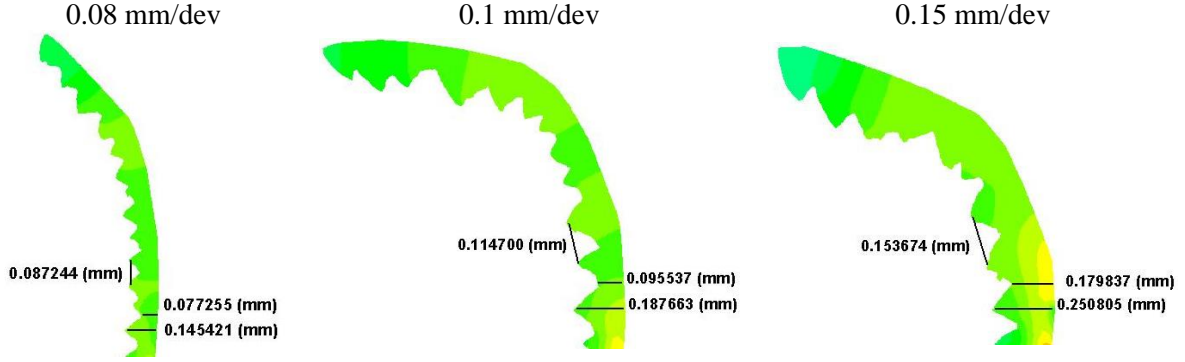
Şekil.2 Sabit kesme hızında elde edilen talaş görüntüleri; a) 0.15 mm/dev, b) 0.1 mm/de, c) 0.08 mm/dev

Sonlu elemanlar analizi ile elde edilen talaş görüntüleri Şekil.3’de verildiği gibidir. Elde edilen görüntülerde deneysel çalışma sonucunda elde edilen talaş görüntülerinde olduğu gibi her bir ilerleme hızına tekabül eden testere diş formlarının oluşumuna rastlandı (Şekil.3). Bu oluşumda ilerleme hızının artışı ile belirginleşen dişlerin talaş kaldırma esnasında lokalize olmuş gerilme yığılmalarına bağlı olarak oluşmaktadır [6,7]. Nitekim yapılan nümerik analizler sonucunda iki testere diş yapısı arasındaki mesafenin teorik olarak ilerleme hızı ile eş uzunlukta olması gerekmektedir. Şekil.4’de gösterilen talaşlarda da benzer durum gözlemlendi.

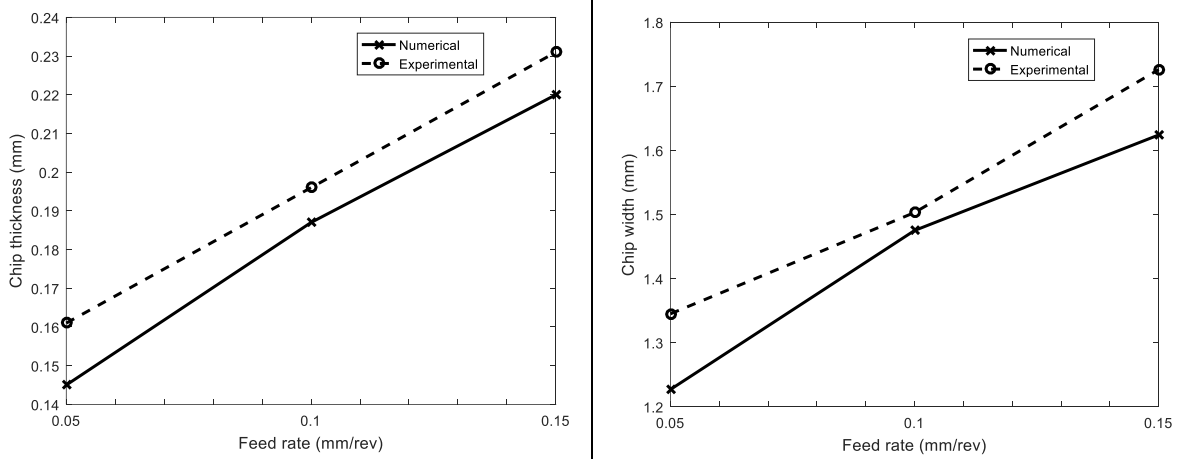
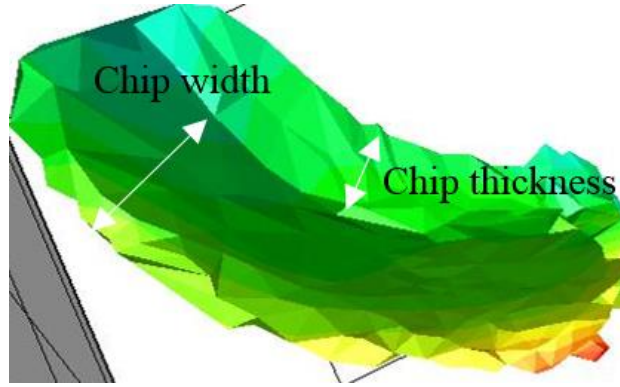


Şekil.3 Testere diş formu

Ayrıca talaşlar üzerinden alınan genişlik ve kalınlık ölçümlerinde deneysel ve nümerik analizler sonucunda elde edilen talaşlardan alınan genişlik ve kalınlık ölçümleri sonucunda da hata oranının oldukça düşük seviyelerde seyrettiği tespit edildi (Şekil.4). Alınan ölçümler sonucunda talaş kalınlığı minimum 0.16 mm, maksimum ise 0.23 mm olarak ölçüldü. Sonlu elemanlar analizi sonucunda elde edilen ölçüm sonuçlarında ise bu değerler minimum 0.145 mm ve maksimum 0.22 mm olarak ölçüldü. Diğer yandan talaş genişlikleri ise deneysel çalışma sonucunda minimum 1.35 mm, maksimum 1.72 mm olarak, nümerik analizlerde ise minimum 1.23 mm, maksimum 1.63 mm olarak ölçüldü.



Şekil.4 Sonlu elemanlar analizi ile elde edilen talaşların ölçüm sonuçları



Şekil.5 Talaş boyutlarının ölçümü; a), kalınlık b) genişlik

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada CoCrMo alaşımının farklı ilerleme hızlarında tormalanması hem deneysel hem de nümerik analizler ile gerçekleştirildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verildiği gibidir:

1. İlerleme hızının artmasına bağlı olarak meydana gelen gerilemeler nedeniyle talaş uzunluklarında farklılıkların olduğu görüldü. Düşük ilerleme hızlarında sürekli talaşların oluşumu gözlemlenirken, yüksek ilerleme hızlarında kesintili talaşların olduğu tespit edildi.
2. Ayrıca meydana gelen gerilmeler ile ilişkili olarak talaş morfolojilerinde hem deneysel hem de nümerik analizler sonucunda testere diş yapısının olduğu görüldü.
3. deneysel çalışma ortaya çıkan talaşlardan ve nümerik analizler sonucunda oluşan talaşlardan alınan ölçümlerin sonucunda hem talaşların genişliği hem de kalınlığı bakımından birbirine yakın sonuçların olduğu görüldü.

**REFERANSLAR**

- [1] Bruschi S, Ghiotti A, Bordin A, (2013). Effect of the Process Parameters on the Machinability Characteristics of a CoCrMo Alloy. Trans Tech Publications. Vols 554-557 (2013) 1976-1983
- [2] M. Calamaz, J. Limido, M. Nouari, C. Espinosa, D. Coupard, M. Salaün, Toward a better understanding of tool wear effect through a comparison between experiments and SPH numerical modelling of machining hard materials, Int. J. Refract Met. Hard Mater., 27(3) (2009) 595–604.
- [3] R. Kountanya, I. Al-Zkeri, T. Altan, Effect of tool edge geometry and cutting conditions on experimental and simulated chip morphology in orthogonal hard turning of 100Cr6 steel, J. of Mater. Processing Tech., 209(11) (2009) 5068–5076.
- [4] X. Nan, L. Xie, W. Zhao, On the application of 3D finite element modeling for small-diameter hole drilling of AISI 1045 steel, The Int. J. of Adv. Manuf. Tech., 84(9-12) (2015) 1927–1939.
- [5] Parida, A. K., & Maity, K. (2019). FEM analysis and experimental investigation of force and chip formation on hot turning of Inconel 625. Defence Technology.
- [6] A. K. Parida, K. Maity, Experimental investigation on tool life and chip morphology in hot machining of Monel-400, Engineering Sci. and Tech., an International Journal, 21(3) (2018) 371–379.
- [7] A. K. M. Nurulamin, I. H. Jaafar, A. U. Patwari, W. W. D. Zubaire, Role of discrete nature of chip formation and natural vibrations of system components in chatter formation during metal cutting, IJUM Engineering J., 11(1) (2010) 124-138



**YOZGAT İLİNDEN TOPLANAN YENİLEBİLİR BİR MANTAR TÜRÜNÜN (*Bovistella utriformis* (Bull.) Demoulin & Rebriev) MİNERAL İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ**  
**THE INVESTIGATION OF MINERAL CONTENTS OF AN EDIBLE MUSHROOM SPECIES**  
**(*Bovistella utriformis* (Bull.) Demoulin & Rebriev) COLLECTED FROM YOZGAT PROVINCE**

**Handan ÇINAR YILMAZ**

Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, (Sorumlu yazar)

**Hakan IŞIK**

Dr, Tokat M. Emin Saraç Anadolu İmam Hatip Lisesi

**Aydın Şükrü BENGÜ**

Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı

**İbrahim TÜRKEKUL**

Prof. Dr, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

**ÖZET**

Türkiye, farklı jeomorfolojik ve iklim özelliklerinden dolayı çok çeşitli yenilebilir mantar türlerine sahiptir. Yenilebilir mantarlar, önemli miktarda vitamin, mineral, protein ve lif içermesi nedeniyle, insan yaşamında önem kazanmaktadır. Ayrıca, bu mantarların Türkiye’de önemli ekonomik değere sahip olduğu ve yerel nüfus açısından da besin maddesi olarak toplanıp tüketildiği görülmektedir. Mantarların temel yağ asitleri, esansiyel amino asitler, vitaminler ve mineraller açısından değerli besin kaynağı olduklarını ortaya koyan birçok çalışma vardır. Bu çalışmanın amacı, Yozgat ilinin farklı bölgelerden toplanan ve genç dönemde yenen, *Bovistella utriformis* türünün mineral içeriğinin tespit edilmesidir. Mantar örneğinin, mineral içerikleri yönünden incelenmiş ve on iki besin elementi (Mg, Al, Ca, Na, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Cd) içerdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında; en yüksek miktar Fe mineralinde  $1682224 \mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. İkinci yüksek seviye ise Al mineralinde  $1506929 \mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ , olarak tespit edilmiş ve diğer minerallerin sırasıyla Mg, Zn, Cu, Mn, Ca, Na Ni, Cr ve Cd olduğu görülmüştür. En düşük mineral seviyesi ise Co olduğu görülmüş ve  $945.629 \mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında, bu mantar türünün yüksek miktarda mineral içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak genç dönemde yenen *Bovistella utriformis* makromantarının insan besin zincirine takviye olarak eklenebileceğini söyleyebiliriz

**Anahtar Kelimeler:** *Bovistella utriformis*, minerals, Yozgat.

**ABSTRACT**

Turkey has a variety of edible mushroom species due to the different geomorphological and climatic characteristics. Edible fungi are important for human life because they contain significant amounts of vitamins, minerals, proteins, and fiber. Also, as these fungi have significant economic value is consumed in Turkey and are seen as the nutrients and are collected from the local population. There are many studies showing that fungi are valuable nutrients in terms of essential fatty acids, essential amino acids, vitamins, and minerals. The aim of this study was to determine the mineral content of *Bovistella utriformis* species collected from different regions of Yozgat province and eaten in the young period. The mushroom sample was examined for mineral contents and it was determined that it contains twelve nutrients. When the results are compared; The highest amount of Fe mineral was determined as 1682,224 mg/kg. The second high level was found to be 1506,929 mg/kg in Al mineral and the other minerals were Mg, Zn, Cu, Mn, Ca, Na, Cr, and Cd respectively. The lowest mineral level was found to be Co and it was found to be 0,945 mg/kg. When the results obtained from the study are examined, it is seen that this fungus species has high mineral content. Therefore, we can say that the *Bovistella utriformis* macromushroom which is eaten in a young period can be added to the human food chain as a supplement.

**Keywords:** *Bovistella utriformis*, minerals, Yozgat.

## 1. GİRİŞ

Türkiye, farklı jeomorfolojik ve iklim özelliklerinden dolayı çok çeşitli yenilebilir mantar türlerine sahiptir. Yenilebilir mantarlar, önemli miktarda vitamin, mineral, protein ve lif içermesi nedeniyle, insan yaşamında önem kazanmaktadır. Ayrıca, bu mantarların Türkiye’de önemli ekonomik değere sahip olduğu ve yerel nüfus açısından da besin maddesi olarak toplanıp tüketildiği görülmektedir. Mantarların temel yağ asitleri, esansiyel amino asitler, vitaminler ve mineraller açısından değerli besin kaynağı olduklarını ortaya koyan birçok çalışma vardır. Mantarlar linoleik, oleik ve palmitik asit gibi yağ asitleri yönüyle zengindir. Esansiyel yağ asitleri kalp-damar sağlığını koruyan prostaglandinler gibi bileşiklere dönüştükleri için önemlidirler (Akyüz ve ark. 2011; Çakmakçı ve Kahyaoğlu, 2012). Ormanlık ve çayırılık alanlarda doğal olarak yetişen mantarların bazıları ticari öneme sahiptir. Ülkemizde özellikle yağışlı mevsimlerde kırsal kesimlerden toplanan makromantarlar bu yörelerdeki insanlara ekonomik gelir sağlamaktadır (Türkekul ve ark. 2018). Günümüzde terapötik uygulamalarda en önemli gıdalardan biri olarak kabul edilen mantarlar; antikanserojenik, antikoolesterolaemik, antiviral, antioksidan etkiye sahiptir. Hipertansiyon ve koroner kalp hastalıklarına karşı koruyucu olarak kullanılmaktadır (Türkekul ve ark. 2018). Bu çalışmanın amacı, Yozgat ilinin farklı bölgelerden toplanan ve genç dönemde yenen, *Bovistella utrififormis* türünün mineral içeriğinin tespit edilmesidir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma materyali olan makrofungus örnekleri, Yozgat ilinde yapılan rutin arazi gezileri sırasında toplanmıştır. Makrofungusun doğal habitatında fotoğrafı alınarak, morfolojik ve ekolojik özellikleri kaydedilmiştir. Toplanan örnekler daha sonra laboratuvar ortamına getirilerek koleksiyon numarası verilmiş ve kurutulmuştur. Çeşitli kimyasallar kullanılarak mikroskopik özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Makroskopik ve mikroskopik özellikleri ortaya çıkarılan mantarların ilgili literatür yardımıyla teşhisi yapılmıştır (Breitenbach and Kränzlin, 1991; Phillips, 1981; Jordan, 1995). Mineraller mikrodalgada yakıldıktan sonra ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer; İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma - Kütle Spektrometresi)'de incelendi. Tüm analizler Bingöl Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

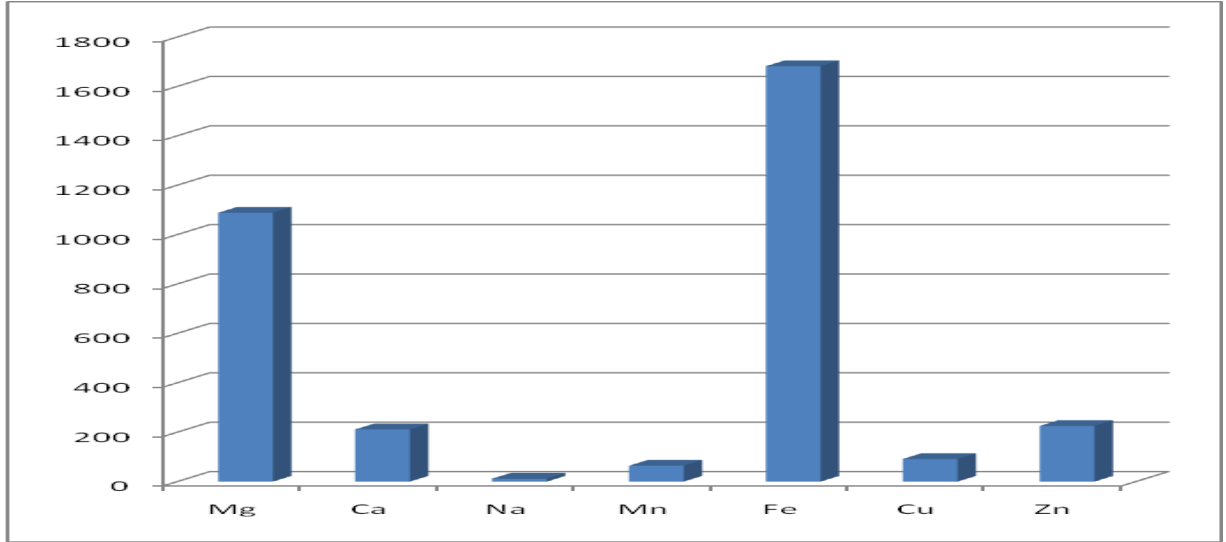
## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mantar örneğinin, mineral içerikleri yönünden incelenmiş ve on iki besin elementi (Mg, Al, Ca, Na, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Cd) içerdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında; en yüksek miktar Fe mineralinde  $1682.22 \text{ mg/kg}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. İkinci yüksek seviye ise Al mineralinde  $1506.929 \text{ mg/kg}^{-1}$ , olarak tespit edilmiş ve diğer minerallerin sırasıyla Mg, Zn, Cu, Mn, Ca, Na Ni, Cr ve Cd olduğu görülmüştür. En düşük mineral seviyesi ise Co olduğu görülmüş ve  $0.945 \text{ mg/kg}^{-1}$  olduğu tespit edilmiştir.

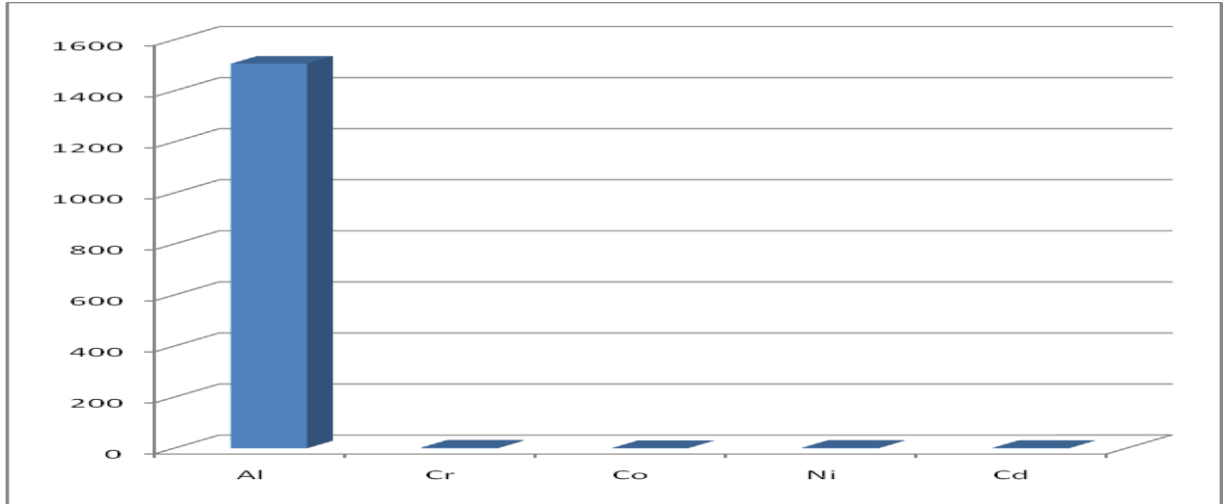
	<i>Bovistella utrififormis</i>
Mg	1088.653
Al	1506.929
Ca	211.312
Na	11.988
Cr	3.088
Mn	64.419
Fe	1682.224
Co	0.945
Ni	2.401
Cu	91.828
Zn	225.449
Cd	1.704

Tablo 1: *Bovistella utrififormis* mantar türünün mineral içerikleri mg/kg olarak verilmiştir

Bu mantar türünün içerdiği minerallerin bazıları literatür verilerine göre ağır metal olarak adlandırılmaktadır, bunlar çalıştığımız mantar türünde Al, Cr, Co, Cd ve Al olarak ayrı şekilde değerlendirilmiştir. FAO/WHO örgüt standartlarına göre bu metallerin haftalık alım miktarları ise 0.5-5 mg/kg arasında değişmektedir. Bu verilere göre; Bu mantar türünde, insan vücudu için değerli minerallerin varlığı kadar ağır minerallerin varlığı kirlilik kaynakları ve toprak kapasitesine bağlı olarak miktarlar değişebilmektedir.



Tablo 2: *Bovistella utriformis* 'in sahip olduğu iz elementler



Tablo 3: *Bovistella utriformis* 'in sahip olduğu ağır metaller

Çalışmamızdan elde edilen sonuçları, daha önce yapılan çalışmalarla kıyasladığımızda;

	Çınar Yılmaz vd. 2019	Türkekel vd 2004
Fe	1682.22	924
Cu	91.828	25
Mn	64.419	28
Zn	225.449	58
Cd	1.704	0.3

Çalışmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında, bu mantar türünün yüksek miktarda mineral içeriğine sahip olduğu görülmektedir, ayrıca Türkiye literatür bilgilerine katkı sağladığı görülmektedir. Buna bağlı olarak genç dönemde yenen *Bovistella utriformis* makromantarının insan besin zincirine takviye olarak eklenebileceğini söyleyebiliriz.

**KAYNAKLAR**

- Akyüz, M., Kırbağ, S., Karatepe, M., Güvenç, M., Zengin F., (2011). Vitamin and Fatty Acid Composition of *P. eryngii* var. *eryngii*. Bitlis Eren University Journal of Science and Technology, (1), 16-20.
- Breitenbach J., Kränzlin F. (1991). Fungi of Switzerland. Vol: 3, Boletes and Agarics 1. Part, Verlag Mykologia CH-6000 Luzern 9, 361 p., Switzerland.
- Christie W.W. (1990). Gas chromatography and lipids. The Oil Press, Glaskow, 302 p.
- Çakmakçı S., Tahmas-Kahyaoğlu D. (2012). Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkilerine Genel Bir Bakış. Akademik Gıda 10(1):103-113
- Jordan M. (1995). The Encyclopedia of Fungi of Britain and Europe. Frances Lincoln, 384p., London.
- Phillips R. (1981). Mushrooms and Other Fungi of Great Britain & Europe. Pan Books Ltd., 288p, London.
- Türkekul, İ., Elmastaş, M., Tüzen, M. (2004). Determination of iron, copper, manganese, zinc, lead, and cadmium in mushroom samples from Tokat, Turkey. Food Chemistry, 84: 389-392.

**TOKAT YÖRESİNDEN TOPLANAN İKİ YENEN MANTAR TÜRÜNÜN YAĞ ASIDI  
İÇERİKLERİ**  
FATTY ACID CONTENTS OF TWO EDIBLE MUSHROOM SPECIES COLLECTED FROM  
TOKAT PROVINCE

**Handan ÇINAR YILMAZ**

Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve  
Teknikler Bölümü, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, (Sorumlu yazar)

**Aydın Şükrü BENGÜ**

Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve  
Teknikler Bölümü, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı

**Hakan IŞIK**

Dr, Tokat M. Emin Saraç Anadolu İmam Hatip Lisesi

**İbrahim TÜRKEKUL**

Prof. Dr, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

**ÖZET**

Doğal olarak yetişen ve önemli ekolojik görevlere sahip olan mantarların yenen türleri dünyanın birçok yöresinde olduğu gibi ülkemizde de toplanmakta ve gıda maddesi olarak tüketilmektedir. Mantarın kimyasal yapısını belirlemeye yönelik yapılan birçok çalışma onların esansiyel yağ asitleri, esansiyel amino asitler, vitaminler ve mineraller yönünden değerli besin kaynakları olduklarını ortaya çıkarmıştır. Kalori ve yağ bakımından fakir olmaları sebebiyle özellikle diyet yapan insanlar tarafından tercih edilmektedir. Bu çalışmamızda amacımız doğal ortamdan toplanan *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini ve *Hygrophorus eburneus* (Bull.) Fr. makromantar örneklerindeki yağ asidi içeriklerini tespit etmektir. Çalışmamızın materyali olan mantar örnekleri arazi gezileri sırasında Tokat'ta farklı lokalitelerden toplanmıştır. Analizler yağ asitlerinin metil esterleri elde edildikten sonra GC-MS cihazı (Agilent 7890 GC/5970 MS Series-Santa Clara, CA, USA) ile yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda *C. aegerita* örneklerinden palmitik (C16:0), stearik (C18:0), oleik (C18:1) ve linoleik asit (C18:2); *H. eburneus* örneklerinden ise miristik (C14:0), palmitik (C16:0), palmitoleik (C16:1), stearik (C18:0), oleik (C18:1), linoleik (C18:2) ve nervonik asit (C24:1) farklı oranlarda tespit edilmiştir. Miktarı en fazla olan yağ asidinin *C. aegerita*'da 54.33% oranı ile linoleik asit, *H. eburneus* örneklerinde ise 47.80% oranı ile oleik asit olduğu görülmüştür. Her iki mantar türünde de toplam doymuş yağ asidi oranı toplam doymamış yağ asidi oranından yüksek çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Cyclocybe aegerita*, GC-MS, *Hygrophorus eburneus*, Tokat, Yağ Asitleri

**ABSTRACT**

Edible species of mushrooms, which grow naturally and have important ecological tasks, are collected and consumed as foodstuff in our country as well as in many regions of the world. Many studies to determine the chemical structure of the mushrooms have revealed that they are valuable nutrient sources in terms of essential fatty acids, essential amino acids, vitamins and minerals. It is especially preferred by people who are dieting because they are poor in terms of calories and fat. The aim of this study was to determine the fatty acid contents of *Cyclocybe aegerita* (V. Brig.) Vizzini and *Hygrophorus eburneus* (Bull.) Fr. mushroom samples collected from natural environment. Mushroom samples, which are the material of our study, were collected from different localities in Tokat during field trips. The analyzes were performed by GC-MS instrument (Agilent 7890 GC/5970 MS Series-Santa Clara, CA, USA) after obtaining methyl esters of fatty acids. At the end of the studies, palmitic (C16:0), stearic (C18:0), oleic (C18:1) and linoleic acid (C18:2) from *C. aegerita* samples; myristic (C14:0), palmitic (C16:0), palmitoleic (C16:1), stearic (C18:0), oleic (C18:1), linoleic (C18:2) and nervonic acid (C24:1) from *H. eburneus* samples were determined in different proportions. The highest amount of fatty acid was found linoleic acid in *C. aegerita* with proportions of 54.33% and oleic acid in *H. eburneus* samples with proportions of 47.80%. Also in the both mushroom species, total saturated fatty acid rate was higher than total unsaturated fatty acid rate.

**Keywords:** *Cyclocybe aegerita*, GC-MS, *Hygrophorus eburneus*, Tokat, Fatty Acids



ALIÇ MEYVESİ'NİN *Saccharomyces cerevisiae* HÜCRE GELİŞİMİNE ETKİSİNİN  
MOLEKÜLER BİYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI  
THE INVESTIGATION OF EFFECT OF HAWTHORN FRUIT ON *Saccharomyces cerevisiae*  
CELL GROWTH WITH MOLECULAR BIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESS

Özlem GÖK

Doktora öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Seda BEYAZ

Doktora öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Abdullah ASLAN

Doç. Dr., Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Moleküler Biyoloji ve Genetik Programı

ÖZET

Alıç bitkisi sistematik olarak, Rosaceae familyasının *Crataegus* cinsi altında yer almaktadır. Kışın yaprağını döken, 10 metreye kadar uzayabilen, dikenli ağaç veya çalı formunda bir bitki türüdür. Genellikle ormanlarda yetişip sarı, kırmızı, mor veya siyah renkli olabilmektedir. Bitkiye çok güçlü antioksidan özellikler veren flavonoid bileşikler açısından oldukça zengindir. Kalp-damar sistemi üzerinde pozitif etkiler göstermektedir. Ayrıca, serbest radikal oluşumunu engelleyerek kalbin damar sistemini olumlu yönde etkilemektedir. Alıç bitkisinin kurutulmuş çiçek ve meyveleri çay gibi hazırlanarak boğaz iltihabına, öksürüğe, böbrek hastalıklarına, damar sertliğine ve karaciğer ağrılarına karşı da kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; Hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile *Saccharomyces cerevisiae* de oluşturulan hasara karşı, alıç meyvesinin koruyucu rolü araştırılmıştır. Çalışmada 4 grup oluşturulmuştur. Gruplar: (1) Kontrol Grubu: Sadece maya ekilen grup; (2) Alıç Meyve Ekstraktı (AME) Grubu: Alıç meyvesi verilen grup (% 20); (3)  $H_2O_2$  Grubu:  $H_2O_2$  (15 milimolar) verilen grup; (4) AME +  $H_2O_2$ : Alıç meyvesi (% 20) +  $H_2O_2$  (15 milimolar) verilen grup. *Saccharomyces cerevisiae* kültürleri 1 saat, 3 saat, 5 saat ve 24 saat boyunca 30 °C'de geliştirildi. Hücre gelişimi, lipid peroksidasyonu MDA (malondialdehit) analizleri ile GSH (glutatyon) seviyesi spektrofotometre ile belirlendi. Total protein değişiklikleri SDS-PAGE elektroforezi ile tespit edildi ve Bradford metodu ile hesaplandı. Elde edilen sonuçlara göre;  $H_2O_2$  grubu ile kıyaslandığında hücre gelişimi (1, 3, 5 ve 24 saat), total protein sentezi ve GSH seviyesi (24 saat) alıç meyvesi grubunda artarken, MDA seviyesi (24 saat) azalış göstermiştir. Sonuç olarak; alıç meyvesi *Saccharomyces cerevisiae* kültüründe oksidatif hasarı azaltmasının yanı sıra, hücre büyümesini, total protein sentezini ve GSH seviyesini artırıcı bir role sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Alıç meyvesi,  $H_2O_2$ , *Saccharomyces cerevisiae*, SDS-PAGE

ABSTRACT

The hawthorn plant is systematically located under the genus *Crataegus* of the Rosaceae family. It is a kind of plant that is deciduous in winter, it can grow up to 10 meters and it is in the form of thorny tree or shrub. They are usually grown in forests and can be yellow, red, purple or black. It is rich in flavonoid compounds that give the plant strong antioxidant properties. It has positive effects on cardiovascular system. Furthermore, it prevents the formation of free radicals and has a positive effect on the vascular system of the heart. Dried flowers and fruits of the hawthorn plant are prepared as tea and used against throat inflammation, cough, kidney diseases, arteriosclerosis and liver pains.

In this study; The protective role of hawthorn fruit against damage caused by hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) in *Saccharomyces cerevisiae* was investigated. Four groups were formed in the study. Groups: (1) Control Group: Only yeast cultivated group; (2) Hawthorn Fruit (HF) Group: Hawthorn fruit given group (% 20); (3)  $H_2O_2$  Group: The group given  $H_2O_2$  (15 millimolar); (4) HF +  $H_2O_2$  Group: Group given Hawthorn fruit (% 20) +  $H_2O_2$  (15 millimolar). *Saccharomyces cerevisiae* cultures were developed at 30 °C for 1 hour, 3 hours, 5 hours and 24 hours. Cell growth and lipid peroxidation were determined by MDA (malondialdehyde) analysis and GSH (glutathione) level was determined by spectrophotometer. Total protein changes were detected by SDS-PAGE electrophoresis and calculated by Bradford method. According to the results obtained; Cell growth (1, 3, 5 and 24 hours), total protein synthesis and GSH levels (24 hours) increased in hawthorn fruit group, while MDA level (24 hours)

decreased when compared with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> group. As a result; hawthorn fruit has a role to increase oxidative damage, increase cell growth, total protein synthesis and GSH level in *Saccharomyces cerevisiae* culture.

**Keywords:** Hawthorn fruit, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *Saccharomyces cerevisiae*, SDS-PAGE

## 1.GİRİŞ

Alıç (*Crataegus*) insan sağlığı üzerinde yararlı etkileri olan Rosaceae familyasına aittir. Asya, Avrupa ve Amerika'da yaygın olarak dağılmaktadır. *Crataegus* cinsi hibritleştirilmiş türler dahil olmak üzere yaklaşık 200 tür ile; Türkiye'de ise 21 tür ile temsil edilmektedir. Devam eden çalışmalar daha fazla takson olduğunu ve tüm taksonların "alıç" olarak bilindiğini göstermektedir (Bardakçı vd., 2019; Khadivi vd., 2019). Genel olarak derelere bakan yamaçlarda, kayalık, taşlık yerlerdeki çalılıkların içinde, ormanlarda veya dağlık alanlara yayılmıştır (Özdemir, 2019). Alıç meyvesi ülkemizde, halk arasında yemişen, alıç, aluç veya eşki muşmula gibi isimlerle anılmaktadır (Altınbaşak, 2019).



Şekil 1. Alıç meyvesi (Baba, 2017)

Alıç'ın meyve ve çiçeklerinde antioksidan özellikteki flavonoidler, vitaminler, organik asitler ve eterik yağlar başta olmak üzere insan sağlığı bakımından faydalı birçok madde bulunmaktadır. Alıç meyvesinin içerdiği antioksidanlar serbest radikal oluşumunu engelleyerek kalbin düzenli çalışmasını olumlu yönde etkilemektedir (Yılmaz, 2018). İlave olarak; alıç uygulamasının antidiyabetik ve hipolipidemik etkileri vardır. Ayrıca, *Crataegus* türlerinin antioksidan aktiviteleri olduğu bilinmektedir (Pirmoghani vd., 2019). Avrupa'da, alıç türlerinin meyveleri, yaprakları ve çiçekleri, antispazmodik, kardiyotonik, hipotansif ve antiaterosklerotik aktivitelerinden dolayı kalp problemlerinin tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca, geleneksel olarak meyveler bağırsak sorunlarına karşı Türkiye'de bir idrar söktürücü ajan olarak kullanılmaktadır. Alıç türlerinin kullanımını destekleyen güncel çalışmalar, *Crataegus* türlerinin farklı kısımlarının radikal temizleyici, anti-lipoperoksidant, antiviral, anti-enflamatuar, antimikrobiyal, gastroprotektif, hipoglisemik ve hepatoprotektif aktivitelere sahip olduğunu ortaya koymuştur (Bardakçı vd., 2019).

Bu çalışmada *S. cerevisiae* kültürüne hidrojen peroksit uygulanarak oksidatif hasar oluşturulmuş ve bu canlıdaki alıç meyve ekstraktının hücre büyümesine karşı etkileri incelenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOD

### 2.1. Araştırma Grupları

Bu çalışmada, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile oksidatif stres oluşturulan *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) kültürlerinde alıç meyve ekstraktının koruyucu etkisi araştırılmıştır. Çalışmada 4 grup oluşturulmuştur. Gruplar: (1) Kontrol Grubu: Sadece maya ekilen grup; (2) AME: Alıç meyvesi verilen grup (%20); (3) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Grubu: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) verilen grup; (4) AME + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Alıç meyvesi (% 20) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) verilen grup. Sterilizasyondan hemen sonra, AME (% 20) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar), *S.*

*Cerevisiae* kültürlerine eklendi ve kültürler, 1 saat, 3 saat, 5 saat ve 24 saat boyunca (gece boyunca) 30° C'de geliştirildi.

*S. cerevisiae*'nin gelişim ortamı: Mayaların geliştirilmesi ve çoğaltılması için, YEPD (50 mL için; 1.5 g maya özütü, 1.5 g tripton, 1.5 g glukoz) ilave olarak *S. cerevisiae*'nin büyümesi ve çoğaltılması için AME eklendi ve geliştirildi (Aslan vd., 2017).

## **2.2. Kültüre Alıç Meyvesi ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Uygulanması**

AME (% 20) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) *S. cerevisiae* ortamına eklendi ve 30° C'de geliştirildi. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubu (15 milimolar) ve AME (% 20) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubuna eklendi.

## **2.3. Hücre Gelişimi Ölçümleri**

Kültür örnekleri 1 saat, 3 saat, 5 saat ve 24 saat boyunca (gece boyunca) 30° C'de geliştirildi ve 600 nm dalga boyunda spektrofotometre kullanılarak ölçümleri yapıldı.

## **2.4. SDS- PAGE (Sodyum Dodesil Sülfat–Poliakrilamid Jel Elektroferez) Analizi**

*S. cerevisiae* kültürlerinin örnekleri, SDS-PAGE için hazırlandı. Sonra protein örnekleri SDS PAGE ile analiz edildi. Jel görüntüleri alınarak gruplar arasındaki protein bantları incelendi (Laemmli, 1970; Aslan vd., 2018).

## **2.5. Total Protein Yoğunluğu Ölçümleri (Bradford)**

Total protein yoğunluğu, Bradford yöntemine göre 595 nm'de (OD595) spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirildi. Bowine Serum Albumin (BSA) proteini kullanılarak farklı konsantrasyonlarda protein standartları elde edildi. Buna göre, bu standart değere karşılık gelen *S. cerevisiae* gruplarındaki toplam protein miktarı hesaplandı (Aslan vd., 2017).

## **2.6. Malondialdehit (MDA) Analizi**

MDA tayininde, gruplardan 200 µl örnek alınarak % 8,1 SDS'ten 200 µl ilave edilmiştir. % 20'lik asetik asit'ten (pH: 3,5) 1,5 ml ve % 0,8'lik (pH: 3,5) TBA'dan 1,5 ml eklenerek son hacim 4 ml olacak şekilde distile su eklenmiştir. Daha sonra 95°C sıcaklıkta kaynar su banyosunda 1 saat beklenerek ve ardından soğutulmuş 1 ml distile su 15:1 (v/v) oranında 5 ml n-butanol-piridin karışımından eklenip vortekslenmiştir. 4000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki organik tabaka alınıp 532 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar nmol/ml olarak kaydedilmiştir (Ohkawa, 1979; Aslan vd., 2018).

## **2.7. GSH (Glutatyon) Seviyesi**

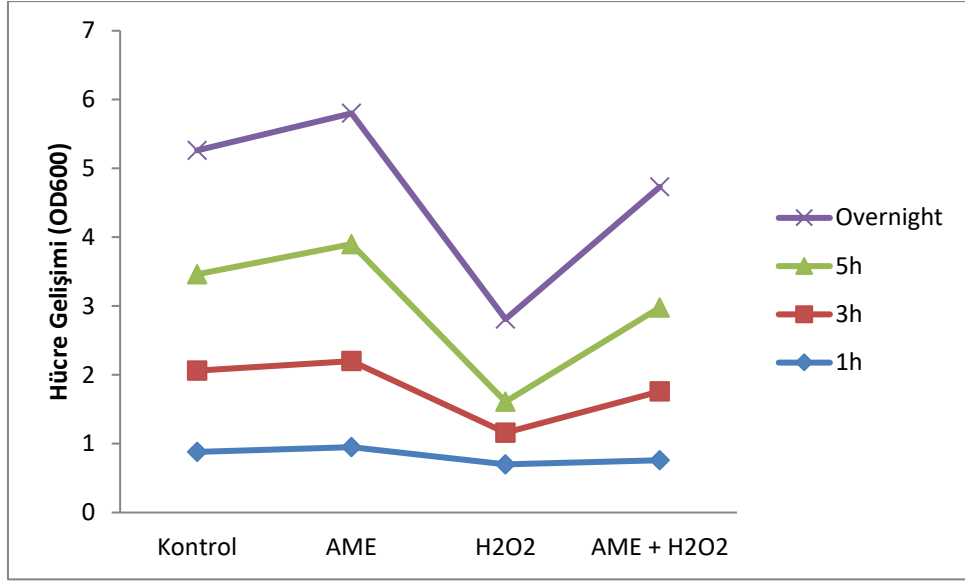
0,1 ml hücre homojenatı 0,4 ml TCA (%10 trikloroasetik asit) solüsyonu ile karıştırıldı, 20 sn vorteks yapıldıktan sonra ve 3000 rpm' de 5 dk santrifüj edildi. 0,1 ml süpernatant temiz bir tüp içine alınarak, üzerine 0,9 ml distile su, 2 ml Tris tamponu (0,4M pH:8,9) ve 0,1 ml DTNB solüsyonu eklendi. Oluşan sarı renk distile suya karşı spektrofotometrede 412 nm dalga boyunda okundu (Yiğit, 2015).

## **2.8. İstatistiksel Analizler**

Bütün veriler SPSS 22 paket programında varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Gruplar içi farklılıkları belirlemek için One Way Anova *Post Hoc* Tukey ve LSD testleri uygulanmıştır. Yapılan istatistiklerin güvenilirliği açısından ölçümler en az 3 tekrar olacak şekilde yapılmıştır.

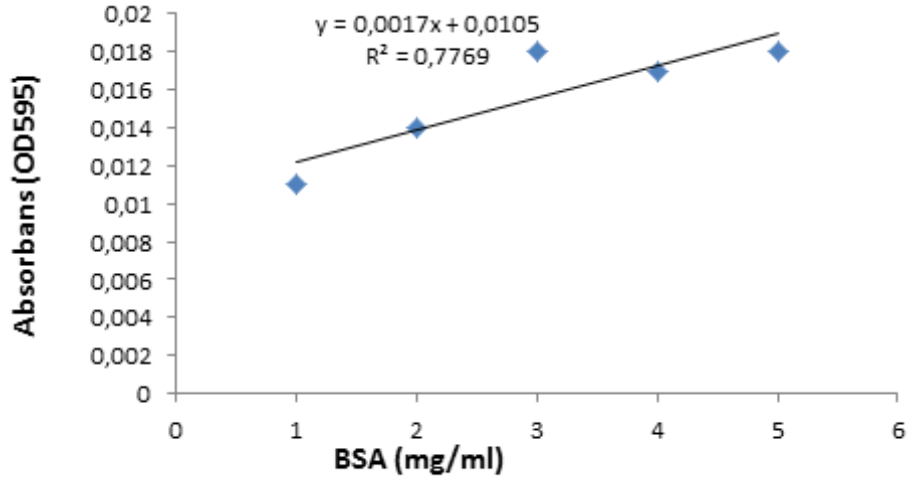
## **3. BULGULAR**

Şekil 2'e göre farklı gelişim zamanları olan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmektedir (p< 0,05). Kültür ortamına aktarılan AME'in, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in olumsuz etkisine karşı hücre gelişimini arttırdığı görülmüştür.

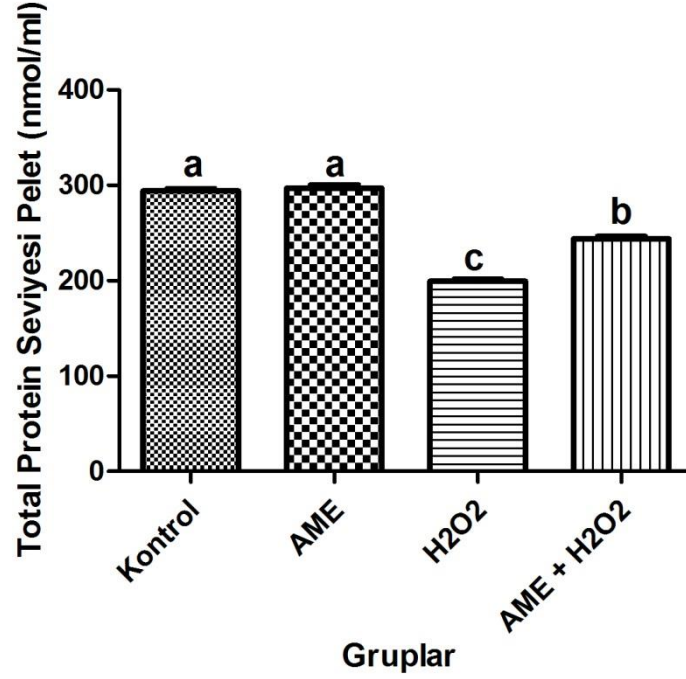


Şekil 2. *S. cerevisiae*'nin Alıç Meyvesi Farklı Saatlerdeki Hücre Gelişimi

Tablo 1, Şekil 3 ve Şekil 4 de verilen pelet total protein sonuçları ile Tablo 2, Şekil 3 ve Şekil 5'de verilen süpernatant total protein sonuçları incelendiğinde, AME'in *S. cerevisiae*'de protein sentezini teşvik ettiğini söyleyebiliriz. Özellikle H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubu ile kıyaslandığında AME (% 20) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda yüksek oranda arttığı görülmektedir.



Şekil 3. Bradford BSA (Bovine Serum Albümin) Standart Eğrisi



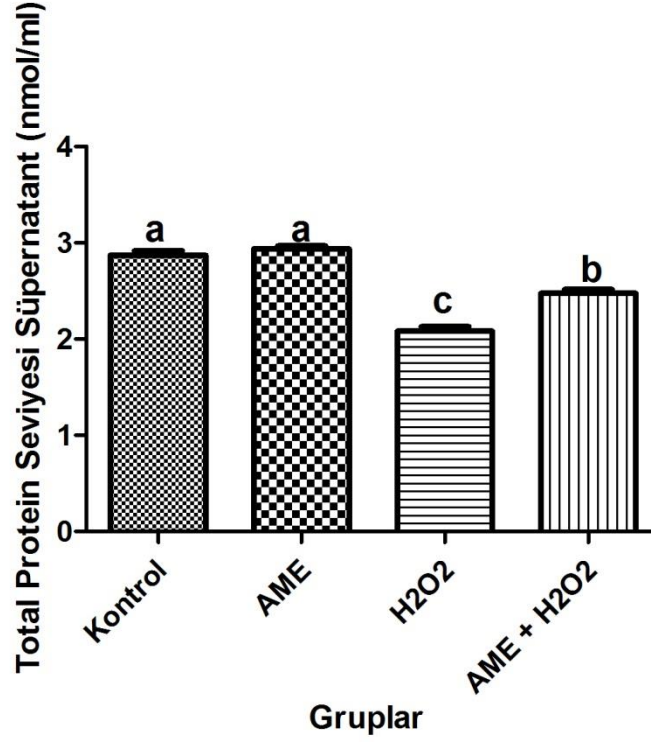
Şekil 4. Total Pelet Protein Yoğunluğu

Tablo 1. Bradford Pelet Total Protein Yoğunlukları

GRUPLAR (Pelet)	Total Protein Yoğunluğu
Kontrol	293,54 ± 3,00 <sup>a</sup>
AME	298,23 ± 2,60 <sup>a</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	200,83 ± 4,16 <sup>c</sup>
AME + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	248,52 ± 2,00 <sup>b</sup>

a-c: Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir (p < 0,05). One- Way ANOVA Post Hoc LSD Testi





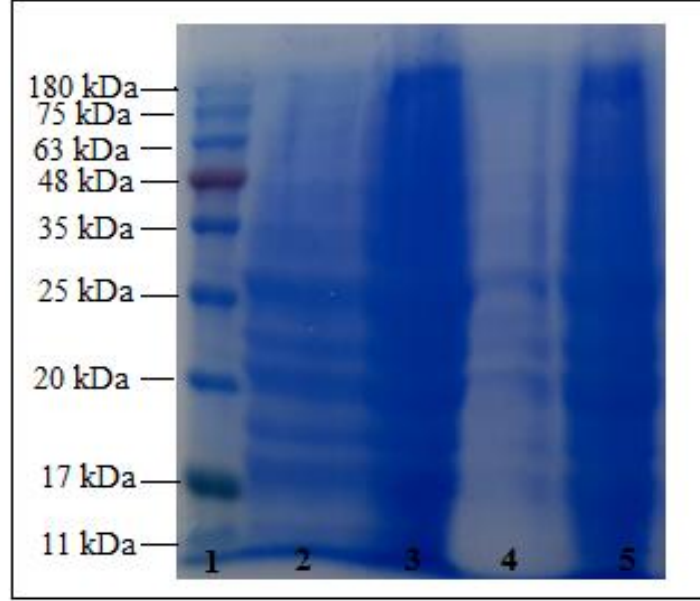
Şekil 5. Total Süpernatant Protein Yoğunluğu

Tablo 2. Bradford Süpernatant Total Protein Yoğunlukları

GRUPLAR (Süpernatant)	Total Protein Yoğunluğu
Kontrol	2,88 ± 0,02 <sup>a</sup>
AME	2,94 ± 0,04 <sup>a</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,10 ± 0,05 <sup>c</sup>
AME + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,47 ± 0,02 <sup>b</sup>

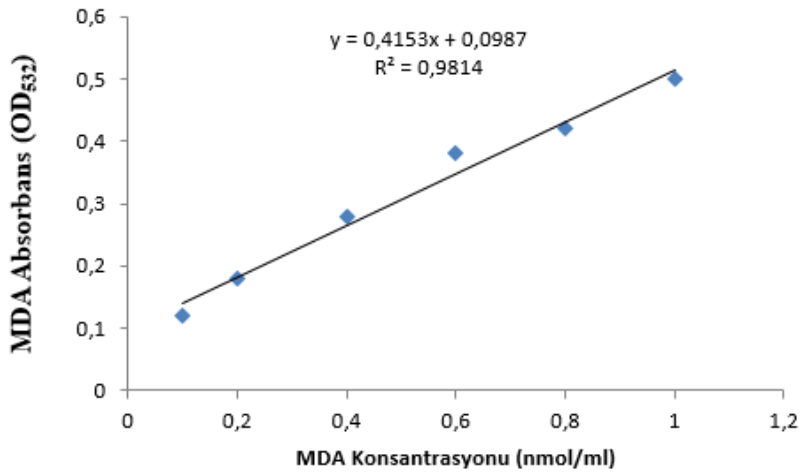
a-c: Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). One- Way ANOVA *Post Hoc* LSD Testi

Şekil 6'daki SDS-PAGE jel görüntüsü incelendiğinde; protein yoğunluğunun, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubuna kıyasla AME (% 20) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda yüksek oranda arttığı gözlenmektedir.

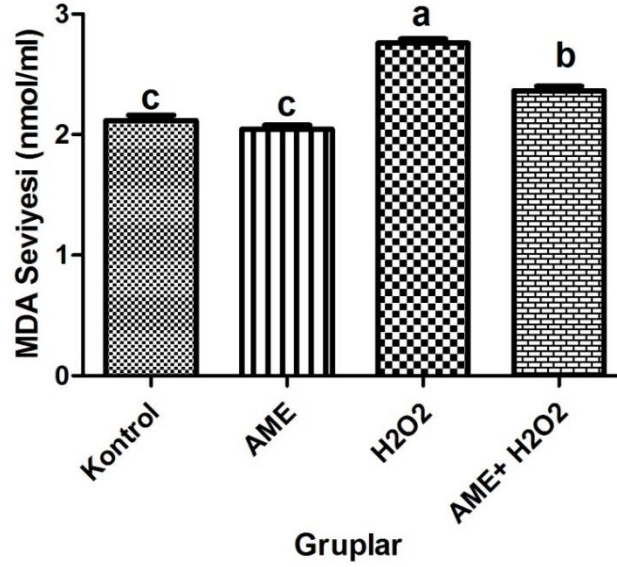


Şekil 6: SDS- PAGE Pelet Protein Bantları. Bantlar 1: Marker 2: Kontrol; 3: AME 4: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 5: AME + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Tablo 3, Şekil 7 ve Şekil 8’de verilen MDA seviyelerini incelediğimizde; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunda MDA seviyesinin en yüksek olduğu, AME (%20) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda ise anlamlı bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7. MDA standart eğrisi



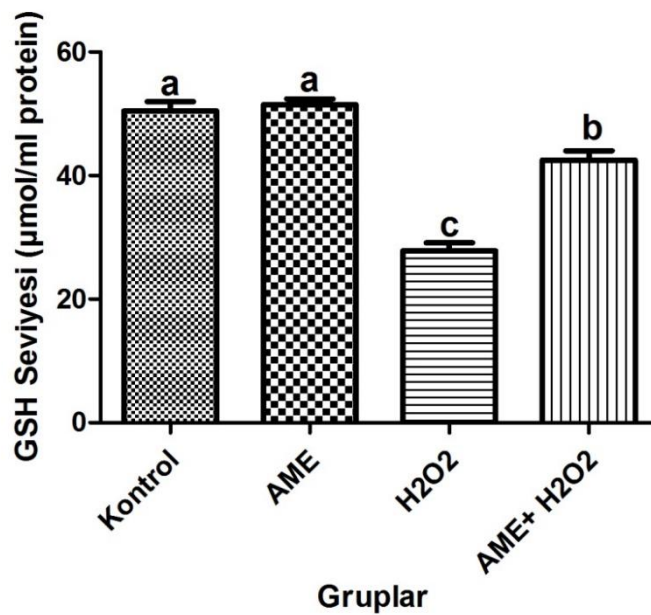
Şekil 8. Gruplar Arası MDA Seviyesi

Tablo 3. MDA Seviyesi

GRUPLAR	MDA Seviyesi
Kontrol	2,10 ± 0,02 <sup>c</sup>
AME	2,05 ± 0,03 <sup>c</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,76 ± 0,03 <sup>a</sup>
AME + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,36 ± 0,03 <sup>b</sup>

**a-c:** Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). One- Way ANOVA *Post Hoc* LSD Testi

Tablo 4 ve Şekil 9 da GSH seviyeleri incelendiğinde ise en yüksek oranın AME grubunda olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, AME'in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin olumsuz etkilerine rağmen *S. cerevisiae*'nin gelişimini arttırdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 9. Gruplar Arası GSH Seviyesi

**Tablo 4. GSH Seviyesi**

GRUPLAR	GSH Seviyesi
Kontrol	50,24 ± 2,00 <sup>a</sup>
AME	50,00 ± 3,00 <sup>a</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	27,66 ± 5,13 <sup>c</sup>
AME + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	42,32 ± 3,60 <sup>b</sup>

**a-c:** Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir (p < 0,05). One- Way ANOVA *Post Hoc* LSD Testi

#### 4.TARTIŞMA

*Crataegus* türleri (Alıç), geleneksel olarak kardiyovasküler hastalıkları tedavi etmek ve sindirime yardımcı olmak için kullanılır. *Crataegus* ekstreleri genellikle alıç'ın biyolojik etkilerinden sorumlu ana bileşenler olduğu gösterilen triterpenler, prosiyanidinler, flavonoidler ve glikozitler bakımından zengindir (Pirmoghani vd., 2019). Bu nedenle çalışmamızda *S. cerevisiae* kültüründe oluşturulan oksidatif hasara karşı alıç meyve ekstraktının antioksidan etkisine bakılmış ve bu canlıdaki alıç meyve ekstraktının hücre büyümesine karşı etkileri incelenmiştir. Bundan dolayı çalışmamızdan elde edilen sonuçların mevcut literatüre önemli katkılar sağlayacağına inanmaktayız.

Lee vd. (2019); Alıç meyvesinin etanol ekstraktının Alzheimer hastalığı model fareler üzerinde nöroprotektif bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Aslan vd. (2017); *S. cerevisiae*'de kivi ekstraktının oksidatif hasarı azaltarak, hücre büyümesini arttırdığını ve bradford protein sonuçları incelendiğinde, kivi ekstraktının *S. cerevisiae*'de protein sentezini teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Shatoor vd. (2019); kontrol grubuna kıyasla alıç ile tedavi edilen sıçanların karaciğer dokularında MDA seviyelerinin anlamlı şekilde azaldığını; GSH seviyesinin ise arttığını belirtmişlerdir. Pirmoghani vd. (2019); Alıç'ın hipolipidemik ve hipoglisemik etkilere sahip olduğunu ve sıçanlarda Streptozotosin (STZ)'nin neden olduğu diyabetlerde hafıza iyileşmesine yol açtığını belirtmişlerdir. Aslan (2018); *S. cerevisiae* kültürlerinde dut ekstraktının H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hasarına karşı koruyucu bir rolünün olduğunu ve hücre büyümesini arttırdığını belirtmiştir. Bor (2010); *C.orientalis* ekstresinin antiinflamatuvar ve antitrombotik aktivitedeki güçlü etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Domates tozu ekstraktının *S. cerevisiae*'de protein sentezini arttırdığını SDS-PAGE jel görüntüsü incelendiğinde; protein yoğunluğunun en fazla bu grupta olduğu belirtilmiştir (Aslan vd., 2019b). Saoudi vd., 2019; *C. oxyacantha* özüt uygulamasının bilişsel bozulma ve beyin oksidatif hasarı azalttığını belirtmişlerdir. Aslan (2015); farklı meyve suları ve bunların kombinasyonlarını *S. cerevisiae*'de oksidatif hasarı azalttığını belirtmiştir. *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin neden olduğu melatonin oksidatif stres hasarını azalttığını belirtmişlerdir (Vazquez vd., 2017). *C. peshmenii* yaprak ekstresinin antiinflamatuvar ve antioksidan etkinliği olduğu *in vitro* koşullarda belirtilmiştir (Anıl, 2016). Aslan vd. (2019a); üzüm çekirdeği (ÜÇE) ekstraktının *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hasarına karşı koruyucu etkisini araştırmışlardır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunda MDA seviyesinin en yüksek olduğunu, ÜÇE (%8) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda ise anlamlı bir şekilde azaldığını belirtmişlerdir.

#### 5. SONUÇ

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde; alıç meyvesi ekstraktının *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in oluşturduğu oksidatif hasara karşı oldukça etkili olduğunu ve total protein sentezini teşviklediği, hücre gelişimini arttırdığını, hücreyi oksidatif hasara karşı koruduğunu söyleyebiliriz. Bu bulguların, hayvanlar ve insanlar üzerinde de yapılacak olan çalışmalarını destekleyeceğini ve benzer sonuçlar alınacağını umuyoruz.

**KAYNAKLAR**

1. Altınbaşak, M. 2019. Karbontetraklorür (CCl<sub>4</sub>) ile Deneysel Oksidatif Stres ve Karaciğer Harabiyeti Oluşturulan Sıçanlarda Alıç (*Crataegus Orientalis*) Bitkisinin Meyve Liyofilize Ekstraktının Karaciğer Koruyucu ve Antioksidan Rolünün Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
2. Anıl, S. 2016. *Crataegus Petrodavisii* Dönmez, *Crataegus Peshmenii* Dönmez ve *Crataegus Christensenii* Dönmez Türleri Üzerine Farmakognozik Araştırmalar, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Aslan, A. 2015. The effects of different essential fruit juice and their combination on *Saccharomyces cerevisiae* cell growth, *Progress in Nutrition*, 17 (1); 36-40.
4. Aslan, A. 2018. Cell culture developing and the imaging of total protein product changing with SDS-PAGE in *Saccharomyces cerevisiae*, *Progress Nutrition*, 20 (1); 128-132.
5. Aslan, A., Beyaz, S ve Gök, Ö. 2019b. Domates Ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*'de Oluşturulan Krom Hasarına Karşı Koruyucu Etkisi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2); 1048-1055.
6. Aslan, A., Gök, Ö., Beyaz, S. 2019a. Üzüm Çekirdeği Ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*'de Oluşturulan Hidrojen Peroksit Hasarına Karşı Koruyucu Etkisi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4); 2216-2224.
7. Aslan, A., Gök, Ö., Erman, O. 2017. The protective effect of kiwi fruit extract against to chromium effect on protein expression in *Saccharomyces cerevisiae*, *Progress in Nutrition*, 19(4); 472-476.
8. Aslan, A., Gök, Ö., Erman, O., Kuloğlu, T. 2018. Ellagic acid impedes carbontetrachloride-induced liver damage in rats through suppression of NF-kB, Bcl-2 and regulating Nrf-2 and caspase pathway, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 105; 662-669.
9. Baba, A. 2017. *Crataegus Orientalis* (Pallasex. Bieb) (Doğu Alıcı) ve *Crataegus Pontica* (K. Koch.) (Doğu Karadeniz Alıcı) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Katlama, Küllü Suda Bekletme ve Sülfürik Asitte Zedeleme Ön İşlemlerinin Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
10. Bardakçı, H., Celep, E., Gözet, T., Kan, Y and Kırmızıbekmez, H. 2019. Phytochemical characterization and antioxidant activities of the fruit extracts of several *Crataegus* taxa. *South African Journal of Botany*, 124; 5-13.
11. Bor, Z. 2010. *Crataegus Orientalis* Etanol Ekstresinin Antinosiseptif, Antiinflamatuvar, Antitrombotik ve Antioksidan Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
12. Khadivi, A., Heidari, P., Rezaei, M., Safari-Khuzani, A and Sahebi, M. 2019. Morphological variabilities of *Crataegus monogyna* and *C. pentagyna* in northeastern areas of Iran. *Industrial Crops and Products*, 139, 111531.
13. Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4, *Nature*, 227; 680-685.
14. Lee, J., Cho, E., Kwon, H., Jeon, J., Jung, C. J., Moon, M., Jun, M., Lee, Y.C., Kim, D.H. and Jung, J. W. 2019. The fruit of *Crataegus pinnatifida* ameliorates memory deficits in  $\beta$ -amyloid protein-induced Alzheimer's disease mouse model, *Journal of ethnopharmacology*, 243, 112107.
15. Ohkawa, H. 1979. Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction, *Analyses of Biochemical*, 95; 351-358.
16. Özdemir, G.B. 2019. Alıç Sirkesinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
17. Pirmoghani, A., Salehi, I., Moradkhani, S., Karimi, S.A and Salehi, S. 2019. Effect of *Crataegus* extract supplementation on diabetes induced memory deficits and serum biochemical parameters in male rats, *IBRO reports*, 7, 90-96.
18. Saoudi, M., Salem, R. B. S. B., Salem, M. B., Brahmi, N., Badraoui, R., Nasri, M and El Feki, A. 2019. Beneficial effects of *crataegus oxyacantha* extract on neurobehavioral deficits and brain tissue damages induced by an insecticide mixture of deltamethrin and chlorpyrifos in adult wistar rats, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 114, 108795.
19. Shatoor, A. S., Shati, A., Al Humayed, S. M., Shatoor, A. K., Alhawiti, N. M. and Alqahtani, S. A. 2019. The hypocoagulant effect of *Crataegus aronia* in rats entails vitamin K-dependent and vitamin K-independent effects, *Journal of food biochemistry*, 1-11.



20. Vázquez, J., González, B., Sempere, V., Mas, A., Torija, M. J. and Beltran, G. 2017. Melatonin Reduces Oxidative Stress Damage Induced by Hydrogen Peroxide in *Saccharomyces cerevisiae*. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1066.
21. Yılmaz, H.K. 2018. Alıçta (*Crataegus Spp.*) Bazı Aşı Yöntem ve Zamanlarının Aşı Başarısı ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
22. Yiğit, M., 2015. Astaksantin Arpe-19 Hücrelerinde Sigara Dumanı Bileşenlerinden Hidrokuinon İle Oluşturulan Oksidatif Stres Modelinde Antioksidan Parametreler (GSH, GSH-PX, MDA), Ca<sup>2+</sup> Sinyali ve Apoptosis Düzeyleri Üzerine Olan Etkisinin Araştırılması, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Isparta.

**ZENCEFİL (*Zingiber officinale*)'İN *Saccharomyces cerevisiae*' DE TOTAL PROTEİN EKSPRESYONUNA ETKİSİNİN SDS-PAGE TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**  
**THE INDICATION OF EFFECT OF GINGER (*Zingiber officinale*) ON *Saccharomyces cerevisiae* TOTALLY PROTEİN EXPRESSION WITH SDS-PAGE TECHNIQUE**

**Seda BEYAZ**

Doktora öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

**Özlem GÖK**

Doktora öğrencisi, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

**Abdullah ASLAN**

Doç. Dr., Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Moleküler Biyoloji ve Genetik Programı

**ÖZET**

Tarih boyunca insanlar tedavi amaçlı olarak birçok bitkilerden yararlanmışlardır. Bu bitkilerin başında gelen zencefil (*Zingiber officinale*) Zingiberaceae familyasına aittir. Bitkinin Güney-Doğu Asya'da ilk olarak kullanıldığı, daha sonraları ise baharat olarak birçok ülkede yemeğe lezzet katmak amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra, yapılan çalışmalar sonucunda zencefilin antienflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, antiülser, antidiyabetik, antiobezite, antiartritlik, radyoprotektif ve antikanser gibi etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, *Saccharomyces cerevisiae*'de zencefilin (*Zingiber officinale*) hidrojen peroksitin ( $H_2O_2$ ) neden olduğu hasara karşı koruyucu bir rolü olup olmadığını araştırmak için dört grup oluşturulmuştur. Gruplar: (i) Kontrol Grubu: Sadece maya ekilen grup; (ii) Zencefil Grubu: Zencefil verilen grup (% 10); (iii)  $H_2O_2$  Grubu:  $H_2O_2$  (15 milimolar) verilen grup; (iv) Zencefil +  $H_2O_2$  Grubu: Zencefil (% 10) +  $H_2O_2$  (15 milimolar) verilen grup. *S. cerevisiae* kültürleri 1, 3, 5 ve 24 saat boyunca 30 °C'de geliştirildi. Hücre gelişimi, lipit peroksidasyonu MDA (malondialdehit) analizleri ve GSH (glutasyon) düzeyleri spektrofotometre ile belirlendi. Total protein değişiklikleri SDS-PAGE elektroforezi ile tespit edildi ve Bradford metodu ile hesaplandı. Elde edilen sonuçlara göre;  $H_2O_2$  grubu ile kıyaslandığında hücre gelişimi (1, 3, 5 ve 24 saat), total protein sentezi ve GSH düzeyi (24 saat) zencefil gruplarında artarken, MDA düzeyi azalış göstermiştir (24 saat). Sonuç olarak zencefil *S. cerevisiae* kültüründe oksidatif hasarı azaltmasının yanı sıra, hücre büyümesini ve total protein sentezini teşvik edici bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**  $H_2O_2$ , Oksidatif hasar, *Saccharomyces cerevisiae*, SDS-PAGE, Zencefil (*Zingiber officinale*)

**NOT: Sözlü bildiri**

**ABSTRACT**

Throughout history, people have benefited from many plants for therapeutic purposes. The leading ginger (*Zingiber officinale*) belongs to the Zingiberaceae family. It is known that the plant was first used in South-East Asia and later it was used as a spice in many countries to add flavor to the food. In addition, as a result of the studies, ginger has been found to have anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, antiulcer, antidiabetic, antiobesity, antiarthritic, radioprotective and anticancer effects. In this study, four groups were formed in order to investigate whether ginger (*Zingiber officinale*) has a protective role against damage caused by hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) in *Saccharomyces cerevisiae*. Groups: (i) Control Group: Yeast cultivated group only; (ii) Ginger Group: Ginger-treated group (% 10); (iii)  $H_2O_2$  Group: the group given  $H_2O_2$  (15 millimolar); (iv) Ginger +  $H_2O_2$  Group: Group given Ginger (% 10) +  $H_2O_2$  (15 millimolar). *S. cerevisiae* cultures were developed at 30 °C for 1, 3, 5 and 24 hours. Cell growth, lipid peroxidation MDA (malondialdehyde) analyzes and GSH (glutathione) levels were determined by spectrophotometer. Total protein changes were detected by SDS-PAGE electrophoresis and calculated by Bradford method.

According to the results obtained; cell growth (1, 3, 5 and 24 hours), total protein synthesis and GSH levels increased in ginger groups (24 hours), while MDA level decreased when compared with  $H_2O_2$

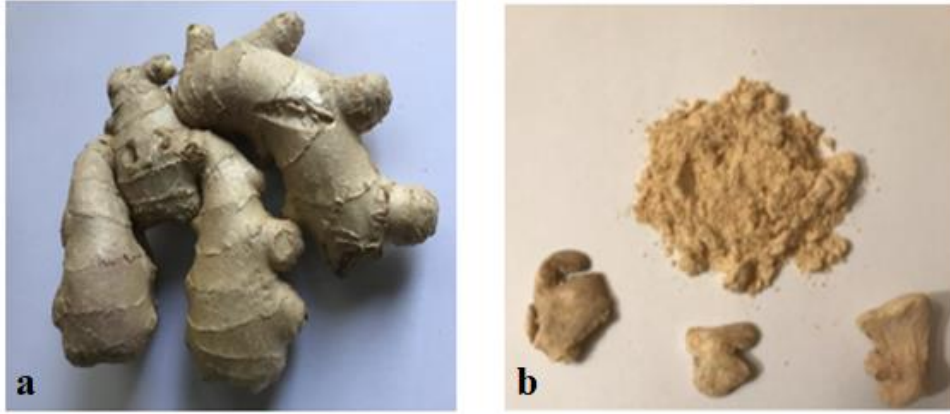
group (24 hours). As a result, it was determined that ginger *S. cerevisiae* culture has an effect that promotes cell growth and total protein synthesis as well as reducing oxidative damage.

**Keywords:** H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Oxidative damage, *Saccharomyces cerevisiae*, SDS-PAGE, Ginger (*Zingiber officinale*)

**Note:** Oral presentation

## 1. GİRİŞ

Halk sağlığı açısından dengeli ve sağlıklı beslenme oldukça önemlidir. Çok eski zamanlardan beri hastalar rahatsızlıklarının tedavisinde ilaçlara bazen takviye olarak bazen de yerine olacak şekilde bitkisel kaynaklara başvurulmaktadır. Bu bitkisel ürünler tedavi ihtiyacı dışında sağlıklı beslenme, önleyici tedavi ve yaşam kalitesini iyileştirici olarak da kullanılmaktadır (Demir, 2018). Zencefil'de geleneksel tıp içerisinde ve gıda takviyesi olarak kullanılan bir bitki olup (*Zingiber officinale* Rosc.), *Zingiberaceae* ailesine aittir. Bu bitkinin Güney-Doğu Asya'da ilk olarak kullanıldığı ve daha sonraları ise baharat olarak birçok ülkede yemeğe lezzet katmak için yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Ortalama 30 ila 90 cm yüksekliğinde yetişen dik, çok yıllık bir bitkidir. Sarımsı, mor dudaklı çiçeklerden oluşan nadiren çiçek açan yeşilimsi sarı saçaklara sahiptir (Albuz, 2019). Zencefil'in rizomları, ana bileşen olarak gingeroller ve şogaoller olmak üzere (% 4-7, 5), uçucu yağ (% 0,25-5), nişasta ve lipitleri içermektedir (Osmanoğlu-Dağ ve Kuruüzüm-Uz, 2018). Bunların dışında yapısında, %10 civarında protein, kalsiyum, potasyum, fosfat ve magnezyum gibi mineraller, A, B3, B6 gibi vitaminler ve pantotenik asit, folik asit gibi C vitamini bileşikler, mumlar, lipitler, lesitin, müsilaj, reçine, karbonhidrat ve arjinin gibi aminoasitleri ihtiva etmektedir (Demir, 2018). Zencefil, mevcut içeriğinde bulunan [6]-gingerol ve [6]-şogaol gibi fenolik bileşiklerinden dolayı güçlü antioksidan ve antienflamatuvar etkilere sahiptir. Bu nedenle karsinogenezlerde antitümör etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Osmanoğlu-Dağ ve Kuruüzüm-Uz, 2018). Zencefilin kök veya rizomları, baharat olarak kullanılmasının yanı sıra tıbbi amaçlı kullanılmak üzere yetiştirilmektedir. Yüzyıllardır Asya, Hindistan ve çeşitli Arap ülkelerinde tıbbi amaçlı kullanılmıştır (Güceyü, 2019). Çin ve Hindistan'da baş ağrısı, bulantı, romatizma ve soğuk algınlığı gibi durumların yanı sıra kellik, yılan sokması gibi medikal amaçlarla 2500 yıllık bir geçmişinin olduğu bilinmektedir. Yüzyıllar öncesinde Çin, Ayurvedik ve Yunan tıbbi bitkisel ilaçlarında önemli bir içerik olup; geleneksel Çin Tıbbi'nde soğuk ve nem kaynaklı nezle grip gibi rahatsızlıklarda; geleneksel Hint Tıbbi'nde pıhtılaşma sorunlarında, kolesterol düşürücü olarak ve artrit tedavisinde kullanımı görülmektedir. Arap Tıbbi'nde zencefilin afrodisyak olarak etkili olduğu bilinmektedir. Bunların dışında romatizma, sinirsel rahatsızlıklar, gingivit (diş eti iltihabı), diş ağrısı, astım, inme ve diyabet gibi birçok çeşitli tedavide ve biyolojik uygulamada da etkili olduğu bilinmektedir (Demir, 2018). Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda ise, zencefilin antienflamatuvar, antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antiemetik, radyoprotektif, gastrokinetik, kolekog (safra akımını artırıcı), antikanser, antitümör ve antiülser gibi etkilere de sahip olduğu belirlenmiştir (Altuğ, 2010).



**Şekil 1.** (a) Zencefil (*Zingiber officinale*) Rizomları, (b) Zencefil (*Zingiber officinale*) Toz Hali (Demir, 2018)

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Araştırma Grupları**

Bu çalışmada 4 grup oluşturulmuştur. Gruplar: (i) Kontrol Grubu: Sadece maya ekilen grup; (ii) Zencefil Grubu: Zencefil verilen grup (% 10); (iii) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Grubu: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) verilen grup; (iv) Zencefil + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Grubu: Zencefil (% 10) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) verilen grup. *S. cerevisiae*'nin gelişim ortamı: Mayaların geliştirilmesi ve çoğaltılması için, YEPD (50 mL için; 1.5 g maya özütü, 1.5 g tripton, 1.5 g glukoz) ilave olarak *S. cerevisiae*'nin büyümesi ve çoğaltılması için zencefil eklendi ve geliştirildi. Sterilizasyondan hemen sonra, zencefil (% 10) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar), *S. cerevisiae* kültürlerine eklenmiş ve kültürler, 1 saat, 3 saat, 5 saat ve 24 saat boyunca (gece boyunca) 30° C'de geliştirildi (Aslan vd., 2019a).

### **2.2. Kültüre Zencefil Ekstraktı ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Kimyasalı Uygulanması**

Zencefil (% 10) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar), *S. cerevisiae* ortamına eklendi ve 30 °C'de geliştirildi. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubu ile zencefil (% 10) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubuna eklendi.

### **2.3. Hücre Gelişimi Ölçümleri**

Kültür örnekleri 1 saat, 3 saat, 5 saat ve 24 saat boyunca (gece boyunca) 30° C'de geliştirildi. Daha sonra 600 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçümleri gerçekleştirildi.

### **2.3. SDS- PAGE (Sodyum Dodesil Sülfat–Poliakrilamid Jel Elektroferez) Analizi**

*S. cerevisiae* kültürlerinin örnekleri, SDS-PAGE için hazırlandı ve protein örnekleri SDS PAGE ile analiz edildi. Jel görüntüleri alınarak gruplar arasındaki protein bantları incelendi (Laemmli, 1970; Aslan vd., 2019b).

### **2.4. MDA Analizi (Malondialdehit)**

MDA tayininde, gruplardan 200 µl örnek alınarak % 8,1 SDS'ten 200 µl ilave edilmiştir. % 20'lik asetik asit'ten (pH: 3,5) 1,5 ml ve % 0,8'lik (pH: 3,5) TBA'dan 1,5 ml eklenerek son hacim 4 ml olacak şekilde distile su eklenmiştir. Daha sonra 95 °C sıcaklıkta kaynar su banyosunda 1 saat beklenecek ve ardından soğutularak 1 ml distile su 15:1 (v/v) oranında 5 ml n-butanol-piridin karışımından eklenip vortekslenmiştir. 4000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki organik tabaka alınıp 532 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar nmol/ml olarak kaydedilmiştir (Ohkawa vd., 1979; Aslan vd., 2018).

### **2.5. GSH (Glutatyon) Analizi**

0,1 ml hücre homojenatı 0,4 ml TCA (%10 trikloroasetik asit) solüsyonu ile karıştırılacak, 20 sn vorteks yapıldıktan sonra ve 3000 rpm' de 5 dk santrifüj edilecektir. 0,1 ml süpernatant temiz bir tüp içine

alınarak, üzerine 0,9 ml distile su, 2 ml Tris tamponu (0,4M pH:8,9) ve 0,1 ml DTNB solüsyonu eklenecektir. Oluşan sarı renk distile suya karşı spektrofotometrede 412 nm dalga boyunda okunacaktır (Yiğit, 2015).

### 2.6. Total Protein Yoğunluğu Ölçümleri (Bradford)

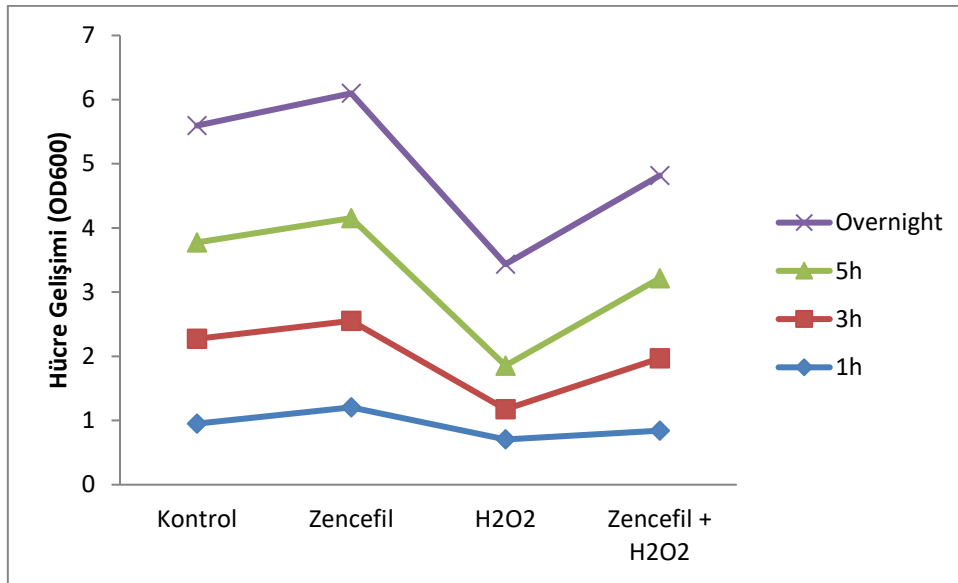
Total protein yoğunluğu, bradford yöntemine göre 595 nm'de (OD595) spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirildi. Bowine Serum Albumin (BSA) proteini kullanılarak farklı konsantrasyonlarda BSA protein standartları elde edildi. Buna göre, bu standart değere karşılık gelen *S. cerevisiae* gruplarındaki toplam protein miktarı hesaplanmıştır (Aslan vd., 2017).

### 2.7. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler için SPSS 22 paket programı kullanılarak bütün verilerin varyans analizi değerlendirilmiştir. One Way Anova *Post Hoc* Tukey ve LSD testleri gruplar içi farklılıkları belirlemek için uygulanmıştır. Yapılan istatistiklerin güvenilirliği açısından ölçümler en az 3 tekrar olacak şekilde yapılmıştır.

## 3. BULGULAR

Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin literatüre önemli katkılar sunacağını düşünüyoruz. Şekil 1'e göre farklı gelişim zamanları olan gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmektedir ( $p < 0,05$ ). Kültür ortamına aktarılan zencefil'in, *S. cerevisiae*'de  $H_2O_2$  kaynaklı oluşturulan hasara karşı hücre gelişimini arttırdığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. *S. cerevisiae*' nin Zencefil'in Farklı Saatlerdeki Hücre Gelişimi

Tablo 1, Tablo 2, Şekil 3, Şekil 4 ve 5'de verilen total protein sonuçları incelendiğinde, zencefil'in, *S. cerevisiae*'de protein sentezini teşvik ettiği kanısına varmaktayız. Özellikle  $H_2O_2$  grubu ile kıyaslandığında zencefil (% 10) +  $H_2O_2$  (15 milimolar) grubunda yüksek oranda arttığı görülmektedir.

**Tablo 1.** Bradford Pelet Total Protein Yoğunlukları

GRUPLAR (Pelet)	Total Protein Yoğunluğu ( $\mu\text{g/ml}$ )
Kontrol	212,63 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
Zencefil	222,10 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>
$H_2O_2$	162,04 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>
Zencefil + $H_2O_2$	180,84 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>

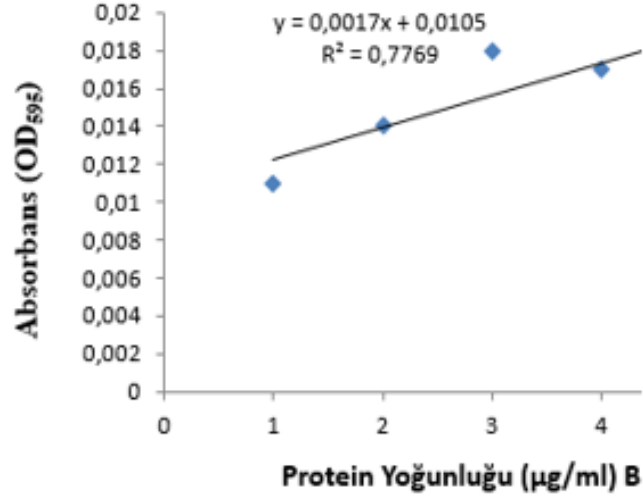
a-c: Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). One- Way ANOVA *Post Hoc* LSD Testi.



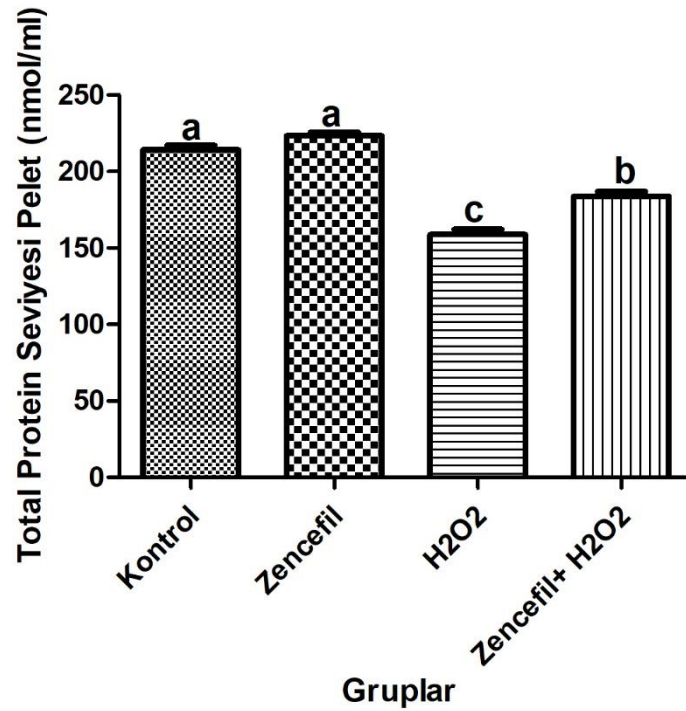
Tablo 2. Bradford Süpernatant Total Protein Yoğunlukları

GRUPLAR (Süpernatant)	Total Protein Yoğunluğu (µg/ml)
Kontrol	6,17 ± 0,02 <sup>a</sup>
Zencefil	6,30 ± 0,02 <sup>a</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,04 ± 0,03 <sup>c</sup>
Zencefil + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4,41 ± 0,03 <sup>b</sup>

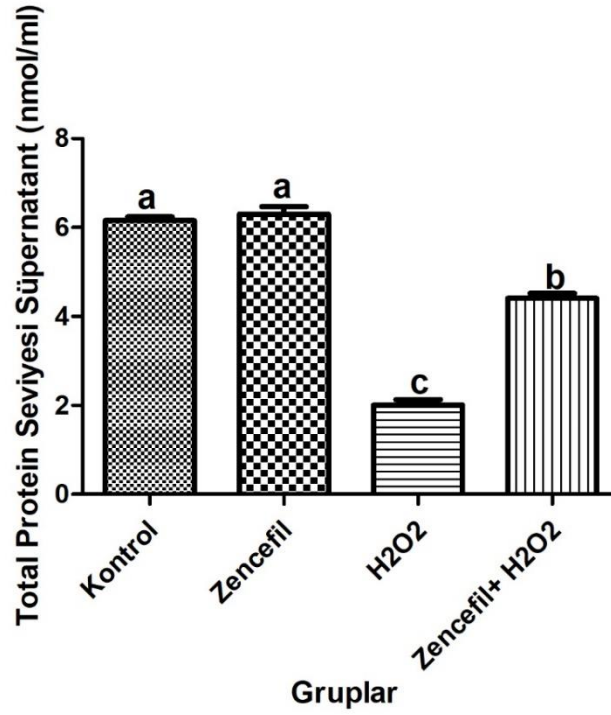
a-c: Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir (p < 0,05). One- Way ANOVA *Post Hoc* LSD Testi.



Şekil 3. Bradford BSA (Bovine Serum Albumin) Standart Grafiği



Şekil 4. Gruplar Arası Pelet Total Protein Yoğunlukları



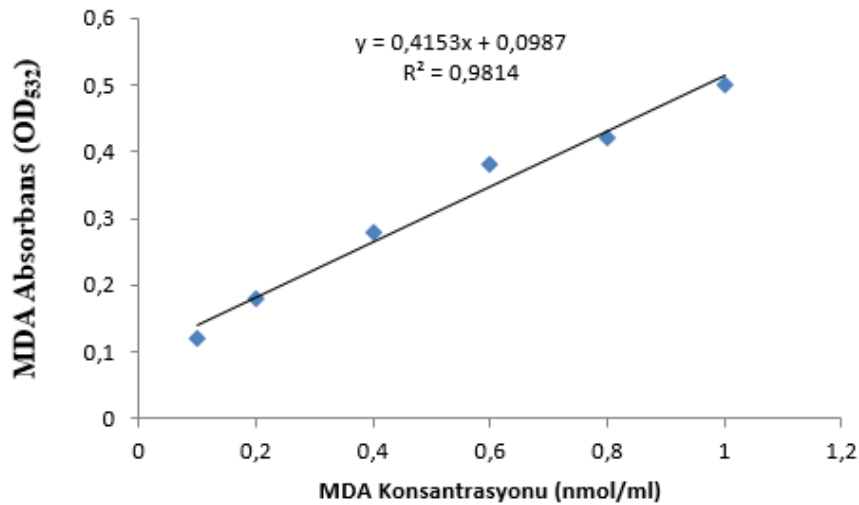
Şekil 5. Gruplar Arası Süpernatant Total Protein Yoğunlukları

Tablo 3, Şekil 6 ve Şekil 7’de verilen MDA seviyelerini incelediğimizde; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunda MDA düzeyinin en yüksek olduğu, zencefil (% 10) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda ise anlamlı bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir.

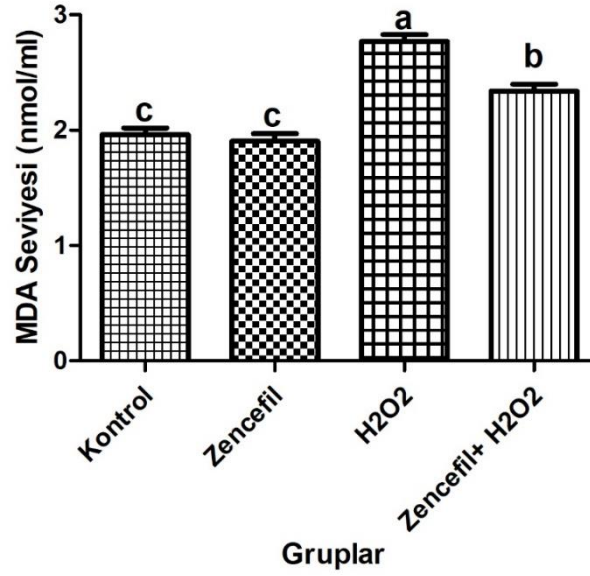
Tablo 3. MDA Düzeyleri

GRUPLAR	MDA Düzeyleri
Kontrol	1,96 ± 0,02 <sup>c</sup>
Zencefil	1,88 ± 0,02 <sup>c</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,77 ± 0,02 <sup>a</sup>
Zencefil + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,44 ± 0,04 <sup>b</sup>

a-c: Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir (p < 0,05). One- Way ANOVA Post Hoc LSD Testi



Şekil 6. MDA Standart Grafiği



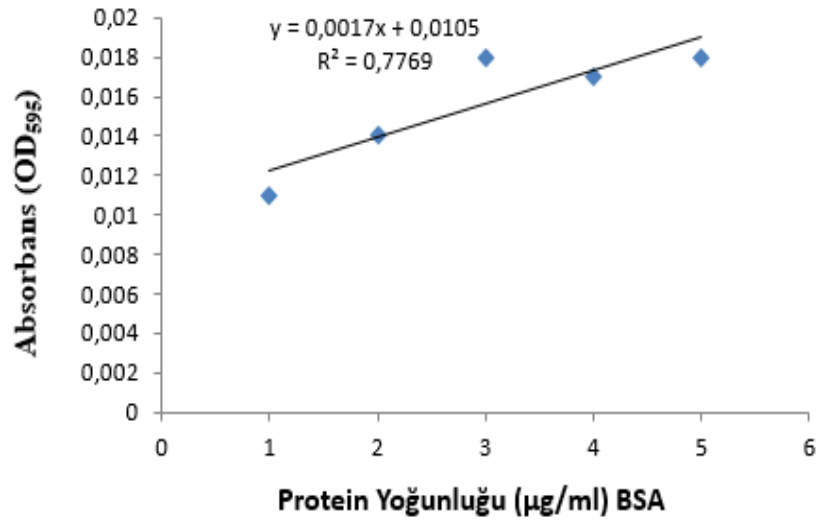
Şekil 7. Gruplar Arası MDA Düzeyleri

Tablo 4, Şekil 8 ve Şekil 9’da verilen GSH seviyelerini incelediğimizde; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubunda GSH seviyelerinin en düşük olduğu, zencefil (% 10) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda ise anlamlı bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir.

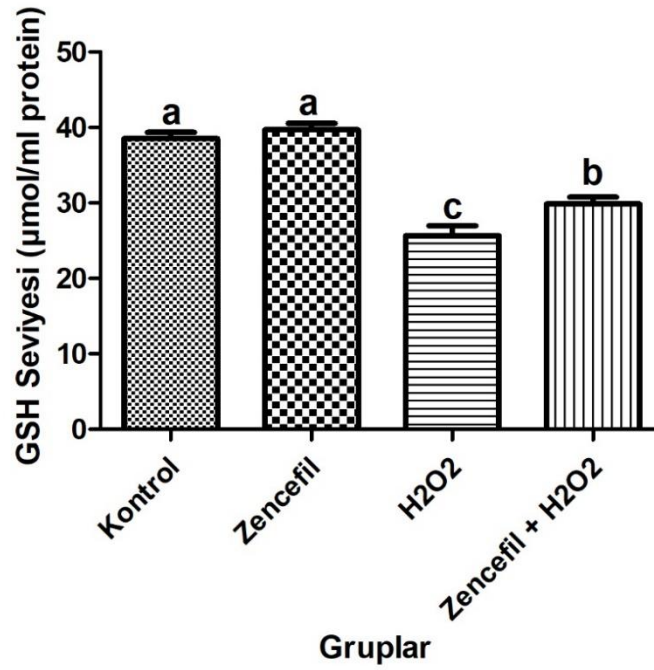
Tablo 4. GSH Seviyeleri (Pelet)

GRUPLAR	GSH Seviyesi
Kontrol	38,50 ± 0,04 <sup>a</sup>
Zencefil	40,00 ± 0,03 <sup>a</sup>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	26,84 ± 0,02 <sup>c</sup>
Zencefil + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	30,61 ± 0,03 <sup>b</sup>

a-c: Sütunlarda farklı harfi taşıyan gruplar arası fark önemlidir (p < 0,05). One- Way ANOVA Post Hoc LSD Testi

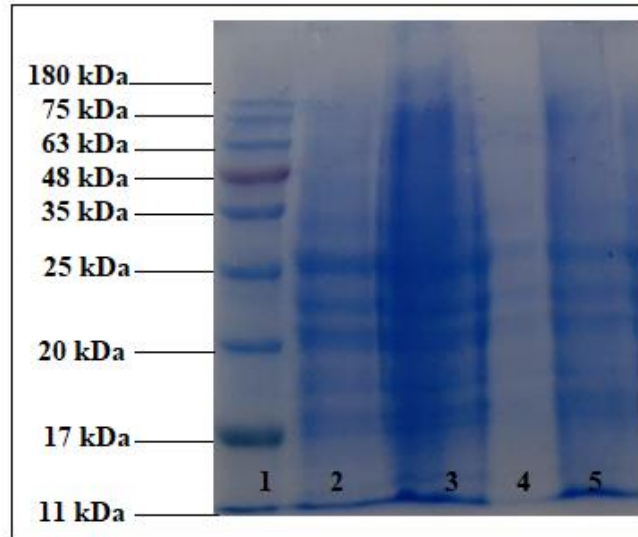


Şekil 8. GSH Standart Grafiği



Şekil 9. Gruplar Arası GSH Seviyeleri

Şekil 9'daki SDS-PAGE jel görüntüsü incelendiğinde; protein yoğunluğunun, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> grubuna kıyasla zencefil (% 10) + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (15 milimolar) grubunda yüksek oranda arttığı gözlenmektedir. Bu çalışma sonucunda, zencefil'in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> olumsuz etkilerine rağmen *S. cerevisiae*'nin gelişimini arttırdığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 9. SDS- PAGE Pelet Protein Bantları. Bantlar 1: Marker; 2: Kontrol; 3: Zencefil; 4: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 5: Zencefil + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

**4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Son yıllarda yapılan çalışmalarla zencefilin antienflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuar, antiemetik, antiobezite, antikanser, antitümör ve antiülser gibi daha birçok etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Aslan, vd. (2019a), domatesin *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kaynaklı hasara karşı koruyucu rollerini araştırmışlardır ve domatesin antioksidan özelliği sayesinde koruyucu bir özelliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Gök (2017), CCl<sub>4</sub> ile karaciğer hasarı oluşturulan sıçanlarda Ellagik asit'in (EA) koruyucu etkisini araştırmıştır. Karaciğer dokusunda, EA verilen gruplarda MDA düzeyinin düştüğünü ve CCl<sub>4</sub> gruplarında MDA düzeyinin en yüksek düzeye ulaştığını belirtmiştir Aslan, vd. (2019b), üzüm çekirdeğinin *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in neden olduğu oksidatif stres hasarını azalttığı ve *S. cerevisiae* büyümesi üzerinde koruyucu bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gruplarında MDA düzeyinin arttığını ortaya koymuşlardır. Altuğ (2010), zencefil'in safra yolları bağlanarak oluşturulan karaciğer hasarında koruyucu etkilerini araştırmış ve zencefil'in antioksidan etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Arslan (2014), meme kanserli kadın hastalarda kemoterapiye bağlı gelişen bulantı, kusma ve öğürme üzerine zencefil kullanımının etkisini araştırmış ve zencefilin kemoterapiye bağlı gelişen bulantı-kusmanın azaltılmasında etkili olduğu belirtmiştir. Osmanoğlu-Dağ ve Kuruüzüm-Uz (2018), zencefil'in antitümör ve antikanser etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda zencefil'in, kolorektal kanser, ovaryum, göğüs, pankreas, karaciğer kanseri vb. pek çok kanser hücre hatları üzerinde tedavi edici özelliklere sahip olduğunu belirlemişlerdir. Güceyü vd. (2019), zencefil'in antibakteriyal etkisini araştırmışlardır ve zencefil ekstraktlarının birçok mikrobiyal hastalıkların tedavisinde büyük potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir. Vural (2012), sıçanlarda kollajen ile oluşturulan artrit modelinde zencefil'in antiinflamatuar etkinliğini araştırmış ve elde edilen sonuçlara göre; zencefil'in antiinflamatuar ve analjezik özelliklere sahip olduğu belirtmiştir. Aslan (2015), farklı meyve suları ve bunların kombinasyonlarının, *S. cerevisiae*'de oksidatif hasarı azaltma ve hücre büyümesini arttırmada koruyucu bir rolü olduğunu vurgulamıştır. Abolaji vd., (2017), zencefil'in beyin, yumurtalık ve rahim uterusundaki inflamasyona karşı etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen verilere göre; zencefil'in güçlü antioksidan, antienflamatuar ve antiapoptotik özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir. El-Hawwary ve Omar (2019), zencefil uygulamasının sıçanlarda sisplatin kaynaklı kardiyotoksisite üzerine etkisini araştırmışlar ve zencefil'in anti-apoptotik, antioksidan ve antienflamatuar özellikleri sayesinde sisplatin kardiyotoksisitesine karşı koruyucu bir etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Wang vd. (2017), zencefil'in metabolik sendromlar üzerine etkilerini araştırmışlar ve zencefil'in hiperlipidemi, hiperglisemi, oksidatif stres ve enflamasyonu iyileştirdiği tespit etmişlerdir. Joshi vd. (2017), erkek sıçanlarda zencefil uygulamasının cıva klorür kaynaklı hepatorenal toksisite ve oksidatif strese karşı koruyucu etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; zencefil uygulamasının oksidatif hasara karşı güçlü bir koruma sağladığını belirtmişlerdir. Salihu vd. (2015), zencefil'in karbendazimine maruz kalan sıçanlarda hematotoksisite ve hepatorenal hasar üzerindeki koruyucu etkilerini araştırmışlardır ve zencefil uygulamasının sıçanların böbrek ve karaciğerinde hematotoksisite ve oksidatif hasarı önlediğini tespit etmişlerdir. Rubila vd. (2016), zencefil'in lenf tümörüne karşı koruyucu etkilerini araştırmışlardır ve zencefil'in güçlü bir antitümör etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca zencefil uygulanan gruplarda MDA düzeyinin arttığını, GSH seviyelerinin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Huang vd. (2018), OLE1'in *S. cerevisiae*'de kadmiyuma bağlı oksidatif stres üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve OLE1'in antioksidan özelliği sayesinde kadmiyumun neden olduğu oksidatif stresi azalttığını belirtmişlerdir. Aslan (2018), dut ekstraktının *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hasarına karşı önemli derecede koruma sağlayarak hücre büyümesini arttırdığını belirtmiştir. Shirpoor vd. (2016), zencefil ekstraktının sıçanlarda etanolün neden olduğu hasar üzerindeki koruyucu etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, antioksidan ve antienflamatuar özelliğe sahip olan zencefil'in etanol kaynaklı meydana gelen oksidatif DNA hasarı ve oksidatif stresin hafifletilebileceği sonucuna varmışlardır. Çifci vd. (2018), zencefil'in hiperoksi ve enflamasyona maruz kalan sıçan yavruları üzerindeki faydalı etkilerini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Yapmış oldukları bu çalışma sonucunda, zencefil'in hiperoksi ve iltihaplanma nedeniyle akciğerlerde ağır hasar görmesini önlediğini belirtmişlerdir. Vipin vd. (2018), zengin fenolik zencefil ekstraktının aflatoksin B<sub>1</sub> kaynaklı oksidatif stres ve hepatotoksisiteye karşı koruyucu etkilerini araştırmışlar ve zencefil uygulamasının aflatoksin B<sub>1</sub> kaynaklı hepatotoksisiteye karşı güçlü bir koruyucu etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. El-Akabawy ve El-Kholy (2014), zencefilin antioksidan özelliklerinin diyabetle ilişkili yapısal beyin hasarı üzerinde yararlı etkilerinin olup olmadığını araştırmışlar ve zencefil'in beyindeki diyabetik kaynaklı



hasarın tedavisi için potansiyel bir terapötik etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Aslan vd. (2017), kivi ekstraktının antioksidan özelliği sayesinde *S. cerevisiae*'de oksidatif hasarı azaltarak, hücre büyümesini arttırdığını belirtmişlerdir. Babel vd. (2018), çinko oksit nanoparçacıklarının, *S. cerevisiae*'de hücre duvarı bütünlüğü ve lipid homeostazını etkileyerek toksisiteyi indüklediğini tespit etmişlerdir. Albuz (2019), günlük yaşamda gıda takviyesi olarak kullanılan zencefil, zerdeçal ve karanfil'in sitotoksik etkilerini araştırmıştır. Zencefil ve zerdeçal'ın sitotoksik etkisinin özellikle normal hücreler için önemsenmeyecek düzeyde olduğunu ve bu iki bitkinin güçlü bir antioksidan etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Sonuç olarak, zencefil ekstraktlarının birçok hastalıkların tedavisinde büyük potansiyele sahip olduğunu gösteren geniş bilimsel kanıtlar mevcuttur. Çalışmamızda da zencefil'in *S. cerevisiae*'de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oluşturduğu oksidatif hasara karşı etkili olduğunu, total protein sentezini teşvik ettiği, hücre gelişimini arttırdığını, hücreyi oksidatif hasara karşı koruduğunu söyleyebiliriz.

### KAYNAKLAR

1. Abolaji, A.O., Ojo, M., Afolabi, T.T., Awoogun, M.D., Nwawolor, D. and Farombi, E.O. (2017), "Protective Properties of 6-Gingerol-Rich Fraction from *Zingiber officinale* (Ginger) on Chlorpyrifos-Induced Oxidative Damage and İnflammation in the Brain, Ovary and Uterus of Rats", *Chemico-Biological Interactions*, 270: 15-23.
2. Albuz, Ö. (2019), "Investigation of Cytotoxic Effects of *Curcuma longa*, *Zingiberaceae* and *Dianthus caryophyllus*, which are Commonly Used as Food Supplements in Daily Life, *Kocatepe Veterinary Journal*, 12 (3): 351-356.
3. Altuğ, E. (2010), "Zencefil Ekstresinin Safra Yolları Bağlanarak Oluşturulan Karaciğer Hasarında Koruyucu Etkileri", *Tıpta Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara*.
4. Arslan, M. (2014), "Meme Kanserli Kadın Hastalarda Kemoterapiye Bağlı Gelişen Bulantı, Kusma Ve Öğürme Üzerine Zencefil Kullanımının Etkisi", *Doktora Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara*.
5. Aslan, A. (2015), "The Effects of Different Essential FJ and their Combination on *Saccharomyces cerevisiae* Cell Growth", *Progress in Nutrition*, 17 (1): 36-40.
6. Aslan, A. (2018), "Cell Culture Developing and the İmaging of Total Protein Product Changing with SDS-PAGE in *Saccharomyces cerevisiae*", *Progress Nutrition*, 20 (1): 128-132.
7. Aslan, A., Beyaz, S ve Gök, Ö. (2019a), "Domates Ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*'de Oluşturulan Krom Hasarına Karşı Koruyucu Etkisi", *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (2): 1048-1055.
8. Aslan, A., Gök, Ö ve Beyaz, S. (2019b), "Üzüm Çekirdeği Ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*'de Oluşturulan Hidrojen Peroksit Hasarına Karşı Koruyucu Etkisi", *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (4): 2216-2224.
9. Aslan, A., Gök, Ö. and Erman, O. (2017), "The Protective Effect of Kiwi Fruit Extract Against to Chromium Effect on Protein Expression in *Saccharomyces cerevisiae*", *Progress in Nutrition*, 19 (4): 472-476.
10. Cifci, A., Tayman, C., Yakut, H. I., Halil, H., Cakir, E., Cakir, U. and Aydemir, S. (2018), "Ginger (*Zingiber officinale*) Prevents Severe Damage to the Lungs Due to Hyperoxia and İnflammation", *Turkish Journal of Medical Sciences*, 48(4): 892-900.
11. Demir, K. (2018), "Eczane Ve Aktarlardan Satın Alınan Zencefil Örnekleri Üzerinde Farmakope Çalışmaları", *Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul*.
12. El-Akabawy, G. and El-Kholy, W. (2014), "Neuroprotective Effect of Ginger in the Brain of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats", *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 196 (2-3): 119-128.
13. El-Akabawy, G. and El-Kholy, W. (2014), "Neuroprotective Effect of Ginger in the Brain of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats", *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 196 (2-3): 119-128.
14. Gök, Ö. (2017), "Karbon Tetraklorür ile Karaciğer Hasarı Oluşturulmuş Sıçanlarda Ellagik Asitin Bazı Apoptotik Proteinlerin İfadesine Etkisi", *Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ*.

15. Güceyü, Ç., Goncagül, G., Günaydın, E. ve Akpınar, P. (2019), “Zencefil’in Antibakteriyal Etkisi (Antibacterial effect of *Zingiber officinale* (Ginger))”, Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi, 30 (1): 44-50.
16. Huang, Z., Yu, Y., Fang, Z., Deng, Y., Shen, Y. and Shi, P. (2018), “OLE1 Reduces Cadmium-Induced Oxidative Damage in *Saccharomyces cerevisiae*” *FEMS Microbiology Letters*, 365 (18): fny193.
17. Joshi, D., Srivastav, S.K., Belemkar, S. and Dixit, V.A. (2017), “*Zingiber officinale* and 6-Gingerol Alleviate Liver and Kidney Dysfunctions and Oxidative Stress Induced by Mercuric Chloride in Male Rats: A Protective Approach”, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 91: 645-655.
18. Laemmli, U.K. (1970), “Cleavage of Structural Proteins During the Assembly of the Head of Bacteriophage T4”, *Nature*, 227: 680-685.
19. Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K. (1979), “Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction”, *Analyses of Biochemical*, 95: 351-358.
20. Osmanlıoğlu-Dağ, Ş.R. and Kuruüzüm-Uz, A. (2018), “Ginger’s Place in Pharmacy and Antitumor Effect”, *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 38 (2): 76-84.
21. Rubila, S., Ranganathan, T.V. and Sakthivel, K.M. (2016), “Protective Effect of *Zingiber officinale* against Dalton’s Lymphoma Ascites Tumour by Regulating Inflammatory Mediator and Cytokines”, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 180 (8): 1482-1496.
22. Salihu, M., Ajayi, B. O., Adedara, I. A. and Farombi, E.O. (2016), “6-Gingerol-Rich Fraction from *Zingiber officinale* Prevents Hematotoxicity and Oxidative Damage in Kidney and Liver of Rats Exposed to Carbendazim”, *Journal of Dietary Supplements*, 13 (4): 433-448.
23. Shirpoor, A., Rezaei, F., Fard, A.A., Afshari, A.T., Gharalari, F. H. and Rasmi, Y. (2016), “Ginger extract protects rat’s Kidneys against Oxidative Damage after Chronic Ethanol Administration”, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84: 698-704.
24. Vipin, A.V., Rao, R., Kurrey, N.K., KA, A.A. and Venkateswaran, G. (2017), “Protective Effects of Phenolics Rich Extract of Ginger against Aflatoxin B1-Induced Oxidative Stress and Hepatotoxicity”, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 91: 415-424.
25. Vural, Y. (2012), “Sıçanlarda Kollajen İle Oluşturulan Artrit Modelinde Karanfil, Defne, Kantaron Ve Zencefil Yağları Karışımı İle Diklofenak Sodyum İçeren Jelin Anti-İnflamatuvar Etkinliğinin Karşılaştırılması”, Tıpta Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
26. Wang, J., Ke, W., Bao, R., Hu, X. and Chen, F. (2017), “Beneficial Effects of Ginger *Zingiber officinale* Roscoe on Obesity and Metabolic Syndrome: A Review”, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398 (1): 83-98.
27. Yiğit, M., (2015), “Astaksantin Arpe-19 Hücrelerinde Sigara Dumanı Bileşenlerinden Hidrokuinon İle Oluşturulan Oksidatif Stres Modelinde Antioksidan Parametreler (GSH, GSH-PX, MDA), Ca<sup>+2</sup> Sinyali ve Apoptosis Düzeyleri Üzerine Olan Etkisinin Araştırılması”, Tıpta Uzmanlık Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
28. Babele, P.K., Thakre, P.K., Kumawat, R and Tomar, R.S. (2018), “Zinc Oxide Nanoparticles Induce Toxicity by Affecting Cell Wall Integrity Pathway, Mitochondrial Function and Lipid Homeostasis in *Saccharomyces cerevisiae*”, *Chemosphere*, 213: 65-75.

**MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ VE ETKİLERİ**  
**MICROPLASTIC POLLUTION AND EFFECTS****Didem GÖKÇE**

Doç.Dr., İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Kampüs Malatya

**ÖZET**

Günümüzde, plastik kalıntıların oluşturduğu kirlilik (primer ve ikincil plastikler), tatlısu ve deniz ekosistemlerinde önemli bir su kalitesi sorunu olarak kabul edilmektedir ve biyota üzerine olan potansiyel etkileri giderek artmaktadır. Mikroplastikler (MP), genellikle 5 mm'den küçük olan plastik parçaları olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada, temel olarak mikroplastiklerin nitelikleri ve metal ve organik kirleticilerle kontamine olan mikroplastiklerin literatürde bildirilen çevresel izleme sonuçları hakkında bilgi verilmiştir: (1), su ekosistemlerinde mikroplastiklerin türü, karakteristikleri ve dağılımı; (2), bozunma sonrası mikroplastiklerde özelliklerin değişimi; (3), mikroplastikler üzerindeki kirletici konsantrasyonları özetlenmiştir. Çok çeşitli denizel türler tarafından MP'lerin yutulması nedeniyle, bu kirliliğin biyota ve insan üzerindeki etkisinin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada hem deniz hem de tatlısu ekosistemlerinde (nehirler, göller) ve atık su arıtma tesislerinde MP kirliliğinin oluşumu ve dağılımı gözden geçirilmiştir.

Yaygın olarak kullanılmasından dolayı ve sudan daha düşük yoğunluklu oldukları için askıda kalan, tatlısuda en fazla bulunan iki ana MP, PP (polipropilen) ve PE (polietilen)'dir. Tatlısu ekosistemlerinde MP'lerin kaynağı, noktasal kaynaklar ve noktasal olmayan kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Noktasal olmayan kaynaklar, sızıntı, kaza sonucu atık su ve doğrudan atık su deşarjı ile sisteme girerler ve atık yönetiminde bir önemli kirlilik kaynağını oluştururlar. Göller ve nehirler de dahil olmak üzere tatlısularda kıyı boyunca rastlanan MP'lerin büyük bir kısmının atık su arıtma tesislerinin deşarjlarından kaynaklandığı görülmüştür. Öte yandan, noktasal olmayan kaynaklardan gelen sekonder MP'ler, tatlısudaki önemli kirleticilerdir.

**Anahtar kelimeler:** Mikroplastik, Su Kirliliği, Sediment Kalitesi, Sucul Ekosistem, Biyota, Degredasyon

**ABSTRACT**

Nowadays, pollution with plastic debris (primer and seconder plastics) has been recognized as the main water quality problem in fresh and marine ecosystems, and there are growing concerns about potential effects in biota. Microplastics (MP) are generally defined as plastics fragments less than 5mm in size. The present study mainly briefed the qualifications of microplastics and interactions of contaminated with metals and organic pollutants and with microplastics on environmental monitoring results reported by literature: (1), the type, characterizations, and distribution of microplastics in the aquatic ecosystems were shortly discussed. (2), the property changes of microplastics after degradation were informed. (3), the concentrations of pollutants on microplastics in global environments were summarized. Besides, due to the ingestion of MPs by wide range of marine species, research on the effect of this pollution on biota as well as human is vital. For this reason, the present study reviewed the occurrence and distribution of MPs pollution in both marine and freshwater ecosystems (rivers, lakes) and wastewater treatment plants. Because PP and PE are widely used and less dense than water, they are still the two main MPs found in freshwater. The origin of freshwater MPs can be classified into point sources and non-point sources. The non-point source is another important pollution source of MPs, associated with runoffs, accidental effluent, and wastewater discharge and waste management in underdeveloped regions. It can be concluded that MPs in freshwater including lakes and rivers are mainly from the discharges of wastewater treatment plants along the shore given that MPs are in a large portion. On the other hand, secondary MPs from non-point sources are important polluters in freshwater.

**Keywords:** Microplastics, Water Pollution, Sediment Quality, Aquatic Ecosystem, Biota, Degradation

## 1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ile birlikte plastik kullanımı artmış, deniz ve tatlısu ekosistemleri için büyük bir tehdit oluşturmaya başlamıştır. Diğer yandan plastik atık yönetimi, araştırmacılar için endişe verici düzeydedir. Yaygın kullanım alanları ele alındığında artan plastik üretimi, plastik atıklar ve potansiyel mikroplastik kirliliğinin ekolojik sonuçlarının tam olarak bilinmeyişi önemli bir sorun oluşturmaktadır. Genellikle plastik atıkları olarak tanımlanan mikroplastikler (MP), boyutlarının küçük olması nedeniyle son yıllarda araştırmacıların giderek artan ilgisini çekmiştir.

Teknolojik plastik uygulamaları, 1770 yılında silgi olarak kullanılan kauçuk ile başlamıştır. 1839 yılında ise doğal kauçuğun işlenmesiyle elde edilen lastik tekerlek üretilmesiyle hız kazanmıştır (Avan, 2011). Plastik polimerlerinin kullanımına, 1900'lü yıllarda birçok eşyanın yapımıyla başlamıştır. 1907'de ilk olarak yapay üretilen polimerlerin 1950'den itibaren üretimi, hızlanarak artmıştır. 1960'lı yıllarda Kuzey Denizi'nden toplanan plankton örneklerinde ve İngiltere'de 18 deniz kumsalından alınan örneklerin çoğunda MP bulunmuştur (Rezania ve ark., 2018; Şeftalicioğlu, 2019). Günümüzde ise yalnızca 2016 yılında plastik üretimi, 322 milyon ton civarında olduğu görülmüştür (Europa 2016). Çok büyük miktarlarda (8 milyon ton/yıl) denizde saptanan MP, göl ve akarsuların sediment ve sularında da kirlenici olarak kaydedilmiştir.

Bu çalışmanın amacı (1) deniz ve kıyı ortamlarındaki mikroplastiklerin çeşitlerini, özelliklerini ve dağılımını kısaca gözden geçirmek; (2) bozunma sonrası mikro plastiklerin özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri ve içerdiği olası mekanizmaları tanımlamak; (3) çevresel izleme sonuçlarına dayanarak dünya deniz ve kıyı ortamlarındaki kirlenici madde konsantrasyonlarını özetlemek ve (4) mikroplastiklerin sucul canlılar üzerindeki potansiyel etkilerini kısaca belirtmek şeklindedir.

## 2. MİKROPLASTİK ÖZELLİKLERİ

Plastik kelimesi 'biçimlendirme' anlamına gelen Yunanca 'plastikos' kelimesinden köken almaktadır. Plastik, polimer olarak adlandırılan karbon (C) hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve monomer gruplarının organik veya inorganik elementlerle bağ oluşturan farklı uzunluklarda olabilen zincirli bir yapıdır. Mikroplastikler, 5 mm'den küçük yapılı olan sentetik polimerler olarak tanımlanır. Plastikler üç büyük grupta sınıflandırılabilir mikroplastik (1 ila < 5 mm), mezoplastik (5 ila < 25 mm) ve makroplastik ( $\geq 25$  mm) (Lee ve ark., 2013; Rezania ve ark., 2018; Guo ve Wang, 2019). Ayrıca 100 nm'den küçük olan mikroplastikler, nanoplastik olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 1. Farklı tiplerdeki MP'lerin fiziksel görünüşlerinin karşılaştırılması (Rezania ve ark., 2018).

Tip	Boyut	Şekil	Renk	Grup
Parça		Cips / Talaş	Farklı renkler	Baskın grup
Film	<0.1mm	Sert ve düz	Farklı renkler	Yaygın değil
Köpük	0.1mm çap	Uzun ve ince şekil süngerimsi doku	Beyaz / sarı	Genellikle PS ve PE
Plastik peletler	0.25-0.5 mm	Küresel	Beyaz / gri	Mikro boncuklar
	1-2 mm	Silindirik	Renksiz / yarı saydam	PE
Lifler	Kalınlığı 30 µm	Yuvarlak	Beyaz / şeffaf	Kesitlerdeki tüm boyut

Mikroplastikler, kaynağına göre primer ve sekonder mikroplastik olarak iki grupta ele alınmaktadır. Primer mikroplastikler, plastik malzeme toprakları, elyaflar ve endüstriyel malzemeler, kişisel bakım ve temizlik ürünleri katkı maddeleri olarak kullanılan tozlardır. Primer MP, 5 mm'den daha küçük bir boyuta sahip olan çoğunlukla tekstil, ilaç ve yüz ve vücut ovma gibi kişisel bakım ürünlerinde bulunan mikro plastiklerdir. Sekonder MP ise yıpranma / yaşlanma süreçleri altında makroplastiklerin bozulmasından kaynaklanmaktadır ve deniz ve kıyı ortamlarında bol miktarda bulunurlar. Primer ve sekonder MP, çevrenin fiziksel ve kimyasal etkileri nedeniyle karakterizasyonlarında (renk, yüzey morfolojisi, boyut, kristallik ve yoğunluk gibi) değişimler olmaktadır (Guo ve ark., 2019).

MP, tip olarak beş grupta ele alınabilir: fragman/ parçalar (sert, pürüzlü kenarlı parçacıklar), mikro topraklar (sert, yuvarlak parçacıklar), lifler (lifli ya da ince düzgün plastik iplikler), filmler (ince, 2 boyutlu plastik filmler) ve köpük (yani Strafor tipi malzeme). Bununla birlikte, polietilen (PE),

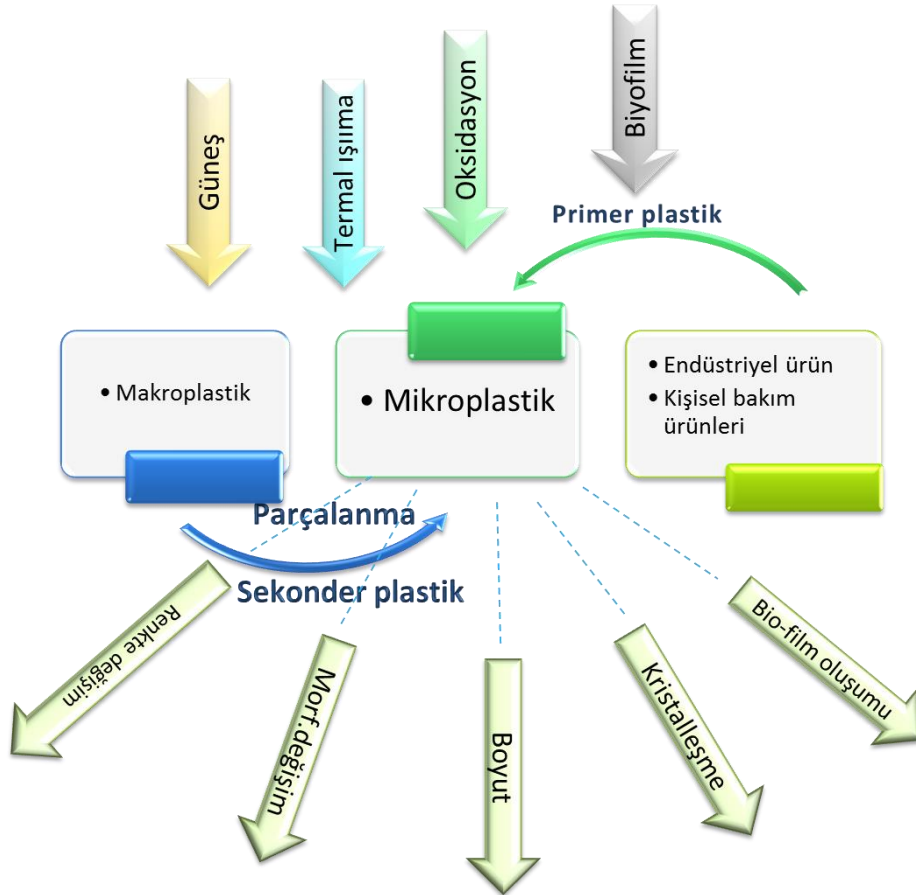
polipropilen (PP), poliamid (PA), polivinil klorür (PVC), polistiren (PS), poliüretan (PUR) ve polietilen tereftalat (PET) olmak üzere altı temel tipe ayrılabilirler.

Plastiklerin değerlendirilmesinde farklı kriterler ele alınabilir: boyut, primer ve sekonder plastikler, yoğunluk (düşük ve yüksek yoğunluklu plastikler). Plastikler, bu özelliklerine göre suda askıda kalır ya da sedimentte birikir. Bozulmuş MP'ler ve yıpranmış polimer esaslı partiküller, 50 ila 5000 µm arasında değişir ve deniz, tatlı su ve nehir ağız ortamlarında bulunur (Peters ve Bratton, 2016).

Deniz ve kıyı ortamlarındaki makroplastikler ve mikroplastikler, güneş ışığına maruz kalma, termal olarak yaşlanma, biyo-film oluşumu ve oksidasyon gibi çeşitli nedenlerle plastik polimerlerin bozulmasına yol açacak şekilde parçalanmaları görülür (Şekil 1). Bozulma, makroskopik plastik atıkların degradasyonuna ve sekonder mikroplastiklerin oluşmasına neden olur. Primer ve sekonder MP için, degradasyon temel olarak renk, yüzey morfolojisi, kristalleşme, partikül büyüklüğü ve yoğunluğu gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirir.

MP, güneş ışığı gibi UV ışınmasına maruz kaldığında, foto-bozulma eğilimindedirler. Kinon bileşikler gibi sarı renkli reaksiyon ürünleri, bu işlemde ortaya çıkar. Böylece, mikroplastiklerin rengi beyazdan sarıya kayar. Ayrıca, yüzen MP'lerin üzerinde kolayca biyofilm oluşumu görülür ve bu durumda MP, UV ışınmasından korunmuş olur. Bu nedenle karasal MP'ler, sucul MP'den daha kolay renk değiştirerek sararır.

Mikroplastiklerin yüzey morfolojisindeki değişimleri, temel olarak mekanik olarak parçalanma (hidrostatik kuvvet ve kumların aşındırması) ve oksidatif bozunma ile ilişkilidir. Amorf yapıya sahip MP parçalanma oranının kristal bileşenlerden daha hızlı olduğu görülmüştür. Oksidatif bozunma, genellikle mikroplastiklerin ince yüzey katmanında meydana gelir.



Şekil 1. Makroplastiklerin parçalanma sonrasında mikroplastikte niteliğin değişimi (değiştirilerek Guo ve Wang, 2019).



Bazı MP'lerin (polietilen ve polipropilen gibi) kristallliği, foto-oksidasyon veya termo-oksidasyon yoluyla iki sebepten dolayı hızlanır. Bunlardan ilki, polimerlerdeki amorf bileşenin daha fazla olmasıdır; ayrışma/ yaşlanma işlemi, kristalli bileşene göre daha fazla degradasyona meyillidir. Böylece, kristalin bileşenin fraksiyonu artmıştır. İkincisi, rastgele bir zincir kesiminin neden olduğu bozunma sürecinde kimyasal-kristalizasyondur. Kimyasal kristalizasyon, polimerlerin kristalimsi bileşenini artırmaktadır.

Makro ve mikroplastiklerin yüzey oluşturmaları nedeniyle algler, bakteriler ve mantarlar gibi mikroorganizmalar tarafından koloni meydana getirilerek biyofilm tabakası meydana gelmektedir (Johansen ve ark, 2018). Diğer yandan biyo-film oluşumu, MP degradasyonunda etkisi küçüktür. Çünkü MP'lerin çoğu biyolojik degradasyona karşı dirençlidir. Bununla birlikte, biyo-film tabakasının büyümesi, MP yoğunluğunu artırması nedeniyle su kolonundaki MP dağılımında önemli bir rol oynayabilir. Zamana bağlı olarak MP'nin suya göre yoğunluğunun artmasıyla su sütünde sedimentasyona uğrar; artık MP sediment örneklerinde görülür.

### **3. MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ ve SONUÇLARI**

Son zamanlarda makroplastik ve özellikle mikroplastik parçacıklarının deniz ve limnetik ekosistemlerde kirliliğe neden olduğu anlaşılmıştır (Imhof, 2016; Stachowitsch, 2018). Plastikler, deniz ve tatlısu ekosistemlerine doğrudan ve/veya dolaylı (rüzgar, sürüklenme, kanalizasyon gibi) yollarla girer. Boyutları çok küçük olduğu için göz ardı edilen mikroplastikler, zararlı etkileri ortaya çıktığında anlaşılır. Tatlısu ekosisteminde tespit edilen mikroplastikler, düşük yoğunlukta olmalarından dolayı daha çok yüzey sularında görülür ve partikül boyutları, 300 µm- 5 mm arasında değişmektedir (Duis and Coors, 2016; Tramoy, 2019).

Mikroplastiklerde küçük boyutlarına göre büyük spesifik alanlarının oluşu ve hidrofobik yapıları nedeniyle organik maddelerin ve metallerin tutularak birikmelerine yol açar. Bunun sonucunda MP, organik ve metal kirliliğine de neden olur (Hodson ve ark, 2017; Li ve ark., 2018; Wang ve Wang, 2018). Ayrıca metalin bir ya da daha fazla elementle bileşimine alloy denilir. Plastik metal alloyları da bu nedenle çevre açısından ilave kirlilik yükü oluşturmaktadırlar.

Reçineden üretilen plastik boncuk ve mikroplastik parçacıklarında böcek ilacı, ftalat, PCB ve bisfenol A gibi bileşenleri içeren organik kirleticiler bulunmaktadır. Bu bileşenlerin bazıları üretim sırasında plastiklere eklenirken bazıları deniz ortamında plastik parçaların yüzeyine tutunmaktadır. Tüm bunlarla birlikte doğrudan plastiğin kullanılmasıyla plastik yapımında bulunan pek çok maddeye insanlar da maruz kalmaktadır. Çevresel endokrin bozucular ve pseudoöstrojenler salınımı, plastik kullanımı ile gündelik yaşama girmiştir. Plastikte yaygın olarak kullanılan polikarbonat olan bisfenol A (BPA) maruziyeti ortaya çıkar. Polikarbonat yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında birçok yiyecek kutusu ve meyve suyu kabının astarında bulunan Bisfenol A salınımı olmaktadır. Şu anda BPA içermeyen plastik ürünlerin üretilmesine başlanmıştır. Ayrıca plastikleştirici olarak Ftalatlar, DEHP (di-2-etilhekzil ftalat, PVC için plastikleştirici; renksiz yapışkan sıvı yağda çözünür, fakat suda çözülemez), PBDE polibromlu bifenil eter; plastik, köpük, inşaat malzemeleri, elektronik, mobilya, motorlu taşıtlarda kullanılan alev geciktiriciler) plastik içinde bulunan zararlı kirleticiler olarak sıralanırlar (Li ve ark., 2018; Wang ve Wang, 2018).

### **4. BİYOLOJİK BİRİKİM VE ETKİLERİ**

Her ne kadar deniz kirliliğinin nedenlerinden biri, denize dökülen tatlısu ekosistemlerinin taşıma yükünün olduğu ileri sürülse de mikroplastiklerin uzun zaman bu tatlısu habitatlarında kalmaları, birikmeleri ve daha büyük atık plastik yığınları oluşturmaları, bu ekosistemlerin de kirlendiğini göstermiştir (Imhof, ve ark. 2013). Büyük akarsu sistemlerinden olan Yangtze nehrinden 1.469.481 ton ve Nil nehrinden 84.792 ton plastik atık her yıl denizlere taşınmaktadır.

Derin denizlerde ve okyanuslarda ışığın, oksijenin ve bakterilerin sınırlı olması nedeniyle bozulmanın çok daha yavaş ilerleyeceği varsayılabilir. Yüzey sularındaki mikroorganizmalar veya foto-oksidasyonla parçalanma, daha küçük partiküllerin oluşumuna katkıda bulunabilir; ancak nano boyuta kadar parçalanmaları ulaşmak uzun zaman alabilir. Laboratuvar koşullarında 1000 µm (1 mm) çapında, ~% 1 düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) bir parçacığın 100 nm çapa ulaşması için yaklaşık 320 yıl gerektirdiği, Harshvardhan ve Jha (2013) tarafından belirtilmiştir.

Diğer yandan, yoğunluklar, biyofilm oluşumu ve yüzeye bağlanma davranışları, plastiklerin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Öte yandan homo- ve hetero-agregasyon, advektif akış, sedimentasyon, suda askıda kalma ve biyobozunma ve sedimentte kalış gibi küçük boyutlu mikro- ve nanoplastiklerin sudaki davranışları göz önünde bulundurulması gereken önemli süreçlerdir (Quik ve ark. 2014). Bhattacharya ve ark. (2010), 60 nm polistiren parçacıkları kullanmış ve 28 gün sonra çok çeşitli agregasyon boyutlarını ( $199.3 \pm 176.3$  nm) ölçmüşler; 20 nm polistiren partiküllerinin, tatlısu fitoplankton hücrelerine büyük ölçüde bağlandığını veya heteroagregasyon yaptığını kaydetmişlerdir. Bu nedenle düşük yoğunluklarından dolayı, nehir kaynağından kaynaklanan toplam plastik parçacık yükünün önemli bir kısmının denize taşındığı varsayılmaktadır. Bununla birlikte, organik madde kirlenmesi ve askıda katı maddeler, algler veya detritus ile hetero-agregasyonların çökmesine mümkün olmaktadır. Son zamanlarda araştırmalar, tatlısu ve deniz sedimentlerinde mikroplastiklerin varlığını göstermektedir (Imhof ve ark. 2013; Free ve ark. 2014; Bonanno ve Orlando-Bonaca 2018; Piao ve ark. 2019).

Sucul ekosisteme verdikleri zararlı etkiler, plastiklerin sahip olduğu özelliklere göre değişmektedir. Su kütlesinden ya da sedimentten beslenme yoluyla ile organizmalarda da birikim göstermektedir. MP, canlılarda mekanik ve kimyasal olarak zararlı etkide bulunmaktadır. Deniz biyotası ve plastik arasındaki etkileşimle ilgili çalışmalar otuz yıllık bir süreyi içerse de, son on yılda yayınlarda önemli bir artış görülmüştür. Deniz kuşları, denizdeki plastik kalıntılarının biyoindikatörleri olarak kullanılan, en çok çalışılan türdür. Çalışmaların çoğunluğunu kuzey fulmarlarını (*Fulmarus glacialis* Linnaeus, 1761) oluştururken, albatrosları ve karabataklarda plastik kirliliğinden en fazla etkilenen bir grubu oluştururlar. Deniz kaplumbağaları, *Caretta caretta* Linnaeus, 1758 ve *Chelonia mydas* Linnaeus, 1758 üzerinde de plastik birikim varlığı araştırılan önemli bir gruptur ve nesli tehlike altında olan türlerdir. Çok çalışılan üçüncü grup ise, laboratuvar deneylerinde yoğun olarak kullanılan midyeler gelmektedir. Özellikle mavi midye (*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758) ve Akdeniz midyesini (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) içermektedir. Ayrıca diğer taksonomik gruplar arasında balıklar, memeliler, Polychaeta, Bryozoa, Holothuria'da sindirim sistemlerinde yoğun olarak plastiklerin varlığı görülmüştür.

Diğer yandan besin zincirinde alt basamaklarda yer alan canlıların plastik ile kontaminasyonu enerji aktarımı sonucunda birikime uğrayarak üst basamaklara da taşınmaktadır. Dünya'nın tek balina koruma alanı olan Pelagos Cetaceae Koruma Alanı'ndaki planktonların %56'sından fazlası, mikroplastik ile kontamine olmuştur. *Balaenoptera physalus* (Fin balinaları)'a ait doku analizleri daha az kirli alanlarda yaşayan balinalarla karşılaştırılmış ve 4-5 kat daha fazla ftalat birikimi olduğu kaydedilmiştir. Sindirim sisteminde bulunan plastiklerin toksik miktarı ve etkileri, su kütlesine göre 30 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca DNA hasarı meydana getirebilmektedir (Jacob ve Fossi, 2016).

MP küçük boyutlu olmaları nedeniyle alg, bakteri ve partiküler organik madde (POM) gibi küçük boyutla beslenen canlılar tarafından besin olarak alınırlar. MP, renk ve boyut ele alındığında canlılar için besinsel olarak tercih edilirler. Bu durumda canlıların yaş aralığı, fizyolojik koşulları kadar çevresel faktörlerde (ışık, sıcaklık, rekabet, besinin bulunabilirliği vs.) önem taşır. Beslenme şekline göre (filtrasyon, parçalayıcı, sıyırıcı beslenme grubunda olan türlerde) MP miktarı farklılık göstermektedir. Özellikle protozoanlar, rotiferler, cladocerans ve midye gibi süspansiyon ve filtrasyonla beslenenlerin MP alınmasında eğilimli olduğu kabul edilmektedir; çünkü bunlar çoğunlukla askıda partiküler madde (SPM) ile beslenirler ve çeşitli seston bileşenlerini alırlar. Öte yandan besin zinciri ile dolaylı olarak alınan mikroplastiklerin insanlar üzerindeki etkileri henüz tam olarak bilinmemektedir.

## 5. TARTIŞMA

1950'lerin başlarından bu yana 8,3 milyar tondan fazla plastik üretildiği tahmin edilmektedir. 1950'lerden bu yana, plastik üretim oranı, diğer tüm malzemelerden daha hızlı artmıştır. Ayrıca, dayanıklı plastik üretiminden ve tek kullanımlı plastiklere doğru bir artış görülmüştür. Mikroplastikler, atık arıtma tesisleri tarafından filtrelenemeyecek kadar küçüktür ve yüzeylerinde biyofilm tabakası oluşur. Çoğu sucul hayvanlar tarafından yenerek sindirim kanallarını bloke eder ve mekanik, fizyolojik sorunlara neden olurlar.

Çevrede halihazırda mevcut olan çöplerdeki plastiklerin parçalanması yoluyla MP'lerin sürekli salınması, MP'nin gelecekte çok daha kritik deniz ve tatlısu kirlenici etkeni olabileceği anlamına

gelmektedir. Buna ek olarak, artan nüfus ve kullanım alanları düşünüldüğünde, yüksek plastik malzeme ve ürün talebi (olağan iş akışı devam ederse) azalmayacaktır. Buna göre, kaynak üretimimizi ve kullanımımızı yeniden yapılandırmaz ise plastik atıklar biyosferde daha fazla birikecektir.

Avrupa, Çin'in ardından dünyanın en büyük ikinci plastik üreticisidir. 2016'da AB, 28 ton Norveç ve İsviçre 60 milyon ton plastik üretmiş ve 27 milyon ton plastik atık ortaya çıkmıştır. Bu atıkların %31'i geri dönüşüme gönderilmiş; %27'si atık depolama sahalarına bırakılmış; geri kalanı ise enerji elde etmek için yakılmıştır (UNEP/MAP. 2015). Avrupa'da üretilen plastiğin %40'ı ambalajlamada kullanılmaktadır ki bu da yılda 16,7 milyon ton plastik atığın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Europe Plastic, 2016). Akdeniz'deki kirliliğin %95'ini plastik atıklar oluşturmaktadır. Akdeniz'de plastik atıklarının başlıca kaynağı Türkiye (günde 144 ton), İspanya (126 ton) gelmektedir; daha sonra İtalya (90 ton), Mısır (77 ton) ve Fransa (66 ton) plastik kirletici ülkeler olarak sıralanmaktadır (WWF, 2018). Mersin ve İskenderun körfezlerinde yapılan araştırmada, 28 türe ait 1337 balığın % 58'inin sindirim sisteminde mikroplastik bulunmuştur. Balıkların midelerinde bulunan parçacıkların %70'i fiber iplik, %20.8'i sert plastik, %2,7'si naylon, %0.8'i kauçuk ve %5.5'i ise tanımlanamayan plastik olarak tespit edilmiştir (Güven ve ark., 2018).

MP kirliliği, bazı uluslararası sözleşmelerde ele alınmıştır: Avrupa Komisyonu Kararında (2010/477 / EU-10.2.1), deniz hayvanları tarafından alınan çöp miktarının miktarı ve bileşimindeki mikroplastikler dikkat çekilmiştir. Barcelona Sözleşmesi, Ortak Gösterge 18 ile denizdeki MP kirlilik miktarının bir indikatörü olarak deniz kaplumbağalarının kullanımı önerilmiştir (Barcelona Convention, 2016). Deniz hayvanları tarafından alınan plastik atık ve MP miktarı, ilgili türlerin sağlığını olumsuz yönde etkilemeyen bir seviyede olduğu Komisyon kararında verilmiştir (EC / 2017/2901 Komisyon Kararı Ekinde tanımlanan kriter D10C3).

Yaralanma, sağlık üzerine etkileri veya ölüm şekli gibi, MP'den olumsuz etkilenen her bir türün birey sayıları kriterlerce belirlenmiştir (C / 2017/2901 sayılı Komisyon Kararının Ekinde tanımlanan kriter D10C4). Avrupa Komisyonu, belirlenen bazı Avrupa nehirlerinden denizlere boşalan plastik atık yükünün araştırılmasına yönelik koordinasyon çalışmalarına ve modellemelere başlamıştır. Çevredeki plastiklere ilişkin olarak, Avrupa Komisyonu son on yılda, üç ana politika noktası belirlemiştir:

1. 2008 Yılı Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi, 2020 yılına kadar denizlerin iyi bir çevresel statüsünü zorunlu kılmaktadır.
2. Yeşil Kitap 2013, çevredeki plastik atıklarına Avrupa düzeyinde ilk sistematik ve bütüncül yaklaşımdır. Rapor, küresel çapta deniz plastik çöplerinin% 80'inin karasal kaynaklı kaynaklardan geldiğini vurgulamıştır. Ayrıca, Avrupa'da plastik atık yönetimini iyileştirmeyi amaçlayan mevzuatlar vurgulanmıştır.
3. 2015 Plastik Torbalar Direktifi, Avrupa Komisyonu, tüketiciler tarafından plastik poşet kullanımında önemli bir azalmanın olması gerekliliğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, plastikler, henüz Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifinin (EU-WFD) bir parçası değildir.

2015 yılı verilerine göre Türkiye'de yılda ortalama 1,24 milyon ton plastik üretilmekte olup bu plastiğin %40'ının geri dönüştürülmektedir (Güven ve ark., 2018). Akdeniz'de Denizel Atık Değerlendirmesi' ne göre Türkiye'de kıyı şeridinde yaşayan nüfusun yaklaşık 34.042.862 olduğu ve bu nüfusun çöp üretme oranının günlük kişi başına 1,77 kg'dır.

Bu sonuçlara göre Türkiye'de halihazırda %30 olan plastik atık geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranının 2030 yılına kadar %100'e çıkarılması ve etkili geri dönüşüm ve entegre atık yönetimi planları ile atık toplamada %100 başarıyı sağlamak hedeflenmektedir. Biyobozunur plastik üretimi desteklenmelidir. Plastik kirliliğine karşı alınacak tedbirler, kirliliği önleme yönelik olmalıdır. Bunun için atıkların bertaraf edilmesi tedbirinden önce endüstriyel önlemlerden tüketicinin bilinçlendirilmesine kadar (tek kullanımlık plastik ürünlerin azaltılması, kozmetik ürünlerin kontrol edilerek alınması gibi) olan süreçler ele alınmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- Avan Ç, 2011. Plastik ve Plastik Atıkların, Geri Dönüşümü ve Çevreye Etkileri Konularında Öğrenci Tutumlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu.
- Bakir A. Rowland SJ, Thompson RC 2014. Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions *Environmental Pollution*, 185, 16-23.
- Bhattacharya P, Lin S, Turner JP, Ke PC, 2010. Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *Journal of Physical Chemistry C*, 114, 16556–16561.
- Bonanno G, Orlando-Bonaca M, 2018. Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 137, 209–221.
- Duis K, Coors A. 2016. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environ Sci Eur*. 28 (1): 2.
- EC, 2018. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>
- Europe Plastics, 2016. Plastics- the Facts 2016 an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. Association of Plastic Manufacturers, Brussels.
- Free CM, Jensen OP, Mason SA, Eriksen M, Williamson NJ, Boldgiv B, 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 156–163.
- Guo X, Wang J, 2019. The chemical behaviors of microplastics in marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 142 (2019) 1–14.
- Güven O, Gökdağ K, Jovanović B, Kıdeyş AE, 2018. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286-294.
- Harshvardhan K, Jha B, 2013. Biodegradation of low-density polyethylene by marine bacteria from pelagic waters, Arabian Sea, India. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 100–106.
- Hodson, ME, Duffus-Hodson CA, Clark A, Prendergast-Miller MT, Thorpe KL, 2017. Plastic bag derived-microplastics as a vector for metal exposure in terrestrial invertebrates. *Environ. Sci. Technol.* 51, 4714–4721.
- Imhof HK, Ivleva NP, Schmid J, Niessner R, Laforsch C 2013. Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23, 867–868.
- Jacob T, Fossi C, 2016. Impacts des microplastiques sur la population de Rorquals 3 communs du Sanctuaire Pelagos. Rapport GIS3M pour le Parc national de Port-Cros, Animateur de la Partie française de l'Accord Pelagos. Fr., 19 pp.
- Johansen MP, Prentice E, Cresswell T, Howell N, 2018. Initial data on adsorption of Cs and Sr to the surfaces of microplastics with biofilm. *J. Environ. Radioact.* 190, 130–133.
- Lee J, Hong S, Song YK, Hong SH, Jang YC, Jang M, Shim WJ, 2013. Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*. 77 (1), 349–354.
- Li J, Zhang K, Zhang H, 2018. Adsorption of antibiotics on microplastics. *Environ. Pollut.* 237, 460–467.
- Peters CA, Bratton SP, 2016. Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environ Pollution*. 210, 380-387.
- Piao M, Wang MW, Liu H, Chen F, Xia J, 2019. Research on ecotoxicology of microplastics on freshwater aquatic organisms. *Environmental Pollutants and Bioavailability* 31:1, 131-137.
- Quik JTK, de Klein JJM, Koelmans AA, 2014. Spatially explicit fate modelling of nanomaterials in natural waters. May 2014, SETAC Annual Meeting, Basel, Switzerland.
- Rezania S, Park J, Md Din MF, Taib SM, Talaiekhazani A, Yadav KK, Kamyab H, 2018. Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: A review of recent studies. *Marine Pollution Bulletin* 133, 191–208.
- Stachowitsch, M, 2019. Plastic (pp. 87-158). In: *The Beachcomber's Guide to Marine Debris*. Springer International Publishing, Spain.
- Şeftalicioğlu MD, 2019. Plastiklerin Microcrustaceae populasyon yapısı üzerine etkileri. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 82s.
- Tramoy R, Colasse L, Gasperi J, Tassin B, 2019. Plastic debris dataset on the Seine river banks: Plastic pellets, unidentified plastic fragments and plastic sticks are the top 3 items in a historical accumulation of plastics. *Data in Brief*. 23, 103697.
- UNEP/MAP, 2015. Marine litter assessment in the Mediterranean, Report.

Wang WF, Wang J, 2018. Comparative evaluation of sorption kinetics and isotherm of pyrene onto microplastics. *Chemosphere* 193, 567–573.

Wu P, Huang J, Zheng Y, Yang Y, Zhang Y, He F, Chen H, Quane G, Yan J, Li T, Gao B, 2019. Environmental occurrences, fate, and impacts of microplastics. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 184, 109612.

WWF, 2018. Plastik kaptanından çıkış: Akdeniz'i Plastik Kirliliğinden Kurtarmak. WWF Akdeniz Deniz Girişimi, Rapor, 32 s.



**İKLİM DEĞİŞİMİNİN TATLISU EKOSİSTEMİNE ETKİLERİ**  
**THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON FRESHWATER ECOSYSTEM****Didem GÖKÇE**

Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Kampüs Malatya

**ÖZET**

Antropojenik olarak atmosfere salınan CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazları, küresel karbon döngüsünde birikir ve karbon döngüsünde düzensizliklere neden olmaktadır. Dünya genelinde tatlısu ekosistemleri, çok sayıda antropojenik etkiden dolayı risk altındadır. İklim değişikliği, bu tehditlerin başında gelmektedir. İklim koşullarının geçmişten günümüze doğru farklılaşması ve giderek artan sıcaklık değerlerini göstermesi, tatlısu sistemlerinde su kaynaklarının ve sucul habitatların devamlılığı ile sürdürülür ekosistem süreçlerini üzerinde belirgin bir etkiye neden olmaktadır.

Bu etkiler: (1) göl ve akarsuların yüzey sularında, özellikle de yüksek rakımlarda ve enlemlerde daha belirgin olmaktadır; (2) büyük, derin göllerin hipolimnetik sıcaklıklarında artışa yol açmaktadır; (3) göl buz örtüsünde azalma; (4) akarsulardaki deşarj rejimlerinde değişikliğin olması ve çözünen maddelerin ve kirleticilerin yüzey sularına salınması kaydedilmiştir; (5) akarsu ve nehirlerin akış rejimindeki değişiklikler, yağış miktarı, mevsimsellik, yoğunluğu ve dağılımında öngörülen değişikliklerle ilişkili olup, göllerde ve kıyı bölgelerinde besin maddelerinin taşınmasında ve artışına neden olur; (6) su seviyelerinde, habitat yapısında ve sulak alan üzerinde etkili olan yağış, buharlaşma ve su taşkınları dinamiğinde değişiklikler gözlenmiştir; (7) ılıman / kurak bölgelerdeki geçici nehirlerin ve sığ göllerin kaybolması ve göl ekosistemlerinde tuzluluk miktarlarında giderek artış kaydedilmiştir. İklim değişikliği, barajların tatlısu ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkilerini de artırabilir.

Birçok araştırmada, istilacı türler, migrasyon oranı, aşırı alg çoğalması, ötrofikasyon ve türlerin kayboluşu gibi iklim değişikliği nedeniyle bitki ve hayvan özelliklerinde belirgin değişikliklerin olduğu gösterilmiştir. Bu çalışma, iklim değişikliğinin tatlısu ekosistemi üzerindeki etkileri hakkında bilgi vermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tuzluluk, Su Seviyesi, Su Kalitesi, İstilacı Türler, Tatlısu, İklim**ABSTRACT**

Anthropogenically released CO<sub>2</sub> and other greenhouses gases accumulates in the global carbon cycle and is anticipated to imbalance global carbon fluxes. Freshwater ecosystems are at risk, globally, from a multitude of anthropogenic pressures, or threats. Climate change is one of these threats. Differentiation of climatic conditions from the past to the present is expected in many recent studies to have a pronounced impact on the capacity of freshwater systems for maintaining water supplies and sustaining aquatic habitats and ecosystem processes.

These effects: (1) an increase in the surface water temperature of lakes and streams, especially those at high altitudes and latitudes; (2) an increase in hypolimnetic temperature of large deep lakes; (3) a reduction in lake ice-cover; and (4) changes to discharge regimes in streams and release of solutes and pollutants to surface waters; (5) changes in the flow regime of streams and rivers associated with projected changes in the amount, seasonality, intensity and distribution of precipitation, causing an increase in the transport of sediments and nutrients downstream to lakes and the coastal zone; (6) changes in precipitation, evaporation and flooding dynamics that will cause changes in water levels, habitat structure and water residence times in wetlands; (7) ephemeral streams and small lakes in warm dry regions may disappear and lakes may become more saline. Climate change may increase the negative impacts of dams on freshwater ecosystems.

Many studies have demonstrated widespread changes in plant and animal characteristics due to climatic change such as invasive species, migration rate, algal blooms, eutrophication, and species extinction. The present study has briefed information about the effects of climate change on the freshwater ecosystem.

**Keywords:** Salinity, Water Level, Water Quality, Invasive Species, Freshwater, Climate

## 1. GİRİŞ

Dünyanın iklim sistemi, atmosferik gaz bileşimi ve sıcaklık ile okyanusların karşılıklı etkileşimleri sonucu rüzgar, yağmur ve sıcaklık dağılımı kontrol eder. Bu dinamik sistem, bir buzul çağından diğerine doğru sürekli değişmektedir. 4,5 milyar yıllık dünya tarihinde, geçmişten dönemlerden günümüze doğru gelişen glacial ve eremial evreler, dünyanın güneş etrafındaki yörünge sapmaları, güneşteki patlamalar-ışınım artışı iklim değişimlerine neden olmaktadır. Özellikle, İkinci Dünya Savaşından sonra 1950’li yıllardan itibaren sanayi devrimi ve buna bağlı olarak atmosfere bırakılan baca gazları, egzoz gibi gazların emisyonundaki artışı, antropojenik olarak iklimsel değişim, sıcaklıkların giderek artışı yönünde kendini göstermiştir. Aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar, atmosfere salınmaktadır. Bu nedenle Küresel iklim değişikliği, dünyanın uzun jeolojik tarihi boyunca yaşanan iklimin, doğal değişkenliğine ek olarak antropojenik etkenlerin neden olduğu bir değişikliktir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nde iklim değişikliği, “karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” biçiminde tanımlanmaktadır.

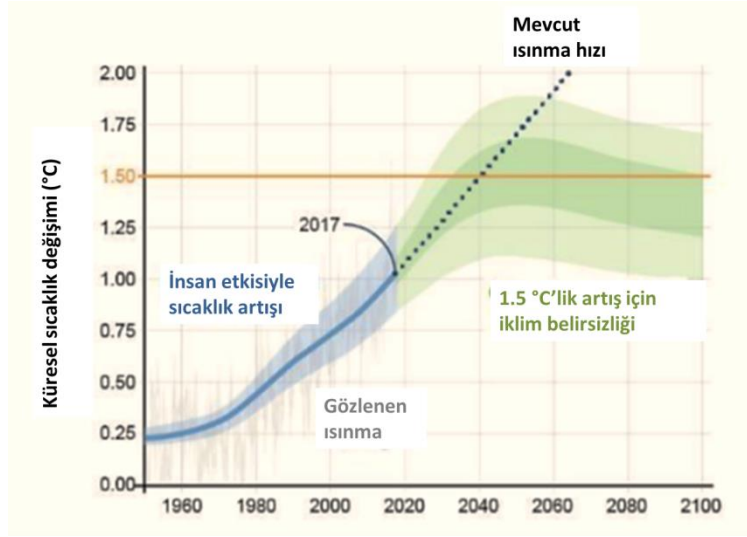
Özellikle 1750’li yıllardan itibaren, hız kazanan insan faaliyetleri etkisiyle atmosferik gaz kompozisyonu değişmiş, sera gazı emisyonları artmıştır (Tablo 1). En önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub>’nin atmosferdeki birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppm’den Mart 2018’de 407,96 ppm’e yükselmiştir. Sanayi öncesi dönemde yaklaşık 715 ppb olan CH<sub>4</sub> birikimi, 2017 yılı sonunda 1859 ppb’e çıkmıştır. Küresel atmosferik N<sub>2</sub>O birikimi sanayi öncesi dönemde yaklaşık 270 ppb düzeyindeyken 2017 yılında 330 ppb’ye çıkmıştır (Kadioğlu, 2008; MGM, 2019).

Tablo 1. Atmosferik sera gazları ve bulunma oranları (MGM, 2019)

Sera Gazı	Sera Gazları İçerisindeki Oran
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	72%
Metan (CH <sub>4</sub> )	19%
Diazotmonoksit (N <sub>2</sub> O)	6%
Florlu Gazlar	
Hidro-floro-karbonlar (HFCs)	3%
Perfloro-karbonlar (PFCs)	
Sülfür hegzä florür (SF <sub>6</sub> )	

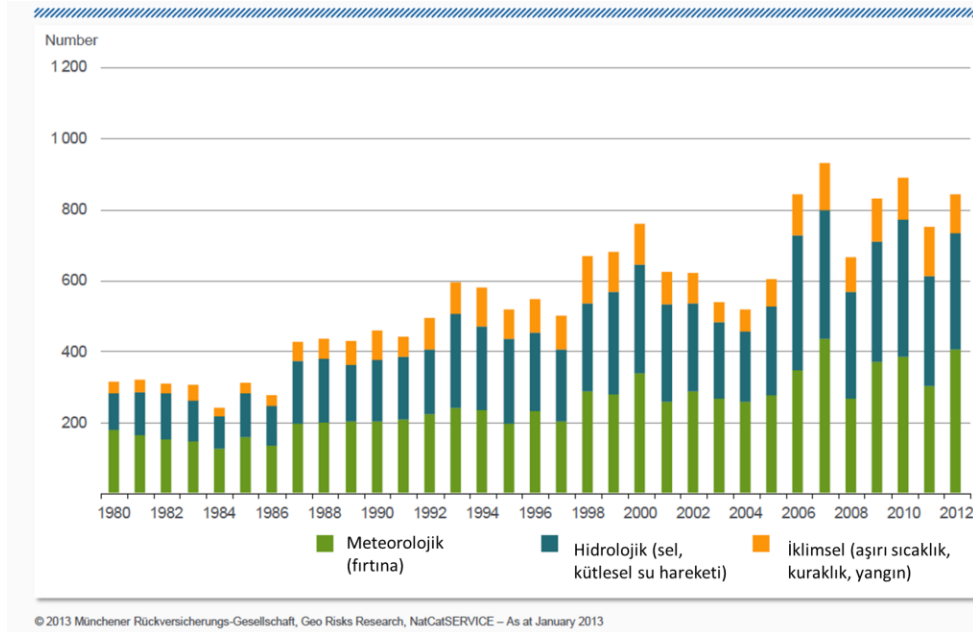
1900 yılların başından bu yana ortalama yüzey sıcaklıklarında gözlenen artışın büyük bölümü, kuvvetli olasılıkla (%90) antropojenik kaynaklı sera gazı salınımlarındaki artıştan kaynaklanmıştır. Son 50 yılda kaydedilen sıcaklık artışının hızı neredeyse son 100 yılda olan artışın iki katıdır (her on yılda 0.13°C ± 0.03°C / 0.07 °C ± 0.02°C; Şekil 1), (IPCC, 2007).

Dünya genelinde, sıcaklık ve yağış dalgalanmaları son yıllarda belirgin bir şekilde artmıştır. Aynı zamanda ekstrem olaylar (sıcak hava dalgası, kuraklık, sel vb.) görülmeye başlanmıştır. Doğal afetlerin (volkanik aktivite, deprem, tsunami gibi) görülme sıklığında değişim pek görülmezken iklimsel değişime bağlı olarak aşırı sıcaklık/ soğukluk dalgalanması, su taşkınları, sel, kuraklık gibi olayların sıklığında artışlar kaydedilmiştir (Şekil 2). Diğer yandan ekonomik olarak da iklim değişiminin zararları vardır. 1982-1983 El Nino olayı, ekonomik etkisi en büyük olan ENSO (El Nino Güney Salınım) olayıdır. Ayrıca bu dönemde oluşan doğal afetler ve buna bağlı hastalıklar ve salgınlar sonucunda, yaklaşık 2000 insan hayatını kaybetmiştir. 1997-1998 şiddetli El Nino olayında de yine 2000’ in üzerinde can ve mal kayıplarına ve ekolojik yıkımlara neden olduğu görülmüştür.



Şekil 1. İnsan müdahalesi sonucu 2017 yılında 1 °C olan sıcaklık artışının, 2040 yılında 1,5 °C' ye ulaşacağı öngörülmektedir. 1850 yıllarından itibaren sıcaklık verileri ele alınarak projeksiyon oluşturulmuştur. (FAO, 2019).

Yıllık ortalama sıcaklık projeksiyonlarına göre tüm senaryolarda ve tüm dönemler boyunca Türkiye genelinde artışlar öngörülmektedir. Türkiye iklimsel veriler, 1866 yılından itibaren kayıt altına alınmış; 1926 yılından bu yana çok sayıda gözlem istasyonlarından alınan veriler projeksiyonlarda kullanılmıştır (MGM, 2015). Uzun dönemli iklimsel değişim ele alındığında Türkiye'nin aylık sıcaklık ve yağış dağılımında yaz aylarında sıcaklıklar artarken, yağışlar azalmaktadır.



Şekil 2. 1980-2012 yılları arasında dünyadaki afet sayıları. Değişen iklim koşullarına bağlı olarak meydana gelen bozulmada artış görülmektedir (NatCat Service, 2013).

Türkiye aylık ortalama sıcaklık ve yağış normalleri (97 istasyona göre) sıra ile 1961-1990 dönemi için 13.5°C ile 657 mm, 1971-2000 dönemi için 13.5°C ile 642 mm ve 1981 ile 2010 dönemi için 13.8°C ile 652 mm olup artış gösterme eğilimindedir.

## 2. SUCUL EKOSİSTEME OLAN ETKİLERİ

Hidrosferde deniz ve okyanusların oranı % 97.5; tatlısu oranı ise % 2.5'tur. Yüzeysel su olarak tanımlanan göl ve akarsu ile yeraltısularının dağılımı ise çok düşüktür. Göller, toplam su miktarının % 0.013'ünü; akarsular, toplam su miktarının % 0.00015'ini; yeraltısuları ise % 1.69'unu oluşturur.

Doğrudan tatlısu kaynağı olarak kullanılmayan buzulların oranı ise 1.76'dır. Canlıların doğrudan kullandığı sular ise yüksek oranda yüzeysel akışa sahip olan sulardır (denizel canlılar hariç tutulduğunda) ve görüldüğü gibi toplam su miktarından çok düşük oranlarda bulunurlar.

İklim değişikliğinin etkisi, öncelikle su döngüsündeki değişimlerle kendini gösterir. İklim değişimiyle sıcaklığın artışı, kuraklıklar, taşkınlar, buzullarda erimenin artışı, deniz seviyesinin yükselmesi ve fırtınalar sıklıkla görülmekte ve ciddi sonuçlara neden olmaktadır. Ayrıca etkilerinin su güvenliğinin üzerinde doğrudan sonuçları vardır. Geleceğe yönelik iklim modelleri, sediman analizleri, paleolimnolojik analizler, polen analizleri gibi geçmiş iklim göstergeleri sonuçlarına göre öngörülerde bulunmakta ve modeller sunmaktadır.

Günümüzde, iklim değişikliğinin etkilerinin zaten gerçekleştiği görülmektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- (i) buzul kütlelerin erimesiyle yüksek rakım ve enlemlerde bulunan göllerin ve akarsuların yüzey sularında artış (Afganistan, Pakistan, Nepal, Hindistan, Çin, Myanmar'ı kapsayan bölgede küresel ısınmanın hızına bağlı olarak, 2100 yılına dek bölgedeki 56 bin civarında buzulunun yaklaşık üçte biri ile üçte ikisinin yok olabileceği tahmin edilmektedir. Buzullar hızla erirken, yaklaşık 3850 km<sup>3</sup> suyun serbest kalacağı hesaplanmıştır (Nat.Geo. 2019));
- (ii) dağ buzullarının erimesi ve nehirlerde akış rejimlerinin değişmesi (Benateau ve ark., 2019);
- (iii) büyük ve derin göllerin hipolimnion sıcaklıklarında artış;
- (iv) gölün buz örtüsünde azalma; bunu takip eden sıcak periyotlarda su seviyesinde azalmalar kaydedilmiştir.
- (v) çözünen besinsel tuzların ve kirleticilerin yüzey sularına salınması; her ne kadar yağışların azlığı ile pestisit, gübre vb. çevresel kirleticilerin alıcı ortam sucul ekosisteme taşınması azalmış/ engellenmiş olsa da buharlaşma sonucunda konsantrasyon artışı görülmektedir.
- (vi) sıcaklık ve besinsel tuzların artışına bağlı olarak ötrofikasyon görülme sıklığını artışı;
- (vii) Uzun dönem izleme çalışmalarından elde edilen verilerde göl suyunda sürekli CO<sub>2</sub> artışı ve pH'daki azalmayla birlikte gözlenmiştir. Yalnızca okyanuslarda değil, iç sularda da CO<sub>2</sub> benzer davranış sergilemektedir. (Hasler ve ark., 2016; Weiss ve ark., 2018).
- (viii) özellikle göl sularında tuzluluk artışı, pH düzeyinde değişimler; kuzey enlemlerdeki göllerde artan fotosenteze bağlı olarak alkali karakter, güney enlemlerde ise asitleşme şeklinde pH değişimi görülmektedir.
- (ix) sığ gölleri tehdit eden su seviyesindeki değişimler. Derin göller, sığ göllerden keskin bir şekilde farklı değildir, genel olarak produktiviteyi, suiçi bitkiler ve bentik alg komunitelerinden ziyade fitoplankton kompozisyonu tarafından belirlenir;
- (x) küçük ve sığ göllerde kuruma;
- (xi) daimi akış sağlayan akarsuların azalması ve efemeral akarsuya dönüşmesi; mevcut efemeral akarsularda ise kuruma şeklinde etkileri görülmektedir (Nickus ve ark., 2010; Benateau ve ark., 2019).
- (xii) yarı kurak ve kurak bölgelerde yeterli yağışın olmayışına bağlı olarak yeraltı suyu seviyelerinde çekilmeler yoğun olarak ortaya çıkar. Bu yeraltı sularının beslediği nehir ve göllerde de su seviyelerinde azalmalar olur. Böyle bir yeraltı suyuna insan müdahalesi olursa tamamen kuruma olabilir ve çökmeler görülebilir (İç Anadolu Bölgesi, Konya ovası örnek verilebilir).

Ayrıca iklimsel ısınma sonucu su sıcaklığındaki artış, ilkbahar su sirkülasyonunun daha erken görülmesine neden olurken sonbahar da göl sirkülasyon davranışı daha geç görülür, aşırı alg çoğalmaları kaçınılmazdır.

### **3. TATLISU BİYOTASI ÜZERİNE ETKİLER**

İklim değişikliğinin tatlısu ekosistemleri üzerine olan etkileri, kuzey enlemlerde sıcaklığın artmasıyla beraber daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye gölleri olarak ele alındığında da benzer şekilde kuzey enlemlerde etkisi su sıcaklığında artış, buna bağlı olarak suyun kimyasal kompozisyonlarında değişim görülmektedir. Ayrıca güney enlemlerde ise su seviyesinde çekilme olarak etkileri kaydedilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak sucul kommuniteleri etkilenmektedir.

Su sıcaklığının artışına bağlı olarak su seviyesinde azalma ve kuruma meydana gelir. Bu da suiçi bitkilerinin kaybolmasına neden olur. Yarı kurak ve kurak Akdeniz iklim kuşağı göllerinin ekolojisinin belirlenmesinde besin tuzlarının yanı sıra, hidrolojinin de rolü büyüktür. Hidrolojik yapı (su seviyesi değişimleri, suyun kalma zamanı, akım gibi) temel iyonlar, besin tuzunun kalitatif ve kantitatif kompozisyonu, suiçi makrofitleri üzerinde etkin bir role sahiptir.

Ilıman bölge ve Akdeniz'deki sığ göllerde, artan tuzluluğa bağlı olarak pelajik kommunitenin trofik yapısında değişiklikler bulunmaktadır. Pelajik bölgede olduğu gibi, iklim değişikliğinin farklı bileşenleri doğrudan ve dolaylı olarak littoral habitatın ekolojik yapısını etkileyebilir.

Bitki tür topluluğunun temsilcileri, ayrıca su sıcaklığı artışından etkilenebilir. Kuzey enlemlerde, makrofitlerin tür kompozisyonu ve çeşitliliği sıcaklıkla azalmış ve bitki topluluğuna, *Lagarosiphon majo* gibi ılık su egzotikleri, ayrıca *Ceratophyllum demersum* ve lemnidler gibi bitkiler hakim olmuştur. Fitoplankton biyoması ve/veya askıya alınan madde miktarı artarsa, ekosistemde bentik ve littoral basamaklardan pelajik habitatın daha baskın hale geldiği, aynı zamanda şiddetli ötrofikasyon tehlikesinin bulunabileceği düşünülebilir.

Fosfor (P) ve azot (N) besin tuzlarının sucül ekosisteme aşırı girişi ötrofikasyona neden olur. Durum, özellikle Cyanobacteria ve alglerin hızlı artışı ile sonuçlanır (Jeppesen ve ark., 2012; Paerl ve Huisman, 2009); örneğin içme su kaynaklarında kalite bozulur.

İklimsel değişim, balık populasyonlarını etkiler. Kommunité kompozisyonunda meydana gelen değişiklikler, tipik olarak göl ekosistemlerinde kademeli değişen etkilere sahiptir. Zooplankton üzerindeki beslenme baskısını artırır ve buna bağlı olarak fitoplankton üzerindeki beslenme baskısını da azaltır, sonuçta birim fosfor başına daha yüksek algal biyoması (ve klorofil a) görülür (Jeppesen ve ark., 2014; Mantzouki ve ark., 2018). Ekosistemde besinsel enerji transferi dengesi bozulur. Yukarıdan aşağıya kontrol mekanizması baskın olur. Balık populasyonunda ve özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, doğrudan göl ekosistemlerinde beslenme düzeylerini etkiler (Boll ve ark., 2016).

Sucül ekosistemde N ve P artışı sonucu ötrofikleşen göllerde ve nehirlerde suyun berraklığı azalarak çözünmüş oksijen miktarı düşer. Buna bağlı olarak biyolojik çeşitliliğin azalması görülebilir. Diğer yandan türlerin doğrudan aşılama yapılması ve/veya dolaylı olarak akarsu ve göl habitatlarına yeni türlerin girişi olabilir. İklim koşullarında meydana gelen değişiklikler, yerel türlerin populasyon dinamiklerinin ve ekosistemlerin işleyişinin değişmesine, ve dolayısıyla coğrafik yayılış sınırlarının da değişmesine neden olur. Yerel türlerde gözlenen bu tepkilere benzer şekilde, iklim değişikliği, yabancı türlerin bir bölgeye girme ihtimalini doğrudan etkileyebilir, istilacı tür olarak yeni kommuniteye adapte olurlar (Walther ve ark., 2009). İklimsel değişimin biyota için en tehlikeli etkilerinden biri olan istilacı türler, bu habitatlara yerleşerek yerel türlerin azalmasına neden olurlar (*Gambusia* sp., *Aphanius* sp., *Carassius auratus*, *Dreissena polymorpha*). İstilacı türler, adaptasyon, çoğalma başarıları ve rekabette üstün gelme yeteneği ile değişen habitat koşulunda başarılı olurlar.

İklim değişikliği aynı zamanda su ekosistemi devamlılığını da etkilemektedir. Uzun süreli kuraklıklar ve daha önce akan efemeral suların kurummasına yol açar. 2003 yaz periyodundaki sıcak hava dalgası, Constanza Gölü'nde *Trichobilharzia franki* (yüzücü uyuzu)' nin kitlesel gelişimi gibi parazitler dahil istilacı türlerden kurtulmak için uygun olabilir. Avrupa'daki bentik omurgasız topluluklarında önemli değişikliklere neden olan, su sıcaklığı artışının, yeni istilacı tür olan (*Dikergammarus villosus*) başarısını artırmaktadır. Orta Avrupa'nın tatlısu faunasını, son Buzul Dönem'den kaynaklanan soğuğa adapte olan ve daha az çeşitlilik gösteren hayvan kommuniteleri oluşturmaktadır. Su sıcaklığının yükselmesiyle Ponto-Hazar bölgesinden su sistemleri-bağlantıları aracılığı ile Avrupa'ya gelen *Dikergammarus villosus* burayı istila ederek, *Gammarus roeselii* türünün belirgin şekilde azalmasına neden olmuştur (Hesselschwerdt ve Wantzen, 2018).

Sıcaklık dalgalanmalarından olumsuz olarak etkilenen ekosistemlerde çevre koşullarının tolerans sınırlarının üzerine çıkması nedeniyle kommunitedeki nadir ve endemik türlerde kayıplar olabilir. Yaz aylarında akarsulardaki su debisinin iyice düşmesi de önemli bir tehdit oluşturur. Özellikle Van



Gölü'nden derelere göç eden inci kefalleri çoğalma dönemlerinde stres koşulları yaşayabilir; bu nedenle bölgeye özgü su yönetim planının hazırlanması gereklidir.

#### 4. SONUÇ

Su, hidrolojik döngü şeklinde, açık çevrime sahiptir. Yeryüzü ve atmosfer arasında, sıcaklık başta olmak üzere çeşitli faktör/ faktör bileşenlerince döngü, denetlenir. Bu nedenle sel, taşkınlar ve kuraklıklar gibi bölgesel farklılıklara sahiptir. Hidrolojik çevrimlerin etkili olduğu sucul ekosistemler, iklim değişikliğine bağlı değişimler ve iklimsel olmayan değişimler olarak iki ana faktör etkisi altında kontrol edilir. İklimsel değişiklikler yağış, sıcaklık, su seviyesi, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu gibi etkileri bulunurken iklimsel olmayan değişimler nüfus, sosyoekonomik gelişim, kara örtüsünün kullanımı/ değişimi ve su kullanım miktarındaki değişimleri kapsar (Jiménez Cisneros ve ark., 2014). Bu iki ana faktör, tatlısu ekosistemi ve iklim değişikliği arasındaki etkileşimin derecesini, riskleri belirler; iklim değişikliğine bağlı olarak su yönetiminin adaptasyonunu sağlar.

Antropojenik iklim değişikliği, tatlısu kaynakları stresinin başında gelir. Nüfus artışı, ekonomik gelişme, kentleşme ve arazi kullanımı veya doğal jeomorfolojik değişiklikler gibi iklimsel olmayan faktörler, su ihtiyacını azaltarak veya talebi artırarak kaynakların sürdürülebilirliğini de zorlamaktadır. Bu bağlamda, su sektöründeki iklim değişikliğine uyum, tatlısu ekosisteminin mevcut durumunun iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Kısaca, antropojenik faktörleri ele almadan iklime bağlı su yönetimi, gerçekçi olamaz.

Değişen arazi kullanımının gelecekte tatlı su sistemlerini güçlü bir şekilde etkilemesi beklenmektedir. Örneğin, artan şehirleşme, sel tehlikelerini artırabilir ve yeraltı suyu şarjını azaltabilir. Tatlısu ekosistemleri için özellikle önemli olan gelecekteki tarımsal arazi kullanımı ve sulamadır. Özellikle küresel su tüketiminin yaklaşık% 90'ını oluşturan önemli bir etkileyici faktördür.

Gelecekte, bu eğilimlerin devam etmesi muhtemeldir. Tatlısu ekosistemindeki olağandışı görülen bu değişikliğin sonucunda: (i) Yağışların miktarı, mevsimsellik, yoğunluğu ve dağılımı sonucunda akarsu ve nehirlerin akış rejiminde değişiklikler olması muhtemeldir. (ii) Göllerin ve kıyı bölgelerinin aşağı havasında bulunan sedimanların ve besinlerin taşınmasında; su seviyelerinde, habitat yapısında ve sulak alanlarda su kalma sürelerinde değişikliklere neden olacak yağış, buharlaşma ve taşma dinamiği değişiklikleri olacaktır. (iii) Küçük aralıklı akışlar ve ılıman/ kurak alanlardaki küçük göller kaybolabilir. (iv) Göl suyundaki tuz konsantrasyonu artar; eşik değerleri ani olarak değişebilir, kalıcı tuzlu göllere dönüşür (oligosalin göllerden mesosalin göllere geçiş). (v) Göller, dimitikten monomiktik sirkülasyon yapısına geçebilir.

Sucul ekosistemin aşırı kullanımı ve şiddetli kuraklığın bir araya gelmesiyle birlikte, hemen hemen tüm kıtalardaki göllerde benzer senaryolar yaşanmaktadır. Aral Gölü tamamen kurumuş; Urmia Gölü, Çad Gölü ve Victoria şelaleleri kuruma tehlikesi altındadır. Yüzey akışlarındaki azalmanın, Akdeniz havzası için % 30-40 kadar yüksek olacağı (dünyada en çok etkilenecek olan ülkeler, İspanya ve Türkiye) ve bu bölgenin büyük bir tehdit altında olduğu öngörülmüştür.

Türkiye'de iklim değişikliğinin etkileri şiddetli görülmeğe başlanmıştır Göller Bölgesi, Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da kuraklık Karadeniz ve Trakya bölgelerinde sıcaklık artışı görülmektedir (Türkeş ve Erlat, 2003; MGM, 2019). Ayrıca yağış rejimindeki düzensizlikler de önemli sonuçlardır. Son 50 yıl içinde Türkiye'de 36 göl kurumuştur. Bu nedenle su kaynaklarının kontrollü kullanılması büyük önem taşımaktadır. Tehlike altında olan Konya Ovası'da su miktarını artırmak, su kaynaklarını beslemek amacıyla Göksu Nehri'nin suyu, Mavi Tünel projesi kapsamında Konya Ovası'na aktarılmaktadır.

Acıgöl (Afyonkarahisar), kuruma riski altında bulunmaktadır. Akşehir Gölü (Konya) yanlış sulama ve uygulamalar ile aşırı sıcaklık ve düşük yağış yüzünden kurumuştur. Su kuşları için önemli bir göldü. Avlan Gölü (Antalya), büyük bir bölümü kuru haldedir. Burdur Gölü, büyük oranda gölün su seviyesindeki azalma olmuştur; suyun üçte birini kaybetmiştir. Beyşehir Gölü'nden sonra Türkiye'nin ikinci en büyük tatlısu gölü olan Eğirdir Gölü, birinci derecede içme suyu kaynağıdır. Son yıllarda sondaj kuyularının da etkisiyle aşırı su kaybı yaşanmaktadır. Kuruyan ya da kuruma tehlikesindeki çok

az su tutan göller: Burdur'da bulunan Yarışlı Gölü, Karamuk Gölü ve Karataş Gölü, Uyuz Gölü (Konya), Seyfe Gölü (Kırşehir), Ladik Gölü (Samsun), Terkos Gölü (İstanbul), Marmara Gölü (Manisa), Salda Gölü (Burdur). Göller, aynı zamanda, göçmen kuşların konaklama ve üreme yeri olarak önemli habitatlar arasındadır. Eber Gölü (Afyonkarahisar), kendisini besleyen su kaynaklarının kesilmesi nedeniyle tamamen kurumuştur. Ereğli Akgöl Sazlıkları (Konya), kurumadan önce 250 çeşit kuşa barınma ve üreme olanağı sağlamaktaydı. Kuyucuk Gölü (Kars) tamamen kuru haldedir. Meke Gölü (Karaman) yeraltı sularının aşırı kullanımı ve kuraklık nedeniyle hemen hemen kurumuştur. Acarlar Gölü (Sakarya), Konya'da bulunan Kulu Küçük Göl, Bolluk Gölü ve Çavuscu- Ilgın Gölü, Karakuyu Gölü (Afyon), Fellah Gölü (Sivas) kuruyan göller arasında sayılabilir.

Yapılan projeksiyonlarda kuraklık ve sıcaklık artışının şiddetli olarak devam edeceği ifade edilmektedir. Türkiye, İklim Değişikliğinden en fazla etkilenen bölgelerden olan ılıman enlem kuşağında, Akdeniz Havzası'nda yer almaktadır. Türkiye, 2004 yılında İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ni imzalamış, bu konuda ulusal tedbirler alınmaktadır. Halihazırda OECD ve diğer üye ülkelere göre daha az kişi başı elektrik, enerji ve CO<sub>2</sub> tüketen ülke konumundadır. Ancak CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazlarına bağlı olarak iklimsel sıcaklık artışı, ülkemiz su ekosistemini ve canlıları tehdit etmektedir. Neler yapılabilir? Uygulanabilir ve kontrol edilir şekilde fosil yakıtların azaltılması ve yerine yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması; yenilebilir enerji kaynağı olarak kabul edilen suyun, ekosistem olarak yenilenmediğinin (kuruyan göl ve akarsular göz önüne alındığında) net anlaşılması gereklidir. Su kaybını önleyecek şekilde toprak ve bitki örtüsünün devamlılığı sağlanmalıdır. Sucul ekosistem dengesinin bozulması ve su sıcaklığının giderek artması, beraberinde pek çok paraziter hastalığa da yol açabileceği gibi su kalitesinin bozulması da su kaynaklı hastalıklara neden olabilir.

#### **KAYNAKLAR**

- Benateau S, Gaudard A, Stamm C, Altermatt F, 2019. Climate change and freshwater ecosystems: Impacts on water quality and ecological status. Hydro-CH2018 Project. Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland. 110 pp.
- Berz G, 2013. Weather Catastrophes and Climate Change: Is There Still Hope for Us? NatCat Service, BPR Publishers, 264 pp.
- Boll T, Levi EE, Bezirci G, Özuluğ M, Tavşanoğlu ÜN, Çakıroğlu AI, Özkan S, Brucet S, Jeppesen E, Beklioğlu M. 2016. Fish assemblage and diversity in lakes of western and central Turkey: role of geoclimatic and other environmental variables. *Hydrobiologia* 771:31-44.
- FAO, 2019. <http://www.fao.org/climate-change/en/> (erişim: 12.12.2019).
- Hasler CT, Butman D, Jeffrey JD, Suski CD, 2016. Freshwater biota and rising pCO<sub>2</sub>? *Ecological Letters* 19, 98–108.
- Hesselschwerdt J, Wantzen KM, 2018. Global warming may lower thermal barriers against invasive species in freshwater ecosystems – A study from Lake Constance. *Science of the Total Environment* 645, 44–50.
- IPCC, Climate Change 2007 - The physical science basis contribution of working group 1 to the fourth assessment. Report of the IPCC, [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4\\_wg1\\_full\\_report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf).
- Jeppesen E, Meerhoff M, Davidson TA, Trolle D, Sondergaard M, Lauridsen TL, Beklioğlu M, Brucet S, Volta P, Gonzalez-Bergonzoni I, Nielsen A, 2014. Climate change impacts on lakes: an integrated ecological perspective based on a multi-faceted approach, with special focus on shallow lakes. *Journal of Limnology*; 73(s1), 84-107.
- Jeppesen E, Sondergaard M, Lauridsen TL, Liboriussen L, Bjerring R, Johansson LS, Landkildehus F, Kronvang B, Andersen HE, Trolle D, Jorgensen T, 2012. Recent climate induced changes in freshwaters in Denmark, p. 156-171. In: C.R. Goldman, M. Kumagari and R.D. Robarts (eds.). *Climatic change and global warming of inland waters: impacts and mitigation for ecosystems and societies*. John Wiley & Son Ltd.
- Jiménez Cisneros BE, T. Oki, N.W. Arnell, G. Benito, J.G. Cogley, P. Döll, T. Jiang, and S.S. Mwakalila, 2014: Freshwater resources. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova,

- B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 229-269.
- Kadıoğlu M, 2008. Küresel iklim değişikliği ve etkileri. Yerel Yönetimlerde Yeni Yaklaşımlar Konferansı, Adapazarı.
- Mantzouki E. ve ark., 2018. A European Multi Lake Survey dataset of environmental variables, phytoplankton pigments and cyanotoxins. *Scientific Data-Nature*, 5:180226.
- MGM, 2015. Yeni senaryolar ile Türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Rapor, 164 s.
- MGM, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/> (12.12.2019).
- NatGeo, 2019. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com> (19.12.19).
- Nickus U, Bishop K, Erlandsson M, Evans CD, Forsius M, Laudon H, Livingstone DM, Monteith D, Thies H, 2010. Direct Impacts of Climate Change on Freshwater Ecosystems, 38-64. in: *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems* (Edited by Kernan M, Battarbee RW, Brian Moss B), Springer.
- Paerl HW, Huisman J. 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiological Rep.* 1(1):27-37.
- Sherman K, Adams S, 2013. Stress, Sustainability, and Development Of Large Marine Ecosystems During Climate Change: Policy And Implementation. UNEP Report.
- Türkeş M, Erlat E, 2003, Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic oscillation during the period 1930-2000, *International Journal of Climatology* 23: 1771-1796.
- Walther GR, Roques A, Hulme PE, Sykes MT, Petr Pysek P, Kühn I, Zobel M, Bacher S, Botta-Dukát Z, Bugmann H, Czucz B, Dauber J, Hickler T, Jarosík V, Kenis M, Klotz S, Minchin D, Moora M, Nentwig W, Ott J, Vadim E. Panov VE, Reineking B, Robinet C, Semchenko V, Solarz W, Thuiller W, Vilá M, Vohland K, Settele J, 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.24 No.12.
- Weiss LC, Pötter L, Steiger A, Kruppert S, Frost U, Tollrian R, 2018. Rising pCO<sub>2</sub> in freshwater ecosystems has the potential to negatively affect predator-induced defenses in *Daphnia*. *Current Biology*, 28, 327–332.

**HAZAR GÖLÜ (ELAZIĞ)'NDEN ALINAN KAROT ÖRNEKLERİNDE BAZI ELEMENT KONSANTRASYONLARI ÜZERİNDE SEDİMENT TANE BÜYÜKLÜĞÜNÜN ETKİSİ**  
**THE EFFECT OF SEDIMENT GRAIN SIZE ON SOME ELEMENT CONCENTRATION IN CORE SEDIMENTS FROM LAKE HAZAR (ELAZIG)**

**Özgür CANPOLAT**

Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, (Sorumlu Yazar)

**Kürşad Kadir ERİŞ**

Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

**Fadime KURTOĞLU**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi,

**ÖZET**

Bu çalışmada, Hazar Gölü'nden (Türkiye) alınan karot örneklerinde sediment tane büyüklüğüne bağlı olarak bazı elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Karot örnekleri piston karot (7,5 cm çapında) ile toplandı, bir metre uzunluğunda bölümler halinde kesildi ve soğutucuda (+4°C) Fırat Üniversitesi'ne taşındı. Karot örneği her 5 cm'de bir kesilerek element analizleri yapıldı. Alınan numunelerde analizlerin yapılması için, 10 g numune, birkaç gün boyunca yaklaşık 120 ° C sıcaklıkta birkaç gün kurutuldu ve daha sonra seramik havanda tamamen toz haline getirildi, hassas terazide tartıldı ve 10 g numune alınarak ayrı ayrı şeffaf kaplara konuldu. Karotlarda yapılan tane boyu analizleri Fırat Üniversitesi sedimantoloji laboratuvarında bulunan Malvern Master Sizer 3000 cihazı ile karotta derinlik boyunca 2 cm çözünürlük ile yapılmıştır. Element analizler akredite olmuş özel bir laboratuvarında hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiş olup, ağır metal analizleri ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) ile yapılmıştır. Analizi yapılan bütün elementlerden yalnızca arsenik ile sediment tane büyüklüğü arasında orta derecede pozitif bir ilişki olduğu bulundu. Analizi yapılan elementler arasındaki korelasyon dikkate alındığında Sn ve U, Sn ve Ti, La ve U arasında pozitif kuvvetli korelasyon belirlendi. Ayrıca, La ve Sn ile La ve Ti arasında pozitif çok kuvvetli korelasyon bulundu. Sediment tane büyüklüğünün sedimandaki element konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Element, birikim, karot, tane büyüklüğü, Hazar Gölü

**Teşekkür:** Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 113Y586 Nolu proje olarak desteklenmiştir.

**ABSTRACT**

In this study, it was aimed to determine the concentrations of some elements (As, Hg, Mo, Ba, U, Sn, Ti, La and Be) depending on the sediment grain size in the core sample (Hz11-P15) taken from the Lake Hazar (Elazığ). The core sample was collected by a piston corer (7.5 cm diameter), and were cut into 1 m-long sections and transported under refrigeration (+4°C) to the core repository in Fırat University. In the core that has been analyzed for elements, sampling was made every 5 cm along the core sample. In order to make the analyses in the samples taken, 10 g samples were dried in an oven at a temperature of about 120°C for several days and then they were completely powdered in a ceramic mortar, weighed in sensitive scales and 10 g for each sample was separately put into transparent containers. Grain size measurements were taken with 2 cm resolution by using a Malvern Mastersizer 3000 laser diffraction analyzer in sedimentology laboratory in the Fırat University. Element analyses were performed in an accredited laboratory by service procurement and analyses were made with ICP-MS (Inductive Coupled Plasma-Mass Spectrometer). Of all elements studied, only arsenic showed a positive moderate association with its sediment grain size. When correlations among elements were analyzed, there were positive strong correlations between Sn and U, between Sn and Ti, and between La and U. There were also positive very strong correlations between La and Sn, and between La and Ti. The determined grain size of the sediment has a significant effect on the concentration of elements in the sediment.

**Keywords:** Element, accumulation, core, grain size, Lake Hazar

**Acknowledgement:** This study is financially supported by TÜBİTAK Research Fund (Project no: 113Y586).

**YÜZEY CEVAP YÖNTEMİYLE KROM (Cr)'UN *Gammarus pulex*'TE LİPİT  
PEROKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**  
DETERMINATION OF THE EFFECT OF CHROMIUM (Cr) ON LIPID PEROXIDATION IN  
*Gammarus pulex* BY SURFACE RESPONSE METHOD

**Ayşegül PALA**

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, (Sorumlu Yazar)

**Osman SERDAR**

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

**ÖZET**

Önemli bir çevresel kirletici olan krom (Cr), endüstriyel ve antropojenik kaynaklar nedeniyle su ortamında bulunur ve sucul ekosistemlerde bulunan yüksek Cr konsantrasyonları sucul organizmalarda oksidatif stres gibi potansiyel olumsuz sonuçlara neden olabilirler. Lipit peroksidasyonu (LPO), hücresele bileşenlerde oksidatif hasarın değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir biyobelirteçtir ve malondialdehit (MDA) seviyelerindeki artış, LPO'nun önemli bir göstergesi olarak kabul edilir. Bu çalışmada, yüzey yanıt yöntemi (RSM) ile optimize edilen farklı konsantrasyonlar, sıcaklık ve maruz kalma koşulları dikkate alınarak, *Gammarus pulex*'te Cr'nin LPO üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, 10, 550 ve 1000 ppb Cr konsantrasyonlarına 18, 20 ve 22 °C'de ve 8, 28 ve 48 saat süreyle maruz bırakılan organizmalarda LPO'nun önemli göstergesi olan MDA seviyesi belirlenmiştir. Sonuç olarak, Cr maruziyeti sonrası *G. pulex*'de MDA seviyesinin artan konsantrasyon, sıcaklık ve maruziyet süresine bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Krom, lipit peroksidasyonu, *Gammarus pulex*, RSM.

**ABSTRACT**

Chromium (Cr), an important environmental pollutant, is present in the aquatic environment as a result of industrial and anthropogenic sources and high Cr concentrations found in aquatic ecosystems can have potential negative consequences, such as oxidative stress, in aquatic organisms. Lipid peroxidation (LPO) is a biomarker commonly used in the assessment of oxidative damage in cellular components and increases in malondialdehyde (MDA) levels is considered an important indicator of LPO. In this study, the effect of Cr on LPO in *Gammarus pulex* was investigated considering different concentrations, temperature and exposure conditions optimized by the response surface method (RSM). In this study, MDA level, the most important indicator of LPO, was determined in organisms, exposed to 10, 550 and 1000 ppb Cr concentrations at 18, 20 and 22 °C and for 8, 28 and 48 h. As a result, after Cr exposure, it was determined that the MDA level increased in *G. pulex* due to increasing concentration, temperature and duration of exposure.

**Keywords:** Chromium, lipid peroxidation, *Gammarus pulex*, RSM.

**GİRİŞ**

Sucul ekosistemlerde ağır metal kirliliği ekosistem sağlığını tehdit eden büyük stress kaynaklarından biridir ve su canlıları için büyük bir risk oluşturmaktadır (Tokatlı, 2012) Krom (Cr) önemli bir metal olmasının yanı sıra, sucul yaşam için önemli bir tehdit oluşturmakta ve bazı organizmalar üzerindeki toksik etkileri nedeniyle ekosistemi dengesizleştirmektedir (Aslam ve Yousafzai, 2017).

Ağır metalleri de kapsayan çok sayıda çevresel kirletici sucul canlılarda oksidatif stresi indüklemeye kapasitesine sahiptir. Lipid peroksidasyonu (LPO) membranda bulunan doymamış yağ asitlerinin, serbest oksijen radikalleri tarafından peroksitler, alkoller, aldehitler, hidroksi yağ asitleri, etan ve pentan gibi çeşitli ürünlere yıkılması reaksiyonu olup (Yonar ve San, 2017), hücresele bileşenlerin oksidatif hasarının değerli bir göstergelerinden biridir (Xing vd., 2012). Doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu sonucunda oluşan MDA önemli bir oksidasyon ürünüdür. MDA düzeyinde meydana gelen artışlar LPO'nun önemli bir biyobelirteçidir. (Freeman ve Crapo 1981).

Sucul ortamdaki kirliliğin belirlenme yöntemlerinden biride, ortamda yaşayan canlıların etkilenmesi ile yapılmaktadır. Bu amaçla indikatör türler kullanılmaktadır. Temiz su indikatörü olarak bilinen



gammarusların, birçok toksik maddeye karşı duyarlı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada sucul ekosistemlerdeki ekolojik önemi nedeniyle test organizması olarak bir kabuklu olan *Gammarus pulex* seçilmiştir.

Optimizasyon, prosesin belirlenen hedefler (yanıtlar) doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimleri ve bu bağımsız değişkenlerin hedefe (yanıt) olan etkileri de göz önünde bulundurularak bir araya getirilip uygulanması işlemidir (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2010). RSM yöntemi bir faktörün ana etkisinin veya diğer faktörlere etkileşiminin yanıt değişkeninin değerlerinde ne derece önemli bir etkiye sahip olduğuna regresyon katsayıları yardımıyla karar verildiği bir yöntemdir.

Bu çalışmada, yüzey yanıt yöntemi (RSM) ile optimize edilen farklı konsantrasyonlar, sıcaklık ve maruz kalma koşulları dikkate alınarak, *G. pulex* 'te Cr'nin LPO üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## YÖNTEM

### Kimyasallar

Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik derecedir ve Merck (Darmstadt, Almanya)'ten elde edilmiştir. Ultra saf su içinde doğru bir miktar eritilerek 100 µg/l Cr'lik bir stok çözelti hazırlanmıştır. Denemede kullanılan diğer konsantrasyonlar hesaplanarak seyreltme yoluyla stok çözülden kullanılmıştır.

### Organizmaların Toplanması ve Adaptasyonu

*G. pulex* organizmaları Munzur Nehri'nin yan kollarından dip kepçelerle toplanmıştır. Organizmalar, nehir suyu ile doldurulmuş ve oksijen akışlı plastik kaplara yerleştirilerek laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarda cam akvaryumlara yerleştirilen organizmaların 18 ± 0.5 ° C'de ve 12/12 saat aydınlık / karanlık ortamda kontrollü iklim koşulları altında bir ay boyunca adaptasyonları sağlanmıştır. Adaptasyon süresi boyunca organizmalar çürümüş söğüt yaprağı ile beslenmişlerdir.

### Deneyel tasarım, çoklu cevap optimizasyonu ve Cr uygulaması

Adaptasyon döneminden sonra, *G. pulex*'e farklı sıcaklıklarda (18, 20 ve 22 °C) ve periyotlarda (8, 28 ve 48 saat) subletal Cr konsantrasyonlarının (10, 550 ve 1000 ppb) uygulandığı 17 deney grubu kurulmuştur (Tablo 1). *G. pulex*'te Cr etkisinin belirlenmesi için optimum koşullar, RSM ve ikinci dereceden programlama ile birleştirilmiş üç faktörlü, üç seviyeli bir " Design Expert " deney tasarımıyla belirlenmiştir. Deneyler bir litrelik cam akvaryumlarda yapılmıştır. Her gruba 10 erkek *G. pulex* ilave edilmiştir. Tüm deneyler üç tekrarlı yapılmıştır. Deneyin 8, 28 ve 48. saatlerinde *G. pulex* örnekleri alınarak analize kadar derin dondurucuda saklanmıştır.

**Tablo 1.** Design Expert tasarımı ile oluşturulan deney grupları

Std	Grup	Faktör 1 A: Sıcaklık (°C)	Faktör 2 B: Maruz kalma süresi (Saat)	Faktör 3 C: Cr konsantrasyonu (ppb)
11	1	20	8	1000
8	2	22	28	1000
2	3	22	8	550
7	4	18	28	1000
1	5	18	8	550
16	6	20	28	550
12	7	20	48	1000
14	8	20	28	550
4	9	22	48	550
5	10	18	28	100
9	11	20	8	100
10	12	20	48	100
6	13	22	28	100
3	14	18	48	550
15	15	20	28	550
17	16	20	28	550
13	17	20	28	550

**Lipit peroksidasyon düzeyinin belirlenmesi**

Çalışmanın 8., 28. ve 48. saatlerinde alınan *G. pulex* örnekleri tartıldı ve 1/10 oranında %1,15'lik KCl ile sulandırılarak homojenizasyon işlemi yapılmıştır. Daha sonra homojenatlar 3500 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra süpernantantlar alınarak lipit peroksidasyonun önemli biyobelirteci olan MDA düzeyi belirlenmiştir.

Organizmaların MDA düzeylerinde meydana gelen değişimler Placer vd., (1966)'den modifiye edilen yöntemle spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Doku homojenatlarından 0,25 ml alınarak üzerine 2.25 ml renk ayırıcı (TBA ve % 10'luk triklorasetik asit) ilave edildi, lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA, TBA ile reaksiyona girerek pembe renkli bir kompleks oluşturdu ve oluşan bu pembe renk spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda okunmuştur.

**BULGULAR**

*G. pulex*'te farklı sıcaklıklarda ve maruz kalma sürelerinde subletal Cr konsantrasyonlarının etkisinde MDA düzeyinde meydana gelen değişiklikler Tablo 2 'de verilmiştir.

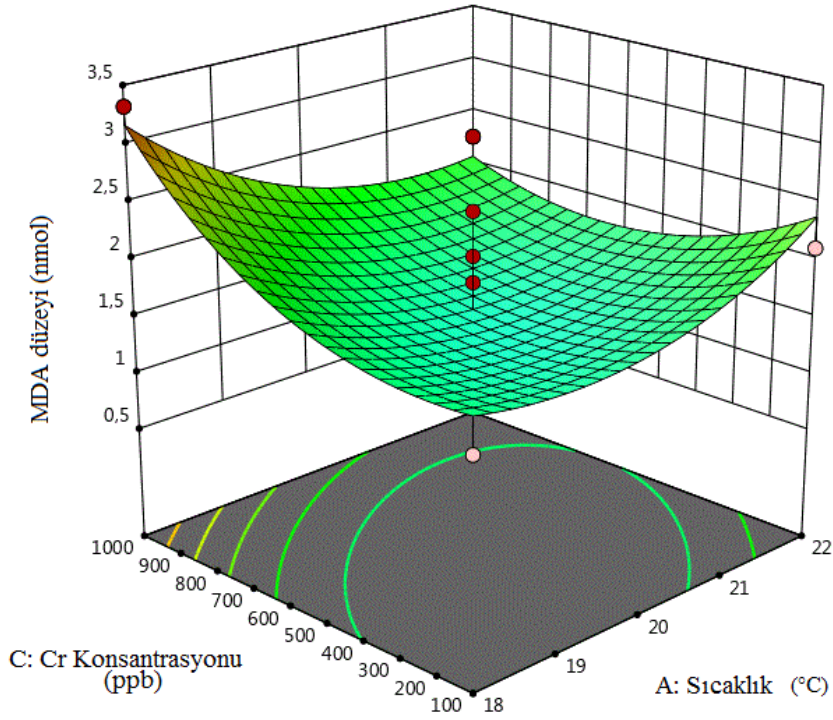
**Tablo 2.** Design Expert tasarımı ve MDA düzeyinde gözlemlenen yanıtlar.

Std	Grup	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Yanıt
		A: Sıcaklık (°C)	B: Maruz kalma süresi (saat)	C: Cr konsantrasyonu (ppb)	MDA düzeyi (nmol)
11	1	20	8	1000	2,94
8	2	22	28	1000	2,26
2	3	22	8	550	2,06
7	4	18	28	1000	3,32
1	5	18	8	550	2,7
16	6	20	28	550	0,9
12	7	20	48	1000	1,74
14	8	20	28	550	2,04
4	9	22	48	550	2,11
5	10	18	28	100	1,46
9	11	20	8	100	3,44
10	12	20	48	100	1,31
6	13	22	28	100	2,11
3	14	18	48	550	2,03
15	15	20	28	550	0,69
17	16	20	28	550	2,43
13	17	20	28	550	1,81

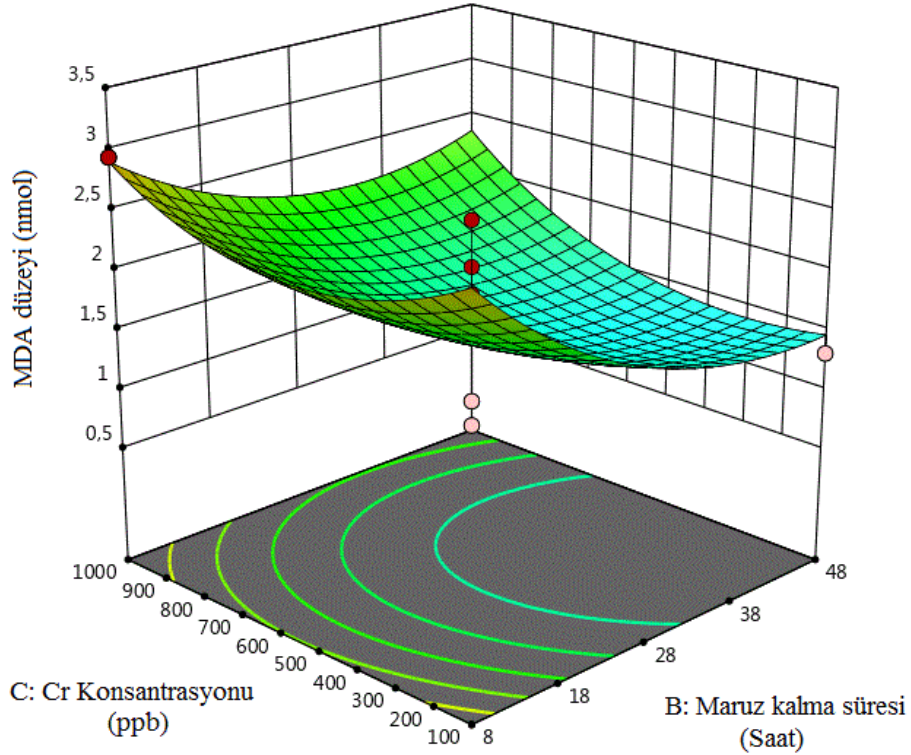
Sıcaklık ve Cr konsantrasyonuna bağlı olarak *G. pulex*'in MDA düzeyindeki değişimler incelendiğinde, en düşük MDA düzeyi 18 °C'de 100 ppb Cr konsantrasyonunda gözlenmiştir. En yüksek MDA düzeyi ise 22 °C'de 1000 ppb Cr konsantrasyonunda tespit edilmiştir. *G. pulex*'de sıcaklık ve Cr konsantrasyonundaki artışa cevap olarak MDA düzeyi de orantılı olarak artmıştır (Şekil 1).

*G. pulex*'in Cr'ye maruz kalma süreleri dikkate alındığında, en yüksek MDA değeri tüm konsantrasyonlarda 8. saatte tespit edilmiştir. 28 saatlik maruz kalma sonunda MDA düzeyinde düşüş gözlenirse de 48 saat sonunda MDA düzeyinde yeniden artış saptanmıştır (Şekil 2).

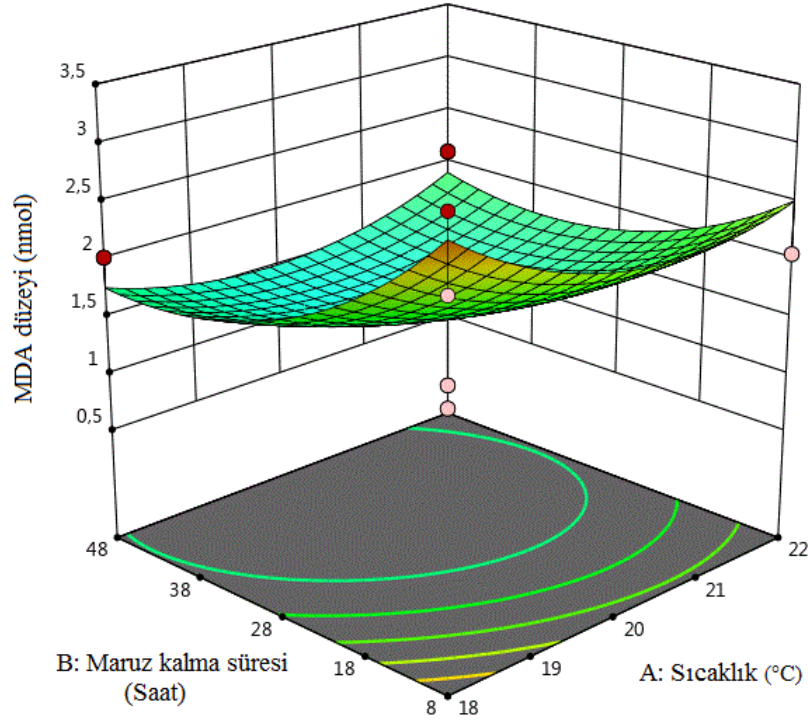
Cr etkisindeki *G.pulex*'teki MDA düzeyini maruz kalma süresi ve sıcaklıktaki değişimlerin nasıl etkilediği Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Cr'ye maruz bırakılmış *G. pulex*'teki konsantrasyon ve sıcaklığa bağlı MDA seviyesi için tepki yüzeyi grafiği.



Şekil 2. Cr'ye maruz bırakılmış *G. pulex*'teki konsantrasyon ve maruz kalma süresine bağlı MDA seviyesi için tepki yüzeyi grafiği



**Şekil 3.** Cr'ye maruz bırakılmış *G. pulex*'teki maruz kalma süresi ve sıcaklığa bağlı MDA seviyesi için tepki yüzeyi grafiği

### TARTIŞMA

Su sıcaklığında meydana gelen değişimler, sucul canlılarda tüm metabolik süreçleri etkiler. Yüksek sıcaklık balıklarda oksijen tüketimini artırır, bunun sonucu olarak Reaktif Oksijen Türlerinin (ROS) üretimi de artar (Kaymak vd., 2014) ve oksidatif stres meydana gelir. Oksidatif stres biyo belirteçlerinin sıcaklığa karşı oldukça duyarlı olduğu bildirilmiştir (Madeira vd., 2013). Su sıcaklığında ki artışın balıklarda (Parihar ve Dubey, 1995; Heise vd., 2006; Lushchak ve Bagnyukova, 2006; Bangnyukova vd., 2007; Mişe Yonar vd., 2013) ve diğer sucul canlılarda (Verlecar, 2007; Boochetti vd., 2008) oksidatif strese yol açtığı daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir. Yonar ve San (2017) kontrol grubu (23 °C)'na kıyasla düşük (18 °C) ve yüksek (28 °C) sıcaklıkta tutulan fakat deltamethrin uygulanmayan balıkların farklı dokularındaki MDA düzeylerinin önemli düzeyde arttığını, diğer taraftan düşük ve yüksek sıcaklıkla birlikte pestisit uygulaması oksidatif stresin şiddetini daha da arttırdığını bildirmiştir (Wang ve Shi, (2001), Cr toksisitesinin, konsantrasyon ve sıcaklık ile doğrudan ilişkili olduğunu ve bu parametrelerdeki herhangi bir artışın, yani konsantrasyonun yanı sıra sıcaklık artışının toksisiteyi arttırdığını öne sürmüştür. Bu çalışmada da artan konsantrasyonlarda Cr etkisine bırakılan *G. pulex*'de konsantrasyon artışının yanı sıra sıcaklık artışı MDA düzeyinin daha da artmasına neden olmuştur. Bu sonuç önceki çalışmaların bulgularıyla benzerdir.

Bu çalışmada maruz kalma süresi dikkate alındığında en yüksek MDA düzeylerine Cr'ye 8 ve 48 saat maruz kalmış gruplarda rastlanmıştır. 28 saatte MDA düzeyinde meydana gelen geçici düşüşün organizmanın Cr bulunan ortama adaptasyon sağlama çabasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### SONUÇ

Bu çalışmada, Cr'nin *G. pulex*'de MDA düzeylerini arttırdığı ve dolayısıyla LPO düzeyinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar konsantrasyon sıcaklık ve maruz kalma süresi gibi farklılıklarının *G. pulex*'de Cr toksisitesinin neden olduğu LPO'nun biyobelirteci olarak MDA düzeyi üzerinde etkili olduğu kanıtlanmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Aslam, S. & Yousafzai, A. M. (2017). Chromium toxicity in fish: A review article. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1483-1488.
- Bagnyukova, T.V., Luzhna, L.I., Pogribny, I.P., Lushchak, V.I. (2007). Oxidative stress and antioxidant defenses in goldfish liver in response to short-term exposure to arsenite. *Environ. Mol. Mutagen.*, 48: 658–665.
- Bocchetti, R., Lamberti, C.V., Pisanelli, B., Razzetti, E.M., Maggi, C., Catalano, B., Sesta, G., Martuccio, G., Gabellini, M., Regoli, F. (2008). Seasonal variations of exposure biomarkers, oxidative stress responses and cell damage in the clams. *Tapes philippinarum*, and mussels, *Mytilus galloprovincialis*, from Adriatic sea. *Mar. Environ. Res.*, 66: 24–26.
- Çifçi, N. (2010). Krom (VI)'nin *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Clarias gariepinus* ile *Callinectes sapidus*'un dokularında birikimi, protein ve glikojen düzeylerine etkileri. *Doktora tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin Üniversitesi.
- Heise, K., Puntarulo, S., Nikinmaa, M., Lucassen, M., Pörtner, H.O., Abele, D. (2006). Oxidative stress and HIF-1 DNA binding during stressful cold exposure and recovery in the North Sea eelpout (*Zoarces viviparus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, A 143: 494–503.
- Kaymak, G., Akbulut, C., Esmer, H., Kayhan, F., Yön, N. D. (2014). Sucul organizmalarda çevresel şartlara karşı geliştirilen oksidatif stres mekanizmaları ve adaptif yanıtlar. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 26(4), 137-151.
- Koç, B., & Kaymak-Ertekin, F. (2010). Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları. *GIDA*, 35(1), 1-8.
- Lushchak, V.I. & Bagnyukova, T.V. (2006). Effects of different environmental oxygen levels on free radical processes in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, B 144: 283– 289. DOI: 10.1016/j.cbpb.2006.02.014
- Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H.N., Vinagre, C. & Diniz, M.S. (2013). Influence of temperature in thermal and oxidative stress responses in estuarine fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 166(2), 237-243.
- Mişe Yonar, S., Yonar, M.E., Sağlam, N. & Silici, S. (2013). Farklı su sıcaklıklarında tutulmuş pullu sazan (*Cyprinus carpio carpio* linnaeus, 1758)'nın karaciğer ve böbreğindeki bazı antioksidan parametreler üzerine propolisin etkisi. Menba, *Kastomunu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1:11-16.
- Parihar, M.S. & Dubey, A.K. (1995). Lipid peroxidation and ascorbic acid status in respiratory organs of male and female freshwater catfish *Heteropneustes fossilis* exposed to temperature increase. *Comp. Biochem. Physiol.*, C 112: 309–313.
- Placer, Z. A., Cushman, L. L., Johnson, B. C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical biochemistry*, 16(2), 359-364.
- Tokatlı, C., 2012. Emet Çayı su, sediment ve bazı balık türlerinde ağır metal birikimlerinin araştırılması. *Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi*.
- Wang S, Shi X. (2001). Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis *Molecular and Cellular Biochemistry*. 222:3-9.
- Xing, H., Li, S., Wang, Z., Gao, X., Xu, S. ve Wang, X., 2012. Histopathological changes and antioxidant response in brain and kidney of common carp exposed to atrazine and chlorpyrifos. *Chemosphere* 88: 377–383.
- Verlecar, X.N., Jena, K.B., Chainy, G.B., 2007. Biochemical markers of oxidative stress in *Perna viridis* exposed to mercury and temperature. *Chem. -Biol. Interact.* 167: 219– 226.
- Yonar, M.E. & San, A.T. (2017). Farklı su sıcaklıklarında deltamethrin uygulanan pullu sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'da oksidatif stresin belirlenmesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 34(3), 281-286.



**COBALT (Co) ETKİSİNE BIRAKILAN *Gammarus pulex*'DE MALONDİALDEHİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YÜZEY CEVAP YÖNTEMİ KULLANILARAK**  
**INVESTIGATION OF MALONDIALDEHYDE LEVELS IN *Gammarus pulex* EXPOSED TO COBALT (Co): USING SURFACE RESPONSE METHOD****Ayşegül PALA**

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, (Sorumlu Yazar)

**Osman SERDAR**

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

**ÖZET**

Kobalt (Co), B<sub>12</sub> vitamini kompleksinin ayrılmaz bir parçası olduğundan, canlılar için eser miktarda gereklidir. Aynı zamanda bazı mavi-yeşil algler için gerekli bir mikro besin maddesidir. Ancak daha yüksek konsantrasyonlarda, Co insanlar, karasal ve suda yaşayan hayvanlar ve bitkiler için toksiktir. Co Fenton tipi reaksiyonlara girerek reaktif oksijen türleri (ROS)'nin üretimini tetikleme özelliğine sahiptir. Lipit oksidasyonu (LPO), sucul organizmalardaki serbest radikallerin neden olduğu hasarın araştırılması için en yaygın ölçülen parametredir. Bu çalışmada, cevap yüzey yöntemi (CY) ile optimize edilen koşullarda (farklı konsantrasyon, sıcaklık ve maruz kalma) *Gammarus pulex* 'te Co'nun LPO üzerindeki etkisi araştırılmıştır. LPO'nun belirlenmesinde en basit ve yaygın olarak kullanılan yöntem ve arakidonik asit endoperoksitlerinin parçalanma ürünü olan malondialdehit (MDA) düzeyinin tespit edilmesidir. Bu çalışmada, 5, 7,5 ve 10 ppb Co konsantrasyonlarına 18, 20 ve 22 °C'de ve 8, 28 ve 48 saat süreyle maruz bırakılan *G. pulex*'de MDA seviyesi belirlenmiştir. Sonuç olarak, Co etkisine bırakılan organizmalarda konsantrasyon sıcaklık ve maruziyet süresi arttıkça MDA düzeyinde de artış gözlenmiştir. MDA düzeyindeki bu artış Co'nun deney koşullarında *G. pulex*'de LPO'yu arttırdığının önemli bir göstergesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Kobalt, Lipit peroksidasyon, *Gammarus pulex*, RSM.**ABSTRACT**

Since cobalt (Co) is an integral part of vitamin B<sub>12</sub> complex, trace amounts are required for living things. It is also a micronutrient required for some blue-green algae. But at higher concentrations, Co is toxic to humans and terrestrial and aquatic animals and plants. Cobalt, by entering Fenton type reactions the reactive oxygen species (ROS) is capable of triggering the production. Lipid peroxidation (LPO) is the most commonly measured parameter to investigate the damage caused by free radicals in aquatic organisms. In this study, the effect of Co on LPO in *Gammarus pulex* was investigated under conditions (different concentration, temperature and exposure) optimized by the response surface method (RSM). The simplest and most widely used method for the determination of LPO is the determination of malondialdehyde (MDA) levels, the product of degradation of arachidonic acid endoperoxides. In this study, MDA level, the most important indicator of LPO, was determined in organisms, exposed to 5, 7.5 and 10 ppb Co concentrations at 18, 20 and 22 °C and for 8, 28 and 48 h. As a result, the MDA levels increased with increasing concentration, temperature and exposure time in organisms exposed to Co effect. This increase in the MDA level is an important indicator that Co increases LPO of *G. pulex* under experimental conditions.

**Keywords:** Cobalt, Lipid peroxidation, *Gammarus pulex*, RSM.**INTRODUCTION**

Cobalt (Co) is essential in trace amounts for humans and other mammals as it is an integral component of the vitamin B<sub>12</sub> complex. It is also a micronutrient essential for some blue-green algae and is required for nitrogen fixation in legumes. Co is reportedly an essential element for the growth of marine many algal species, including diatoms, chrysophytes, and dinoflagellates. Co has also been shown to enhance growth of some plants at low concentrations. In higher concentrations, cobalt is toxic to humans and to terrestrial and aquatic animals and plants (Nagpal, 2003). The action of Co ions is mediated, at least in part, by their ability to enter Fenton type reactions and trigger production of reactive oxygen species (ROS) (Lushchak, 2008). High ROS levels cause damage to cells via oxidative modification of lipids, proteins, and DNA (Shacter, 2000; Hassoun et al., 2001). Oxidation of lipids is the most commonly

measured parameter for the investigation of free radical-induced damage in aquatic organisms (Kubrak et al., 2011). Lipid peroxidation (LPO) is the most commonly measured parameter to investigate the damage caused by free radicals in aquatic organisms. LPO is a cellular damage mechanism used as an indicator of oxidative stress in cells and tissues (Mensah et al. 2012). MDA as the main end product of LPO can be used as one of the indices of lipid peroxidation (Halliwell 1994; Pala, 2019).

Crustaceans are frequently used as bioindicators in aquatic ecosystems (Rinderhagen et al. 2000; Serdar et al. 2018). Gammarids are freshwater invertebrate widely used in ecotoxicology (Bertin et al. 2016). In this study, *Gammarus pulex*, a crustacean, was chosen as the test organism due to its ecological importance in aquatic ecosystems.

Surface response method (RSM) method is a method in which the main effect of a factor or its interaction with other factors is determined by the regression coefficients. Using the RSM methodology, the optimal values of the experimental parameters can be determined for the desired parameters and the interactions between the important parameters can be shown by means of two- and three-dimensional graphs (Madadi et al., 2020).

In this study, the effect of Co on LPO in *G. pulex* was investigated considering RSM optimized different concentrations, temperature and exposure conditions.

## **METHOD**

### **Chemicals**

All chemicals used were of analytical grade and they were obtained from Merck (Darmstadt, Germany). A stock solution of 100 µg L<sup>-1</sup> Co was prepared by dissolving an accurate quantity in ultrapure water. Other concentrations were prepared using the stock solutions by dilution.

### **Collection and Adaptation of Organisms**

*G. pulex* organisms were collected from the side tributaries of the Munzur River with dip scoops. The organisms were placed in plastic containers with oxygen flow filled with river water and transported to the laboratory. Organisms placed in glass aquariums in the laboratory at 18 ± 0.5 ° C and 12/12 hours in a light/dark environment under controlled climate conditions were adapted for one month. During the adaptation period, the organisms were fed with rotten willow leaves.

### **Experimental design, multiple answer optimization and Co application**

After the adaptation period, 17 experimental groups were established, in which sublethal Co concentrations (5, 7.5 and 10 ppb) were applied to *G. pulex* at different temperatures (18, 20 and 22°C) and exposure times (8, 28 and 48 h) (Table 1). Optimum conditions for the determination of Co effect in *G. pulex* were determined by a three-factor, three-level "Design Expert" experimental design combined with RSM and quadratic programming. Experiments were carried out in one liter glass aquariums. 10 male *G. pulex* were added to each group. All experiments were performed in triplicate. *G. pulex* samples were taken at 8, 28 and 48 hours of the experiment and stored in deep freezer until analysis.

**Table 1.** Experimental groups created with Design Expert design

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3 C:
		A:Temperature(°C)	B: Exposure time (h)	Concentration of Co (ppb)
3	1	18	48	7.5
8	2	22	28	10
2	3	22	8	7.5
13	4	20	28	7.5
17	5	20	28	7.5
10	6	20	48	5
14	7	20	28	7.5
15	8	20	28	7.5
5	9	18	28	5
9	10	20	8	5
7	11	18	28	10
12	12	20	48	10
11	13	20	8	10
6	14	22	28	5
16	15	20	28	7.5
4	16	22	48	7.5
1	17	18	8	7.5

**Determination of malondialdehit (MDA) level**

*G. pulex* samples taken at the 8th, 28th and 48th hours of the study were weighed and homogenized by diluting 1/10 ratio with 1.15% KCl. The homogenates were then centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes. After centrifugation, supernatants were taken and MDA level, which is an important biomarker of lipid peroxidation, was determined. MDA level was measured spectrophotometrically according to Placer et al. (1966).

**RESULTS**

Changes in MDA level of *G. pulex* in the effect of sublethal concentrations of Co at different temperatures and exposure times are given in Table 2.

**Table 2.** Design Expert design and responses observed at MDA level.

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3 C:	Response
		A:Temperature(°C)	B: Exposure time (h)	Concentration of Co (ppb)	MDA (nmol)
3	1	18	48	7.5	1.45
8	2	22	28	10	1.96
2	3	22	8	7.5	1.6
13	4	20	28	7.5	1.33
17	5	20	28	7.5	1.66
10	6	20	48	5	1.51
14	7	20	28	7.5	1.56
15	8	20	28	7.5	1.42
5	9	18	28	5	1.96
9	10	20	8	5	1.07
7	11	18	28	10	1.78
12	12	20	48	10	2.15
11	13	20	8	10	1.12
6	14	22	28	5	1.52
16	15	20	28	7.5	1.53
4	16	22	48	7.5	1.34
1	17	18	8	7.5	1.21

The changes in the MDA level of *G. pulex* depending on temperature and Co concentration was given in Figure 1. The lowest MDA level was observed at 18° C at a concentration of 5 ppb Co. The highest

the MDA level was determined in 10 ppb Co concentration at 22 ° C the MDA levels in *G. pulex* was increased as temperature and Co concentration increased.

The changes in the MDA level of *G. pulex* depending on Co concentration and exposure time was given in Figure 2. The lowest MDA level was observed at 8h at a concentration of 5 ppb Co. The highest the MDA level was determined in 10 ppb Co concentration at 48h. Increasing in MDA levels of *G. pulex* were also observed in response to increases in Co concentration and exposure time.

The changes in MDA level of *G. pulex* depending on temperature and exposure time was given in Figure 3.

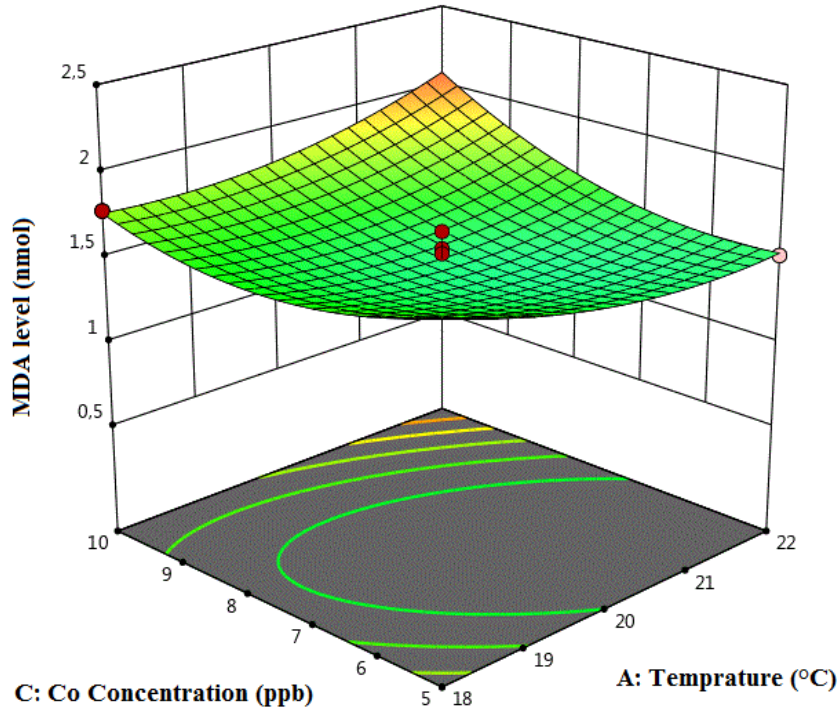


Figure 1. Graph of response surface for concentration and temperature-dependent the MDA level in *G. pulex* exposed to Co.

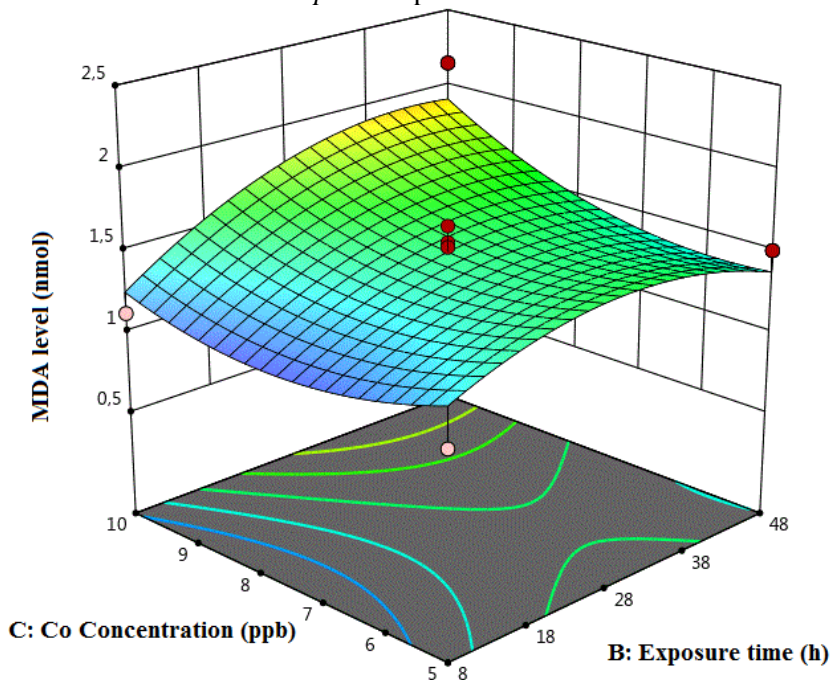


Figure 2. Response surface graph for MDA level based on concentration and exposure time in *G. pulex* exposed to Co.

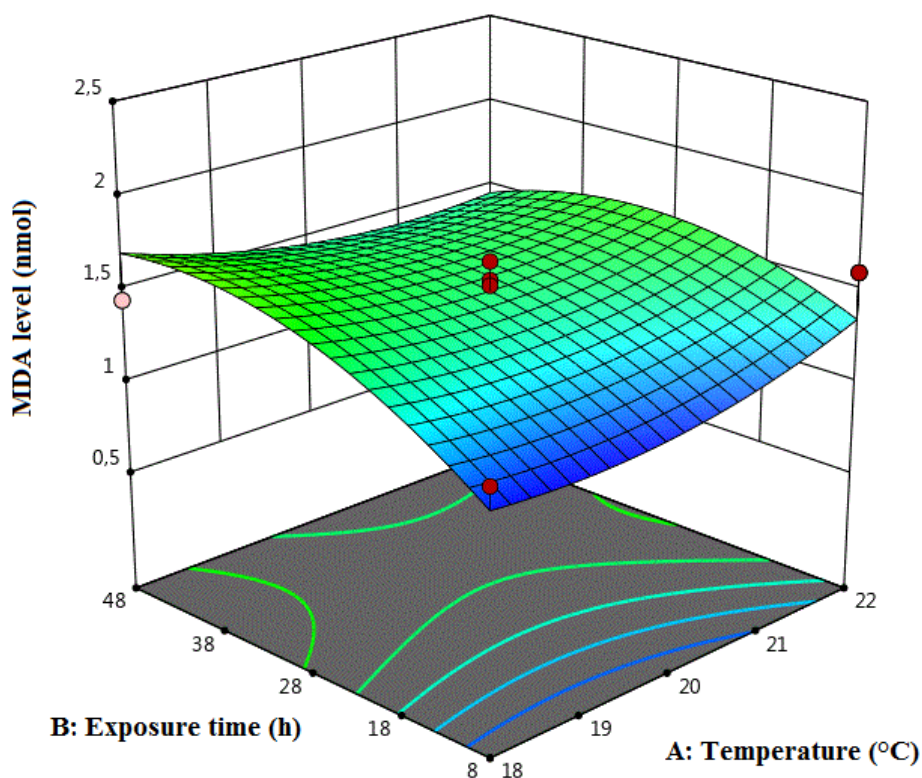


Figure 3. Response surface graph for exposure time and temperature-dependent MDA level in *G. pulex* exposed to Co.

## DISCUSSION

Temperature is one of the most important environmental drivers that can modulate the impacts of pollutants and other stressors due to its direct effects on the rates of all physiological and biochemical processes. The effects of temperature are particularly important for organisms whose body temperature depends directly on the ambient temperature. Elevated temperatures may reduce the toxicity of some xenobiotics, like organic pollutants, due to the temperature-enhanced rates of detoxification and excretion, but often increases the metal toxicity (Falfushynska et al., 2019). Both temperature and heavy metals cause free radical production through reactive oxygen species (ROS). ROS is the main agent for disrupting the biological macromolecules and cell signalling, which involved in lipid peroxidation and alteration in anti-oxidative defence mechanism LPO is the important stress biomarker in aquatic animal (fish) for detection of health condition of biological membrane (Kumar et al., 2020). Co is defined as an oxidative stress-inducing factor as  $\text{Co}^{2+}$  has been shown to react with hydrogen peroxide by a Fenton-type reaction to produce hydroxyl radicals (Moorhouse et al., 1985).

In this study, the concentration increase in *G. pulex* which was left to Co effect at different concentrations, as well as the increase in temperature caused increases in the MDA level. It has been reported in previous studies that the increase in water temperature causes oxidative stress in aquatic organisms (Heise et al., 2006; Bangnyukova et al., 2007; Verlecar, 2007). Kubrak et al. (2011) reported that the exposure of goldfish (*C. auratus*) to  $\text{Co}^{2+}$  for 96 h substantially increased the levels of lipid peroxides (LOOH) in brain and liver. Similarly, as an indicator of oxidative damage caused by metal concentration in microalgal cells exposed to  $\text{Co}^{2+}$ , LPO has been reported to increase compared to control (Mei et al., 2007). The results of this study are consistent with previous studies.

The effect of exposure time is important for the interpretation of kinetic data on toxicity in general (Mösche and Meyer, 2002). In the present study, MDA levels of *G. pulex* exposed to Co concentrations were increased in response to increases in exposure time.



**CONCLUSION**

As a result, the MDA levels increased with increasing concentration, temperature and exposure time in organisms exposed to Co effect. This increase in the MDA level is an important indicator that Co increases LPO of *G. pulex* under experimental conditions.

**REFERENCES**

- Bagnyukova, T.V., Luzhna, L.I., Pogribny, I.P., Lushchak, V.I. (2007). Oxidative stress and antioxidant defenses in goldfish liver in response to short-term exposure to arsenite. *Environ. Mol. Mutagen.*, 48: 658–665.
- Bertin, D., Labadie, P., Ferrari, B.J., Sapin, A., Garric, J., Geffard, O., Budzinski, H., Babut, M. (2016) Potential exposure routes and accumulation kinetics for poly- and perfluorinated alkyl compounds for a freshwater amphipod: *Gammarus* spp. (Crustacea). *Chemosphere* 155:380-387.
- Falfushynska, H.I., Gnatyshyna, L.L., Ivanina, A.V., Khoma, V.V., Stoliar, O.B., & Sokolova, I.M. (2019). Bioenergetic responses of freshwater mussels *Unio tumidus* to the combined effects of nano-ZnO and temperature regime. *Science of The Total Environment*, 650, 1440-1450.
- Hassoun, E.A., Li, F., Abushaban, A., Stohs, S.J., 2001. Production of superoxide anion, lipid peroxidation and DNA damage in the hepatic and brain tissues of rats after subchronic exposure to mixture of TCDD and its congeners. *J. Appl. Toxicol.* 21, 211–219.
- Halliwell B (1994) Free radicals and antioxidants: a personal view. *Nutr Rev* 52(8):253–265.
- Heise, K., Puntarulo, S., Nikinmaa, M., Lucassen, M., Pörtner, H.O., Abele, D. (2006). Oxidative stress and HIF-1 DNA binding during stressful cold exposure and recovery in the North Sea eelpout (*Zoarces viviparus*). *Comp. Biochem. Physiol., A* 143: 494–503.
- Kubrak, O. I., Husak, V. V., Rovenko, B. M., Storey, J. M., Storey, K. B., & Lushchak, V. I. (2011). Cobalt-induced oxidative stress in brain, liver and kidney of goldfish *Carassius auratus*. *Chemosphere*, 85(6), 983-989.
- Kumar, N., Chandan, N. K., Wakchaure, G. C., & Singh, N. P. (2019). Synergistic effect of zinc nanoparticles and temperature on acute toxicity with response to biochemical markers and histopathological attributes in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 108678.
- Lushchak, V.I., 2008. Oxidative stress as a component of transition metal toxicity in fish. In: Svensson, E.P. (Ed.), *Aquatic Toxicology Research Focus*. Nova Science Publishers Inc., Hauppaug, NY, USA, pp. 1–29.
- Madadi, S., Charbonneau, L., Bergeron, J. Y., & Kaliaguine, S. (2020). Aerobic epoxidation of limonene using cobalt substituted mesoporous SBA-16 Part 1: Optimization via Response Surface Methodology (RSM). *Applied Catalysis B: Environmental*, 260, 118049.
- Mei, L.I., Qin, Z.H.U., Hu, C.W., Li, C.H.E.N., Liu, Z.L., & Kong, Z.M. (2007). Cobalt and manganese stress in the microalga *Pavlova viridis* (Prymnesiophyceae): Effects on lipid peroxidation and antioxidant enzymes. *Journal of Environmental Sciences*, 19(11), 1330-1335.
- Mensah, P.K., Palmer, C.G., Muller, W.J. (2012) Lipid peroxidation in the freshwater shrimp *Caridina nilotica* as a biomarker of Roundup® herbicide pollution of freshwater systems in South Africa. *Water Sci Technol* 65(9):1660–1666.
- Moorhouse, C.P., Halliwell, B., Grootveld, M. (1985). Cobalt(II) ion as a promoter of hydroxyl radical and possible “cripto-hydroxyl” radical formation under physiological conditions. Differential effects of hydroxyl radical scavengers[J]. *Biochem Biophys Acta*, 843: 261– 268.
- Mösche, M., & Meyer, U. (2002). Toxicity of linear alkylbenzene sulfonate in anaerobic digestion: influence of exposure time. *Water Research*, 36(13), 3253-3260.
- Verlecar, X.N., Jena, K.B., Chainy, G.B., 2007. Biochemical markers of oxidative stress in *Perna viridis* exposed to mercury and temperature. *Chem. -Biol. Interact.* 167: 219– 226.
- Nagpal, N.K. (2003). Overview Report: Ambient Water Quality Guidelines for Cobalt, Library and Archives Canada Cataloguing in Publication Data. *Environmental Protection Davison*.
- Pala, A. (2019). The effect of a glyphosate-based herbicide on acetylcholinesterase (AChE) activity, oxidative stress, and antioxidant status in freshwater amphipod: *Gammarus pulex* (Crustacean). *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Placer, Z.A., Cushman, L.L., Johnson, B.C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl di aldehyde) in biochemical systems. *Analytical biochemistry*, 16(2), 359-364.

Rinderhagen M., Ritterhoff J., Zauke G.P. (2000) Crustaceans as bioindicators. In Biomonitoring of polluted water-reviews on actual topics. Trans Tech Publications-Scitech Publications, *Environmental Research Forum*, 9: 161-194.

Serdar O, Yildirim N.C., Tatar S., Yildirim N., Ogedey A. (2018). Antioxidant biomarkers in *Gammarus pulex* to evaluate the efficiency of electrocoagulation process in landfill leachate treatment. *Environ Sci Pollut Res* 25:1–7.

Shacter, E., 2000. Quantification and significance of protein oxidation in biological samples. *Drug Metab. Rev.* 32, 307–326.

**MEZOFİLİK VE TERMOFİLİK BAKTERİLERLE TEKSTİL BOYA KARIŞIMI VE  
SENTETİK ATIKSULARIN RENGİNİN GİDERİMİ**  
DECOLORIZATION OF TEXTILE DYE MIXTURE AND SYNTHETIC WASTEWATERS BY  
MESOPHYLIC AND THERMOPHYLIC BACTERIA

**Emre BİRHANLI**

Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Burak GÜÇLÜ**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

**ÖZET**

Endüstriyel alanlardaki su kullanımının ve oluşan atıksuların çevreye boşaltılmasındaki ciddi artış çevre sorunlarının artmasındaki temel nedenlerden biridir. Arıtım uygulanmadan sucul ortama boşaltılan renkli atıksular yüzeyde bir tabaka oluşturmakta ve güneş ışınlarının suya nüfuz etmesini engelleyerek sudaki fotosentezi engellemektedir. Buna bağlı olarak hem suda çözülmüş oksijenin hızlı bir şekilde azalması, hem de suda biriken kimyasal madde konsantrasyonunun artması sucul yaşamı olumsuz etkilemektedir. Çevreye ve canlılara verilen zararı minimuma indirmedeki en mantıklı yaklaşımlardan biri atıksuyun renginin giderilmesidir. Renkli atıksular genellikle endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmakta olup, tekstil endüstrisi renkli atıksuların oluşturulduğu ve çevreye boşaltıldığı sanayi dallarından biridir. Tekstil endüstrisinde kullanılan ve genelde sentetik olan boyalar, sıcaklığa, ışığa ve biyolojik bozulmalara karşı kararlı olup, çevreye salındıklarında çoğu zaman kirletici bileşikler olarak birikmektedir. Atıksu arıtımında hem işletme maliyetlerinin yüksek olması, hem de zararlı yan ürünlerin oluşması sebebiyle fiziksel ve kimyasal yöntemlerin uygulanabilirliği sınırlıdır. Biyolojik yöntemlerin ise bu dezavantajları bulunmamaktadır.

Buna göre; çalışmamızda mezofilik bakteri izolatı *Bacillus megaterium* A1 ve termofilik bakteri izolatı *Anoxybacillus flavithermus* ile Foron Kahverengi ve Foron Siyah karışımlarının renginin giderimi karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Çalışmada aynı boyalar kullanılarak hazırlanan çeşitli sentetik atıksuların aynı izolatlar ile renk giderimleri de saptanmıştır. Buna göre; *B. megaterium* A1 ile Foron Kahverengi ve Foron Siyah karışımının optimum koşullarda 24 saat inkübasyonu sonucunda elde edilen renk giderimi %62 iken, *A. flavithermus* ile elde edilen renk giderimi %63 olarak belirlenmiştir. Sentetik atıksuların arıtılmasında *A. flavithermus*, Foron Kahverengi kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun rengini %55, Foron Siyah kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun rengini %67, Foron Kahverengi ve Foron Siyah boyalarının karışımı ile hazırlanan sentetik atıksuyun rengini ise %65 oranında gidermiştir. *B. megaterium* A1 ile sentetik atıksuyun arıtımında ise; Foron Kahverengi kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun rengi %60, Foron Siyah kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun rengi %74 ve Foron Kahverengi ve Foron Siyah boyalarının belli oranlarda karışımı ile hazırlanan sentetik atıksuyun rengi yaklaşık %68 oranında giderilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bakteri, Renk Giderimi, Sentetik Atıksu, Tekstil Boyası

**ABSTRACT**

The significant increase in the use of water in industrial fields and the discharging of wastewaters to the environment is one of the main reasons for the increase of environmental problems. Colored wastewaters discharged into the aquatic environment without treatment forms a layer on the surface and prevents photosynthesis in the water by preventing the penetration of sun rays into the water. Consequently, both the rapid reduction of dissolved oxygen in water and the increase in the concentration of chemicals accumulated in water adversely affect the aquatic life. One of the most sensible approaches in minimizing harm to the environment and living things is decolorization of wastewater. Colored wastewaters are usually caused by industrial activities, the textile industry is one of the industrial fields where colored wastewater is created and discharged to the environment. Dyes used in the textile industry, which are generally synthetic, are stable to temperature, light and biological degradation and often accumulate as polluting compounds when released into the environment. Due to both the high operating costs and the formation of hazardous by-products in wastewater treatment, the applicability of physical and chemical methods is limited. Biological methods do not have these disadvantages.

According to this; in our study, the decolorization of Foron Brown and Foron Black mixtures was investigated comparatively with mesophilic bacterium isolate *Bacillus megaterium* A1 and thermophilic bacterium isolate *Anoxybacillus flavithermus*. In the study, the color removal of various synthetic wastewaters, prepared by using the same dyes, with the same isolates was determined. Accordingly; while the obtained color removal of Foron Brown and Foron Black mixtures by incubation with *B. megaterium* A1 for 24 hours under optimum conditions was 62%, the obtained color removal with *A. flavithermus* was determined as 63%. In the treatment of synthetic wastewaters, *A. flavithermus* decolorized 55% of the synthetic wastewater prepared using Foron Brown, 67% of the synthetic wastewater prepared using Foron Black, and 65% of the synthetic wastewater prepared with Foron Brown and Foron Black dye mixtures. In the synthetic wastewater treatment with *B. megaterium* A1, the color of synthetic wastewater prepared by using Foron Brown was 60%, the color of synthetic wastewater prepared by using Foron Black was 74% and the color of synthetic wastewater prepared by using the mixture of Foron Brown and Foron Black dyes in certain rates was removed by approximately 68%.

**Keywords:** Bacterium, Decolorization, Synthetic Wastewater, Textile Dye

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel alanlardaki su kullanımının ve oluşan atıksuların çevreye boşaltılmasındaki ciddi artış günümüzde atıksuların arıtılması konusunda daha sıkı çevre mevzuatları uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Suların kirletilmesi ve aşırı miktarda su tüketimi çevre sorunlarının artmasındaki temel nedenlerden biridir. Özellikle boyar madde içeren atıksularda yeterli bir arıtım uygulanmadan sucul ortama direkt olarak boşaltılan koyu renkli atıksular yüzeyde renkli bir tabaka oluşturur. Renkli atıksular genel olarak endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmakta olup, deri, tekstil, gıda, kağıt üretimi gibi endüstriyel alanlarda gerçekleştirilen faaliyetler sonucu renkli atıksular oluşturulmakta ve çevreye boşaltılmaktadır. Bu endüstrilerde kullanılan boyalar genellikle sentetik olup, bu boyaların çoğu sıcaklığa, ışığa ve biyolojik bozulmalara karşı kararlı kalmakta ve çevreye salındıklarında kirletici bileşikler olarak birikmektedir [1]. Yıkıma dirençli boyaları içeren atıksular güneş ışınlarının suya nüfuz etmesini engelleyerek sucul ortamda gerçekleşecek fotosentezi engellemektedir. Buna bağlı olarak hem suda çözünmüş oksijenin hızlı bir şekilde azalmasına hem de suda biriken kimyasal madde konsantrasyonunun artışına bağlı olarak sucul yaşam olumsuz etkilemektedir [2]. Buna göre; çevreye verilen zararı en aza indirmek amacıyla yapılacak en mantıklı yaklaşımlardan biri öncelikli olarak atıksuyun renginin giderilmesidir [3]. Atıksu arıtımında fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılmakla birlikte hem uygulama maliyetlerinin yüksek olması hem de zararlı yan ürünlerin oluşumu sebebiyle uygulanabilirlikleri sınırlıdır. Buna göre; bu dezavantajları azaltmak veya ortadan kaldırmak amacıyla fizikokimyasal yöntemlere ilaveten mikroorganizma kullanımı, çevre kirliliğiyle mücadele etmede etkin ve çevre dostu bir yaklaşımdır [4]. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda anaerobik ve aerobik koşullarda renk giderimi yapabilen birçok mikroorganizma izole edilmiştir [2, 5–10]. Bu mikroorganizmalarla yapılan renk giderim çalışmaları, boyaların biyobirikim, biyodegradasyon, biyosorpsiyon gibi farklı mekanizmalarla giderilebileceğini göstermektedir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışmalarda Kullanılan Organizmalar

Renk giderim çalışmalarında mezofilik bir bakteri izolatu olan *Bacillus megaterium* A1 (*B. megaterium* A1) ile termofilik bakteri izolatu *Anoxybacillus flavithermus* (*A. flavithermus*) kullanılmıştır. Mezofilik ve termofilik bakteri izolatları her 3–4 haftada bir taze Nutrient Agar (NA) içeren plaklara transfer edilerek statik inkübatörde sırasıyla 30 °C ve 50 °C’ de 24 saat boyunca inkübe edilerek saf katı kültür olarak üretilmişlerdir. Elde edilen saf bakteri kültürleri İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Biyoteknoloji Laboratuvarının buzdolabında 4 °C’ de stok kültür olarak muhafaza edilmektedir.

### 2.2. Bakteri Kültürlerinin Hazırlanışı

Çalışmada öncelikle her iki bakteri türünün stok katı kültürleri steril Nutrient Broth (NB) ortamlarına transfer edilmiş, daha sonra mezofilik bakteri 30 °C ve termofilik bakteri de 50 °C’ de 150 rpm’ de çalkalamalı olarak inkübe edilerek sıvı bakteri kültürleri elde edilmiştir.

**2.3. Renk Giderim Çalışmalarının Hazırlığı ve Uygulanışı**

Çalışmada *B. megaterium* A1 ile renk gideriminde 50 mg/L Foron Kahverengi ile 50 mg/L Foron Siyah boya solüsyonları karıştırılarak elde edilen boya karışımı önce otoklavda steril edilmiştir. Daha sonra aseptik koşullarda boya karışımına sıvı *B. megaterium* A1 kültürü inoküle edilmiş ardından da bakteri izolatu optimum koşullarda (30 °C, 150 rpm ve pH 7.0) 24 saat inkübe edilmiştir. Buna benzer olarak; *A. flavithermus* kullanılarak iki boyanın karışımının renginin gideriminde 100 mg/L Foron Kahverengi ile 100 mg/L Foron Siyah boya solüsyonları karıştırılmış ve elde edilen boya karışımı da otoklavda steril edilmiştir. Otoklavize edilen boya karışımlarının maksimum dalga boyunun tespiti spektrofotometrik tarama ile saptanmıştır. Bu işlemin ardından boya karışım ortamına aseptik koşullarda *A. flavithermus* sıvı kültürü inoküle edilmiş ardından da termofilik bakteri izolatu optimum koşullarda (50 °C, 50 rpm ve pH 5.0) 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası boya karışımlarından her iki bakteriyi de uzaklaştırmak amacıyla örnekler ayrı ayrı olacak şekilde 6000 rpm’ de 5’ er dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant kısımları alınarak 526 nm’ de absorbansları ölçülmüştür.

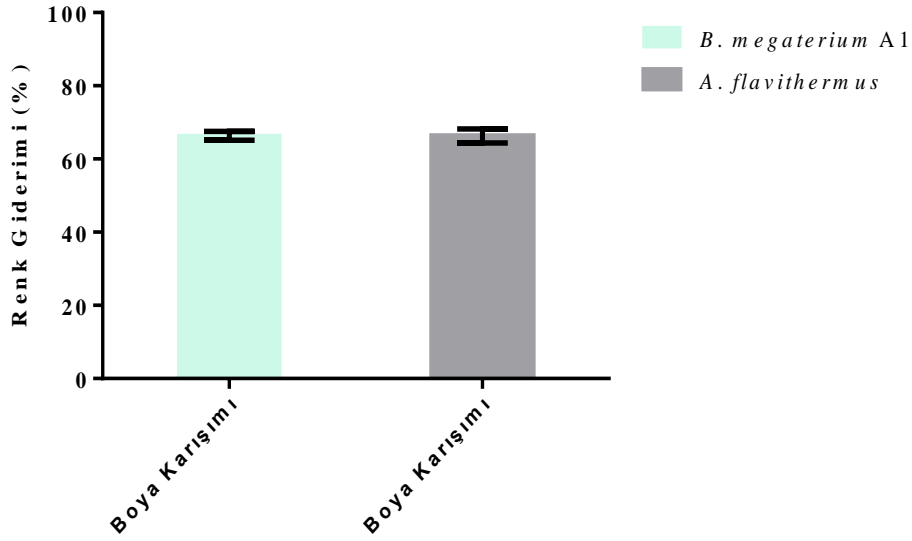
Çalışmanın diğer bir aşamasında farklı özelliklere sahip bu iki bakteriyel izolatu çeşitli atıksuların renginin gideriminde kullanılıp kullanılmayacağını test etmek amacıyla farklı içeriklerde sentetik atıksular oluşturulmuştur. Buna göre;

- 100 mg/L Foron Kahverengi
- 200 mg/L Foron Kahverengi
- 100 mg/L Foron Siyah
- 200 mg/L Foron Siyah
- 50 mg/L Foron Kahverengi + 50 mg/L Foron Siyah
- 100 mg/L Foron Kahverengi + 100 mg/L Foron Siyah ortamlarına ayrı ayrı 90 g/L sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ve 20 g/L sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ilave edilerek 6 farklı özellikte sentetik atıksu elde edilmiştir [11]. Daha sonra bu atıksular otoklavda steril edilmiş ve otoklavize edilen atıksuların maksimum dalga boyunun tespiti spektrofotometrik tarama ile belirlenmiştir. Bu işlemin ardından bu atıksulara aseptik koşullarda *B. megaterium* A1 ve *A. flavithermus* sıvı kültürleri ayrı ayrı inoküle edilmiştir. Bu işlemleri takiben her iki bakteri izolatu da optimum koşullar altında 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası diğer çalışmalarda olduğu gibi örnekler ayrı ayrı olacak şekilde 5’ er dakika 6000 rpm’ de santrifüj edildikten sonra süpernatant kısımları alınarak 496 nm’ de absorbansları ölçülmüştür. Ölçülen absorbans değerleri SPSS 15.0 paket programında analiz edilip her iki izolata ait minimum, maksimum, ortalama renk giderim değerleri ile standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

**3. BULGULAR VE TARTIŞMA****3.1. *B. megaterium* A1 ve *A. flavithermus* ile Foron Kahverengi ve Foron Siyah Boyalarının Karışımının Renginin Giderimi**

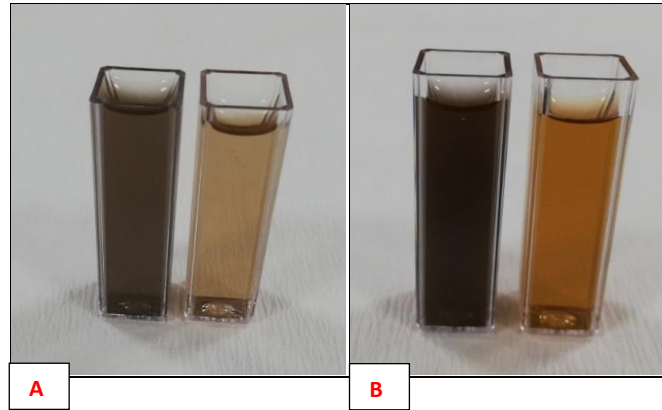
Çalışmada *B. megaterium* A1 izolatu 50 mg/L Foron Kahverengi ve 50 mg/L Foron Siyah içeren boya karışımı ile optimum koşullarda (30 °C, 150 rpm ve pH 7.0) 24 saat süresince inkübe edilmiştir. *A. flavithermus* ise 100 mg/L Foron Kahverengi ve 100 mg/L Foron Siyah içeren boya karışımı ile optimum koşullarda (50 °C, 50 rpm ve pH 5.0) 24 saat boyunca inkübe edilmiştir. Yapılan ölçümler 24 saat gibi kısa bir inkübasyon süresinde iki farklı Foron grubu boyanın karışımının renginin etkili bir şekilde giderildiğini göstermiştir (Şekil 1).





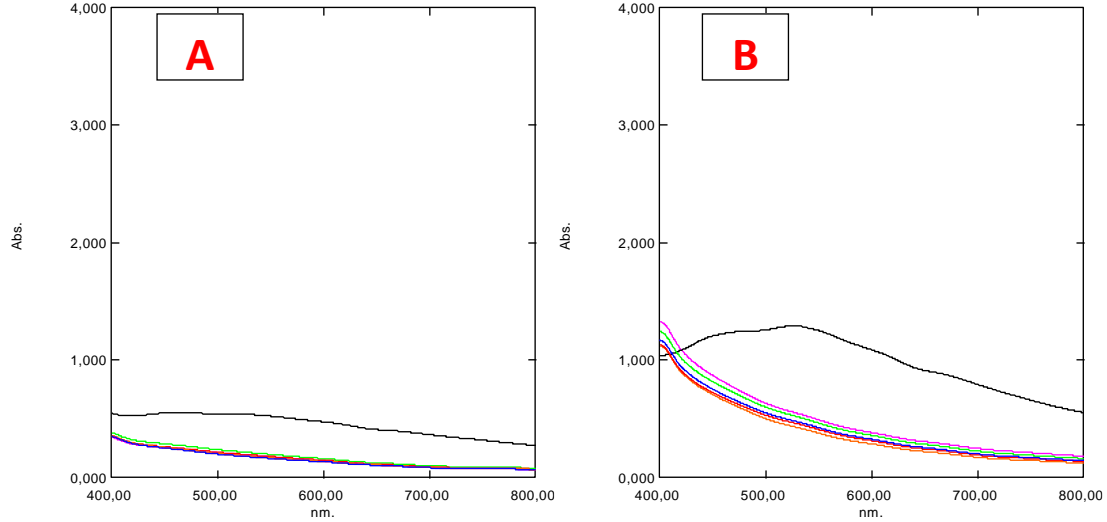
**Şekil 1.** *B. megaterium* A1 ile 50 mg/L Foron Kahverengi ve 50 mg/L Foron Siyah boyalarının karışımının ve *A. flavithermus* ile 100 mg/L Foron Kahverengi ve 100 mg/L Foron Siyah boyalarının karışımının optimum koşullarda 24 saatlik inkübasyonu sonucu elde edilen renk giderim oranları.

Mezofilik bakteri izolatı *B. megaterium* A1 ile Foron Kahverengi ve Foron Siyahın karışımının optimum koşullarda 24 saat inkübasyonu sonucunda elde edilen renk giderimi %62 iken, termofilik bakteri izolatı *A. flavithermus* ile aynı boyaların karışımının optimum koşullarda 24 saat inkübasyonu sonucunda elde edilen renk giderimi %63 olarak belirlenmiştir. Spektrofotometrik verilere ek olarak makroskobik gözlemler sonucunda her iki bakteri izolatıyla da belirgin renk giderimlerinin olduğu Şekil 2’ de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** *B. megaterium* A1 ile 50 mg/L Foron Kahverengi ve 50 mg/L Foron Siyah (A) boyalarının karışımının optimum koşullarda (30 °C, 150 rpm ve pH 7.0), *A. flavithermus* ile 100 mg/L Foron Kahverengi ve 100 mg/L Foron Siyah (B) boyalarının karışımının optimum koşullarda (50 °C, 50 rpm ve pH 5.0) 24 saat muamelesi sonucu gerçekleşen renk değişimi.

Yapılan çalışmalara ilaveten *B. megaterium* A1 ve *A. flavithermus* izolatlarının ayrı ayrı kullanımı ile Foron Kahverengi ve Foron Siyah boyalarının karışımının renginin giderimi spektrofotometrik tarama ile de Şekil 3’ de gösterilmiştir.



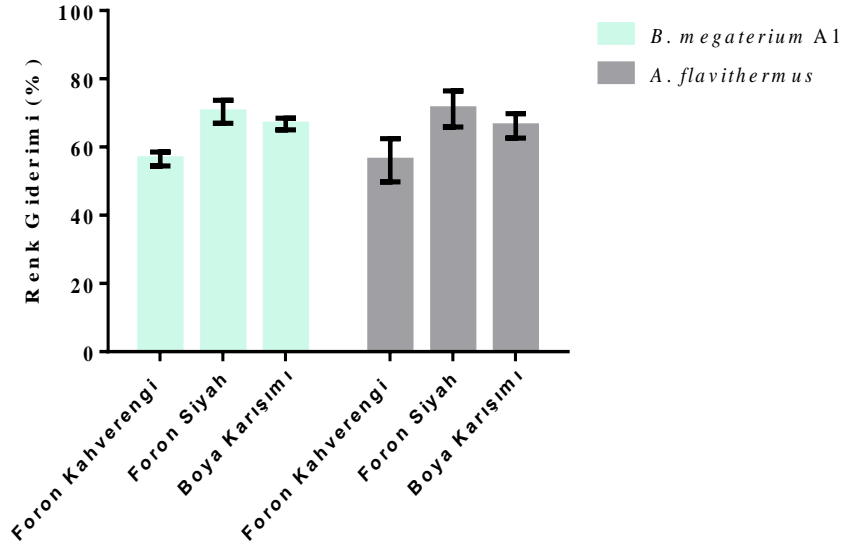
**Şekil 3.** 50 mg/L Foron Kahverengi ve 50 mg/L Foron Siyah (B) boyaalarının karışımının *B. megaterium* izolatu A1 (A) ve 100 ppm Foron Kahverengi ve 100 ppm Foron Siyah boyaalarının karışımının *A. flavithermus* izolatu (B) ile optimum koşullarda 24 saat muamelesi sonucu gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ile gösterimi.

### 3.2. Laboratuvar Koşullarında Hazırlanan Sentetik Atıksuların Renginin Giderimi

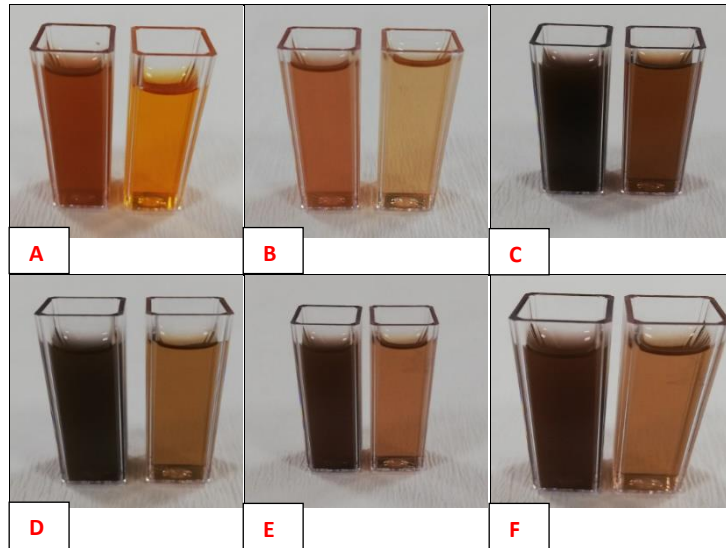
Bu çalışmada 90 g/L sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ve 20 g/L sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ayrı ayrı 200' er mg/L Foron Kahverengi ve Foron Siyah boya solüsyonlarına ve 100' er mg/L Foron Kahverengi ve Foron Siyah' ın karıştırılmasıyla oluşturulan boya karışımına eklenerek farklı 3 tip sentetik atıksu elde edilmiştir. Bu sentetik atıksuların renginin gideriminde *A. flavithermus*; Foron Kahverengi kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun rengini %55, Foron Siyah kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun rengini %67, Foron Kahverengi ve Foron Siyah boyaalarının karışımı ile hazırlanan sentetik atıksuyun rengini ise %65 oranında gidermiştir (Şekil 4).

*B. megaterium* A1 ile sentetik atıksuyun renginin gideriminde ise; 100 mg/L Foron Kahverengi kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun %60, 100 mg/L Foron Siyah kullanılarak hazırlanan sentetik atıksuyun %74, 50' şer mg/L Foron Kahverengi ve Foron Siyah boyaalarının karışımı ile hazırlanan sentetik atıksuyun ise yaklaşık %68 oranında rengi giderilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; test edilen her iki bakteri izolatu da sentetik atıksuların renklerini etkin bir şekilde gidermiştir. Her iki bakteri izolatının kullanımı sonucu gerçekleşen renk giderimleri makroskobik gözlemlerle de desteklenmiştir (Şekil 5).

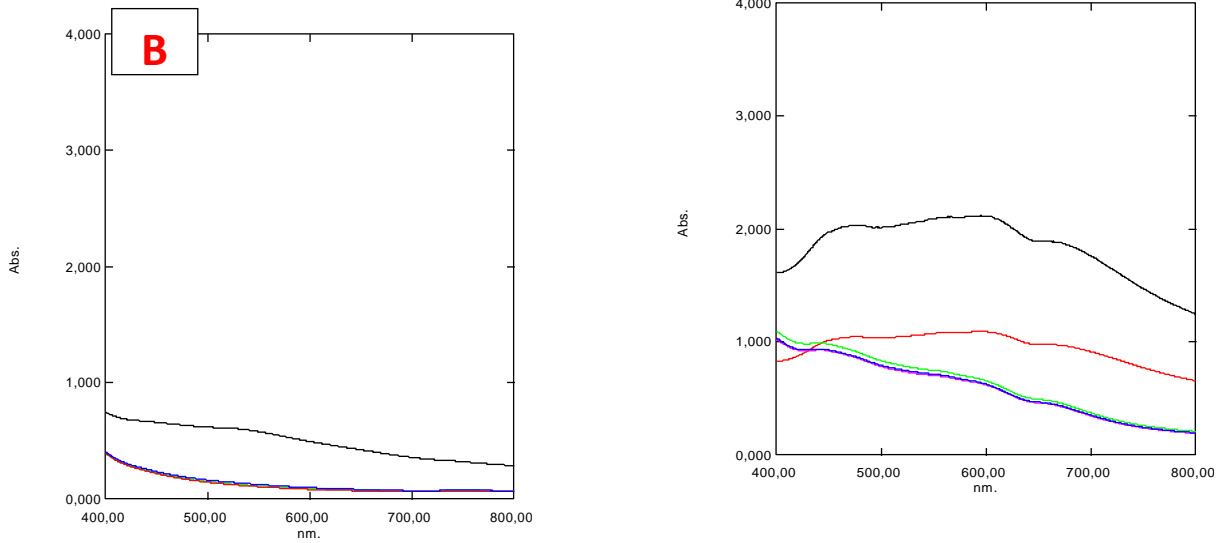


**Şekil 4.** *B. megaterium* A1 ile 24 saatlik inkübasyon sonucunda Foron Kahverengi (100 mg/L), Foron Siyah (100 mg/L) ve Foron Kahverengi (50 mg/L) ile Foron Siyahın (50 mg/L) karıştırılmasıyla oluşturulan sentetik atıksuların optimum koşullarda renklerinin giderimi. *A. flavithermus* ile 24 saatlik inkübasyon sonucunda Foron Kahverengi (200 mg/L), Foron Siyah (200 mg/L) ve Foron Kahverengi (100 mg/L) ile Foron Siyahın (100 mg/L) karıştırılmasıyla oluşturulan sentetik atıksuların optimum koşullarda renklerinin giderimi.



**Şekil 5.** Foron Kahverengi (200 mg/L) ile hazırlanan sentetik atıksuyun *A. flavithermus* ile (A), Foron Kahverengi (100 mg/L) ile hazırlanan sentetik atıksuyun *B. megaterium* A1 ile (B), Foron Kahverengi (100 mg/L) ve Foron Siyah (100 mg/L) karıştırılarak hazırlanan sentetik atıksuyun *A. flavithermus* ile (C), Foron Siyah (200 mg/L) ile hazırlanan sentetik atıksuyun *A. flavithermus* ile (D), Foron Siyah (100 mg/L) ile hazırlanan sentetik atıksuyun *B. megaterium* A1 ile (E) ve Foron Kahverengi (50 mg/L) ve Foron Siyah (50 mg/L) karıştırılarak hazırlanan sentetik atıksuyun *B. megaterium* A1 ile renginin giderimi (F).

Yapılan çalışmalara ek olarak test edilen iki boyanın karışımıyla hazırlanan sentetik atıksuların renk giderim sonuçları spektrofotometrik taramalar ile de izlenmiştir (Şekil 6).



**Şekil 6.** *B. megaterium* A1 ile Foron Kahverengi (50 mg/L) ve Foron Siyah (50 mg/L) boyaalarının karıştırılmasıyla hazırlanan sentetik atıksuyun optimum koşullarda 24 saat muamelesi sonucu gerçekleşen renk değişiminin spektrofotometrik tarama ile gösterimi (A). *A. flavithermus* izolatı ile Foron Kahverengi (100 mg/L) ve Foron Siyah boyaalarının (100 mg/L) karıştırılmasıyla hazırlanan sentetik atıksuyun optimum koşullarda 24 saat muamelesi sonucu gerçekleşen renk değişiminin spektrofotometrik tarama ile gösterimi (B).

#### 4. SONUÇ

Çalışma sonuçları pek çok bakteri izolatı kullanılarak çeşitli konsantrasyonlardaki farklı tekstil boyaaları içeren atıksuların renginin kısa sürede, etkili ve ekonomik bir şekilde giderilebileceğini göstermiştir. Çalışmamızda kullanılan mezofilik *B. megaterium* A1 ve termofilik *A. flavithermus* bakteri izolatları kısa sürede ve önemli oranlarda renk giderimleri gerçekleştirmiştir. Literatürde hem Foron grubu boyalar hem de yeni izole edilen bu bakterilerin bugüne kadar sentetik atıksuların renginin giderimi çalışmalarında test edilmemiş olması çalışmamızın özgünlüğünü göstermektedir.

Sonuç olarak; yüksek oranlarda rengi giderilmiş tekstil ve boya endüstrisi atıksularının daha ileri bir arıtım sonrasında çevreye salınması bu ortamlardaki canlılığın devamı ve çevre kirliliğinin azaltılması açısından oldukça önemlidir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yüksek lisans tez projesi (FYL-2018-1059) olarak destekleyen İnönü Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi' ne teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- [1] Vitor, V., Corso, C.R. (2008). Decolorization of textile dye by *Candida albicans* isolated from industrial effluents. *J. Ind. Microb. Biotechnol.*, **35**, 1353–1357.
- [2] Aksu, Z. (2005). Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review. *Process Biochem.*, **40**, 997–1026.
- [3] Borchert, M., Terazi JA., (2001). Decolorization of reactive dyes by the white rot fungus *Trametes versicolor* in sequencing batch reactors. *Biotechnol. Bioeng.* **75**, 313–21.
- [4] Şen, S., Demirer, G. (2003). Anaerobic treatment of real textile wastewater with a fluidized bed reactor. *Water Res.*, **37**, 1868–1878.
- [5] Çetin, D., Dönmez, G. (2006). Decolorization of reactive dyes by mixed cultures isolated from textile effluent under anaerobic conditions. *Enzyme Microb. Tech.*, **38**, 926–930.
- [6] Ertuğrul, S., Bakır, M., Dönmez, G. (2008). Treatment of dye-rich wastewater by an immobilized thermophilic cyanobacterial strain: *Phormidium* sp. *Ecol. Eng.*, **32**, 244–248.

- [7] Ertuğrul, S., San, N.O., Dönmez, G. (2009). Treatment of dye (remazol blue) and heavy metals using yeast cells with the purpose of managing polluted textile wastewaters. *Ecol. Eng.*, **35**, 128–134.
- [8] Martins, M.A.M., Cardoso, M.H., Queiroz, M.J., Ramalho, M.T., Campus, A.M.O. (1999). Biodegradation of azo dyes by the yeast *Candida zeylanoides* in batch aerated cultures. *Chemosphere*, **38**, 2455–2460.
- [9] Sadettin, S., Dönmez, G. (2006). Bioaccumulation of reactive dyes by thermophilic *Cyanobacteria*. *Process Biochem.*, **41**, 836–841.
- [10] Won, S.W., Yun, H.J., Yun, Y.S. (2009). Effect of pH on the binding mechanisms in biosorption of reactive orange 16 by *Corynebacterium glutamicum*. *J. Colloid. Interf. Sci.*, **331**, 83–89.
- [11] Yeşilada Ö., Birhanlı E., Ercan S., N. Özmen, (2014). Reactive dye decolorization activity of crude laccase enzyme from repeated-batch culture of *Funalia trogii*. *Turk. J. Biol.*, **38**, 103–110.



**TEKRARLI KESİKLİ SÜREÇTE *PLEUROTUS ERYNGII* PELETLERİ İLE İNDİGO KARMİN TEKSTİL BOYASININ RENGİNİN GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**  
**INVESTIGATION OF INDIGO CARMINE TEXTILE DYE DECOLORIZATION BY *PLEUROTUS ERYNGII* PELLETS IN REPEATED BATCH PROCESS**

**Emre BİRHANLI**

Doç. Dr., İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

**Filiz BORAN**

Arş. Grv. Dr., İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

**Özfer YEŞİLADA**

Prof. Dr., İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

**ÖZET**

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması ve buna bağlı olarak toplumsal ihtiyaçların her geçen gün daha da çoğalması ve çeşitlenmesi endüstriyel alanların da artışına sebep olmaktadır. Boyar maddelerin yoğun bir şekilde üretilip kullanıldığı tekstil ve boya endüstrileri de bu alanların önemli bir grubudur. Boyar maddeler veya boyar madde içeren atıksular yeterince arıtılmadan doğaya salındığında çevre ve canlı sağlığı üzerine son derece olumsuz etkilere neden olmaktadır. Özellikle sucul ekosisteme boşaltılan renkli atıksular hem fotosentetik aktiviteyi düşürmekte hem de canlılar üzerinde toksik ve karsinogenik etkiler oluşturabilmektedir. Buna göre; canlılığın devamı ve canlıların yaşamsal faaliyetleri için doğal su kaynaklarının varlığı her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle boyar maddelerin renginin giderimi amacıyla çeşitli fizikokimyasal ve geleneksel biyolojik metotlar test edilmektedir. Ancak bu yöntemlerin yeterince etkili olmadığı, enerji maliyetlerinin yüksek olabildiği ve yan ürün oluşumunun istenmeyen seviyelere çıkabildiği saptanmıştır.

Çalışmamızda alternatif ve çevre dostu bir yöntem olan beyaz çürükçül fungus peletlerinin kullanımı ile tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir boya olan İndigo Karmin boyasının renginin giderimi araştırılmıştır. Buna göre; 100 mg/L konsantrasyonunda İndigo Karmin, *Pleurotus eryngii* peletleri ile çeşitli sıcaklıklarda (20, 30, 40 ve 50 °C) ve 150 rpm çalkalama hızında tekrarlı kesikli süreçte inkübe edilmiştir. Bu çalışmada farklı zaman dilimlerinde (6–120. saat) aynı konsantrasyonda İndigo Karmin her defasında aynı fungal peletler üzerine tekrar tekrar ilave edilerek *P. eryngii* peletlerinin renk giderim potansiyeli araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre; 20, 30 ve 40 °C’ deki tekrarlı kesikli uygulamalar esnasında aynı peletlerin 7 kez (120. saat) kullanımından sonra bile elde edilen renk giderimi %80’ in üzerinde iken, 50 °C’ deki renk giderim verimi %27,16’ dir.

**Anahtar Kelimeler:** Beyaz Çürükçül Fungus, İndigo Karmin, Renk Giderimi, Tekstil Boyası

**ABSTRACT**

The rapid increase of the world population and consequently the increasing and diversification of social needs day by day lead to an increase in the industrial fields. Textile and dye industries, where dyestuffs are produced and used extensively, are also an important group of these fields. When dyestuffs or wastewaters containing dyestuffs are released into the nature without being treated sufficiently, they cause extremely negative effects on the environment and living health. In particular, colored wastewaters discharged into the aquatic ecosystem both reduce photosynthetic activity and may create toxic and carcinogenic effects on living things. According to this; the existence of natural water resources is becoming more and more important for the continuation of life and the vital activities of living things. For this reason, various physicochemical and traditional biological methods are tested to remove the color of the dyestuffs. However, it was found that these methods were not effective enough, energy costs could be high and by-product formation could increase to undesirable levels.

In our study, the decolorization of Indigo Carmine dye, a dye commonly used in textile industry, by white rot fungus pellets which is an alternative and environment friendly method was investigated. According to this; Indigo Carmine at a concentration of 100 mg/L was incubated with the pellets of *Pleurotus eryngii* at various temperatures (20, 30, 40 and 50 °C) and at a shaking rate of 150 rpm in a repeated batch process. In this study, the decolorization potential of *P. eryngii* pellets was investigated repeatedly by adding Indigo Carmine at the same concentration on the same fungal pellets at different

time intervals (6–120th hours). According to the data obtained; while the color removal efficiency obtained was more than 80% even after using the same pellets for 7 times (120th hour) at 20, 30 and 40 °C during repeated batch applications, the color removal efficiency was 27,16% at 50 °C.

**Keywords:** White Rot Fungus, Indigo Carmine, Decolorization, Textile Dye

## 1. GİRİŞ

Boyalarda; deri, tekstil, boya, kağıt, gıda, kozmetik, ilaç, oyuncak ve plastik gibi birçok endüstriyel alanda kullanılan ve artan talebe bağlı olarak sürekli yeni çeşitleri üretilen makromoleküllerin önemli bir sınıfını oluşturur [1–4]. İlk sentetik boya 1856 yılında keşfedilmiş olup, günümüze kadar dünya çapında yüz binden fazla boya üretilmiş ve bu boyaların yıllık üretimi  $7.10^5$  metrik tonu aşmıştır [4]. Boyar madde üreten ve kullanan bazı endüstrilerin biyolojik arıtım sistemleri olmayıp, boyar madde içeren atıksularını direkt olarak çevreye boşaltmaktadır. Bu atıksularda bulunan çeşitli sentetik boyaların çoğu toksik ve karsinogenik olup [5, 6], dünya genelinde her yıl 280.000 ton tekstil boyası endüstriyel atıksularla çevreye boşaltılmaktadır [7]. Özellikle tekstil atıksularının sucul ekosistemlere boşaltılması ile su içerisinde güneş ışığının girişi azalmakta buna bağlı olarak da fotosentetik aktivite düşmektedir. Bu durumun sonucu olarak sudaki çözünmüş oksijen miktarı ve suyun kalitesi de azalmaktadır. Ayrıca sucul ortama salınan atıksulardaki boyalar sucul flora ve fauna üzerine akut toksik etkiler yaparak dünya genelinde önemli çevresel problemlere yol açmaktadır [7]. Bu nedenle bu atıksuların arıtımı amacıyla flokülasyon, koagülasyon, adsorpsiyon, membran filtrasyon, presipitasyon, ışınlama, ozonizasyon ve Fenton oksidasyonu gibi çeşitli fizikokimyasal yöntemler kullanılmış [8] ancak bu yöntemlerin yüksek enerji maliyeti, yüksek oranda çamur üretimi, yan ürünlerin oluşumu ve toksik maddelerin salınması gibi dezavantajlara sahip olduğu ortaya çıkmıştır [5, 9]. Bazı tekstil boyalarının yıkıma dirençli olmaları [10], aktif çamur yöntemleri gibi geleneksel arıtım sistemlerinin de bu kirlilik problemini tam olarak çözmesini engeller. Özellikle tekstil ve boya endüstrilerinden salınan atıksuların hem BOİ, KOİ, renk, pH, sıcaklık ve metal içerikleri yüksek hem de içerdikleri boyaların kimyasal yapıları oldukça kompleksdir. Bu sebeple bu tip endüstriyel atıksular yıkıma karşı oldukça dirençli olduğundan [2] geleneksel sekonder arıtım sistemlerinden çıkan atıksular da yoğun renk içerebilirler. Buna göre, sucul ekosistemlere boşaltılmadan önce bu atıksuların biyolojik iyileştirmeye ihtiyacı olup, bu amaç doğrultusunda boyar madde içeren atıksuların renginin giderimi için yeni, etkili ve çevre dostu biyolojik alternatifler keşfetmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [11–14]. Çözüm spesifik mikroorganizmalar veya çeşitli enzimler olabilir [14–17]. Bu nedenle dünya çapında birçok araştırmacı fizikokimyasal yöntemlere ve çok etkili olmayan geleneksel biyolojik yöntemlere alternatif olarak ucuz ve çevre dostu olan mikrobiyolojik yıkıma yani biyoteknolojik yaklaşımlara yönelmişlerdir [7, 18]. Yapılan araştırmalar funguslar, bakteriler, mayalar ve algler gibi çeşitli mikroorganizmaların belirli çevresel koşullarda pek çok boyanın rengini giderebileceği gibi bu boyaları tamamen mineralleştirilebileceğini de göstermiştir [18].

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışmalarda Kullanılan Organizma

Çalışmalarda İndigo Karmin tekstil boyasının renginin gideriminde bir beyaz çürükçül fungus türü olan *Pleurotus eryngii* (*P. eryngii*) kullanılmıştır. Bu fungus türü her 3–4 haftada bir taze Sabouraud Dekstroz Agar (SDA) içeren plaklara transfer edilerek statik inkübatörde 30 °C’ de 7 gün boyunca inkübe edilerek saf katı kültür olarak üretilmiştir. Elde edilen saf fungal kültür İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Biyoteknoloji Laboratuvarının buzdolabında 4 °C’ de stok kültür olarak muhafaza edilmektedir.

### 2.2. Fungal Peletlerin Hazırlanması

Öncelikle *P. eryngii*’ nin SDA üzerinde üretilmiş stok katı kültürlerinden yatık agara ekim yapılmış 30 °C’ de statik koşullarda fungusun yatık agarlı kültürü elde edilmiştir. Daha sonra yatık agarlı kültürden alınan misel süspansiyonu önce 250 mL’ lik erlenlerde bulunan Sabouraud Dekstroz Broth (SDB) ortamlarında 30 °C’ de 150 rpm’ de çalkalamalı olarak inkübe edilerek fungal peletler elde edilmiştir. Elde edilen bu peletler aseptik koşullarda düşük devirde homojenize edildikten sonra 1000 mL’ lik erlenlerde bulunan daha fazla hacimdeki SDB ortamlarına transfer edilmiştir. Bu funguslar da yeniden 30 °C’ de ve 150 rpm’ de çalkalamalı olarak inkübe edilerek deneylerde kullanılacak fungal peletler elde edilmiştir [19].

### 2.3. Çalışmalarda Kullanılan Tekstil Boyası

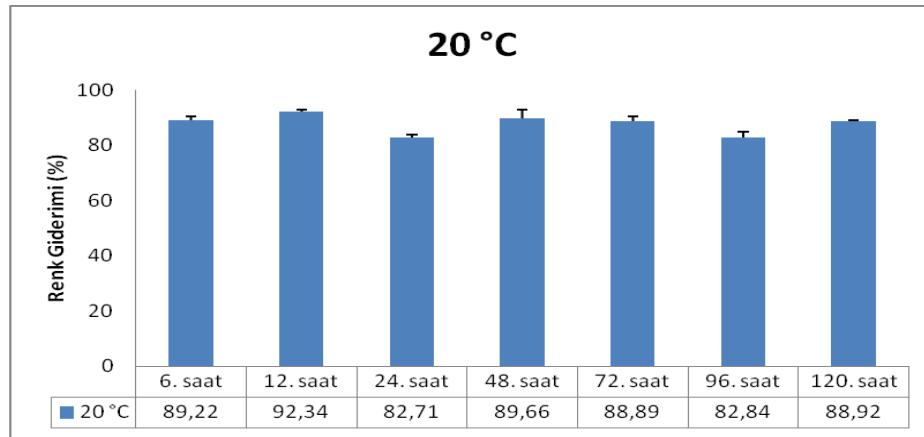
Çalışmalarda tekstil boyası olarak İndigo Karmin kullanılmış olup, son konsantrasyonda 100 mg/L olacak şekilde Stok Temel Ortama (STO) ilave edilmiştir.

### 2.4. Tekrarlı Kesikli Süreçte Gerçekleştirilen Renk Giderim Çalışmaları

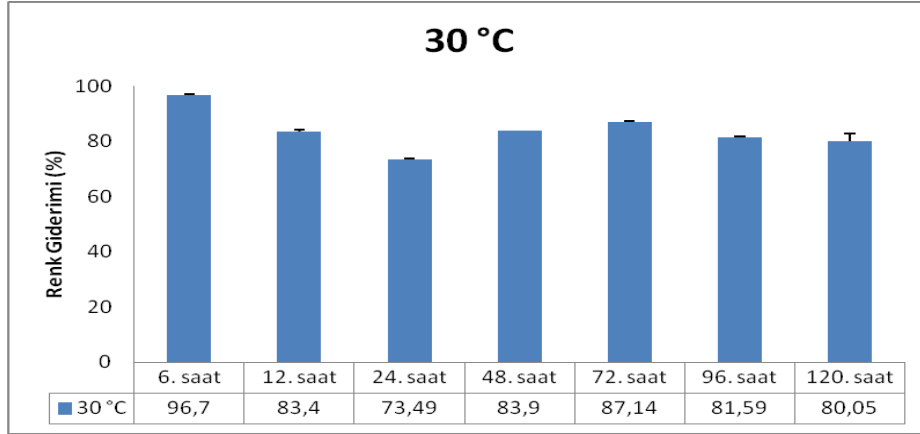
Elde edilen fungal peletler aseptik koşullar altında yaş ağırlık 30 g olacak şekilde 250 mL' lik erlenlere tartılmış olup, üzerlerine 50' şer mL olacak şekilde 100 mg/L İndigo Karmin içeren Stok Temel Ortam (STO) eklenmiştir. STO (g/L): 0,2 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,1 g CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; 0,05 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,5 g NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,035 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 2 g glukoz; 1 g maya özütü içermektedir [20]. Çalışmanın ilk aşamasında spektrofotometrik tarama sonucu İndigo Karmin' in maksimum ışık absorpladığı dalga boyu 609 nm olarak tespit edilmiştir. Boya içeren STO eklenmiş fungal peletler ayrı ayrı 20, 30, 40 ve 50 °C' lerde, 150 rpm çalkalama hızında, çeşitli zaman dilimlerinde (6, 12, 24, 48, 72, 96 ve 120. saatlerde) inkübe edilerek her bir zaman diliminde, steril koşullarda tamamen süzülerek örnekler alınmış ve üzerlerine aynı miktarlarda, aynı ortamlardan ilave edilmiştir. Her bir zaman diliminde elde edilen süzüntülerdeki kontrole kıyasla renk giderim değerleri spektrofotometrik (Shimadzu-UV-1601, UV/Visible) olarak saptanmıştır. Spektrofotometrik ölçümlerden elde edilen absorpsiyon değerleri SPSS 15.0 paket programı kullanılarak renk giderim oranlarına dönüştürülmüş ve aynı program aracılığıyla renk giderim oranlarının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapmaları da hesaplanmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada bir beyaz çürükçül fungus türü olan *P. eryngii*' nin peletleri kullanılarak tekrarlı kesikli süreçte, 150 rpm çalkalama hızında, çeşitli sıcaklıklarda (20, 30, 40 ve 50 °C) 100 mg/L son konsantrasyonda hazırlanan İndigo Karmin tekstil boyasının renginin giderimi araştırılmıştır. Buna göre; aynı fungal peletler 6, 12, 24, 48, 72, 96 ve 120. saat olmak üzere farklı zaman dilimlerinde 7 kez tekrarlı olacak şekilde renk giderim çalışmasında kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda; 20 °C' de yapılan uygulamada 6. saatte elde edilen renk giderimi %89,22 iken, 120. saatte saptanan renk giderimi %88,92 olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; test edilen tüm zaman periyotlarında her defasında yüksek renk giderimleri elde edilmiş olup, en yüksek renk giderimi 12. saatte %92,34' tür (Şekil 1).

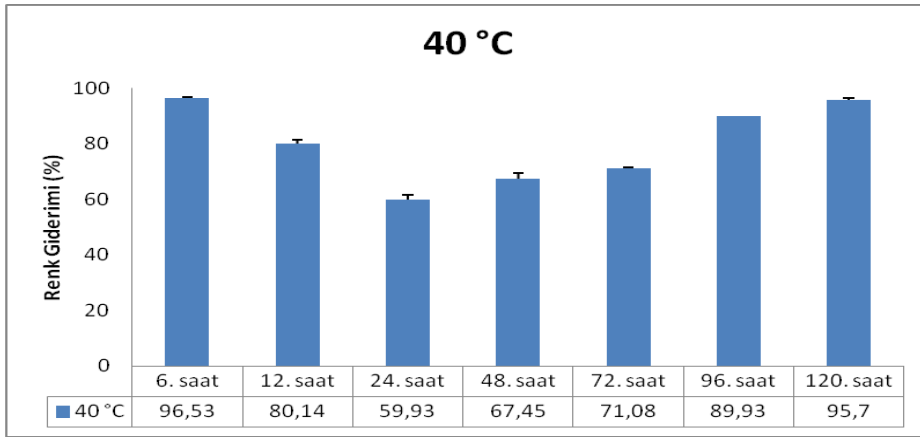


**Şekil 1.** Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile 20 °C' de, çalkalamalı koşullarda (150 rpm) ve farklı zaman dilimlerinde inkübasyonu sonucu saptanan renk giderim oranları. 30 °C' de gerçekleştirilen uygulamada Şekil 2' den de görüldüğü gibi en yüksek renk giderim verimi (%96,7) 6. saatte elde edilmiş olup, *P. eryngii* peletlerinin 120. saatteki renk giderim veriminin %80,05 olduğu saptanmıştır.



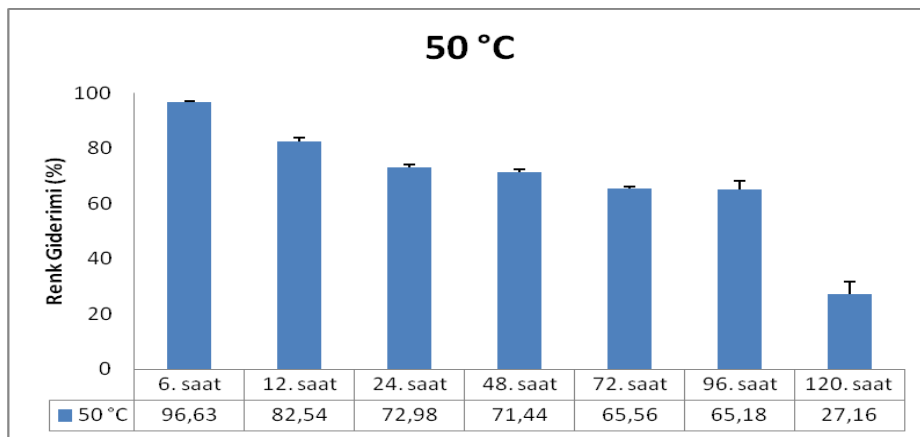
Şekil 2. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile 30 °C’ de, çalkalamalı koşullarda (150 rpm) ve farklı zaman dilimlerinde inkübasyonu sonucu saptanan renk giderim oranları.

Araştırılan bir diğer sıcaklık değeri olan 40 °C’ de ise; fungal peletlerin 7. kullanımında bile %95,7 gibi oldukça yüksek oranda renk giderim verimi elde edilmiştir (Şekil 3).



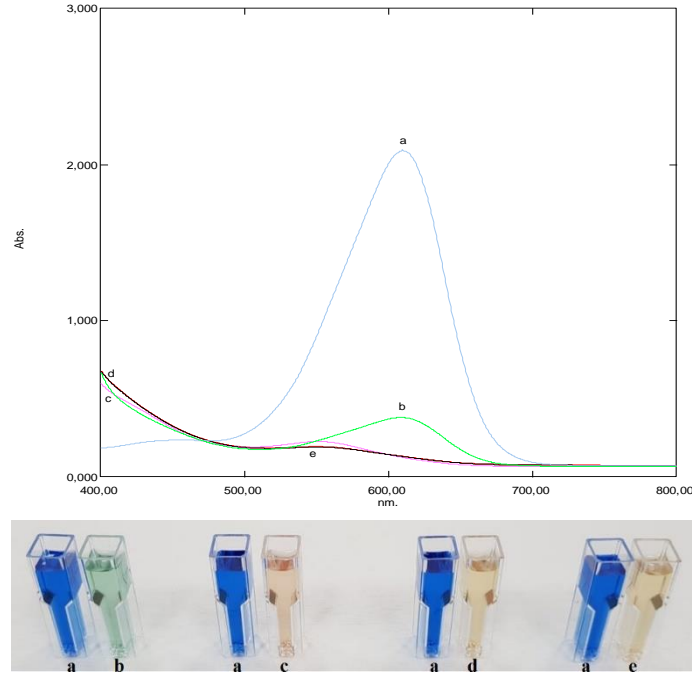
Şekil 3. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile 40 °C’ de, çalkalamalı koşullarda (150 rpm) ve farklı zaman dilimlerinde inkübasyonu sonucu saptanan renk giderim oranları.

Çalışmada kullanılan fungus türünün mezofilik bir mikroorganizma olmasından dolayı test edilen son sıcaklık parametresi olan 50 °C’ de zamana bağlı olarak fungus peletlerinin uygulanan ısıdan olumsuz etkilendiği düşünülmektedir. Buna göre; 50 °C’ de renk giderimleri zamana bağlı olarak kademeli bir şekilde azalmış olup, bu değer ilk uygulamada %96,63 iken, son uygulama olan 120. saatte %27,16 olarak belirlenmiştir (Şekil 4).

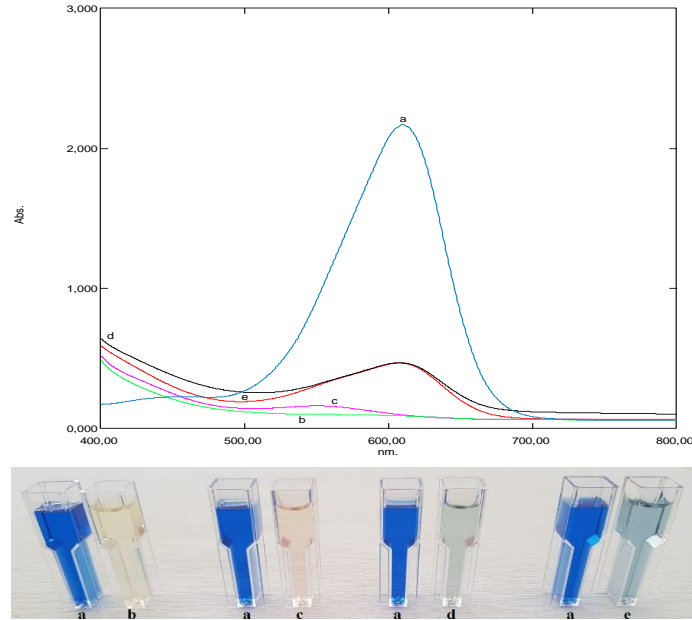


Şekil 4. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile 50 °C’ de, çalkalamalı koşullarda (150 rpm) ve farklı zaman dilimlerinde inkübasyonu sonucu saptanan renk giderim oranları.

Test edilen tüm sıcaklık değerlerinde farklı zaman dilimlerinde elde edilen spektrofotometrik renk giderim çalışmaları spektrofotometrik taramalar ve makroskobik görüntülerle de doğrulanmış ve kontrole kıyasla gerçekleşen renk giderimleri Şekil 5–Şekil 11’ de gösterilmiştir.

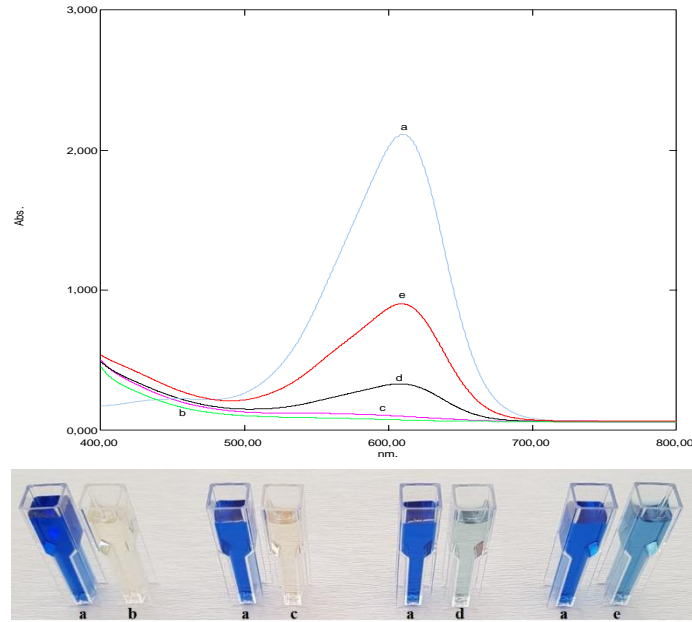


Şekil 5. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 6. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).

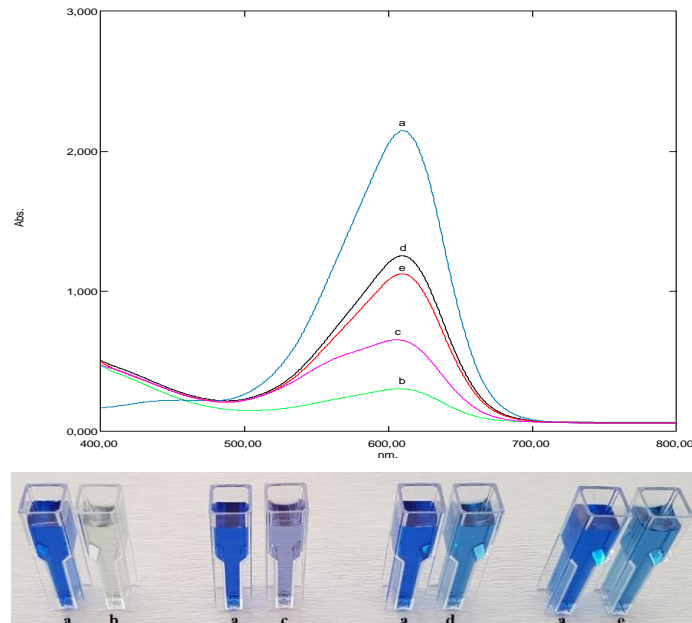


Şekil 6. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 12. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).

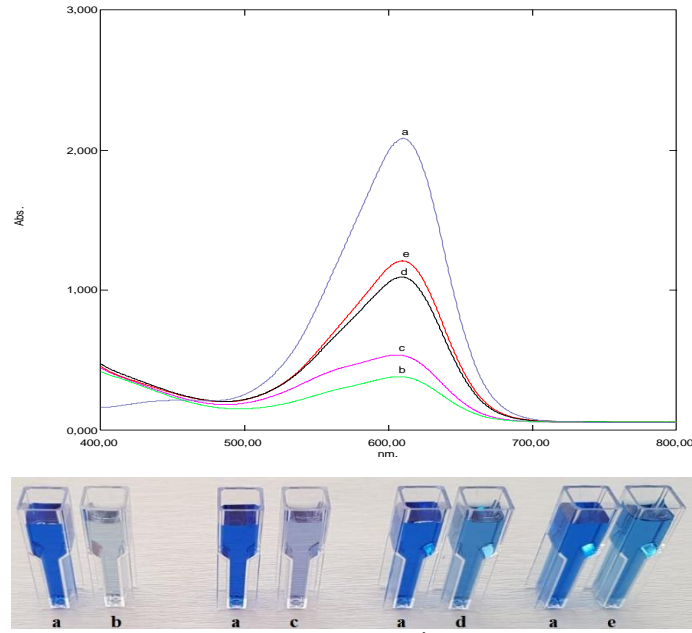




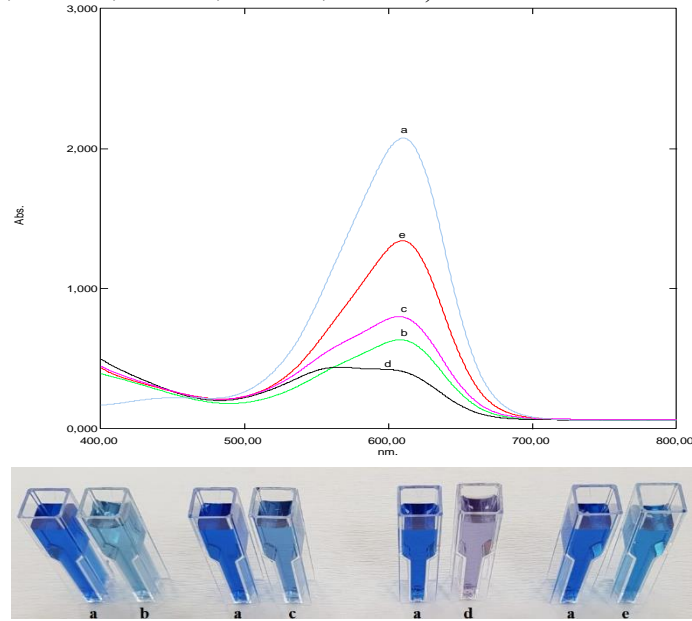
Şekil 7. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 24. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).



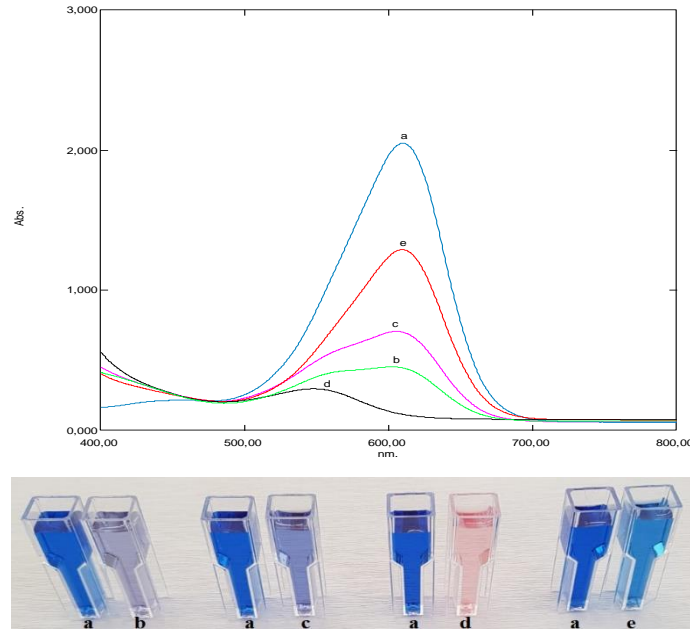
Şekil 8. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 48. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).



Şekil 9. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 72. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).



Şekil 10. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 96. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).



Şekil 11. Tekrarlı kesikli süreçte *P. eryngii* peletlerinin İndigo Karmin boyası ile muamelesi sonucu kontrole kıyasla 120. saatte gerçekleşen renk gideriminin spektrofotometrik tarama ve makroskobik görüntüleri (a:Kontrol, b:20 °C, c:30 °C, d:40 °C, e:50 °C).

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre; çevre dostu bir yöntemle çeşitli sıcaklıklarda ve zaman dilimlerinde tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir boya olan İndigo Karmin' in rengi etkili ve ekonomik bir şekilde tekrar tekrar giderilebilmiştir. Buna göre; mevcut çalışma referans alınarak daha pek çok tekstil boyası çeşitli koşullarda, farklı mikroorganizmalarla muamele edilerek genelde koyu olan renkleri ya tamamen ya da yüksek oranlarda giderilebilir. Bu çalışmada test edilmemesine karşın yapılan bazı çalışmalar rengi giderilmiş boya solüsyonlarının toksisitesinin de büyük oranda azaldığını göstermektedir.

Sonuç olarak; belirgin dezavantajlara sahip olmaksızın yüksek oranda rengi giderilmiş ve toksisitesi de ortadan kalkmış veya azalmış tekstil ve boya endüstrisi atıksularının daha ileri bir arıtım sonrasında alıcı ortamlara boşaltılması, bu ortamlarda yaşayan canlıların sağlığının korunması ve çevre kirliliğinin azaltılması açısından son derece önemlidir.

#### KAYNAKLAR

- [1] M. A. Rauf, S. S. Ashraf, *Survey of recent trends in biochemically assisted degradation of dyes*, **Chem. Eng. J.**, 209 (2012) 520–530.
- [2] P. D. Shah, S. R. Dave, M. S. Rao, *Enzymatic degradation of textile dye Reactive Orange 13 by newly isolated bacterial strain *Alcaligenes faecalis* PMS-1*, **Int. Biodeter. Biodegr.**, 69 (2012) 41–50.
- [3] S. Mohana, S. Shrivastava, J. Divecha, D. Madamwar, *Response surface methodology for optimization of medium for decolorization of textile dye Direct Black 22 by a novel bacterial consortium*, **Bioresour. Technol.**, 99 (2008) 562–569.
- [4] K. C. Chen, J. Y. Wu, D. J. Liou, S. C. J. Hwang, *Decolorization of the textile dyes by newly isolated bacterial strains*, **J. Biotechnol.**, 101 (2003) 57–68.
- [5] H. Wang, J. Q. Su, X. W. Zheng, Y. Tian, X. J. Xiong, T. L. Zheng, *Bacterial decolorization and degradation of the reactive dye Reactive Red 180 by *Citrobacter* sp. CK3*, **Int. Biodeter. Biodegr.**, 63 (2009) 395–399.
- [6] E. Franciscon, F. Piubeli, F. Fantinatti-Garboggini, C. R. De Menezes, I. S. Silva, A. Cavaco-Paulo, M. J. Grossman, L. R. Durrant, *Polymerization study of the aromatic amines generated by the biodegradation of azo dyes using the laccase enzyme*, **Enzyme Microb. Technol.**, 46 (2010) 360–365.

- [7] R. G. Saratale, G. D. Saratale, J. S. Chang, S. P. Govindwar, *Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review*, **J. Taiwan Inst. Chem. Eng.**, 42 (2011) 138–157.
- [8] U. U. Jadhav, V. V. Dawkar, G. S. Ghodake, S. P. Govindwar, *Biodegradation of Direct Red 5B, a textile dye by newly isolated Comamonas sp. UVS*, **J. Hazard. Mater.**, 158 (2008) 507–516.
- [9] D. C. Kalyani, P. S. Patil, J. P. Jadhav, S. P. Govindwar, *Biodegradation of reactive textile dye Red BLI by an isolated bacterium Pseudomonas sp. SUK1*, **Bioresour. Technol.**, 99 (2008) 4635–4641.
- [10] T. Robinson, B. Chandran, P. Nigam, *Removal of dyes from an artificial textile dye effluent by two agricultural waste residues, corncob and barley husk*, **Environ. Int.**, 28 (2002) 29–33.
- [11] R. C. Bonugli-Santos, L. R. Durrant, L. R. Sette, *The production of ligninolytic enzymes by marine-derived Basidiomycetes and their biotechnological potential in the biodegradation of recalcitrant pollutants and the treatment of textile effluents*, **Water Air Soil Pollut.**, 223 (2012) 2333–2345.
- [12] K. Murugesan, I. H. Nam, Y. M. Kim, Y. S. Chang, *Decolorization of reactive dyes by a thermostable laccase produced by Ganoderma lucidum in solid state culture*, **Enzyme Microb. Technol.**, 40 (2007) 1662–1672.
- [13] O. Yesilada, *Decolourization of crystal violet by fungi*, **World J. Microbiol. Biotechnol.**, 11 (1995) 601–602.
- [14] O. Yesilada, S. C. Yildirim, E. Birhanli, E. Apohan, D. Asma, F. Kuru, *The evaluation of pre-grown mycelial pellets in decolorization of textile dyes during repeated batch process*, **World J. Microbiol. Biotechnol.**, 26 (2010) 33–39.
- [15] T. Hadibarata, A. R. M. Yusoff, R. A. Kristanti, *Acceleration of anthraquinone-type dye removal by white-rot fungus under optimized environmental conditions*, **Water Air Soil Pollut.**, 223 (2012) 4669–4677.
- [16] O. Yesilada, B. Ozcan, *Decolorization of orange II dye with the crude culture filtrate of white rot fungus, Coriolus versicolor*, **Turk. J. Biol.**, 22 (1998) 463–476.
- [17] X. Zeng, Y. Cai, X. Liao, X. Zeng, W. Li, D. Zhang, *Decolorization of synthetic dyes by crude laccase from a newly isolated Trametes trogii strain cultivated on solid agro-industrial residue*, **J. Hazard. Mater.**, 187 (2011) 517–525.
- [18] A. Pandey, P. Singh, L. Iyengar, *Bacterial decolorization and degradation of azo dyes*, **Int. Biodeter. Biodegr.**, 59 (2007) 73–84.
- [19] E. Birhanli, O. Yesilada, *Enhanced production of laccase in repeated-batch cultures of Funalia trogii and Trametes versicolor*, **Biochem. Eng. J.**, 52 (2010) 33–37.
- [20] F. Boran, E. Birhanlı, Ö. Yeşilada, E. Özbey, *Comparison of indigo carmine decolorization by Pseudomonas aeruginosa and crude laccase enzyme from Funalia trogii*, **Turk. J. Biol.**, 43 (2019) 37–46.

TEPKİ YÜZEY METODOLOJİSİ İLE OPTİMİZE EDİLMİŞ FARKLI SICAKLIK,  
KONSANTRASYON VE SÜREDE BAKIRA MARUZ BIRAKILMIŞ *Gammarus pulex*'TE  
MALONDİALDEHİT SEVİYELERİNDEKİ DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ  
DETERMINATION OF THE CHANGES IN MALONDIALDEHYDE LEVELS OF *Gammarus  
pulex* EXPOSED TO COPPER METAL AT DIFFERENT TEMPERATURES,  
CONCENTRATIONS, AND TIMES OPTIMIZED BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Osman SERDAR

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, (Sorumlu Yazar)

Ayşegül PALA

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

ÖZET

Bakır (Cu) canlılarda normal gelişim ve biyolojik işlevlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan eser derişimlerin üstünde bulunmaları durumunda sucul organizmalarda olumsuz etkiler yapmaktadırlar. Bazı temel metabolik fonksiyonların yürütülebilmesi amacıyla az miktarda gereksinim duyulan Cu ortamdaki derişiminin artması, öncelikle metabolik aktivitesi yüksek olan organlarda birikmesine, diğer taraftan da enzimlerin aktif bölgelerini bloke ederek organizmada toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Cu'nun sucul organizmalara olan toksik etkisi miktarına ve türlere göre değişir. Sucul biotada Cu'nun zehirliliği öncelikle iyon haldeki bakıra (Cu<sup>+2</sup>) bağlıdır.

Lipit peroksidasyonu (LPO), organizmalardaki serbest radikallerin neden olduğu hasarın araştırılması için en yaygın ölçülen parametredir. LPO'nun belirlenmesinde en basit ve yaygın olarak kullanılan yöntem ve arakidonik asit endoperoksitlerinin parçalanma ürünü olan malondialdehit (MDA) düzeyinin tespit edilmesidir.

Bu çalışma, farklı koşullarda (sıcaklık, konsantrasyon ve maruziyet süreleri) Cu meteline maruz kalmış *G. pulex*'in malondialdehit (MDA) seviyelerindeki değişiklikleri araştırmak için yapılmıştır. Sıcaklık, Cu konsantrasyonu ve maruziyet süresi koşullarını optimize etmek için tepki yüzeyi metodolojisi (RSM) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre maruziyet süresi, konsantrasyon ve sıcaklık artıkça MDA seviyelerinde de artış tespit edilmiştir.

Cu ağır metali için *G. pulex*'te MDA seviyelerinde meydana gelen değişikliklere bakıldığında, *G. pulex*'te MDA, Cu toksitesi için biyobelirteç olarak kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Gammarus pulex*, yüzey tepki metodu, malondialdehit, bakır

ABSTRACT

Copper (Cu) has negative effects on aquatic organisms if they are above trace concentrations required for normal growth and maintenance of biological functions. In order to carry out some basic metabolic functions, the increase in the concentration of Cu, which is needed in a small amount, causes it to accumulate in organs with high metabolic activity, on the other hand, it causes toxic effects in the organism by blocking the active regions of the enzymes. The toxic effect of Cu on aquatic organisms varies according to the amount of Cu and species. In aquatic biota, the toxicity of copper is primarily related to ion copper (Cu<sup>+2</sup>). Soluble Cu largely complexes with carbonate, amino acids and humic particles.

Lipid peroxidation (LPO) is the most commonly measured parameter to investigate the damage caused by free radicals in organisms. The simplest and most widely used method for the determination of LPO is the determination of malondialdehyde (MDA) levels, the product of degradation of arachidonic acid endoperoxides.

This study was conducted to investigate the changes in MDA levels of *G. pulex* exposed to Cu metal at different parameters (temperature, concentration and exposure times). Response surface methodology (RSM) was used to optimize temperature, Cu concentration and exposure time conditions. According to



the results, increase in MDA levels was observed with increasing exposure time, concentration and temperature.

When the changes in MDA levels in *G. pulex* for Cu heavy metal are considered, MDA in *G. pulex* can be used as a biomarker for Cu toxicity.

**Keywords:** *Gammarus pulex*, reaction surface methodology, malondialdehyde, copper

## INTRODUCTION

Water is a natural resource in limited quantities. Therefore, activities that cause disruption of the natural ecological cycle of water should be avoided. Water pollution; It is the negative change in the water quality which decreases or renders useless the use of these environments due to the disruption of the ecological balance in aquatic environments due to human impact. Today, as a result of increasing industrialization, pollution of natural waters with heavy metals causes the ecological balance to deteriorate. It is important to determine the effects of heavy metals such as cadmium (Cd), lead (Pb) and mercury (Hg), which are the source of protein for the protection of ecological balance and human health (Görmez, 2003).

Heavy metals, which increase their concentration in the aquatic environment due to both natural sources and anthropogenic factors, can be taken up by aquatic organisms and transported to the upper trophic levels by increasing the food chain (Hilmy et al., 1985; Nemsok and Hughes, 1988). Heavy metals, as well as mortality at high ambient concentrations, can cause disturbances in various biochemical and physiological functions of aquatic organisms (Moraitou-Apostolopoulou and Verriopoulos, 1982; Heath, 1995).

MDA occurs as a result of oxidative peroxidation of polyunsaturated fatty acids (linolenic acid, arachidonic acid, docosahexaenoic acid) containing 2 or more double bonds (Özden, 2006). *Gammarus*, known as clean water indicators, are known to be susceptible to many toxic substances.

*Gammarus* are one of the most commonly used living groups in toxicological studies and have advantages such as being abundant in rivers, easy to obtain, easy adaptation to laboratory conditions and rapid reproduction (Arthur, 1980). *Gammarus*'es are widespread amphipod crustacean (Barnard and Barnard, 1983), often used as a biological model in ecotoxicological studies that aim at developing biomarkers, especially antitoxic defence system biomarkers (Sroda and Cossu-Leguille, 2011a; Gismondi et al., 2012).

Classic and classical methods can not show all combinations affect an experiment. At the same time, these methods take a lot of time to achieve optimum levels. Using a statistical experimental design that optimizes all impressive parameters in bulk, these limitations can be eliminated. For the modeling of process parameters, RSM involves a small number of experiments and is therefore widely used in various processes ( Zahangir et al., 2007; Bingöl et al., 2012; Mahalik et al., 2010 ). The primary objective of RSM is to determine the optimum operating conditions for the system or to identify a zone that meets the operating conditions (Krishna and Sree, 2014; Mahalik et al., 2010). In this study, the effect of some study variables such as water temperature, Cu concentration, and contact time Cu ion concentration on the change in MDA level was investigated.

## RESEARCH AND RESULTS

### Standard solutions

All chemicals used were of analytical grade and were obtained from Merck (Darmstadt, Germany). Stock solution 1000 mg of L<sup>-1</sup> Cu was prepared by dissolving the correct amount in ultra-pure water.

### Sample Supply

The living organism *G. pulex* used in the experiment was obtained from stock aquariums cultured in the aquaculture laboratory of the Fisheries Faculty of Munzur University. These organisms were fed from rotten willow leaves in stock aquariums at a temperature of 18 ± 0.5 °C and in a climate-controlled room

in the 12:12 light: dark cycle. Experimental groups were formed at different Cu concentrations (10 to 20 µg L<sup>-1</sup>) at various temperatures (ranging from 18 to 22 ° C) and at a different time (8 to 48 h).

### Experimental Design and Optimization with RSM

Optimum conditions for the determination of Cu effect in *G. pulex* were determined by a three-factor, three-level "Design Expert" experimental design combined with RSM and quadratic programming. Experiments were carried out in one liter glass aquariums (Table 1). 10 male *G. pulex* were added to each group. *G. pulex* samples were taken at 8, 28 and 48 hours of the experiment and stored in deep freezer until analysis.

**Table1.** RSM Optimization Experimental Design

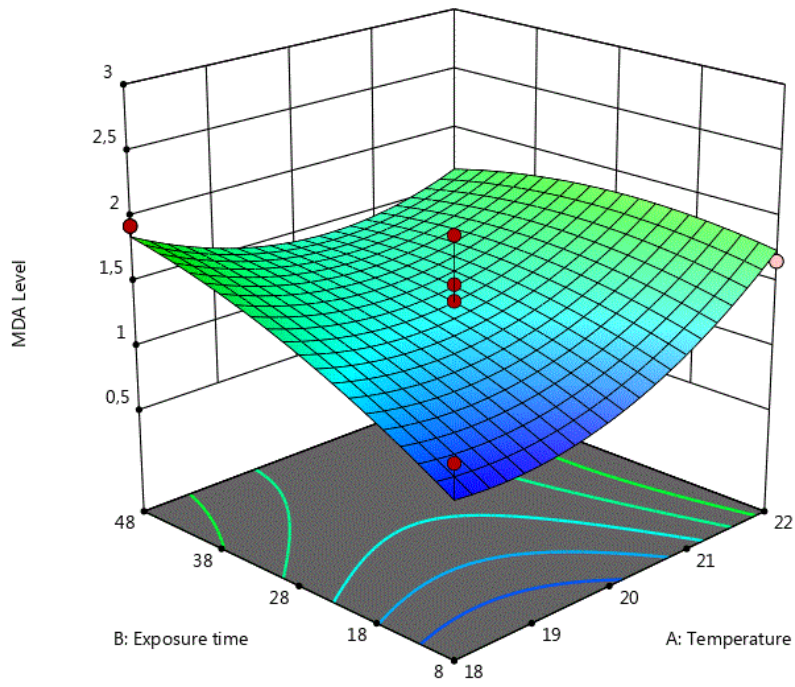
Std	Run	Factor 1 A:Temperature (°C)	Factor 2 B: Exposure time (h)	Factor 3 C: Concentration of Cu (ppb)	Response MDA (nmol)
14	1	20	28	15	0.84
2	2	22	8	15	1.67
17	3	20	28	15	1.87
6	4	22	28	10	1.33
15	5	20	28	15	1.49
16	6	20	28	15	1.20
3	7	18	48	15	1.94
13	8	20	28	15	1.36
7	9	18	28	20	1.28
9	10	20	8	10	0.85
10	11	20	48	10	1.43
1	12	18	8	15	1.10
4	13	22	48	15	1.40
8	14	22	28	20	2.71
11	15	20	8	20	0.93
5	16	18	28	10	1.36
12	17	20	48	20	1.63

Güven et al. (1998), in their study reported that copper acute toxicity respectively 24, 48, 72 and 96 hours 0.2, 0.17, 0.12 and 0.1 ppm in *G. pulex*. In this study, literature was searched to determine sublethal concentrations.

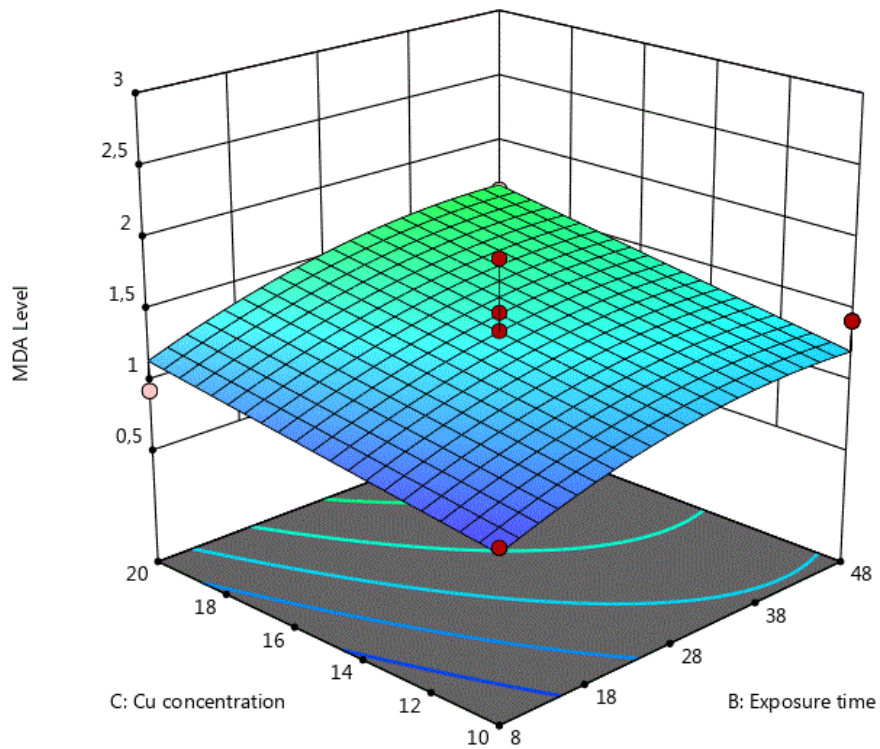
Exposure time and temperature; in the relationship between RSM-optimized exposure time and concentration determined that MDA levels trend to increase with increasing exposure time and temperature Figure 1-a.

Cu concentrations and exposure time; in the relationship between RSM-optimized Cu concentration and exposure time determined that MDA levels trend to increase with increasing Cu concentration and exposure time Figure 1-b.

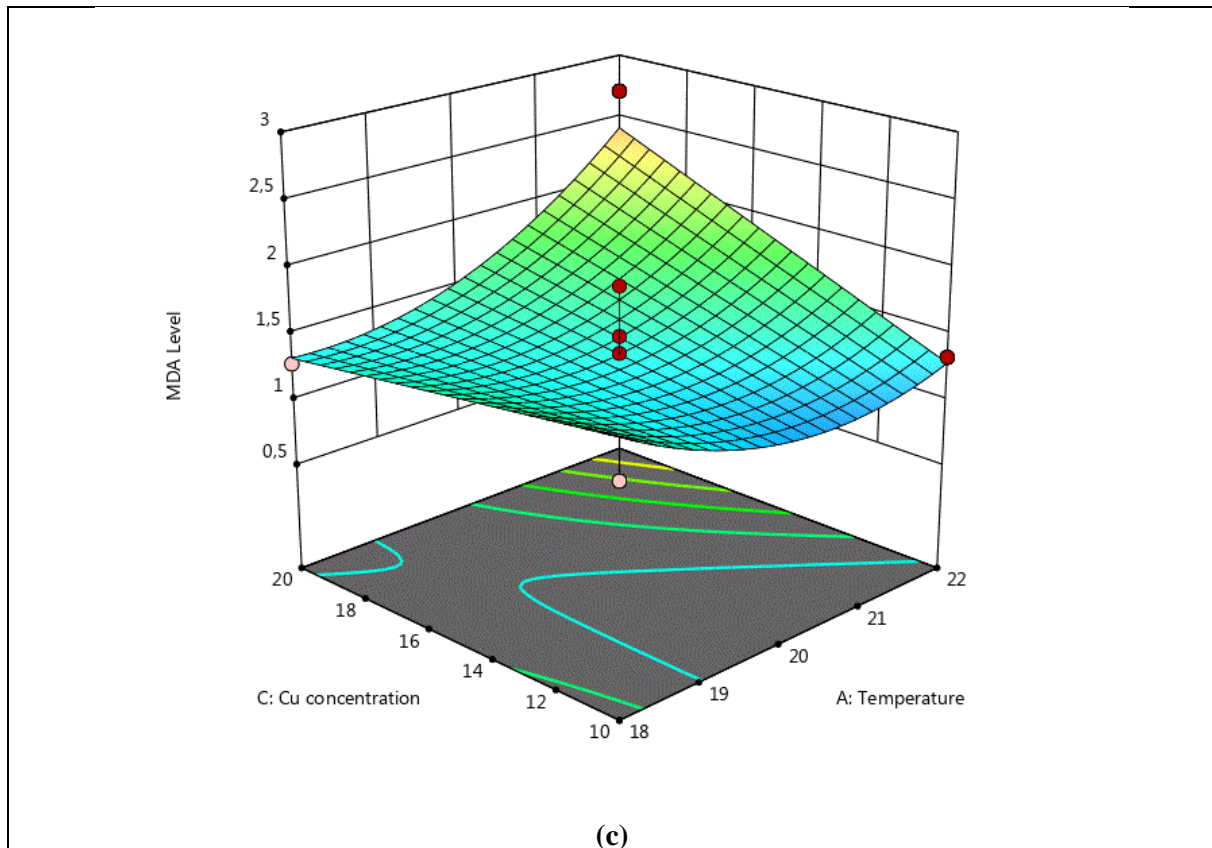
Cu concentrations and temperature; in the relationship between RSM-optimized Cu concentration and temperature determined that MDA levels trend to increase with increasing Cu concentration and temperature Figure 1-c



(a)



(b)



**Figure 1.** 3D response surface methodology plots and the contour diagrams for MDA levels: (a: exposure time - temperature; b: Cu concentration - exposure time; c: Cu concentration - temperature).

## DISCUSSION

In the aquatic environment, pollution can cause toxic effects such as lipid peroxidation by increasing ROS production resulting from the imbalance between ROS concentration and antioxidant defence system (Regoli et al., 2004). Key antioxidant enzymes and non-enzymatic antioxidants have been shown to be influenced by various single pollutants known to increase ROS levels (Valko et al., 2006; Ryter et al., 2007). Lipid peroxidation, considered as a valuable indicator of oxidative damage of cellular components known as the first step in cellular membrane damage, is caused by pesticides, metals and other xenobiotics (Gamble et al., 1995; Regoli et al., 1998).

Sroda and Cossu-Leguille (2011a), investigated how to change the MDA levels of Cu in two gammarid species. They reported that the MDA levels increased with increasing Cu concentration compared to the study data. Sroda and Cossu-Leguille (2011b) investigated the effect of seasonal changes on antioxidant markers in *G. roeselli*. In parallel with the increase in temperature, the model reported the increase of MDA level in living organisms. In this study as a parallel, MDA levels had increased with increasing temperature, Cu concentrations and exposure time.

Overall, the results indicate that MDA has potential for use as biomarker and also Cu exposure and Cu toxicity in *G. pulex* in controlled laboratory ecotoxicological studies.

## CONCLUSIONS

The results of this study demonstrate the change of MDA levels on *G. pulex* effectively with RSM-optimized at different temperatures, ratings, and exposure time. Whatever the tested exposure conditions (temperature, Cu concentrations, and exposure time), the responses of a given biomarker exhibited the same reaction (either a decrease or an increase) when compared to each other. The results revealed that *G. pulex* is a useful biomarker to determine the effectiveness of MDA levels.

**REFERENCES**

- Arthur, J.W. (1980). Review of freshwater bioassay procedures for selected amphipods. In *Aquatic Invertebrate Bioassays*. ASTM International.
- Barnard, J.L. and Barnard, C.M. (1983). *Freshwater Amphipoda of the World I & II*. Hayfield Associates, Mt. Vernon, VA, USA.
- Bingöl, D., Veli, S., Zor, S., and Özdemir, U. (2012). Analysis of adsorption of reactive azo dye onto CuCl<sub>2</sub> doped polyaniline using Box–Behnken design approach. *Synthetic metals*, 162(17-18), 1566-1571.
- Gamble, S.C., Goldfarb, P.S., Porte, C., and Livingstone, D.R. (1995). Glutathione peroxidase and other antioxidant enzyme function in marine invertebrates (*Mytilus edulis*, *Pecten maximus*, *Carcinus maenas* and *Asterias rubens*). *Marine Environmental Research*, 39(1-4), 191-195.
- Gismond, E., Cossu-Leguille, C., and Beisel, J. N. (2012). Does the acanthocephalan parasite *Polymorphus minutus* modify the energy reserves and antitoxic defences of its intermediate host *Gammarus roeseli*?. *Parasitology*, 139(8), 1054-1061.
- Görmez, K. (2003). *Çevre sorunları ve Türkiye*. Gazi Kitabevi.
- Güven, K., Özbay, C., Ünlü, E., and Satar, A. (1999). Acute lethal toxicity and accumulation of copper in *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). *Turkish Journal of Biology*, 23(4), 513-522.
- Heath, A.G. (2018). *Water pollution and fish physiology*. CRC press.
- Hilmy, A. M., Shabana, M. B., and Daabees, A. Y. (1985). Bioaccumulation of cadmium: toxicity in *Mugil cephalus*. *Comparative biochemistry and physiology. C, Comparative pharmacology and toxicology*, 81(1), 139-144.
- Krishna, D., & Sree, R. P. (2014). Response Surface Modeling and Optimization of Cu (II) Removal from Waste Water Using Borasus Flabellifer Coir Powder. *International journal of applied science and engineering*, 12(3), 157-167.
- Mahalik, K., Sahu, J. N., Patwardhan, A. V., and Meikap, B. C. (2010). Statistical modelling and optimization of hydrolysis of urea to generate ammonia for flue gas conditioning. *Journal of hazardous materials*, 182(1-3), 603-610.
- Moraitou-Apostolopoulou, M., and Verriopoulos, G. (1982). Individual and combined toxicity of three heavy metals, Cu, Cd and Cr for the marine copepod *Tisbe holothuriae*. *Hydrobiologia*, 87(1), 83-87.
- Nemcsok, J. G., and Hughes, G. M. (1988). The effect of copper sulphate on some biochemical parameters of rainbow trout. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 49(1), 77-85.
- Özden, S., 2006. Investigation of oxidative stress potential and antioxidant effects of some pesticides in rats, PhD Thesis, Istanbul University Institute of Health Sciences, İstanbul. 174p. In Turkish
- Placer, Z. A., Cushman, L. L., and Johnson, B. C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical biochemistry*, 16(2), 359-364.
- Regoli, F., Nigro, M., and Orlando, E. 1998. Lysosomal and antioxidant responses to metals in the Antarctic scallop *Adamussium colbecki*. *Aquatic Toxicology*, 40(4), 375-392.
- Regoli F., Frenzilli G., Bocchetti R., Annarumma F., Scarcelli V., Fattorini D., and Nigro M. 2004. Time-course variations of oxyradical metabolism, DNA integrity and lysosomal stability in mussels, *Mytilus galloprovincialis*, during a field translocation experiment. *Aquatic Toxicology* 68:167–178.
- Ryter S.W., Kim H.P., Hoetzel A., Park J.W., Nakahira K., Wang X., and Choi A.M., (2007). Mechanism of cell death in oxidative stress. *Antiox Redox Signal* 9:49–89
- Sroda, S. and Cossu-Leguille, C. (2011a). Effects of sublethal copper exposure on two gammarid species: which is the best competitor?. *Ecotoxicology* 20(1), 264–273. 9.
- Sroda, S. and Cossu-Leguille, C., (2011b). Seasonal variability of antioxidant biomarkers and energy reserves in the freshwater gammarid *Gammarus roeseli*. *Chemosphere*, 83(4): 538-544.
- Valko, M., Rhodes, C., Moncol, J., Izakovic, M.M., and Mazur, M., (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, 160(1), 1-40.
- Zahangir, A. L. A. M., Muyibi, S. A., and Toramae, J. (2007). Statistical optimization of adsorption processes for removal of 2, 4-dichlorophenol by activated carbon derived from oil palm empty fruit bunches. *Journal of Environmental Sciences*, 19(6), 674-677.



**NİKEL AĞIR METALİNE MARUZ KALAN *Gammarus pulex*'te MALONDİALDEHİT SEVİYESİNİN ARAŞTIRILMASI**  
**INVESTIGATION OF MALONDIALDEHYDE LEVEL IN *Gammarus pulex* EXPOSED TO NICKEL HEAVY METAL**

**Osman SERDAR**

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, (Sorumlu Yazar)

**Ayşegül PALA**

Dr. Araştırma Görevlisi, Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

**ÖZET**

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Nikel (Ni) bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak da değişir. Ni, çevrede çok düşük seviyede bulunan iz elementlerdendir. Gıda maddeleri, doğal olarak küçük miktarlarda Ni içerir. Ni az miktarda alınması vücut için gereklidir; fakat aşırı derişimlerde alınırsa insan sağlığı için tehlikeli olabilir.

Lipit peroksidasyonu (LPO), membran yapısını bozarak, iyon geçirgenliğinin artmasına, membran akışkanlığında kayba sebebiyet verir. LPO reaktif oksijen türlerine (ROS) bağlı hasar ile ilgili en çok araştırılan konulardan bir tanesidir. Membranlarda bulunan fosfolipidler ROS'un etki edebileceği, en bol bulunan hedeflerdir. Özellikle poliansatüre yağ asidi (PUFA) grupları ROS tepkimelerine oldukça duyarlıdır. Biyolojik örneklerde lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olarak malondialdehid (MDA) tayini yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Bu çalışmada, farklı koşullarda (sıcaklık, konsantrasyon ve maruziyet süreleri) Ni metaline maruz kalmış *Gammarus pulex*'in MDA seviyelerindeki değişiklikleri araştırmak için yapılmıştır. Sıcaklık, Ni konsantrasyonu ve maruziyet süresi koşullarını optimize etmek için tepki yüzeyi metodolojisi (RSM) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre maruziyet süresi, konsantrasyon ve sıcaklık artıka MDA seviyelerinde de artış tespit edilmiştir.

Ni ağır metali için *G. pulex*'te MDA seviyelerinde meydana gelen değişikliklere bakıldığında, *G. pulex*'te MDA, Ni toksitesi için biyobelirteç olarak kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Gammarus pulex*, yüzey tepki metodu, malondialdehit, nikel

**ABSTRACT**

Whether a heavy metal is vital also depends on the organism being considered. For example, while nickel (Ni) is toxic to plants, it must be present as a trace element in animals. In some systems, the mechanism of action of heavy metals also varies depending on the concentration. Ni is one of the trace elements in the environment. Foodstuffs naturally contain small amounts of Ni. Taking a small amount of Ni is necessary for the body; but it can be dangerous to human health if taken at extreme concentrations.

Lipid peroxidation (LPO) disrupts the membrane structure and increases ion permeability, causing loss of membrane fluidity. LPO is one of the most researched issues related to reactive oxygen species (ROS) related damage. Phospholipids in membranes are the most abundant targets for ROS. Particularly polyunsaturated fatty acid (PUFA) groups are highly sensitive to ROS reactions. Determination of malondialdehyde (MDA) as an indicator of lipid peroxidation in biological samples is a widely used method.

This study was conducted to investigate the changes in MDA levels of *Gammarus pulex* exposed to Ni metal at different parameters (temperature, concentration and exposure times). Response surface methodology (RSM) was used to optimize temperature, Ni concentration and exposure time conditions. According to the results, increase in MDA levels was observed with increasing exposure time, concentration and temperature.

When the changes in MDA levels in *G. pulex* for Ni heavy metal are considered, MDA in *G. pulex* can be used as a biomarker for Ni toxicity.

**Keywords:** *Gammarus pulex*, reaction surface methodology, malondialdehyde, nickel

## GİRİŞ

Su sınırlı miktarda doğal bir kaynaktır. Bu nedenle, doğal ekolojik su döngüsünün bozulmasına neden olan faaliyetlerden kaçınılmalıdır. Su kirliliği; ekolojik dengenin, insan etkisinden dolayı su ortamlarındaki bozulması ve bu ortamların kullanımını azaltan veya kullanılmaz hale getiren, su kalitesindeki olumsuz değişimdir. Günümüzde sanayileşmenin artmasının bir sonucu olarak, doğal suların ağır metallerle kirlenmesi ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Ekolojik dengenin ve insan sağlığının korunmasında protein kaynağı sucul organizmalarda ağır metallerin etkilerini belirlemek önemlidir (Görmez, 2003).

Hem doğal kaynaklar hem de antropojenik faktörler nedeniyle sucul ortamdaki konsantrasyonlarını artıran ağır metaller, sucul organizmalar tarafından alınabilir ve besin zinciri vasıtasıyla artarak üst trofik seviyelere taşınabilir (Hilmy ve ark., 1985; Nemsock ve Hughes, 1988). Ağır metaller, yüksek konsantrasyonlarda ölümlere ve sucul organizmalarının çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik fonksiyonlarında bozulmalara neden olabilirler (Moraitou-Apostolopoulou ve Verriopoulos, 1982; Heath, 1995).

MDA, iki veya daha fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif peroksidasyonu sonucunda meydana gelir (Özden, 2006).

Temiz su göstergeleri olarak bilinen *Gammarus*ların birçok toksik maddeye duyarlı olduğu bilinmektedir. *Gammarus*lar, toksikoloji çalışmalarda en sık kullanılan yaşam gruplarından biridir ve nehirlerde bol olmaları, kolay elde edilmeleri, laboratuvar koşullarına kolay adaptasyon olmaları ve hızlı üremeleri gibi avantajlara sahiptirler (Arthur, 1980).

Tüm etkileyici parametreleri toplu halde optimize eden istatistiksel bir deneysel tasarım kullanarak sınırlamalar ortadan kaldırılabilir. Proses parametrelerinin modellenmesi için yüzey tepki metodu (RSM) az sayıda deneyi içerir ve bu nedenle çeşitli işlemlerde yaygın olarak kullanılır (Zahangir ve ark., 2007; Bingöl ve ark., 2012; Mahalik ve ark., 2010). RSM'nin temel amacı, sistem için optimum çalışma koşullarını belirlemek veya çalışma koşullarını karşılayan bir bölgeyi tanımlamaktır (Krishna ve Sree, 2014; Mahalik ve ark., 2010). Bu çalışmada, su sıcaklığı, Ni konsantrasyonu ve maruziyet süresi gibi bazı çalışma parametrelerin MDA seviyesindeki değişiklik etkisi araştırılmıştır.

## ARAŞTIRMA VE BULGULAR

### Deneysel Tasarım ve RSM ile Optimumizasyonu

*G. pulex*'e farklı sıcaklıklarda (18, 20 ve 22 °C) periyotlarda (8, 28 ve 48 saat) ve subletal Ni konsantrasyonlarının (50, 150 ve 250 ppb) uygulandığı deney tasarımı oluşturulmuştur (Tablo 1). *G. pulex*'te Ni etkisinin belirlenmesi için optimum koşullar, RSM ve ikinci dereceden programlama ile birleştirilmiş üç faktörlü, üç seviyeli bir "Design Expert" deney tasarımıyla belirlenmiştir. Deneyler bir litrelik cam akvaryumlarda yapılmıştır. Her gruba 10 erkek *G. pulex* ilave edilmiştir. Deneyin 8, 28 ve 48. saatlerinde *G. pulex* örnekleri alınarak analize kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

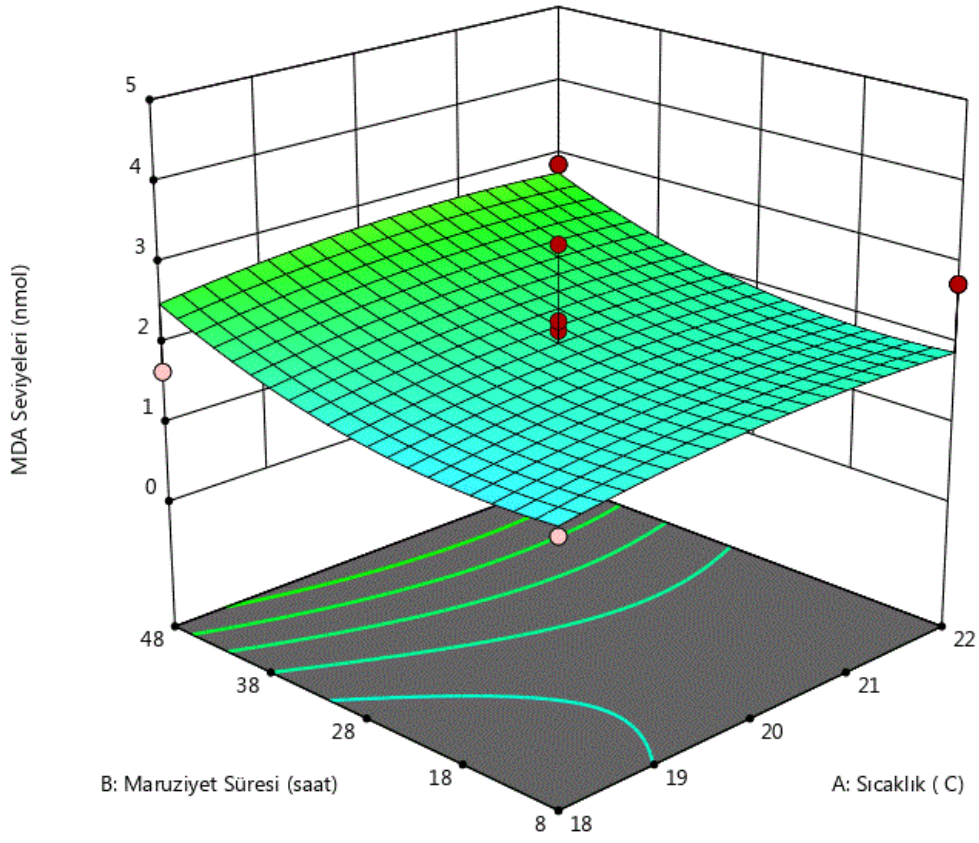
**Tablo 1.** RSM ile optimize edilmiş deneysel tasarı koşulları ve MDA seviyeleri

Std	Run	Faktör 1 A:Sıcaklık (°C)	Faktör 2 B: Maruziyet süresi (saat)	Faktör 3 C: Ni konsantrasyonları (ppb)	MDA Seviyesi (nmol)
1	1	18	8	150	1,55
8	2	22	28	250	2,32
11	3	20	8	250	2,12
9	4	20	8	50	1,63
3	5	18	48	150	1,66
4	6	22	48	150	2,87
6	7	22	28	50	1,33
15	8	20	28	150	1,05
16	9	20	28	150	3,25
10	10	20	48	50	2,53
13	11	20	28	150	2,18
14	12	20	28	150	2,30
17	13	20	28	150	1,31
7	14	18	28	250	4,37
5	15	18	28	50	0,75
12	16	20	48	250	4,39
2	17	22	8	150	2,76

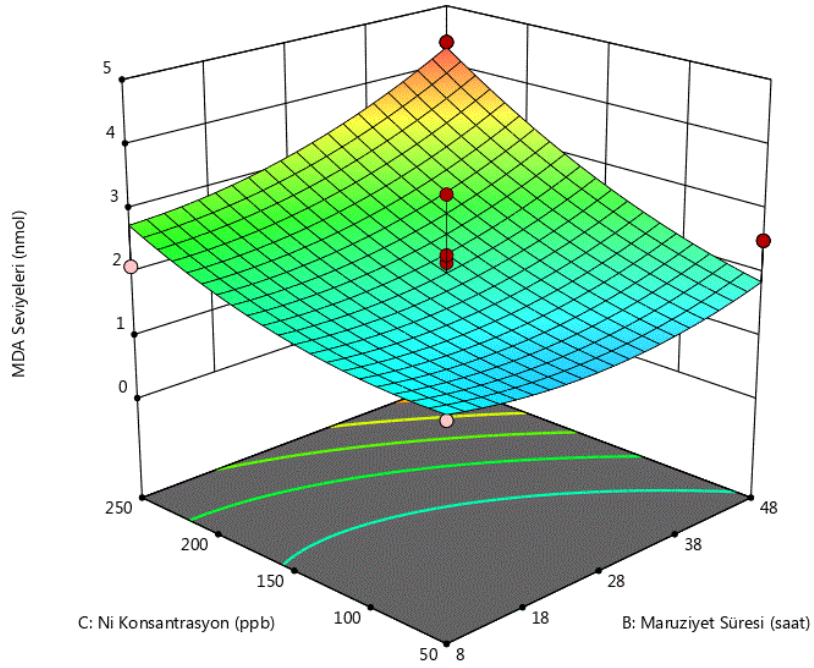
Maruz kalma süresi ve sıcaklık; RSM ile optimize edilmiş maruz kalma süresi ve konsantrasyon parametreleri arasındaki ilişki incelendiğinde, MDA seviyelerinin artan maruz kalma süresi artma eğiliminde olduğu, sıcaklığın artışı ile ise değişmediği belirlenmiştir (Şekil 1-a).

Ni konsantrasyonları ve maruz kalma süresi; RSM ile optimize edilmiş Ni konsantrasyonları ve maruz kalma süresi parametreleri arasındaki ilişki incelendiğinde, MDA seviyelerinin artan Ni konsantrasyonu artma eğiliminde olduğu, maruz kalma süresi ile ise değişmediği belirlenmiştir (Şekil 1-b).

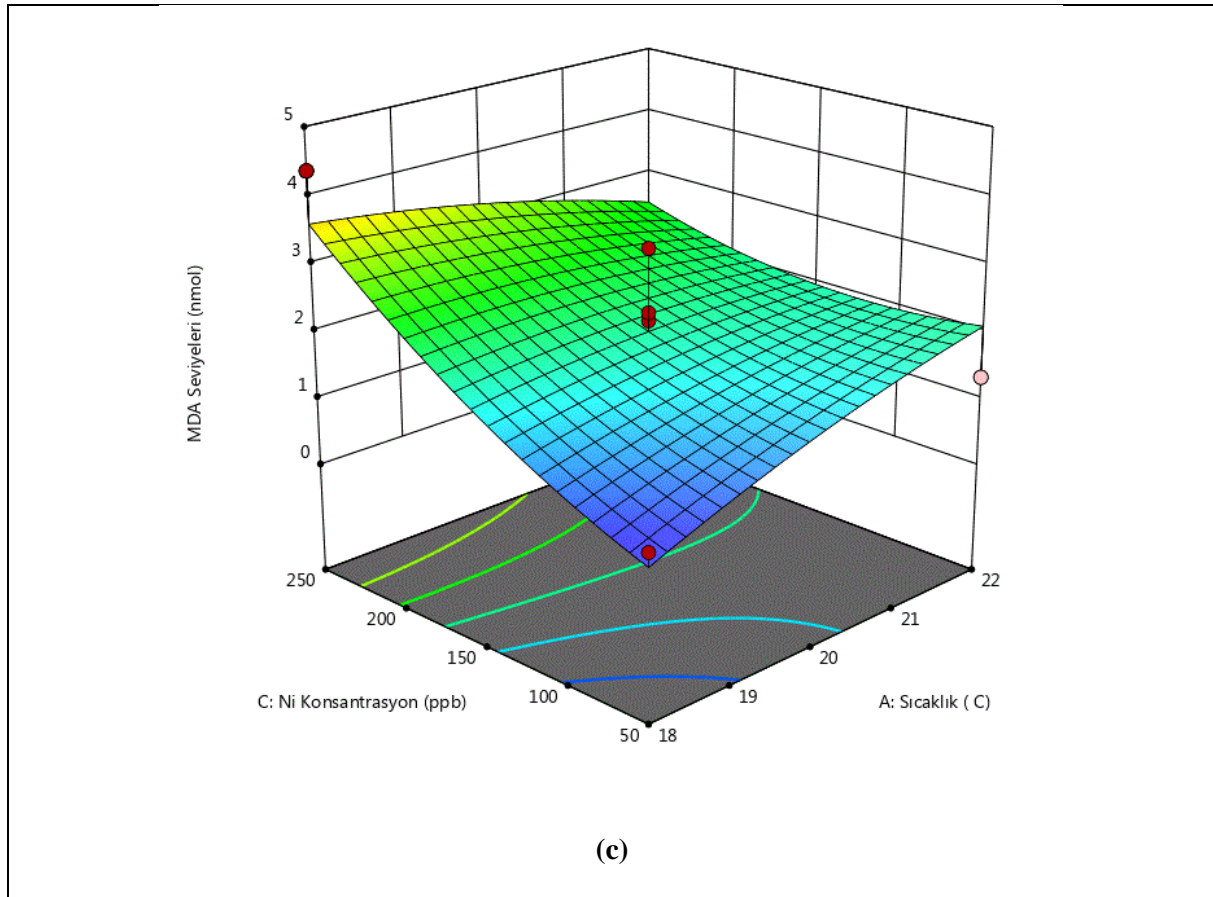
Ni konsantrasyonları ve sıcaklık; RSM ile optimize edilmiş Ni konsantrasyonları ve sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde, MDA seviyelerinin artan Ni konsantrasyonları ve sıcaklık ile artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 1-c).



(a)



(b)



**Şekil 1.** MDA seviyeleri için tepki yüzey metodolojisi 3D diyagramları: (a: Maruziyet süresi, - Sıcaklık; b: Ni Konsantrasyonları - Maruziyet süresi; c: Ni Konsantrasyonları - Sıcaklık).

### TARTIŞMA

Haque ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada Cu, Pb, As ve Zn metallerine 48 ve 96 saat maruz bıraktıkları *Neomysis awatschensis* organizmalarında cevap olarak, MDA seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre MDA konsantrasyonlarının, daha kısa maruz kalma sürelerinin (48 saat) ardından nispeten yüksek metal konsantrasyonlarından önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Wang ve Wang (2010) yaptıkları çalışmada *Tigriopus japonicus* organizmasını Ni metaline maruziyetine bağlı oksidatif hasarı belirlemişlerdir. Çalışmalarında elde ettikleri verilere göre Ni'e maruz bırakılan organizmalarda LPO seviyesinin kontrol değerinden beklenmedik bir şekilde düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada ise Ni'ye maruz bırakılan *G. pulex* organizmalarında konsantrasyon ve maruziyet arttıkça MDA seviyelerinde artış gözlemlenmiştir. Sıcaklıktaki değişimin MDA seviyelerinin değişimi üzerinde etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmanın sonuçları MDA'nın *G. pulex*'te kontrollü laboratuvar koşullarındaki ekotoksikolojik çalışmalarında biyolojik belirteç olarak kullanım potansiyeline ve MDA'nın *G. pulex*'te Ni toksisitesinin için biyobelirteç olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

### SONUÇ

Bu çalışmada, RSM ile optimize edilmiş farklı sıcaklıklarda, Ni konsantrasyonlarında ve maruz kalma sürelerinde *G. pulex*'teki MDA seviyelerinin değişimi belirlenmiştir. Test edilen maruz kalma koşulları (sıcaklık, Ni konsantrasyonları ve maruz kalma süresi) MDA seviyeleri üzerine değişimlere medem olduğunu göstermiştir. Sonuçlar *G. pulex*'te Ni toksisitesi için MDA'nın yararlı bir biyobelirteç olduğunu ortaya koymuştur.



**KAYNAKLAR**

- Arthur, J.W. (1980). Review of freshwater bioassay procedures for selected amphipods. In *Aquatic Invertebrate Bioassays*. ASTM International.
- Bingöl, D., Veli, S., Zor, S., and Özdemir, U. (2012). Analysis of adsorption of reactive azo dye onto CuCl<sub>2</sub> doped polyaniline using Box–Behnken design approach. *Synthetic metals*, 162(17-18), 1566-1571.
- Görmez, K. (2003). *Çevre sorunları ve Türkiye*. Gazi Kitabevi.
- Haque, M. N., Lee, D. H., Kim, B. M., Nam, S. E., & Rhee, J. S. (2018). Dose-and age-specific antioxidant responses of the mysid crustacean *Neomysis awatschensis* to metal exposure. *Aquatic toxicology*, 201, 21-30.
- Heath, A.G. (2018). *Water pollution and fish physiology*. CRC press.
- Hilmy, A. M., Shabana, M. B., and Daabees, A. Y. (1985). Bioaccumulation of cadmium: toxicity in *Mugil cephalus*. *Comparative biochemistry and physiology. C, Comparative pharmacology and toxicology*, 81(1), 139-144.
- Krishna, D., & Sree, R. P. (2014). Response Surface Modeling and Optimization of Cu (II) Removal from Waste Water Using Borasus Flabellifer Coir Powder. *International journal of applied science and engineering*, 12(3), 157-167.
- Mahalik, K., Sahu, J. N., Patwardhan, A. V., and Meikap, B. C. (2010). Statistical modelling and optimization of hydrolysis of urea to generate ammonia for flue gas conditioning. *Journal of hazardous materials*, 182(1-3), 603-610.
- Moraitou-Apostolopoulou, M., and Verriopoulos, G. (1982). Individual and combined toxicity of three heavy metals, Cu, Cd and Cr for the marine copepod *Tisbe holothuriae*. *Hydrobiologia*, 87(1), 83-87.
- Nemcsok, J. G., and Hughes, G. M. (1988). The effect of copper sulphate on some biochemical parameters of rainbow trout. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 49(1), 77-85.
- Özden, S., 2006. Investigation of oxidative stress potential and antioxidant effects of some pesticides in rats, PhD Thesis, Istanbul University Institute of Health Sciences, İstanbul. 174p. In Turkish
- Zahangir, A. L. A. M., Muyibi, S. A., and Toramae, J. (2007). Statistical optimization of adsorption processes for removal of 2, 4-dichlorophenol by activated carbon derived from oil palm empty fruit bunches. *Journal of Environmental Sciences*, 19(6), 674-677.

**SONO-FENTON YÖNTEMİ İLE ÇAMUR ÖN ARITIMI  
SLUDGE PRETREATMENT BY SONO-FENTON METHOD****Özlem DEMİR**

Doç. Dr. Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Betül FIRAT**

Lisans Öğrencisi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,

**ÖZET**

Biyolojik atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılan aktif çamur prosesi ciddi bir soruna neden olan büyük miktarda çamur üretmektedir. Fazla çamurun arıtımı ve bertarafı, toplam tesis işletme maliyetlerinin % 25-65'ini oluşturmaktadır. Dezentegrasyon, çamur çürütme işlemlerini hızlandırmak için çamurun ön arıtma işlemi olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Ultrasonik arıtma, ozon oksidasyonu, mekanik parçalanma, alkalın arıtma, ısı işlem, Fenton Prosesi ve enzimler ile biyolojik hidroliz birçok araştırmacı tarafından araştırılan dezentegrasyon yöntemlerindedir. Fenton Prosesi, asidik şartlar altında  $Fe^{+2}$  iyonunun hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile reaksiyonuna dayanmakta ve reaksiyon sonucunda hidroksil radikalleri oluşmaktadır. Hidroksil radikalleri tüm organik maddeler ile ayırt etmeksizin reaksiyona girerler bunun sonucunda da son ürün olarak  $CO_2$  ve  $H_2O$  meydana gelir. Ultrases prosesi son yıllarda önem kazanan kimyasal oksidasyon yöntemidir. Uygun sıcaklık ve basınçta sucul ortama verilen ses dalgaları ile kavitasyon oluşmakta, suyun fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirerek atıksuda bulunan organik maddelerin daha az zararlı bileşiklere dönüşmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, evsel atıksu arıtma tesisinden alınan geri devir çamuruna Fenton Prosesi ve ultrasonik arıtım birlikte uygulanmış ve çamurun dezentegrasyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, özellikle harcanan ultrasonik enerji açısından maliyet odaklı bir yaklaşımla kısa süreli bir ultrasonik ön işlem aralığı seçilmiştir. 1-3 mM/L  $Fe^{+2}$ , 0.05-0.2 M/L  $H_2O_2$  ve 10-30 dk ultrasonik muamele süresi değişkenlerin aralıkları olarak kabul edilerek dezentegrasyon derecesi üzerine etkileri Box-Behnken İstatistiksel Programı ile optimize edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, optimum değerler olan 0.05 M/L  $H_2O_2$ , 3 mM/L  $Fe^{+2}$  ve 30 dk ultrasonik muamele süresinde % 21.22 dezentegrasyon derecesi elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonunda, ultrasonik ön işlem süresinin arttırılması ile daha yüksek dezentegrasyon derecelerinin elde edilebileceğini söylemek mümkünken, tam ölçekli çalışmalara yön verirken ekonomik yönden bir değerlendirme yapmak gerektiğini de vurgulamak gerekir.

**Anahtar Kelimeler:** Çamur ön arıtımı, sono-Fenton, dezentegrasyon, Fenton Prosesi, Ultrasonik ön arıtım, Box-Behnken istatistiksel dizayn programı

**ABSTRACT**

The active sludge process, which is widely used in biological wastewater treatment, produces large amounts of sludge, which is a serious problem. Treatment and disposal of excess sludge accounts for 25-65 % of total plant operating costs. Disintegration is a method developed as a pre-treatment of sludge to accelerate sludge digestion processes. Ultrasonic treatment, ozone oxidation, mechanical disintegration, alkaline treatment, heat treatment, Fenton Process and enzymes and biological hydrolysis are among the disintegration methods investigated by many researchers. The Fenton Process is based on the reaction of  $Fe^{+3}$  ion with hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) under acidic conditions and hydroxyl radicals are formed as a result of the reaction. Hydroxyl radicals react without indistinguishable from all organic substances, resulting in  $CO_2$  and  $H_2O$  as the final product. The ultrasound process is a chemical oxidation method that has gained importance in recent years. At the appropriate temperature and pressure, cavitation occurs with the sound waves given to the aquatic environment, changing the physical and chemical composition of the water, and converting the organic substances in the wastewater into less harmful compounds. In this study, Fenton Process and ultrasonic treatment were applied together to the return sludge taken from domestic wastewater treatment plant and its effects on disintegration of sludge were investigated. In this study, a short-term ultrasonic pre-treatment interval was chosen with a cost-oriented approach especially in terms of spent ultrasonic energy. The effects of 1-3 mM / L  $Fe^{+3}$ , 0.05-0.2 M/L  $H_2O_2$  and 10-30 min ultrasonic treatment time on the degree of disintegration were considered as ranges of variables and optimized with Box-Behnken Statistical Program. According to the results of the study, the optimum values of 0.05 M / L  $H_2O_2$ , 3 mM / L  $Fe^{+3}$  and ultrasonic treatment time of 30 min 21.22 % degree of disintegration was obtained. At the end of the study, it is possible to say that

higher degrees of disintegration can be achieved by increasing the ultrasonic pretreatment time, and it should be emphasized that an economic evaluation should be made while guiding full-scale studies.

**Keywords:** Sludge Pretreatment, sono-Fenton, disintegration, Fenton Process, ultrasonic pretreatment, Box-Behnken statistical design program

### 1.Giriş

Atıksuların arıtma işlemi sonucunda çıkan çamur katı-sıvı formda olup, tesis işletmesi ve prosesine bağlı olarak katı madde içeriği değişmektedir. Oluşan bu çamurların tesislerde fazla alan kaplaması, tekrar kullanılması ve uzaklaştırılması atıksu arıtımının karmaşık bir problemi olmaktadır [1].

İleri oksidasyon proseslerinde CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ya da zararsız ürünler oluşturmaktır. İleri oksidasyon teknikleri Fenton reaksiyonları, foto-Fenton reaksiyonları, ozonlama, ıslak hava oksidasyonu ve ultrases gibi değişik oksidasyon yöntemlerini içermektedir [2].

Bir ileri oksidasyon prosesi olan Fenton Prosesi toksisitenin azaltılmasında, organik kirliliklerin gideriminde, BOİ<sub>5</sub>/KOİ gideriminde, renk ve koku gideriminde aktif olarak kullanılmakta ve atıksularda yeni bir teknoloji olarak dikkate alınmaktadır. İleri oksidasyon prosesleri, yüksek elektrokimyasal oksidasyon potansiyeline sahip hidroksil radikalinin oluşumuna dayanmaktadır[3]. Fenton proses, diğer oksidasyon prosesleriyle karşılaştırıldığında ekonomik oluşu ve kısa reaksiyon gerektirmesi gibi avantajlara sahiptir. Stabilizasyon iyileştirilmesine bağlı olarak, bu süreçler yüksek oranda çamur hacmini ve çamurdaki su miktarını azaltabilmektedir.

Dezenteegrasyon, çürütme işlemlerini hızlandırmak için çamurun ön arıtma işlemi olarak geliştirilmiştir. Çamur minimizasyonu için birçok parçalanma tekniği son zamanlarda geliştirilmiştir. Ultrasonik (sonoliz) arıtma, mekanik parçalanma, alkali işlem, ısı işlem, Fenton Proses ve enzimlerle biyolojik hidroliz, yarı ölçekli ve laboratuvar ölçekli tesislerde birçok araştırmacı tarafından incelenen çamur parçalanma amacıyla çalışılmıştır[4].

Bu çalışma, atıksu arıtma tesisi çamurunun dezenteegrasyonu için ultrasonik dalgalar ve Fenton Prosesi uygulanması esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada, birleşik sonolysis ve Fenton işlemleri sonrasında çamur üst suyundaki KOİ artışı ile birlikte dezenteegrasyon derecesinin belirlenmesi ve maksimum dezenteegrasyon derecesine göre de Sono-Fenton Prosesi'nin optimize edilmesi amaçlanmaktadır. Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonu ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonları ve süre değişkenler olarak kabul edilerek Box-Behnken İstatistiksel Program ile optimum değerleri bulunmuştur.

### 1.1. Çamur Dezenteegrasyonu ve Dezenteegrasyon Derecesi (DD)

Çamur dezenteegrasyonu, anaerobik çürümedeki hız sınırlayıcı adım olan hidroliz basamağının hızlandırılması ve stabilizasyon derecesini arttırmak amacıyla uygulanan bir çamur ön arıtma yöntemidir. Arıtma çamuru dezenteegrasyonu, dış gerilmelerin etkisiyle çamurun yapısal özelliklerinin bozulmasıdır. Dezenteegrasyon işlemi çamurun özelliklerini değiştirmektedir. Dezenteegrasyon işlemi ile çamura uygulanan gerilmeler sonucunda çamurun flok yapısı bozulmakta ve hücre içindeki organik bileşenler sıvı faza geçmektedir [5].

Çamurun dezenteegrasyon işlemi sonrasında indirgenbilirlik özelliğini değerlendirmek amacıyla Dezenteegrasyon Derecesi (DD) kullanılmaktadır. Çamurdaki yüksek organik içeriğin bakterilerce daha kolay kullanılabilir formda dönüştürülmesi çamur dezenteegrasyonunun amacı olduğundan çamurun çözünür forma dönüşmesi çok önemlidir.

Dezenteegrasyon Derecesi (DD) % olarak aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır[5].

$$DD = \frac{(KOİ_1 - KOİ_2)}{(KOİ_3 - KOİ_2)} \cdot 100$$

KOİ<sub>1</sub>:Dezenteegrasyon sonrası çamur üst suyunda KOİ, mg/L

KOİ<sub>2</sub>:Ham çamurun üst suyunda KOİ, mg/L

KOİ<sub>3</sub>:Ham çamurun toplam KOİ'si, mg/L [6].

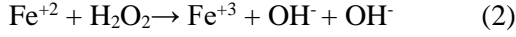
**1.1.1.Sonoliz Prosesi**

Ultrases prosesi son yıllarda önem kazanan kimyasal oksidasyon yöntemidir. Uygun sıcaklık ve basınçta sucul ortama verilen ses dalgaları ile kavitasyon oluşmakta, suyun fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirerek atıksuda bulunan organik maddelerin daha az zararlı bileşiklere dönüşmesini sağlamaktadır.[7]

Atıksudaki spesifik organizmaların ve kirleticilerin ortadan kaldırılması için belirli frekans ve yoğunluklarda kullanılan önemli bir teknolojidir. Son zamanlarda, sonolysis işlemi fazla çamur stabilizasyonu için kullanıldığı ve ultrasonik dalgaların yüksek frekansı ile KOİ'yi azalttığı görülmüştür [8]. Ultrases prosesindeki olay su moleküllerinin H· ve OH· radikallerine dönüşmesidir. Yüksek sıcaklık ve basınç altında su molekülleri parçalanır ve sonuç olarak OH· radikalleri üretilir.

**1.1.2.Fenton Prosesi**

Fenton proses, asidik şartlar altında Fe<sup>+2</sup> iyonunun hidrojen peroksit ile reaksiyonuna dayanmakta ve reaksiyon sonucunda hidroksil radikalleri oluşmaktadır.



Çamur şartlandırmada Fenton ile yapılan ön oksidasyon sonucu, filtre kekinin kuru ve organik katı muhtevasında % 20 azalma, çamur hacminde % 30 azalma ve çamur kekinin kuru katı muhtevasında % 30 artış elde edilmiştir [9].

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin ayrışması demir iyonu sayesinde başlar, daha sonra kataliz edilir ve hidroksil radikalleri meydana gelir. Radikallerin meydana gelmesi sulu çözeltilerin içinde kompleks reaksiyon zinciri biçimindedir. Hidrojen peroksidin kataliz olması da meydana gelen ferrik iyonlar sayesinde olur ve bunun sonucunda su ve oksijen olarak ayrışır. Demir iyonları ve radikallerin oluşması da reaksiyonlar sonucunda gerçekleşir. Hidroksil radikalleri tüm organik maddeler ile ayırt etmeksizin reaksiyona girerler bunun sonucunda da son ürün olarak CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O meydana gelir ve böylelikle arıtım sağlanmış olur [10].

**1.1.3.Sono-Fenton Prosesi**

Sonolysis ve Fenton Proseslerini birleştirerek çamur susuzlaştırılması ve çamur hacim azalmasının süreçleri incelenmiştir. Bu çalışmada hibrit Sono-Fenton Prosesi ile tek başına kullanıldığında yüksek giderim performansı için yüksek enerji yoğunluğu gerektiren ultrases ve fazla kimyasal kullanımı gerektiren Fenton Prosesinin dezavantajlarının giderilmesi amaçlanmıştır [10].

**2.MATERYAL ve YÖNTEM****2.1 Çamur Özellikleri ve Kimyasal Maddeler**

Bu çalışmada kullanılan çamur Şanlıurfa'da bir atıksu arıtma tesisi geri devir hattından temin edilmiştir. Arıtma tesisi, A<sup>2</sup>/O prosesi ile çalışmakta ve 17.000 m<sup>3</sup>/gün debi evsel atıksuyun arıtılmasına hizmet edecek şekilde kurulmuştur. Kullanılan geri devir çamuru pH, sıcaklık, iletkenlik, toplam katı madde, organik madde ve SVI gibi özelliklere göre karakterize edilmiştir.

Çalışmalarda kimyasal maddeler olarak, % 30 saflıkta H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, demir sülfat (FeSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O) ve çözeltileri hazırlamak için distile su kullanıldı.

## 2.2 Deneysel Kurulum ve Prosedür

Sonolysis ve Fenton Proseslerinin çamur dezentegrasyonu üzerine etkilerini araştırmak için sıralı olarak deneyler yapılmıştır. Proses değişkenlerinin dezentegrasyon derecesi üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurularak Box-Behnken İstatistiksel deneysel tasarımı kullanılmış ve deneydeki değişkenler olan Fe<sup>+2</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozları ve süre optimize edilmiştir [11]. Program Fe<sup>+2</sup> için 1-3 mM/L, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> için 0,05- 0,2 M/L ve süre olarak da 10-30 dk aralığında çalışılmıştır. Box-Behnken uygulamasında, deney sayısı 17 olarak bulunmuştur. Deneysel çalışmalar için tasarım değişkenleri Tablo 1’de verilmiştir. Atıksu numunesinden 100 mL alınarak beher glasa konuldu. Numuneye ilk olarak FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ikinci olarak da H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ilave edildi. Numuneler Box-Behnken’ de belirtilen sürelerle göre ultrasonik cihazda tutuldu. Bir süre bekledikten sonra numune üst suyu santrifüj tüplerine konularak 15 dakika ve 3000 rpm’de santrifüj edildi. Reaksiyonların tamamlanması için numunenin üst fazından 2,5 mL alındı ve 1/10 seyreltme yapıldıktan sonra KOİ analizleri yapılır. Geri kalan numune ile 20 mL alınarak TKM ve UKM yapıldı. TKM ve UKM analizleri Standart Metotlar yöntemine göre belirlenmiştir [12]. Ham çamur numunesine 1/10 oranında seyreltme yapılır, çamur üst suyuna ise seyreltme yapılmadan KOİ analizi Standart Metotlara göre yapılmıştır [12].

Tablo 1. Deneysel çalışmalar için tasarım değişkenleri

Analiz	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (M/L)	Fe <sup>+2</sup> (mM/L)	Süre (dk)
1	0,13	2	20
2	0,13	2	20
3	0,13	2	20
4	0,13	2	20
5	0,13	2	20
6	0,05	3	20
7	0,05	2	30
8	0,2	2	30
9	0,2	1	20
10	0,13	1	30
11	0,2	2	10
12	0,13	3	10
13	0,13	3	30
14	0,13	1	10
15	0,05	2	10
16	0,2	3	20
17	0,05	1	20

## 3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

### 3.1. Çamur Karakterizasyonu

Atıksu arıtma tesisinden alınan çamur numunesinin karakterizasyon çalışmalarının sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Geri devir çamurunun özellikleri

Parametreler	Değerler
pH	7,04
Sıcaklık (°C)	18,4
İletkenlik (mS/cm)	930
Toplam Katı Madde, mg/L	5877,5
Organik Madde, mg/L	4272,5
SVI, mL/g	153,12



### 3.2.Box-Behnken İstatistiksel Dizayn Sonuçları

Box-Behnken İstatistiksel Dizayn Programı'nın verdiği deney setleri sonucunda bulunan %DD Tablo 3 'te verilmiştir.

Tablo 3. Deney setleri ve dezentegrasyon derecesi

Analiz	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (M/L)	Fe <sup>+2</sup> (mM/L)	Süre (dk)	Dezentegrasyon derecesi (DD) %
1	0,13	2	20	9,56
2	0,13	2	20	10,12
3	0,13	2	20	8,45
4	0,13	2	20	9,75
5	0,13	2	20	8,45
6	0,05	3	20	17,38
7	0,05	2	30	13,47
8	0,2	2	30	11,61
9	0,2	1	20	6,03
10	0,13	1	30	9,38
11	0,2	2	10	9,56
12	0,13	3	10	17,38
13	0,13	3	30	19,05
14	0,13	1	10	6,96
15	0,05	2	10	6,40
16	0,2	3	20	16,82
17	0,05	1	20	3,61

Box-Behnken İstatistiksel Dizayn Programı'nın verdiği ANOVA tablosu, Tablo 4 'te verilmiştir. Tablodan, deney değişkenlerinin ve sonuçlarına göre modelin "significant" olduğu yani Box-Behnken İstatistiksel dizayn programına göre anlamlı sonuçlar elde edildiği ve R<sup>2</sup>'nin de 0.9751 olduğu anlaşılmaktadır. Birçok değişken için p valu'nun 0,05'den küçük olması değişkenler arasındaki korelasyonu göstermektedir.

Tablo 4.ANOVA Tablosu

	Sum of	df	Mean	F	p-value	
Source	Squares		Square	Value	Prob>F	
Model	316.85	9	35.21	30.50	<0.0001	significant
A-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.25	1	1.25	1.08	0.3330	
B-Fe <sup>+3</sup>	249.20	1	249.20	215.86	<0.0001	
C-Süre	21.81	1	21.81	18.89	0.0034	
AB	2.22	1	2.22	1.92	0.2081	
AC	6.30	1	6.30	5.46	0.0521	
BC	0.14	1	0.14	0.12	0.7373	
A <sup>2</sup>	1.61	1	1.61	1.40	0.2756	
B <sup>2</sup>	22.53	1	22.53	19.52	0.0031	
C <sup>2</sup>	10.96	1	10.96	9.49	0.0178	
Residual	8.08	7	1.15			
Lack of Fit	5.70	3	1.90	3.19	0.1459	not significant
Pure Error	2.38	4	0.60			
Cor Total	324.93	16				
Std. Dev.		1.07		R-Squared		<b>0.9751</b>
Mean		10.82		Adj R-Squared		0.9432
C.V.%		9.93		Pred R-Squared		0.7079
PRESS		94.91		Adeq Precision		19.414

Box-Behnken İstatistiksel Dizayn programının verdiği katsayılar ise Tablo 5'te verilmiştir. Bu katsayılar kullanılarak oluşturulan denklem (9) ile de gerçek deney sonuçları ve tahmin edilen sonuçlar

(Çözünmüş KOİ ve DD % ) elde edilmiştir ve Tablo 6’da gösterilmiştir. Tablo 6’dan da anlaşıldığı gibi gerçek deney sonuçları ve tahmin edilenler birbirine yakın değerlerdir.

Box-Behnken İstatistiksel Dizayn programının 3 değişken için denklemi  
Y=

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2$$

(9)

Tablo 5. Denklem katsayıları

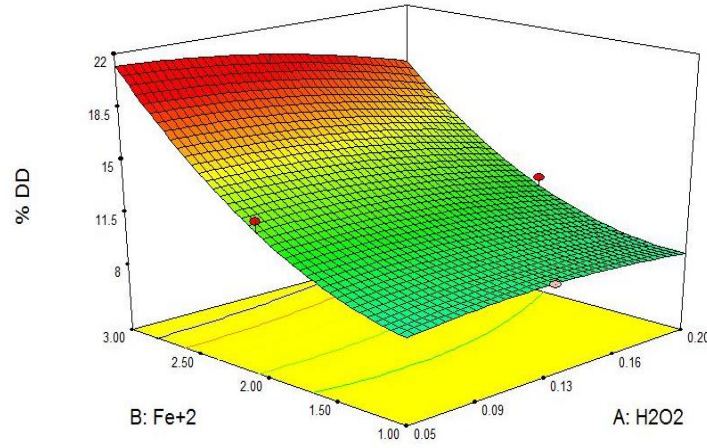
bo	+0.71186
b1	+86.12222
b2	-2.05508
b3	-0.23351
b12	-9.93333
b13	-1.67333
b23	-0.018750
b11	-110.08889
b22	+2.31325
b33	+0.016132

Tablo 6. Gerçek deney sonuçları ve tahmin edilen deney sonuçları

Analiz	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> M/L	Fe <sup>+2</sup> mM/L	Süre dk	KOİç	DD %	Tahmin Edilen	
						KOİ	DD %
1	0,13	2	20	812,16	9,56	789,51	9,29
2	0,13	2	20	857,28	10,12	789,51	9,29
3	0,13	2	20	721,92	8,45	789,51	9,29
4	0,13	2	20	827,2	9,75	789,51	9,29
5	0,13	2	20	721,92	8,45	789,51	9,29
6	0,05	3	20	1443,84	17,38	1403,62	16,89
7	0,05	2	30	1128	13,47	1071,62	12,77
8	0,2	2	30	977,6	11,61	932,12	11,05
9	0,2	1	20	526,4	6,03	565,37	6,52
10	0,13	1	30	797,12	9,38	801,64	9,44
11	0,2	2	10	812,16	9,56	868,37	10,26
12	0,13	3	10	1443,84	17,38	1442,18	17,37
13	0,13	3	30	1579,2	19,05	1065,86	20,13
14	0,13	1	10	601,6	6,96	517,96	5,93
15	0,05	2	10	556,48	6,40	600,87	6,96
16	0,2	3	20	1398,72	16,82	1347,12	16,19
17	0,05	1	20	330,88	3,61	380,87	4,24

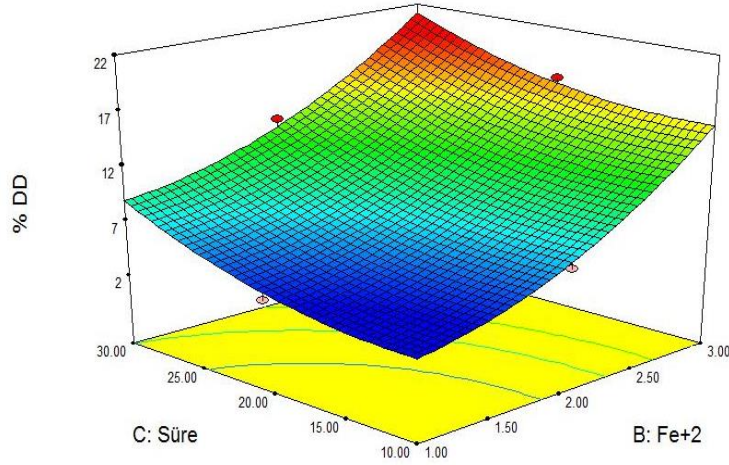
### 3.3.Optimizasyon Sonuçları

Box-Behnken İstatistiksel Dizayn Programı’ndan elde edilen grafikler dezentegrasyon derecesinin en yüksek elde edildiği optimum Fe<sup>+2</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozları ve süreyi bulmamıza yardımcı olmaktadır. 30 dakikalık sabit sürede H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve Fe<sup>+2</sup> değişimi incelendiğinde en yüksek dezentegrasyon derecesinin % 21,22 ile 0,05 M/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 3 mM/L Fe<sup>+2</sup> dozunda elde edildiği Şekil 1.’de görülmektedir.



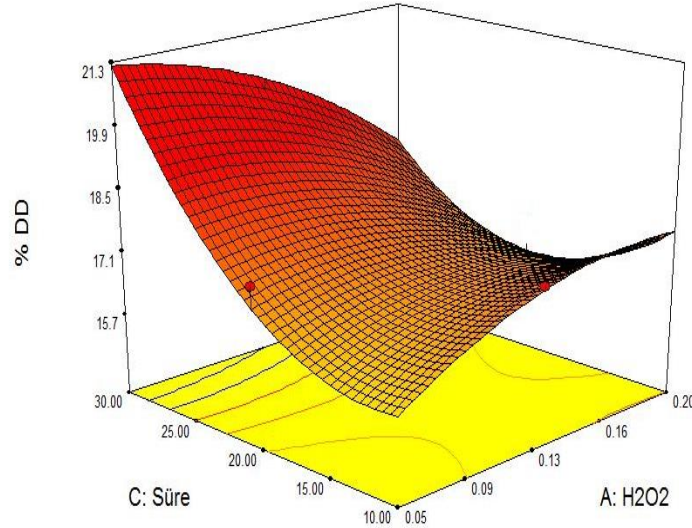
Şekil 1. 30 dk da sabit sürede H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> –Fe<sup>+2</sup> değişimi

0,05 M/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sabit dozda süre ve Fe<sup>+2</sup> değişimi incelendiğinde en yüksek dezentegrasyon derecesinin % 21,22 ile 3 mM/L Fe<sup>+2</sup> dozunda ve 30 dakikalık süre ile muamele ile elde edildiği Şekil 2.'de görülmektedir.



Şekil 2. 0,05 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sabit dozda süre Fe<sup>+2</sup> değişimi

3 mM/L sabit Fe<sup>+2</sup> dozunda süre ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozu değişimi incelendiğinde en yüksek dezentegrasyon derecesinin yine % 21,22 ile 0,05 M/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozunda ve 30 dakikalık süre ile muamele ile elde edildiği Şekil 3.'de görülmektedir.



**Şekil 3.** 3 mM/L Fe<sup>+2</sup> sabit dozda süre-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> değişimi

#### 4. Sonuçlar

Atıksu ve çamur yönetiminde çamur arıtımının giderek önemli hale gelmesi çamur için uygulanacak ön işlemler ile ilgili çalışmalara da ivme kazandırmaktadır. Dezentegrasyon işlemi çamurun flok yapısını bozmak suretiyle çamur içeriğinin çamur üst suyuna salınmasını sağlayan bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle anaerobik çürütücü öncesinde stabilizasyon derecesini arttırmak ve çamur azaltımını sağlamak için uygulanan birçok yöntem söz konusudur. Fenton ve ultrasonik arıtım da bunlardan bazılarıdır. Bu iki yöntemin kombinasyonu da sıkça kullanılmaktadır. Söz konusu çalışmada, sono-Fenton yöntemi kullanılarak bir dezentegrasyon işlemi yapılmış ve bu prosese etki eden Fe<sup>+2</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozu ile işlem süresi Box-Behnken İstatistiksel Dizayn Yöntemi ile optimize edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre maksimum dezentegrasyon derecesi % 21,22 ile 0,05 M/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 3 mM/L Fe<sup>+2</sup> dozunda 30 dakikalık sürede elde edilmiştir. Çalışmada, sono-Fenton yönteminin dezentegrasyon işlemi için uygulanabilir olduğu görülmüştür.

#### Kaynakça

- [1] D. T. Sludge, “Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri : İstanbul Örneği Stabilization of Domestic Treatment Sludge : Instance of Istanbul”, sayı 74, ss. 1–8.
- [2] Y. L. Pang, A. Z. Abdullah, ve S. Bhatia, “Review on sonochemical methods in the presence of catalysts and chemical additives for treatment of organic pollutants in wastewater”, *Desalination*, c. 277, sayı 1–3, ss. 1–14, 2011.
- [3] E. Gürtekin ve N. Şekerdağ, “Bir ileri oksidasyon prosesi: Fenton prosesi”, *J. Eng. Sci.*, ss. 229–236, 2006.
- [4] G. Erden, O. Demir, ve A. Filibeli, “Disintegration of biological sludge: Effect of ozone oxidation and ultrasonic treatment on aerobic digestibility”, *Bioresour. Technol.*, c. 101, sayı 21, ss. 8093–8098, 2010.
- [5] Ö. Filibeli, A. Erden, G. ve Demir, “Arıtma Çamurlarının Dezentegrasyonu”, içinde *IWES, 2. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi*, ss. 54–60.
- [6] G. Zhang, J. Yang, H. Liu, ve J. Zhang, “Sludge ozonation: Disintegration, supernatant changes and mechanisms”, *Bioresour. Technol.*, 2009.
- [7] S. Fındık ve D. ILDIRAR, “May Endüstrisi Atıksuyunun Ultrases İle ReGideriminde Çeşitli Tuzların Etkisi”, *Anadolu Univ. J. Sci. Technol. Appl. Sci. Eng.*, c. 16, sayı 2, s. 179, 2015.
- [8] A. R. Rahmani, A. Mousavi-Tashar, Z. Masoumi, ve G. Azarian, “Integrated advanced oxidation process, sono-Fenton treatment, for mineralization and volume reduction of activated sludge”, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, c. 168, sayı October 2018, ss. 120–126, 2019.
- [9] E. Neyens ve J. Baeyens, “A review of classic Fenton’s peroxidation as an advanced oxidation technique”, *J. Hazard. Mater.*, c. 98, sayı 1–3, ss. 33–50, 2003.
- [10] A. S. KOPARAL, “Color Removal From Water With Ultrasound, Fenton and Sono-

Fenton Processes”, *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknol. Derg. - B Teor. Bilim.*, c. 6, sayı 2, ss. 1–1, 2018.

[11] Ö. Demir, “Performance of thermophilic anaerobic sludge digester after alkaline-assisted thermal disintegration optimization using response surface methodology”, *Water Environ. J.*, c. 32, sayı 4, ss. 597–606, 2018.

[12] APHA, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd edition”, *Am. Public Heal. Assoc. Am. Water Work. Assoc. Water Environ. Fed.*, 2012.



**ÇAMUR ARITIMINDA SÜRFİKTANLARIN ETKİSİ**  
**EFFECTS OF SURFACTANTS ON SLUDGE TREATMENT****Özlem DEMİR**

Doç. Dr. Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Betül FIRAT**

Lisans Öğrencisi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Biyolojik atıksu arıtımı, su kaynağının korunması ve yeniden kullanımı için temel bir teknolojidir. Özellikle, kentsel atıksu arıtma tesisleri ekonomik bir yüke yol açan büyük miktarda atık aktif çamur üretmektedir. Patojenler, ağır metaller ve bazı organik kirletici maddeler gibi çeşitli toksik maddeler içeren biyolojik atıksu arıtımının kaçınılmaz bir yan ürünü olan bu çamurun bertaraf edilmesi, atıksu arıtma tesislerinde temel bir zorluktur ve artan çevresel endişeleri taşımaktadır. Çamur hacmini azaltmak için susuzlaştırma amacıyla vakumlu filtreleme, santrifüjleme ve mekanik pres gibi mekanik işlemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Çamur susuzlaştırmaya yardımcı olmak için kimyasal şartlandırma, termokimyasal arıtma ve elektroliz işlemi gibi farklı şartlandırma teknikleri tanıtılmıştır. Yüzey aktif maddeler olarak bilinen sürfaktanların da çamur susuzlaştırma gibi çamur arıtma kademelerinde pozitif etki yarattığı bilinmektedir. Sürfaktanlar, sıvı/sıvı veya sıvı/katı arayüzler arasındaki yüzey gerilimini azaltabilen bir grup bileşiktir. Sürfaktanların varlığı, hücre dışı polimerik maddeleri (EPS) çamurdan ayırarak hücre yapılarını da değiştirebilir ve dolayısıyla çamur özelliklerini etkileyebilir. Sürfaktanlar serbest sıvı yüzeyine ve karışmayan sıvılar arasındaki arayüzlere yoğunlaştığında, sıvı yüzey gerilimi azaltılabilir. Sürfaktanların varlığında, sıkı bir şekilde bağlı EPS'ler ve gevşek şekilde bağlı EPS'ler suyun çamurdan salınımını artırır. Sürfaktanlar anaerobik çürütmede mevcut olduğunda, organik maddelerin bozulmasını hızlandırdıkları için çamur hidroliz hızı artar. Ek olarak, çamur floklarında sıkışık kalmış enzimler serbest bırakılabilir. Enzim aktivitesindeki artış ve bol miktarda organik madde varlığı, aynı zamanda asitlenme ve metanojenезin etkinliğini artırabilir. Böylece, uçucu yağ asitleri ve metan verimleri artırılabilir. Bu çalışma, sürfaktanların çamur arıtımındaki mevcut uygulamalarını özetlemektedir. Çamur susuzlaştırma, anaerobik sindirim ve organik kirleticilerin ve ağır metallerin uzaklaştırılmasında yüzey aktif maddelerin olası mekanizmalarını içermekte ve yüzey aktif maddelerin çamur arıtımında uygulanması için teorik bir temel sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürfaktanlar, Yüzey Aktif Maddeler, Çamur Arıtma, Çamur Susuzlaştırma**ABSTRACT**

Biological wastewater treatment is a fundamental technology for the conservation and reuse of water resources. In particular, municipal wastewater treatment plants produce large amounts of waste activated sludge, which leads to an economic burden. Disposal of this sludge, an inevitable byproduct of biological wastewater treatment containing a variety of toxic substances, such as pathogens, heavy metals and some organic pollutants, is a major challenge in wastewater treatment plants and bears increasing environmental concerns. Mechanical processes such as vacuum filtration, centrifugation and mechanical press are commonly used for dewatering to reduce sludge volume. Different conditioning techniques, such as chemical conditioning, thermochemical treatment and electrolysis, have been introduced to aid sludge dewatering. Surface active agents, known as surfactants, are also known to have a positive effect on sludge treatment steps, such as sludge dewatering. Surfactants are a group of compounds capable of reducing surface tension between liquid / liquid or liquid / solid interfaces. The presence of surfactants can also alter cell structures by separating extracellular polymeric substances (EPS) from the sludge and thus affect the sludge properties. When surfactants are condensed into the free liquid surface and the interfaces between immiscible liquids, the liquid surface tension can be reduced. In the presence of surfactants, tightly bonded EPSs and loosely bonded EPSs increase the release of water from the sludge. When surfactants are present in anaerobic digestion, the rate of sludge hydrolysis increases as they accelerate the degradation of organic materials. In addition, enzymes trapped in the mud flocks can be released. The increase in enzyme activity and the presence of abundant organic matter can also enhance the efficacy of acidification and methanogenesis. Thus, the yields of volatile fatty acids and methane can be increased. This study summarizes the current applications of surfactants in sludge treatment. Sludge dewatering includes possible mechanisms of surfactants in anaerobic digestion and removal of

organic pollutants and heavy metals and provides a theoretical basis for the application of surfactants in sludge treatment.

**Keywords:** Surface Active Agents, Surfactants, Sludge Treatment, Sludge Dewatering

## 1.GİRİŞ

Biyolojik atıksu arıtımı, dünya çapında pek çok ülkede başarılı bir şekilde uygulanması ile açıkça ortaya konduğu gibi, su kaynağının korunması ve yeniden kullanımı için temel bir teknolojidir. Kentsel atıksu arıtma tesisleri, kaçınılmaz olarak ekonomik yüklerle yol açan büyük miktarda atık aktif çamur üretmektedir [1]. Patojenler, ağır metaller ve bazı organik kirletici maddeler gibi çeşitli toksik maddeler içeren biyolojik atıksu arıtımının kaçınılmaz bir yan ürünü olan çamurun bertaraf edilmesi, atıksu arıtma tesislerinde temel bir zorluktur ve artan çevresel endişeleri taşımaktadır [2]. Atıksu arıtma faaliyetlerinin artması ile de, muazzam miktarda çamurla karşı karşıya kalınmıştır [3]. Özellikle, aktif çamur prosesi atıksu arıtma işlemi sırasında, ciddi çevre kirliliğine neden olabilecek büyük miktarda [4], çok yüksek bir su içeriğine sahip (>% 99) büyük hacimli aşırı çamur üretmektedir [5].

Çamur, organik artıklardan, bakterilerden, inorganik parçacıklardan, vb. oluşan son derece karmaşık, heterojen, kolloidal bir materyaldir. Genel olarak, çamurun su içeriği % 99 (yoğunlaştırmadan önce) ile % 95 (yoğunlaştırmadan sonra) arasındadır. Bu, ileri işlemlerde ve çamur kullanımında zorluklara yol açabilir. Ayrıca, çamurdaki yüksek miktarda organik madde etkili bir şekilde kullanılmamıştır. Ek olarak, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), boyalar, ağır metaller, antibiyotik, böcek ilacı ve yağ gibi birçok tehlikeli maddeler çamurda bulunur. Bunlar arasında PAH'lar, boyalar ve ağır metaller, çevresel ve insan sağlığı riskleri için potansiyellerine dayanarak en toksik ve tehlikeli kirleticilerdir. Bu nedenle, çamurun işlenmesi ve bertarafı acil ve zorlu bir işlem haline gelmiştir [4].

Uygun çamur yönetimi, ikincil kirlenmeyi ve işletme maliyetlerini azaltabilir [6]. Bu nedenle, çamurun güvenli ve verimli kullanımı veya bertarafı, atıksu arıtma tesislerinin çevresel kalite iyileştirmedeki rolü için çok önemlidir. Enerji kullanımı, etkili hacim azaltma, potansiyel kirletici tahribatı veya girdi yerine enerji geri kazanımı nedeniyle çamur bertarafı için en cazip yollardan biri olmaya devam etmektedir. Anaerobik çürütme ve hidrotermal sıvılaştırmanın her ikisi de, atık çamurdan enerji dönüşümü için uygun işlemler olarak belgelenmiştir [2]. Aktif çamur ile başa çıkabilmek için arıtma ve bertaraf işlemlerini azaltabileceğinden susuzlaştırma gereklidir [7].

Atıksu arıtma tesisinin kesintisiz çalışmasını sağlamak ve çevresel yükü daha da azaltmak için, çamur susuzlaştırma için etkili yöntemler büyük ölçüde gereklidir. Aktif çamurdaki su dört kategoriye ayrılabilir: serbest su, geçiş suyu, yüzey suyu ve iç su. Bağlanan su tipik olarak, hücre dışı polimerik maddelere (EPS) ve diğer çamur bileşenlerine kimyasal sınırlar vasıtasıyla sıkıca bağlandığı için ara su, yüzey suyu ve iç su toplamı olarak tanımlanır. Bu durumda EPS, yüksek oranda hidratlanmış bir yapıya sahip olması ve çamur floklarına çok miktarda su bağlaması nedeniyle, aktif çamur susuzlaştırmayı etkileyen kilit faktörlerden biridir. EPS, çamur susuzlaştırmayı etkileyen temel fizikokimyasal özellikler olarak da değerlendirilen, çamurun yüzey yükünü ve flok stabilitesini önemli ölçüde etkiler. EPS'deki hücre dışı proteinlerin, çamur susuzlaştırma işleminde polisakkaritlerden ve humik asitlerden daha önemli olduğu bildirilmiştir. Çamur özelliklerine ek olarak, susuzlaştırma verimliliği esas olarak susuzlaştırma cihazlarının seçimine ve kimyasal şartlandırma yöntemlerine bağlıdır [5].

Nispeten düşük enerji tüketimi nedeniyle, fazla miktarda çamur hacmini azaltmak için vakumlu filtreleme, santrifüjleme ve mekanik pres gibi mekanik işlemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, aktif çamur, mekanik işlemde sonra çok miktarda su (% 75'ten fazla) içerir ve çamur tanecığının içindeki bağlı su etkili bir şekilde giderilemez. Susuzlaştırma işlemlerini kapsamlı bir şekilde karakterize etmek ve çamur susuzlaştırmayı kısıtlayan engelleri netleştirmek için çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte, bu konu halen en az anlaşılan işlemlerden biri olmaya devam etmektedir. Çünkü susuzlaştırma büyük ölçüde çamurun köklerine ve bunun flok yapısı, bağlı su içeriği, yüzey yükü ve hidrofobiklik gibi fiziksel-kimyasal parametrelere bağlıdır. Önceki çalışmalara göre, çamur sıkışma kabiliyetinin artırılması ve çamurdaki bağlı suyun azaltılması çamur susuzlaştırmayı teşvik etmek için iki yaygın yaklaşımdır. Çamurun sıkıştırılabilirliği, daha uzun sıkıştırma süresi, daha yüksek basınçlar veya filtre yardımcıları ile optimize edilebilir. Tuz ilavesi, poliakrilamid muamelesi ve pH ayarlaması

gibi arıtmalar da üstün çamur sıkışabilirliğine yol açabilir. Katı parçacıkları çevreleyen ince bir su tabakası olan bağlı su, mekanik işlemlerle zorlukla çıkarılabilir ve susuzlaştırma için en önemli sınırlayıcı faktör olduğuna inanılmaktadır. Çamur susuzlaştırmaya yardımcı olmak için kimyasal şartlandırma, termokimyasal arıtma ve elektroliz işlemi gibi farklı şartlandırma teknikleri tanıtılmıştır. Bu yöntemler arasında, kimyasal şartlandırma, polimerik matrisi kolayca ve etkili bir şekilde tahrip edebilir ve EPS ayrıca çamur bloklarındaki bağlı suyun salınmasını kolaylaştırabilir. [3].

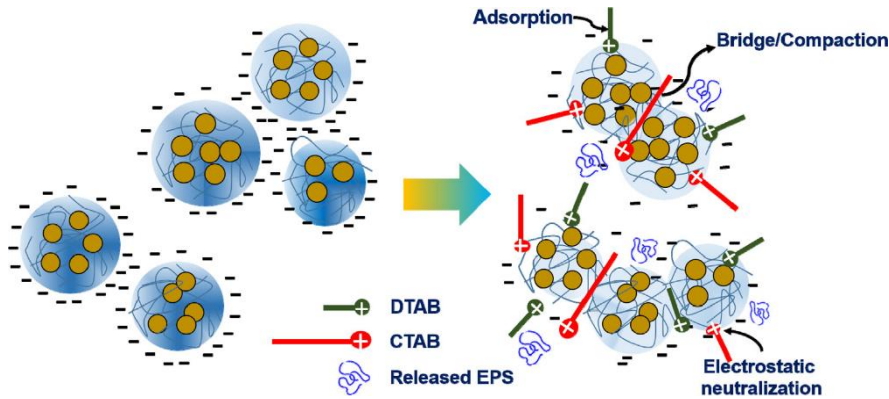
Tuz ilavesinin, pH ayarının veya elektroliz işlemlerinin çamur sıkışabilirliğini arttırdığı bulunmuştur. Geleneksel kimyasal katkıları arasında alüminyum sülfat, demir klorür, polielektrolit, enzimler ve yüzey aktif maddeler vb. bulunur. Bu yöntemlerde, çamurun yüzey özellikleri kısmen değiştirilir ve bağlı suyun bir kısmı çamur bloklarından salınır. Arttırılmış çamur topaklaşması ve muamelelerden sonra susuzluk, sonraki çamur bertarafına faydalar sağlayabilir [1].

Sümfaktanlar (yüzey aktif maddeler), sıvı/sıvı veya sıvı/katı arayüzler arasındaki yüzey gerilimini azaltabilen bir grup bileşiktir. Hücre malzemelerini çamur yüzeylerinden ayırarak mikrobiyal hücre yapısını değiştirebilirler ve böylece çamur özelliklerini etkileyebilirler. Birçok çalışma, yüzey aktif cisimlerinin eklenmesinin, çamur suyunun su içeriğini önemli ölçüde azaltabileceğini ve susuzlaştırma maddeleri olarak hizmet edilmesini mümkün kıldığını öne sürmektedir. Bununla birlikte, yüzey aktif maddelerin çamur susuzlaştırmadaki uygulamaları hala çok sınırlıdır ve yüzey aktif madde etki mekanizması iyi açıklanamamıştır [3].

Sümfaktanların varlığı, EPS'leri çamurdan ayırarak hücre yapılarını da değiştirebilir ve dolayısıyla çamur özelliklerini etkileyebilir [1]. Bir yüzey aktif maddenin büzülmesinden kaynaklanan yüzey aktif cisimleri, sulu ve sulu olmayan sıvılar arasındaki arayüz özelliklerini değiştirebilen bir dizi kimyasal türü temsil eder. Normalde, yüzey aktif cisimleri bir hidrofobik kısım ve bir hidrofilik kısım içerir. Sümfaktan moleküllerinin karakteristik özellikleri, moleküler yapıdaki hidrofilik kısımlar ve ayrılmış hidrofobik parçaların varlığı ile belirlenir. Hidrofilik kısım, yüzey aktif maddelerin suda çözünür hale gelmesine neden olur; tersine hidrofobik kısım, yüzey aktif maddeleri su ve hava arasındaki arayüz üzerinde yoğunlaştırma eğilimindedir. Sümfaktanlar serbest sıvı yüzeyine ve karışmayan sıvılar arasındaki arayüzlere yoğunlaştığında, sıvı yüzey gerilimi azaltılabilir. Islatma, dağılma gücü, deterjan ve çözünme özellikleri, yüzey gerilimindeki değişikliklerden etkilenir. Sümfaktanlar, çözünürlüğü arttırabilir ve katı-sıvı arayüzünü emdikten sonra yüzey gerilimini azaltabilir. Bu özelliklerden dolayı, yüzey aktif cisimleri, petrol, kozmetik, boya ve tekstil gibi hemen hemen tüm endüstrilerde daha iyi çamur arıtma etkileri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Çamur susuzlaştırmada, yüzey aktif cisimleri, EPS salınımını değiştirerek susuzlaştırmayı arttırır. Sümfaktanların varlığında, sıkı bir şekilde bağlı EPS'ler (TB-EPS'ler) ve gevşek şekilde bağlı EPS'ler (LB-EPS'ler), sulu suyun çamurdan salınımını arttıran sulu fazda çözünebilir. Sümfaktanlar anaerobik çürütmede mevcut olduğunda, organik maddelerin bozulmasını hızlandırdığı için çamur hidroliz hızı artar. Ek olarak, çamur floklarında sıkışık kalmış enzimler serbest bırakılabilir. Enzim aktivitesindeki artış ve bol miktarda organik madde varlığı, aynı zamanda asitlenme ve metanojenезin etkinliğini arttırabilir. Böylece, uçucu yağ asitleri (VFA'lar) ve metan verimleri arttırılabilir. PAH'ların giderilmesi ile ilgili olarak, yüzey aktif cisimleri, biyolojik bozunma ve oksidasyon gibi diğer işlemlerle işbirliği içinde çalışabilir. PAH'lar, yüzey aktif cisimlerinin etkilerinden dolayı çamur yüzeyinden salınacaktır. Ardından, sulu fazdaki PAH'lar biyobozunma ve oksidasyon yoluyla kolayca giderilebilir. Ek olarak, yüzey aktif cisimleri, boyaların uzaklaştırılmasını destekleyen polielektrolit yüzey aktif cisimi kompleksleri oluşturmak için polielektrolitleri birleştirebilirler. Ayrıca, ağır metaller yüzey aktif cisimlerinin varlığında çamurdan deşifre olabilir. Sümfaktan molekülleri tarafından oluşturulan miseller, ağır metallerle bağlanabilir ve böylece metal birikintilerinin oluşumunu engeller. Son çalışmalar ile atık aktif çamur arıtımında yüzey aktif maddelerin uygulanmasında önemli atılımlar yapılmıştır. Bununla birlikte, yüzey aktif madde destekli atık aktif çamur arıtımındaki ilerlemelerin kapsamlı bir incelemesi mevcut değildir. [4]. Bu nedenle, bu derleme, yüzey aktif maddelerin çamur arıtımındaki mevcut uygulamalarını özetlemeye yardımcı olmaktadır. Çamur susuzlaştırma, anaerobik sindirim ve organik kirleticilerin ve ağır metallerin uzaklaştırılmasında yüzey aktif maddelerin olası mekanizmalarını içermekte ve yüzey aktif maddelerin çamur arıtımında uygulanması için teorik bir temel sağlamaktadır.

## 2.Çamur Susuzlaştırmada Sürfaktanların Etkisi

Atıksu arıtma faaliyetlerinden kaynaklanan muazzam miktarda atık aktif çamurun ele alınması acil bir ihtiyaçtır. Ancak, çamurun bertarafı, yüksek çamur birikintisi nedeniyle çok önemli bir teknik zorluk olarak kalmaya devam etmektedir. Susuzlaştırma, su içeriği ve çamur hacmini azalttığı için arıtmanın maliyetini düşürmek için etkili bir yöntemdir. Önceki araştırmalara dayanarak, bağlı suyun azaltılması, çamur susuzlaştırmanın iyileştirilmesinde ana yöntemdir. Bununla birlikte, geleneksel mekanik susuzlaştırma işlemi çamur bloklarındaki bağlı suyu etkin bir şekilde gideremez ve çamur birikintisini azaltamaz. Sürfaktanlar, çamurun suyunun alınabilirliğini arttırmak için kullanılabilir. Çamur susuzlaştırma işleminde, yüzey aktif maddelerin eklenmesinden sonra, çamur yüzeyindeki negatif yük yüzey aktif maddeler tarafından nötrleştirilebilir. Sonuç olarak, LB-EPS'ler ve TB-EPS'ler çamur flokları arasındaki bağ zayıflatılarak, EPS'lerin (esas olarak proteinler ve polisakkaritler) çamurda önemli ölçüde çözünmesi sağlanmıştır. Daha sonra, çamur flok yüzeyinden salınan EPS'lerle birleştirilmiş bağlanmış çamur sıvı fazına girmektedir. Ayrıca, LB-EPS'ler ve TB-EPS'ler, yüksek hidrasyon yeteneklerinden dolayı çözünür, EPS'lere (S-EPS) dönüştürülür. Çamur floklarının içine giren ara su, çamurun içinde tutulan su da topak yapısının tahrip olması nedeniyle serbest bırakılmaktadır. Bu faktörlerin hepsi ortak olarak bağlı suyun serbest bırakılmasına katkıda bulunur ve bu da çamur suyunun alınabilirliğini daha da artırır. Sürfaktanların neden olduğu EPS'lerin salınımı, Şekil 1'de gösterilmektedir [3]. Sürfaktanların çamur yüzeyinde adsorpsiyonu çamur susuzlaştırmada hayati bir adımdır. García ve diğ. (2004), kuaterner amonyum bazlı yüzey aktif cisimlerinin çamurda emilimini araştırmıştır. Pozitif yüklü bir azot atomu, kuaterner amonyum bazlı yüzey aktif cismi molekülünde bulunur. Sürfaktan molekülleri ve her türlü negatif yüklü katı madde arasında güçlü elektrostatik çekim gelişir. Bu nedenle, yüzey aktif cisimleri çamur üzerinde adsorbe olur ve susuzlaştırmada rol oynar [8]. Wang ve ark., (2014)'nın yaptığı çalışmada, katyonik yüzey aktif cisimlerinin yardımı ile aktif çamurun susuzlaştırılması incelenmiştir. Dodesil trimetil amonyum bromür (DTAB) ve setil trimetil amonyum bromür (CTAB) dozu, EPS'in çamurdan salınması ve çamur negatif yükünde düşüş ile sonuçlanmıştır. Sürfaktanlar, çamur keklerinde azalan özgül filtre direnci (SRF) ve su içeriği ile yansıtıldığı için çamur susuzlaştırmayı önemli ölçüde arttırmıştır. Spesifik yüzey alanı ve gözenek büyüklüğündeki çamur kekleri sürfaktan muamelesinden sonra düşerek, sıkıştırılabilirliğin arttığını göstermiştir. Bu sonuçlarla, yüzey aktif madde destekli susuzlaştırma mekanizması, elektrostatik nötrleştirme, artan sıkıştırma ve EPS ve bağlı suyun alınmasının entegre etkilerine bağlanabilir. Çalışma, katyonik yüzey aktif cisimlerinin çamur susuzlaştırma için potansiyel bir ajan olarak kullanılabileceğini göstermektedir [3].



Şekil 1. Sürfaktan ilavesi ile EPS salınımının şematik gösterimi [3].

Wu ve ark., (2018)'nin yaptığı çalışmada, propan hidrat oluşumunun, çamurun serbest suyunun susuzlaştırılmasının gerçekleştirilmesinde potansiyelleri olduğu öne sürülmüştür. Öncelikle, propan hidratların faz dengesi üzerine yapılan araştırmalar, çamurun organik bileşenlerinin, propan hidrat oluşumunu, saf sudakine kıyasla % 19.2'ye kadar düşüren denge basıncını arttırdığını ortaya koymuştur. Yukarı yözürülmüş propan hidratların oluşumu, su moleküllerini atık çamurdan homojen kristal faza çıkarır. Bu aslında çamur partiküllerini hidrat fazından çıkarır ve çamur fazındaki suyun azalmasını gerçekleştirir. Propan hidrat bazlı işlemin, enerji ve ek malzeme tüketimini en aza indirirken, gelişmiş çamur susuzlaştırma işlemini maksimize ettiği düşünülmektedir [2].



Sun ve ark., (2014) [9] yaptığı çalışmada, katyonik yüzey aktif maddenin (katyonik setil trimetil amonyum bromür (CTAB), katyonik flokülant (katyonik poliakrilamid, CPAM) kullanılarak çamur suyunun çözülebilirliğinin geliştirilmesi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Sonuç, CTAB'nın çamur şartlandırma ve susuzlaştırmayı olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Yüzey aktif madde kullanılmaya kıyasla, çözünmüş katı ve çökeltme oranı artmıştır. Ayrıca, çamur EPS'nin salınması, çamur floklarının boyutlarındaki artışlar ve çamur çökeltme oranının CTAB'nın çamur susuzlaştırma performansının iyileştirilmesinin ana nedenleri olduğu bulunmuştur [9].

Wang ve ark., (2014) [3], katyonik yüzey aktif cisimlerinin dodesil trimetil amonyum bromür (DTAB) ve setil trimetil amonyum bromürün (CTAB) çamur susuzlaştırma üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sürfaktanların etkileri nedeniyle çamur floklarını tahrip olması ve bağlı suyun serbest kalması meydana gelmiştir. Bazı yüzey aktif cisimleri, Wang ve diğerleri tarafından anyonik yüzey aktif cismi sodyum dodesil sülfat (SDS) üzerine yapılan araştırmalarda yansıtıldığı gibi çamur susuzlaştırmada tam tersi bir rol oynamaktadır. SDS, serbest bırakılan EPS'ler ve çamur diskleri arasındaki negatif yükü ve itici kuvvetleri arttırmıştır. Elektrostatik itme ve SDS ile EPS'ler arasındaki hidrofobik etkileşimler, EPS'lerin genişletilmiş yapısını arttırmıştır. Son olarak, SDS'nin eklenmesi, çamurda tutulan suyun artmasına ve çamur susuzluğunun bozulmasına neden olmuştur. SRF ve CST'nin bu değişiklikleri çamur susuzlaştırma performansının kötüleştiğini göstermiştir [10]. Flokülantlar, fiziksel ve kimyasal koşullandırma sırasında çamur susuzlaştırma performansını geliştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Flokülantlar, parçacıklar arasındaki itişin üstesinden gelebilir ve parçacıkların büyüklüğünü artırabilir, bu da çamurun stabilizasyon ve susuzlaştırma kapasitesinde iyileşme sağlar [11]. Bu nedenle, flokülantların çamur susuzlaştırma işleminde yüzey aktif maddelerle birleştirilen etkileri araştırılmıştır. Sun ve diğ. (2014) [9], çamur susuzlaştırmadaki iyileşmenin EPS'lerin azalması ve flok büyüklüğünün artmasından kaynaklandığını bulmuşlardır. Hem sürfaktanlar hem de flokülantlar, çamur yüzeyindeki negatif yükleri ve çamur parçacıkları arasındaki itmeyi azaltabilir. Bu nedenle, EPS'lerin ve bağlı suyun çamurdan sulu faza salınması kolayca meydana gelmiştir. Flokülantlar'la birleştirilen yüzey aktif maddeler, çamur susuzlaştırma üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Sürfaktanların ve asitlerin/alkalilerin çamur şartlandırma üzerindeki etkileri, çamurdaki mikroorganizmaların geçirgenliğini ayarlamak için de araştırılmıştır [9]. Çamur blokları, asidik / alkali koşullar altında ayrışır. Daha sonra çözünmeyen EPS'ler soyulur ve sıvı faza dönüştürülür. Asit / alkali muamelesi ile birleştirildiğinde, sürfaktanlar, çamur flok yapısının ayrışmasını artırabilir, ayrıca EPS'lerin çözülmesini ve bağlı suyun çözündürme, hidroliz ve dispersiyon yoluyla EPS'lerde salınmasını teşvik edebilir. Sürfaktanlar ve asitler / alkaliler kullanılarak yapılan muameleden sonra, çamurun suyunun alınması önemli ölçüde iyileşebilir. Hong ve diğ. (2015) [12], bir asit / alkalinin ve yüzey aktif madde DDBAC'ın çamur susuzlaştırma üzerindeki etkisini araştırmıştır. DDBAC ve güçlü bir asit / alkali ile ön işleme tabi tutulduktan sonra çamur susuzluğu artırılmıştır [12]. Chen ve diğ. (2001) ayrıca, pH 2.5 olduğunda, çamur suyunun alınabilirliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Çamur, konvansiyonel şartlandırıcılardan önce asit veya sığır serum albümini (BSA) ile ön işlemden geçirildiğinde, su içeriği, yaklaşık % 3-5 düşmüştür [7]. Yüzey aktif maddeler ile birlikte Fenton'un reaktifi de çamur susuzlaştırmada iyileştirilmesinde iyi çalışır. Bir Fenton sisteminde üretilen güçlü oksitleyici hidroksil radikalleri ( $\bullet\text{OH}$ ), çamur floklarını oksitleyebilir ve bağlı suyu serbest bırakmak için organikleri parçalayabilir. Daha sonra, EPS'ler ve bağlı su, yüzey aktif maddelerin hidrolizi yoluyla kolayca salınabilir [13]. Suda çözünebilirliğin artırılması, hem yüzey aktif cisimlerinin hem de Fenton reaktifinin etkilerinden kaynaklanmaktadır. Hong ve diğ. (2017)[13], Fenton reaktifi ve DDBAC'ın çamur susuzlaştırmadaki etkilerini araştırmıştır. Fenton'un reaktifi ile işlemten sonra, su içeriği % 63,36'a ve CST 28,7 'ye düşmüştür. DDBAC eklendikten sonra, su içeriği ve CST çamur sırasıyla % 57,17 ve 17,2'ye gerilemiştir. Bu nedenle, Fenton-DDBAC işlemi, çamurun suyunun salınabilirliğini önemli ölçüde artırabilir [13]. Elektroliz, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında ihmal edilebilir çevresel etkisinden dolayı çamur susuzlaştırılmasını arttırmada yararlı bir yöntem olarak kabul edilir. Elektroliz ve yüzey aktif cisimlerinin sinerjik etkileri çamur susuzlaştırmayı iyileştirmiştir Yuan ve diğ. (2011) [14] çamur susuzlaştırmada sürfaktanlarla birlikte elektrolizin etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, oktil fenoksi polietoksi etanol (Triton X-100) ve sodyum dodesil sülfatın (SD)'nin, hem elektroliz hem de elektroliz olmadan çamur susuzlaştırma üzerinde olumsuz etkileri olduğunu gösterirken, setil trimetil amonyum bromür (CTAB)'ün pozitif bir etkisi olduğunu göstermiştir [4].



Wang ve ark., (2018)'nin yaptığı çalışmada, iki tipik iyonik yüzey aktif maddenin çamurun parçalanabilirliği ve stabilitesi üzerindeki etkileri deneysel ve teorik analizler kullanılarak incelenmiştir. Anyonik sodyum dodesil sülfatın (SDS) arıtımı, katyonik trimetil amonyum bromürün (DTAB) arıtımına kıyasla, hücre dışı materyallerin ve floroforların çamurdan daha fazla ayrılmasına neden olmuştur. Fourier dönüşümü kızılötesi spektrum analizi, yüzey aktif cisimlerinin neden olduğu proteinlerin ve polisakkaritlerin yükseltilmiş salınımını gösterir. SDAB ile muamele edilmiş çamur için bozulmuş çamur topaklaşması gözlemlenirken, DTAB arıtımı genel çamur floklaşmasını hafifçe etkilemiştir. Çamur flok yapısı, her iki yüzey aktif cisminin muamelesinden sonra, kesme testlerinde küçük parçacıkların yüksek dağılan kütle derişimi ile teyit edildiği gibi daha az stabil hale gelmiştir. Hücre dışı polimerik maddelerin içeriği, yüzey aktif madde dozu ve çamur özellikleri arasındaki ilişki değerlendirilmiş ve salınan hücre dışı polimerik maddelerin ve yüzey aktif madde dozunun, çamur floklaşmasındaki rolleri incelenmiştir. İyonik yüzey aktif cisimlerinin çamur parçalanabilirliği ve stabilitesi üzerindeki etkileri, yüzey aktif madde işlemleriyle çamur şartlandırma mekanizmalarının anlaşılmasında yararlı olduğu ortaya çıkarılmıştır [1].

Çamur susuzlaştırmanın artırılması, çevresel yük ve atık maliyetlerini azaltmada önemlidir. Bu çalışmada, katyonik bir yüzey aktif cismi, setil trimetil amonyum bromür (CTAB), çamur susuzlaştırma için Fenton reaktifi ile birleştirilmiştir. Sonuçlar, Fenton-CTAB şartlandırmasının çamur susuzlaştırmayı önemli ölçüde arttırdığını göstermektedir. Yanıt yüzey metodolojisi ve tek tip tasarım kombine teknikleri kullanılarak, su içeriği için  $Fe^{2+} \cdot H_2O_2$  ve CTAB dozları sırasıyla 89, 276 ve 233 mg / g kuru katılar olacak şekilde optimize edilmiştir. Optimum koşullar altında çamurun su içeriği % 79.0'dan % 66.8'e düşmüştür [5].

### **3.Sümfaktanların Anaerobik Çürütmeye Etkisi**

Anaerobik çürütme, atık aktif çamurdaki karbon kaynaklarını kullanmak ve metan gibi değerli enerji kaynakları üretmek için umut verici bir yaklaşımdır. Genel olarak, metan verimi, anaerobik çürütmeye önemli ara ürünler olan ve metan üretimi için bir substrat görevi gören VFA'ların üretilmesiyle kararlaştırılır. Hidroliz aşamasında, enzimler düşük molekül ağırlıklı ara ürünler üretmek için organik maddeyi çamurda kullanabilirler. Bununla birlikte, hücre içi organiklerin bozulması engellenir çünkü enzimler ve EPS'ler arasındaki elektrostatik etkileşim, çamurdaki enzimleri hapseden EPS-enzim komplekslerinin oluşumuna neden olur. Dolayısıyla çamurdaki enzimatik reaksiyon, hücre dışı enzimler ve EPS'lerin komplekslerinin oluşumu nedeniyle azalır [15]. Sonuç olarak, anaerobik çürüme hızı, EPS'lerin eksik hidrolizi ve sınırlı mikrobiyal biyokütle ile sınırlandırılarak VFA'ların verimsizleşmesine neden olur. Parçacıklı organik maddelerin çözümlerine hidrolizinin anaerobik çürüme hızını etkileyen ana faktör olduğuna inanılmaktadır. VFA'ların ve metanın verimini arttırmak için, yüzey aktif madde destekli arıtmalar, anaerobik çürütme için alternatif bir strateji olarak kabul edilir. Yüzey aktif maddeler, yüksek yüzey aktivitesi ve çözünme özellikleri nedeniyle çamurun gerginliğini ve özelliklerini değiştirebilir ve çamur bloklarının ayrışmasını teşvik edebilir. Bu nedenle, bazı TB-EPS'ler ve LB-EPS'ler S-EPS'lere dönüşmeye başlar ve bu da büyük miktarda protein ve karbonhidratın çamurdan sulu faza salınmasına neden olur. Bu arada, yüzey aktif cisimleri, üçüncül yapı açılarak çamur topaklarındaki proteinleri ve karbonhidratları denatüre edebilirler. Bu muhtemelen termodinamik etkiler ve amino asit kalıntıları arasındaki elektrostatik etkileşimler tarafından tercih edilen hidrofobik etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Protein ve karbonhidratların kullanımı yüzey aktif cisimlerinin yardımı ile daha kolay hale gelir. Ek olarak, sümfaktanların çözünürlüğü, sıkışmış enzimleri serbest bırakmak için (hücre yüzeyinde ve flok matrisinde) hayati olabilir. Çözünebilir organiklerin artması ve enzimlerin serbest bırakılması, hidroliz hızını ve enzimlerin organik bileşikleri hidrolize eden olasılığını arttırmaktadır. Ayrıca, enzim modülatör molekülleri olarak işlev gören yüzey aktif cisimleri, düşük dozajda enzim aktivitesini artırır, ancak yüksek dozajda tersine bir etkiye sahiptir. Sümfaktanların varlığında daha fazla proteaz ve amilaz aktivitesi elde edilebilir. Sümfaktanlar tarafından EPS'lerin salınmasına ilişkin olarak, bakteriler VFA'ları ve metanı verimli bir şekilde üretmek için bu çözümler kullanabilirler. Bakteriler ayrıca yüzey aktif maddeleri karbon kaynağı olarak da kullanabilirler. Kavitha ve diğ. (2016) [16] SDS'nin çamurun anaerobik çürüme üzerindeki etkilerini araştırmıştır. SDS işlemleriyle, metanojenik bakteriler substratlara daha kolay erişebilmiş ve aynı zamanda metan verimi artırılmıştır. Çamur alıkonma süresi 15 gün olduğunda metan verimi maksimum seviyeye ulaşmıştır (50 mL/g VS) [16]. Kısa vadede, SDS'nin varlığı enzimlerin hidrolitik aktivitelerini arttırmıştır. Ancak, zamanın artmasıyla birlikte faaliyetler hızla azalmıştır. VFA'ların verimliliği, daha

yüksek SDS dozajı ile artmıştır [17]. Anaerobik çürütmede yüzey aktif LAS kullanıldığında, metan üretiminin derecesini azaltabilen, LAS molekülünün ihmal edilebilir bir mikrobiyal dönüşümü gözlenmiştir [18]. Metan üretimi, dioktil sodyum sülfö süksinat (DOSS) kullanılarak önemli ölçüde artmıştır. [19]. Kimyasal yüzey aktif maddeler dışında, biyo yüzey aktif maddeler daha düşük toksisite, daha iyi çevresel uyumluluk, biyolojik bozunabilirlik ve çok çeşitli pH değerleri ve sıcaklıkları için mevcudiyetlerinden dolayı daha fazla dikkat çekmiştir [4].

Sun ve ark., 2019, tipik anyonik yüzey aktif cisimleri sodyum dodesil benzen sülfonat (SDBS) ve iyonik olmayan yüzey aktif cisimleri APG'nin mezofilik anaerobik çamur, gıda atığı ve yeşil atıklar ile birlikte çürütmesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sonuçlar, 5 mg/g'de, biyogaz üretiminin SDBS destekli sistemlerde inhibe edildiğini, APG ilaveli reaktörlerde uyarıldığını, metan veriminin 146.58 L/g VS tüketildiğini göstermiştir. 15 mg/g'de, hem SDBS hem de APG destekli reaktörlerde biyogaz üretimi her ikisi de inhibe edilmiştir. APG'nin AD üzerindeki negatif veya pozitif etkisinin, APG takviyesi dozuna bağlı olduğu anlamına gelir [20].

He ve ark., (2019) [21], yaptığı çalışmada, yüzey aktif maddelerin atık aktif çamurun anaerobik çürütme üzerindeki etkilerini özetlemektedir. Artan atık aktif çamur miktarı ciddi çevresel sorunlara neden olmuştur. Üç aşamayı (yani hidroliz, asetogenez ve metanojenez) içeren WAS'ın ana arıtım prosesi anaerobik çürütme, geniş çapta araştırılmıştır. Yüzey aktif madde ilavesinin, anaerobik çürütmenin etkinliğini arttırdığı görülmüştür. Sürfaktan, büyük tortuları ayırarak ve kapsüllenmiş hidrolazı serbest bırakarak hidrolizin verimini artırabilir ve daha sonra asidojenez için daha fazla madde sağlar. Daha sonra, ana ürün olarak kısa zincirli yağ asitleri (SCFA'lar) üretilmiştir. Önceki araştırmalar, yüzey aktif maddenin SCFA'nın dönüşümünü etkileyebileceğini ortaya koymuştur. Ek olarak, mikroorganizmaların aktivitesi, esas olarak metanojenlerin aktivite değişikliklerine yol açan yüzey aktif maddeden etkilenebilir. Ayrıca, sürfaktanın çözündürülmesi, biyolojik kullanılabilirliği veya çamurun desorbe edilmesini artırarak organik kirletici maddeler ve ağır metaller gibi kirleticilerin çamurdaki çözünürlüğünü artıracaktır [21].

#### **4.Sürfaktanların Organik Kirleticilerin Giderimine Etkisi**

Atıksu arıtma işleminin son ürünü olan atık aktif çamur, birçok çeşit organik kirletici içerir. PAH'lar ve boyalar çamurdaki iki ana organik kirleticidir ve ayrışmaz ve toksiktir. Sürfaktanlar, bu kirletici maddeleri, çözündürmeleri nedeniyle uzaklaştırmak için kullanılabilir. Ek olarak, yüzey aktif cisimleri, organik kirleticilerin giderilmesinde diğer yöntemlerle işbirliği yapabilir. PAH'lar anaerobik çürütme veya oksidasyon yoluyla etkili bir şekilde giderilebilir. Sürfaktanların giderim yöntemlerinde uygulanması, PAH'ların giderilmesini desteklemeye yardımcı olabilir. Anaerobik çürütmede, yüzey aktif maddeler, yüzeyler ve çamurlar arasındaki ara yüzey gerilimi azaltarak yüzeylerin çözünmesini iyileştirmek için kullanılır. Yüzey aktif cisim molekülünün hücre yüzeyine veya enzim alanlarına difüzyonu, PAH'ların biyobozunmasını kontrol eder. Yüksek yüzey aktivitesi ve çözümleri nedeniyle, yüzey aktif cisimleri, bazı PAH'ların çamur yüzeyinden sulu fazda çözünebileceği için çamurun ayrışmasını destekleyebilir. Diğer PAH'lar, yüzey aktif cisimleri molekülleri tarafından oluşturulan miseller ile kapsüllenebilir. Sulu fazda ve misel fazında çözülmüş PAH'lar bakteri ve diğer mikroplar tarafından hızla bozunabilir. Sürfaktanlar PAH'ların biyobozunurluğunu arttırdığından, çamur anaerobik çürütmesi sırasındaki PAH'ların ayrılma oranı artar. Bir Fenton reaksiyonunda, yüzey aktif cisimleri, giderilme etkisini arttırabilir. Bu birleşik işlemde, PAH'lar çamur yüzeyinden desorbe edilir ve yüzey aktif cisimlerinin etkisiyle sulu ve misel fazlarında çözülür. Daha sonra, bir Fenton reaksiyonu tarafından oluşturulan OH, PAH'ları etkili bir şekilde okside eder ve uzaklaştırır. Sürfaktanların çamur muamelesinde oksidasyon ve biyolojik bozunma ile etkileri de incelenmiştir. Bernal-Martínez ve diğ. (2005) [22], yüzey aktif maddelerin PAH'ların giderilmesi rolünü ozonlamayı anaerobik çürütme ile birleştirerek araştırmıştır. Ozon ve yüzey aktif cisimleri tarafından oksidasyon ve çözünme etkisiyle, PAH'ların biyobozunması önemli ölçüde iyileşmiştir. PAH giderim hızı ozonlama öncesi işlemle % 61'e yükselmiştir. Sürfaktan tyloxapol ilave edilerek, PAH giderim hızının daha da artması (% 81'e kadar) sağlanmıştır. Polielektrolitler ve polielektrolit yüzey aktif cisimleri, çamurdaki boya boyaları etkili bir şekilde giderilebilir. Doğrusal bir polielektrolit mevcut olduğunda, suda çözünmeyen üç bileşenli boya komplekslerinin oluşumu arttırılabilir. Polielektrolitler ve polielektrolit yüzey aktif madde kompleksleri, üçlü bileşen oluşumundan dolayı boyalara yüksek absorpsiyon sergilemiştir [4,23].

**5.Sümfaktanların Ağır Metaller Üzerine Etkisi**

Ren ve ark., (2014) [24], yaptığı çalışma, biyo asitlendirmeyi Fenton oksidasyonu ile birleştiren bir yöntemle arıtılan atıksu çamurundaki ağır metallerin uzaklaştırılmasında verim üzerine farklı yüzey aktif maddelerin etkisini araştırmaktadır. Anyonik yüzey aktif madde (sodyum dodesil benzen sülfonat, SDBS), iyonik olmayan yüzey aktif madde (ara-20 ve ara-60) ve katyonik yüzey aktif madde (heksadesil trimetil amonyum klorür, HTAC) gibi dört yüzey aktif madde seçilmiştir. Farklı yüzey aktif cisimlerinin, ağır metallerin çamurdan giderim verimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Anyonik ve katyonik yüzey aktif cisimler, ağır metallerin ayrılmasını engellerken, iyonik olmayan yüzey aktif cisimler, ağır metallerin çözünürlüğünü arttırmıştır. Bakır (Cu) verimli bir şekilde süzölmüş, sodyumun giderim etkinliği, katı pH değerine olan talep nedeniyle Cu'dan nispeten düşüktür. Düşük çözünebilir PbSO<sub>4</sub> oluşumu çöktüğü için kurşun düşük verim ile süzölmüştür [24].

Ağır metaller, çevre ve insan sağlığına zarar veren inatçı çevresel kirlenici maddelerdir. Atık aktif çamurdan ağır metalleri gidermek için acil bir ihtiyaç vardır ve bunun için çamur işleminde yüzey aktif maddelerin kullanılması uygulanabilir ve etkilidir. Ağır metaller sümfaktanlarla muamele edilerek çamurdan ayrılabilir. Sümfaktanlar biyo-lekeleme ile işbirliği yapar ve elektrokinetik (EK) işlemi ayrıca yoğun metalleri çamurdan etkili bir şekilde uzaklaştırabildiğinden yaygın olarak kullanılır (Kosobucki et al., 2008). Kendi kendine montaj ve bağlama yeteneklerinden dolayı, yüzey aktif cisimleri, ağır metallerin çamurdan desorpsiyonunu artırabilir. Yüzey aktif maddeler arasında saponin, ağır metallerin uzaklaştırılmasında en iyisiydi. Cu, Zn ve Cr saponin ile giderim oranları sırasıyla % 95,% 96 ve % 91 idi [25]. Sümfaktanlar, ağır metallerin biyolojik liç yoluyla giderilmesi ile geliştirebilir. Biobleaching (biyoliç) işlemi sırasında, çamurun *Acidithiobacillus ferrooxidans* tarafından demir oksidasyonu veya *A. thiooxidans* tarafından sülfür oksidasyonu yoluyla asitleştirilmesi metal ekstraksiyonunda önemli bir rol oynar. Elementel kükürt (S<sub>0</sub>), *A. thiooxidans*'ın büyümesi için bir substrat olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. S<sub>0</sub> oksidasyonu sırasında *A. thiooxidans* tarafından üretilen sülfürik asit, ağır metallerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur [26]. Sümfaktanlar, organiklerin çözünmesini geliştirerek biyo-asitlendirme işlemi desteklemiştir. Sümfaktanların eklenmesinden sonra, S<sub>0</sub>'ın çamur yüzeyinden çözünmesi önemli ölçüde iyileşmiştir. Daha sonra, S<sub>0</sub>'ın kükürt oksitleyici bakteriler tarafından oksidasyonu ağır metallerin çözünmesine neden olmuştur. Ayrıca, ağır metaller bağlama durumundan serbest duruma dönüştürölmüş ve Fenton reaksiyonu ile çamurdan salınmıştır. Bir Fenton reaktifinin eklenmesinden sonra, Cu, Pb ve Cd'nin ayrılma oranları sırasıyla% 62,% 24 ve% 50 olmuştur [4,24].

**Sonuçlar**

Bu çalışma, sümfaktanların çamur arıtımındaki uygulanmasını özetlemektedir. Sümfaktanlar, çamur susuzlaştırmada EPS'leri çözme ve dolayısıyla bağlı suyu çamurdan serbest bırakma yeteneklerinden ötürü asitleştirme ve metanojenezi arttırmak için kullanılabilirler. Ek olarak, yüzey aktif cisimlerinin hidrofobik organik maddeleri içten kaplayabilmeleri ve dış yüzeydeki kirleniciyi yakalayabilmeleri PAH'ların ve ağır metallerin giderilmesinde etkili olmalarına neden olmaktadır. Sümfaktan ilavesi sonrası çamurdaki değişimlerin daha iyi irdelenmesi ve sümfaktanların neden olduğu ikincil kirlenmenin acil olarak belirlenmesi gerekmektedir.

**Kaynakça**

- [1] L.F. Wang, B.C. Huang, L.L. Wang, Y. Min, H.Q. Yu, Experimental and theoretical analyses on the impacts of ionic surfactants on sludge properties, *Sci. Total Environ.* 633 (2018) 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.187>.
- [2] B. Wu, K. Horvat, D. Mahajan, X. Chai, D. Yang, X. Dai, Free-conditioning dewatering of sewage sludge through in situ propane hydrate formation, *Water Res.* 145 (2018) 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.08.057>.
- [3] L.F. Wang, D.Q. He, Z.H. Tong, W.W. Li, H.Q. Yu, Characterization of dewatering process of activated sludge assisted by cationic surfactants, *Biochem. Eng. J.* 91 (2014) 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2014.08.008>.
- [4] R. Guan, X. Yuan, Z. Wu, H. Wang, L. Jiang, Y. Li, G. Zeng, Functionality of surfactants in waste-activated sludge treatment: A review, *Sci. Total Environ.* 609 (2017) 1433–1442. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.189>.
- [5] D.Q. He, J.Y. Chen, B. Bao, X.L. Pan, J. Li, C. Qian, H.Q. Yu, Optimizing sludge dewatering with a combined conditioner of Fenton's reagent and cationic surfactant, *J. Environ. Sci. (China)*. 88

- (2020) 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.08.009>.
- [6] B. Wu, X. Chai, Y. Zhao, Enhanced dewatering of waste-activated sludge by composite hydrolysis enzymes, *Bioprocess Biosyst. Eng.* 39 (2016) 627–639. <https://doi.org/10.1007/s00449-016-1544-6>.
- [7] Y. Chen, H. Yang, G. Gu, Effect of acid and surfactant treatment on activated sludge dewatering and settling, *Water Res.* 35 (2001) 2615–2620. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00565-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00565-0).
- [8] M.T. García, E. Campos, J. Sánchez-Leal, F. Comelles, Structure-activity relationships for sorption of alkyl trimethyl ammonium compounds on activated sludge, *Tenside, Surfactants, Deterg.* 41 (2004) 235–239. <https://doi.org/10.3139/113.100229>.
- [9] Y. Sun, H. Zheng, J. Zhai, H. Teng, C. Zhao, C. Zhao, Y. Liao, Effects of surfactants on the improvement of sludge dewaterability using cationic flocculants, *PLoS One.* 9 (2014) 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111036>.
- [10] L.F. Wang, L.L. Wang, W.W. Li, D.Q. He, H. Jiang, X.D. Ye, H.P. Yuan, N.W. Zhu, H.Q. Yu, Surfactant-mediated settleability and dewaterability of activated sludge, *Chem. Eng. Sci.* 116 (2014) 228–234. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2014.05.014>.
- [11] L. Cheng, Y. Yu, Y. Zhou, H. Zhang, M. Li, The research progress of flocculants in sewage sludge dewatering, içinde: *Adv. Mater. Res.*, 2013: ss. 1518–1521. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.610-613.1518>.
- [12] C. Hong, Y. Si, Y. Xing, Z. Wang, Q. Qiao, M. Liu, Effect of surfactant on bound water content and extracellular polymers substances distribution in sludge, *RSC Adv.* 5 (2015) 23383–23390. <https://doi.org/10.1039/c4ra15370g>.
- [13] C. Hong, Z. Wang, Y. Si, Q. Yang, Y. Xing, Improving sludge dewaterability by combined conditioning with Fenton's reagent and surfactant, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 101 (2017) 809–816. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7939-0>.
- [14] H. ping Yuan, X. bo Cheng, S. ping Chen, N. wen Zhu, Z. ying Zhou, New sludge pretreatment method to improve dewaterability of waste activated sludge, *Bioresour. Technol.* 102 (2011) 5659–5664. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.076>.
- [15] G. Jin-song, X. Yu-feng, Review of Enzymatic Sludge Hydrolysis, *J. Bioremediation Biodegrad.* 02 (2011). <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000130>.
- [16] S. Kavitha, S. Saji Pray, K.N. Yagalakshmi, S. Adish Kumar, I.T. Yeom, J. Rajesh banu, Effect of chemo-mechanical disintegration on sludge anaerobic digestion for enhanced biogas production, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23 (2016) 2402–2414. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5461-z>.
- [17] S. Jiang, Y. Chen, Q. Zhou, Effect of sodium dodecyl sulfate on waste activated sludge hydrolysis and acidification, *Chem. Eng. J.* 132 (2007) 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.01.017>.
- [18] M.T. Garcia, E. Campos, M. Dalmau, P. Illán, J. Sánchez-Leal, Inhibition of biogas production by alkyl benzene sulfonates (LAS) in a screening test for anaerobic biodegradability, *Biodegradation.* 17 (2006) 39–46. <https://doi.org/10.1007/s10532-005-2798-x>.
- [19] U. Ushani, S. Kavitha, M. Johnson, I.T. Yeom, J.R. Banu, Upgrading the hydrolytic potential of immobilized bacterial pretreatment to boost biogas production, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24 (2017) 813–826. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7819-2>.
- [20] J. Sun, Y. Zhang, X. Pan, G. Zhu, The effects of anionic and non-ionic surfactant on anaerobic co-digestion of sludge, food wastes and green wastes, *Environ. Technol. (United Kingdom).* 40 (2019) 2538–2547. <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1446457>.
- [21] Q. He, P. Xu, C. Zhang, G. Zeng, Z. Liu, D. Wang, W. Tang, H. Dong, X. Tan, A. Duan, Influence of surfactants on anaerobic digestion of waste activated sludge: acid and methane production and pollution removal, *Crit. Rev. Biotechnol.* 39 (2019) 746–757. <https://doi.org/10.1080/07388551.2018.1530635>.
- [22] A. Bernal-Martínez, H. Carrère, D. Patureau, J.P. Delgenès, Combining anaerobic digestion and ozonation to remove PAH from urban sludge, *Process Biochem.* 40 (2005) 3244–3250. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.028>.
- [23] G. Petzold, S. Schwarz, Dye removal from solutions and sludges by using polyelectrolytes and polyelectrolyte-surfactant complexes, *Sep. Purif. Technol.* 51 (2006) 318–324. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.02.016>.
- [24] M. miao Ren, X. zhong Yuan, Y. Zhu, H. jun Huang, G. ming Zeng, H. Li, M. Chen, H. Wang, C. ya Chen, N. bo Lin, Effect of different surfactants on removal efficiency of heavy metals in sewage sludge treated by a novel method combining bio-acidification with Fenton oxidation, *J. Cent. South*

- Univ. 21 (2014) 4623–4629. <https://doi.org/10.1007/s11771-014-2469-3>.
- [25] M. Kuczajowska-Zadrozna, U. Filipkowska, T. Józwiak, Application of biosurfactants for heavy metals leaching from immobilized activated sludge, Arch. Environ. Prot. 41 (2015) 43–52. <https://doi.org/10.1515/aep-2015-0006>.
- [26] D. Liu, Y. Tao, K. Li, J. Yu, Influence of the presence of three typical surfactants on the adsorption of nickel (II) to aerobic activated sludge, Bioresour. Technol. 126 (2012) 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.09.025>.



**AKÇADAĞ-HACIOVA (MALATYA) TAŞ OCAĞINDA DELME-PATLATMA FAALİYETLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DRILLING-BLASTING ACTIVITIES IN AKÇADAĞ-HACIOVA (MALATYA) QUARRY**

**Şükrü UÇKUN**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya

**Engin ÖZDEMİR**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya

**Didem EREN SARICI**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya

## **ÖZET**

Açık ocak madenciliğinde inşaat ve altyapı işlerinin pek çoğunda yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan delme-patlatma faaliyetleri sonucunda pek çok problem ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerin bir kısmı yer sarsıntısı (titreşim), hava şoku, gürültü, toz, kirletici gazların oluşumu ve çevreye yayılması gibi olumsuz koşullar oluştan çevresel sonuçlar iken diğer bir kısmı da kaya fırlaması, patlatma sonrası oluşan büyük boyutlu blokları küçültmek için yapılan ikincil kırma gibi işletme verimliliğini etkileyen sonuçlardır. Bu tür istenmeyen sonuçların oluşumunun engellenmesi veya minimum seviyeye indirilmesi, patlatma maliyetlerinin azaltılması için uygun patlayıcı türünün, miktarının ve patlatma düzeninin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Akçadağ-Hacıova (Malatya) bölgesinde bulunan taş ocağında yapılan delme-patlama çalışmalarının çevresel etkileri incelenmiştir. Bu etkilerin, ülkemizdeki delme-patlatma yasa ve yönetmelikleri çerçevesinde, kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelime:** Delme-Patlama, Sismik Ölçümler, Patlama Tasarımı, Yer Sarsıntısı, Çevresel Etkiler.

## **ABSTRACT**

There have been many problems on the drilling-blasting which is commonly utilization technique in open pit mine, construction and many infrastructure works. Some of these problems have harmful effect of to the environment such as; vibration, ground vibration, noise, air shock, dust and pollutant gas, another part of these effects are the impact of operational efficiency, such as secondary crushing to reduce large size blocks formed after blasting. To avoid or minimize such factors and increase the efficiency of blasting, it is necessary to appropriate explosive type, amount and arrangement must be determined. In this study, environmental impacts of drilling- blasting studies in quarry in Akçadağ-Hacıova (Malatya) region were investigated. These effects have been interpreted within the scope of drilling-blasting laws and regulations in our country within acceptable limits.

**Keywords:** Drilling-Blasting, Seismic Measurements, Blasting Design, Ground Shake, Environmental Effects.

## **1. GİRİŞ**

Delme-patlatma, açık ocak madenciliğinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Özellikle, sert kaya kütlelerini parçalamak ve kırıcı ekipmanların ömrünü uzatmak için tercih edilmektedir. Taş ocaklarında yapılan delme-patlama çalışmalarındaki ana hedef, ikincil bir kırma işlemi gerekmeksizin kaya kütlelerini yükleyici ekipmanlara uygun boyutlara indirgemektir. Patlayıcı maddelerin ateşlemesi sonucunda oluşan enerjinin büyük bir kısmı kayacı parçalarken, bir kısmı kayaç içerisinde bulunan süreksizliklerden çevreye titreşim olarak yayılmaktadır. Ayrıca, delme-patlama faaliyetleri sırasında; kaya fırlaması, titreşim, yer sarsıntısı, hava şoku (gürültü), toz ve kirletici gaz oluşumları gibi istenmeyen çevreye zarar veren sonuçlar da ortaya çıkmaktadır. Uygun delme-patlatma parametrelerinin belirlenmesi hem patlatma verimliliğinin artması hem de bu tür çevresel faktörlerin engellenmesi veya minimum seviyeye indirgenmesi için oldukça önemlidir. Özellikle, yerleşim yerlerine yakın yerlerde yapılan delme-patlatma çalışmalarından kaynaklı çevresel etkilerin göz önünde bulundurularak en uygun patlatma tasarımının oluşturulması gerekmektedir (Bilgin vd., 2000; Chen ve Huang, 2001; Adhikari vd., 2004).

Bilgin ve ark. (1999), TKİ Çan Linyitleri İşletmesine ait açık işletmede yapılan delme-patlatma faaliyetlerinin patlatma bölgesine yakın binaların zemininde oluşturduğu etkileri incelemiştir. Araştırmacılar ölçümün klasik yöntemler yerine hem zemin hem de binalarda eş zamanlı yapılarak ayrıntılı analizler sonucunda değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Chernaik (2006), açık ocaqlardaki titreşim ve gürültülerin çevreye ve insana olan etkilerini incelemiştir. Yakın çevredeki binalara herhangi bir etki olmasa da insanlar üzerinde negatif etkiler yaratacağı belirtilmiştir. Pekin (2010), Balıkesir-Bursa yolu üzerindeki bulunan kırmataş ocağında en uygun delme-patlatma parametrelerinin belirlenmesi için arazi ve laboratuvar çalışmaları yapmıştır. Elde edilen deneysel ve arazi verilerine göre çevreye zarar vermeyen ve patlatma verimini artıran en uygun delme-parametreleri belirlemiştir. Kahraman ve Kılıç (2016), Adana-Karaisalı Karapınar bölgesinde bulunan kırmataş ocağında yapılan patlatma faaliyetlerinin ülkemizdeki yasa ve yönetmelikler çerçevesinde, kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığını belirlemek için arazi ve laboratuvar çalışmaları yapmışlardır. Araştırmacıların sahadan elde ettiği ölçümler sonucunda, titreşim değerlerinin sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Külekçi ve Yılmaz (2019), Gümüşhane-Süleymaniye Mezire mevkiinde bulunan yer altı bakır işletmesinde yapılan üretim çalışmalarından kaynaklı yer sarsıntısının yakın bölgedeki tarihi yerleşim alanlarına etkisini incelemiştir. Elde edilen ölçümler sonucunda yerleşim alanlarına çevresel açıdan herhangi bir risk oluşturmadığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ise Akçadağ-Hacıova (Malatya) bölgesinde bulunan taş ocağında yapılan delme-patlama çalışmalarının çevresel etkileri incelenmiş ve ülkemizdeki delme-patlatma yasa ve yönetmelikleri çerçevesinde yorumlanmıştır. Malatya-Akçadağ ilçesi sınırları içerisinde yer alan kalker maden ocağına ait yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Taş ocağı yer bulduru haritası

**2. DELME-PATLATMA TASARIMI**

Sert kayaç grubunda yer alan kalker delme-patlatma yöntemiyle gevşetilmekte ve kırıcılar aracılığıyla istenilen boyutlara getirilmektedir. Kalkerin sert ve dayanımı yüksek olmasından dolayı delme-patlatma işlemlerinde kullanılan basamak yükseklikleri düşük tutulmaktadır. Böylelikle ikincil bir kırma işlemine gerek duyulmamaktadır. Üretim esnasında daha küçük parça boyutunun elde edilmesi ve çevresel etkilerin minimum seviyeye indirilmesi için en uygun delme-patlatma dizaynı oluşturulmaya çalışılmaktadır. Ocakta kullanılan delme-patlatma tasarımına ait veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Kalker ocağında yıllık yaklaşık olarak 900.000 m<sup>3</sup>’lük üretim yapılmaktadır. Haftada ortalama 2 kez atım yapılmakta ve ortalama her bir atımda 70 delik delinmektedir.

**Çizelge 1. Kalker ocağına ait delme-patlatma dizaynı**

Parametre	Durum
Basamak Yüksekliği (K)	10.0 m
Maksimum Dilim Kalınlığı veya İlk Delgi Yüktü (B <sub>maks</sub> )	3.0 m
Gerçek Dilim Kalınlığı (B)	3.0 m
Delik Taban (Tırnak) Payı (Dip Delgi) (U)	1.2 m
Delik Boyu (H)	11.2 m
Sıkılama Boyu (h <sub>c</sub> )	3.0 m
Delikler Arası Mesafe (Delik Aralığı) (S)	3.75 m
Sarj Boyu (H <sub>c</sub> )	8.2 m
Delik Çapı (d veya de)	89 mm
Delik Eğimi	79(5/1)
Kullanılacak Patlayıcı Madde Türü	ANFO
Delik Durumu	Kuru
Delik Düzeni	Şeşbeş
Patlayıcı Madde Birim Hacim (Özgül) Ağırlığı (γ)	850 kg/m <sup>3</sup>
Yemleyici	1 kg kapsüle duyarlı emülsiyon
Ateşleme	Gecikmeli Elektriksiz Kapsül
Bağlantı	İnfilaklı Fİtil
Özgül (Spesifik) Şarj	0,438kg/ m <sup>3</sup>
Bir delikten alınan malzeme (V)	98 m <sup>3</sup>

**3. PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Patlatma sonucu oluşan şok dalgalar ateşlenen kaya birimi içinde belirli bir hız, frekans ve genlikte yayılmaktadır. Bu yayılım atım yerinden uzaklaştıkça sönme eğilimi göstermektedir. Patlatma mesafesine en yakın olan bina, işletme binası olup gözlemsel incelemelerde, yapılan patlatmalar sebebiyle oluşabilecek her hangi bir çatlama ya da yapısal bir deformasyona gözlemlenmemiştir. Şok dalgaları çevrede bulunan hassas noktalara (yerleşim birimleri, yol, su kanalları vb) hasar verebilmektedir. Yerleşim meydanlarına gelebilecek olan zararların Türkiye’de mevcut bulunan yasa ve yönetmelikler çerçevesinde olması zorunludur. Kalker işletmesine yakın bazı hassas noktalara ait uzaklıklar Çizelge 2’de verilmiştir.

Bir patlatma için (70 delikten oluşan) toplam 3.000 kg ANFO ve 70 kg Dinamit olmak üzere, her deliğe 43.02 (42,02 kg ANFO+1.00 kg dinamit) kg patlayıcı konulmaktadır. Yapılan patlatmada 6.860 m<sup>3</sup> malzeme çıkarılmaktadır. Her bir deliğe 25 ms elektriksiz gecikmeli kapsül düzenekleri ve aynı zamanda sıralar halinde yüzey geciktiriciler ile 42 ms’lik kapsüllerde kullanılmıştır. Böylelikle her bir delik bağımsız olarak tek başına patlayacak ve maksimum anlık şarj 43.02 kg olacaktır. Gecikmeli patlamalar sayesinde çevresel etkiler minimum seviyeye indirgenmektedir.

**Çizelge 2. Ocağa yakın bazı hassas noktalara olan uzaklıkları**

Nokta	Patlatma yapılacak olan yere olan uzaklığı (m)	Konumu
Yeşilyurt İlçesi	7.350	Doğu
Evler	1.760	Doğu
Evler	2.000	Güneybatı
Seyituşağı Mahallesi	2.180	Güneydoğu
Görgü Mahallesi	3.735	Güneybatı
İkizce Mahallesi	3.200	Kuzeydoğu
DSİ Sulama Kanalı	400	Kuzey
Kuru Dere	300	Doğu

**3.1. Taş Savrulması**

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı madde kaya kütlesi içerisinde yeteri kadar sıkılanmaz ise ateşleme sonucunda oluşan yüksek detonasyon basıncı atmosfer ortamına yayılacağından taş savrulması olayı kaçınılmazdır. Kalker ocağında hesaplanan taş savrulma mesafesi ( $L_{max}$ ) Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmış ve 52,71 m olarak bulunmuştur. Ocağa en yakın yerleşim yeri 300 metre olduğundan taş savrulması tehlikesi bulunmamaktadır.

$$L_{max} = 11 \times (SDOB_m)^{-2,167} \times d^{0,667} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Kalker ocağı için ölçekli gömme derinliği ( $SDOB_m$ ) hesabı:

$$SDOB_m = \frac{3,00 + 0,356}{0,00923 \times (8 \times 89^3 \times 1,2)^{0,333}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$L_{max} = 11 \times (1,932)^{-2,167} \times 89^{0,667} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Taş savrulma mesafesi ( $L_{max}$ ): 52,71 m olarak bulunur.

**3.2. Hava Şoku**

Hava şoku oluşumunun en temel nedenleri, gereğinden fazla şarj edilmiş delikler, zayıf sıkılama, açıktaki infilaklı fitil, uygun olmayan patlatma paterni ve kayadaki çatlaklardan gaz kaçışlarıdır. Patlatma esnasında bu tür çevresel sıkıntılar yaşanmaması için “hava şoku etki mesafesine” dikkat edilmesi gerekmektedir. Patlatmada kullanılacak maksimum patlayacak delik sayısına gelen anlık şarj 43.02 kg'dır. Buna göre hava şoku etki mesafesi Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3. incelendiğinde ocağa yakın hassas bölgelerin patlatma kaynaklı hava şok etkisine maruz kalmadığı görülmektedir. Hava şoku etkisi Siskind 2000 tarafından belirlenen Eşitlik 4-5 kullanılarak hesaplanmıştır (Siskind, 2000).

$$P = k \times \left( D/W^{1/3} \right)^{-\beta} \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Milibar cinsinden ölçülmüş hava şoku değerini desibele çevirmek için;

$$SPL_{dB} = (20 \times \log P_{mb}) + 134,1 \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Çizelge 3. Hava şoku etki mesafeleri

D (Patlatma Noktasına Olan Mesafe) (m)	Hava Şoku		Değerlendirme
	Pmb (mbar)	SPLDb (Db)	
10	13,41510288	156,6518802	Patlatma Yapılmaz
20	6,848491353	150,8118982	
30	4,621536533	147,3957278	
60	2,35932242	141,5557459	
90	1,592130908	138,1395755	
100	1,437454172	137,2518802	
125	1,157687369	135,3718259	
150	0,970030716	133,8357097	
175	0,835308884	132,536942	
200	0,73382907	131,4118982	
250	0,591006421	129,531844	Patlatma Yapılabilir
260	0,568944443	129,2013972	
300	0,495206562	127,9957278	
350	0,42643025	126,6969601	
400	0,374624189	125,5719163	
450	0,334178011	124,5795574	
500	0,301712361	123,6918621	
750	0,203603192	120,2756916	
1000	0,15402599	117,8518802	
1250	0,124048437	115,9718259	
1500	0,103940664	114,4357097	
1760	0,089011623	113,0889344	
1750	0,089504959	113,136942	
1900	0,082642418	112,4440603	
2000	0,078631201	112,0118982	
2180	0,072325461	111,2858242	
3000	0,053062339	108,5957278	

**3.3. Yer Titreşimi**

Maden ve taş ocaklarında delme-patlatma faaliyetleri nedeniyle oluşacak titreşimlerin en yakın yapının dışında yaratacağı izin verilebilecek zemin titreşim düzeyleri, 1 Hz-4 Hz arasında 5 mm/s'den 19 mm/s'ye; 10 Hz-30 Hz arasında 19 mm/s'den 50 mm/s'ye, logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak yükselmektedir (Tripathy ve Gupta, 2002). Söz konusu çalışmada titreşim yayılımını belirlemede Eşitlik 6. kullanılmıştır. Mesafeye bağlı "Yer Titreşim (PPV)" değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4. incelendiğinde ocağa yakın hassas bölgelerin patlatma kaynaklı yer titreşim etkisine maruz kalmadığı görülmektedir.

$$PPV = k \times \left( D / \sqrt{W} \right)^{-\beta} \quad (\text{Eşitlik 6})$$

Çizelge 4. Mesafeye bağlı "Yer Titreşim (PPV)" değerleri

D (Patlatma Noktasına Olan Mesafe) (m)	Yer Titreşim Değeri (PPV) mm/s	Değerlendirme
10	505,9021993	
20	143,2821123	
30	68,50241522	
60	19,40132058	<b>Patlatma Yapılmaz</b>
90	9,275668097	
100	7,657139644	
125	5,101411346	
150	3,660837706	
175	2,765268579	
200	2,168662528	
250	1,444826677	
260	1,345287399	
300	1,036826011	
350	0,783182053	
400	0,614210708	
450	0,495700997	
500	0,409205215	<b>Patlatma Yapılabilir</b>
750	0,195638835	
1000	0,115895498	
1250	0,077212985	
1500	0,055409021	
1760	0,041422233	
1750	0,041854034	
1900	0,03603587	
2000	0,032824036	
2180	0,02805923	
3000	0,015692997	

**3.4. Toz Oluşumu**

Çevresel sorunlardan toz sorunu delme-patlatma faaliyetlerinden ziyade kırma-eleme ve nakliyat sırasında oluşmaktadır. Dolayısıyla delme-patlatma faaliyetlerinden kaynaklı toz oluşumundan ziyade diğer unsurlar daha etkili olduğu için çalışma kapsamında yer almamıştır.

**SONUÇLAR**

Bu çalışmada Akçadağ-Hacıova (Malatya) bölgesinde bulunan taş ocağında yapılan delme-patlama çalışmalarının çevresel etkileri incelenmiştir. Bu etkiler, ülkemizdeki delme-patlatma yasa ve yönetmelikleri çerçevesinde, kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı yorumlanmıştır. Elde edilen bulgular şöyledir;



- 1- Kalker ocağında hesaplanan taş savrulma mesafesi ( $L_{max}$ ) 52,71 m olarak bulunmuş ve ocağa en yakın yerleşim yeri 300 metre olduğundan taş savrulması tehlike oluşturmamaktadır.
- 2- Ocağa en yakın yerleşim yeri 300 metre olan “Hava Şoku” değerinin 127,996 dB olduğu tespit edilmiş ve bu değer herhangi bir olumsuz etki oluşturmamaktadır.
- 3- 125 m mesafeden sonra titreşimin sönümlenmekte ve ocağa en yakın yerleşim yerlerine herhangi bir olumsuz etki oluşturmamaktadır.
- 4- Delme-patlatma faaliyetlerinden kaynaklı toz oluşumundan ziyade kırma-eleme ve nakliyat gibi etmenlerin daha etkili olduğu için çalışma kapsamında yer almamıştır.

**KAYNAKÇA**

1. Adhikari, G.R., Theresraj, A.I., Venkatesh, S., Balachander, R., Gupta, R.N. (2004). Ground vibration due to blasting in limestone quarries. *Fragblast – International Journal of Blasting and Fragmentation* 8 (2): 85–94
2. Bilgin, H.A., Esen, S. ve Kılıç M. (1999). Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının binalar üzerindeki etkisinin araştırılması, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, 25-32
3. Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M., Aldas, G.G.U. (2000). Yeniköy Linyit İşletmesinde Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının İncelenmesi. 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu. Bildiriler Kitabı:147-158. 18-19 Nisan 2000, Ankara.
4. Chen, G., Huang, S. (2001). Analysis of ground vibrations caused by open pit production blasts: a case study. *Fragblast – International Journal of Blasting and Fragmentation* 5 (1), 91-107.
5. Chernaik, M. (2006). Rapid environmental impact assessment study for the proposed capacity expansion of bauxite mines from 3.0 MTPA to 8.5 MTPA at Baphlimali Plateau, chapter-4 impact assessment, VIMTA Labs Limited, Hyderabad, Environmental Alliance World Wide.
6. Kahraman, E. ve Kılıç A.M. (2016). The Investigation of Environmental Impacts Induced by Blasting and An Example of Practice, 8.International Aggregates Symposium, 13-14 October 2016, Kütahya-Turkey
7. Külekçi, G. ve Yılmaz A.O. (2019). Bir bakır işletmesinde üretim faaliyetlerinin tarihi eserlere etkisinin incelenmesi, Gümüşhane Süleymaniye Örneği, *MT Bilimsel Yer altı Kaynakları Dergisi*, 8(16), 1-14.
8. Pekin, A. (2010). Ercan tas ocağı delme-patlatma sisteminin incelenmesi, *BAÜ FBE Dergisi*,
9. Siskind, D.E. (2000). *Vibrations from Blasting*. International Society of Explosives Engineers: 120 pages, New York.
10. Tripathy, G. and Gupta, I.D. (2002). Prediction of ground vibrations due to construction blasts in different types of rock. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 35 (3): 195–204.

**YAZIHAN (MALATYA) BAZALTININ FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN  
BALAST TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ  
INVESTIGATION OF THE USABILITY OF YAZIHAN (MALATYA) BASALT AS A BALLAST  
STONE IN TERMS OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES****Engin ÖZDEMİR**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya

**Didem EREN SARICI**

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya

**ÖZET**

Artan nüfus ve ulaşım talebiyle birlikte, yüksek hızlı tren projelerine olan ihtiyaçta artmaktadır. Demiryolu ulaşımında kullanılan trenlerin çok yüksek hızlara ulaşması, kullanılacak balast agregaların darbelere karşı daha dirençli olmasını gerektirmektedir. Bundan dolayı, balast agregası olarak kullanılacak kayaçların dayanımları demiryolları balast şartnamesine uygun olmalıdır. Bu çalışmada Yazihan (Malatya) bazalt kayacının fiziko-mekanik özellikleri bakımından yüksek hızlı tren projelerinde balast taşı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Yazihan bazaltının zararlı bileşen içeriği, Los Angeles aşınma değeri, su emme, dona karşı dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme dayanımı, Brazilian çekme dayanımı, ultrasonik dalga hızı değerleri tespit edilmiştir. Yapılan deneysel araştırmalar sonucunda Yazihan Bazaltının balast malzemesi olarak kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bazalt, agrega, balast, Los Angeles, hızlı tren**ABSTRACT**

The need for high-speed railroad projects is growing with the increasing population and the need for transportation. Trains used in railway transportation which reach high speeds, requires the ballast aggregates to be more resistant to impacts. Therefore, the strength of the rock to be used as ballast aggregate must comply with the railway ballast specification. In this study, the usability of Yazihan (Malatya) basalt rock as ballast stone in high speed train projects was investigated in terms of physico-mechanical properties. For this purpose, harmful component content, Los Angeles abrasion value, water absorption, frost resistance, uniaxial compressive strength, point load strength, Brazilian tensile strength, ultrasonic wave velocity values of Yazihan basalt were determined. As a result of the experimental researches, the usability of Yazihan Basalt as a ballast material was determined.

**Keywords:** Basalt, Aggregate, Ballast, Los Angeles, High Speed Train**1. GİRİŞ**

Nüfus artışı ve gelişen endüstriye bağlı olarak artan şehirleşme ile bina, metro, yol, demiryolu, köprü, baraj vb. yapılara olan talep de artmaktadır. Ülkemizde, geçmişten günümüze kadar demiryolu ulaşımı ve taşımacılığı tarihi bir öneme sahiptir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak artan insan ve yük taşımacılığı, hızlı trenlere olan ilgiyi artırmıştır. Böylece, demiryollarına yapılan yatırımların artmasına bağlı olarak kullanılan balast malzemesine olan talep de artmaktadır. Balast, demiryollarında ray altına serilen yüksek drenaj kabiliyetine sahip, sürtünmeye karşı dirençli ve yük taşıyan malzeme olup traversler tarafından iletilen yükü yayarak platforma ileten sert kayaçlardır. Demiryolu inşasında genellikle, 30-60 mm aralığında magmatik kökenli kayaçlar (gabro, bazalt, diyabaz, granit vb.) kullanılmaktadır.

Demiryolu ulaşımında trenlerin hızlarındaki artış balast malzemesinin önemini de artırmıştır. Birçok araştırmacı balast malzemesi olan agregalar üzerinde deneysel incelemeler yapmıştır. McNally (1998), farklı kökenlere sahip kayaçların balast agregası olarak kullanılabilirliğini ve demiryolları için kullanılacak agregaların dayanım ve dayanıklılık özelliklerini araştırmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda hangi tip kayaçların balast agregası için uygun olduğunu nedenleri ile birlikte açıklamıştır. Aral (2004), Çorlu-Tekirdağ Karatepe bazaltlarının beton agregası, parke, dolgu malzemesi, yol ve balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini tespit etmiştir. Oğul ve ark. (2012), Ankara-İstanbul yüksek hızlı tren demiryolunda granit ve bazaltın balast hammaddesi olarak birlikte kullanılabilirliğini

incelemiş, granit ve bazaltın birbirini aşındırmadan birlikte kullanılabilir özelliğe sahip olduğunu tespit etmiştir. Gürocak (2016), Elazığ-Sivrice Dedeyolu Köyü civarında bulunan bazaltın kırılma malzemesi olarak kullanılabilirliğini incelemiş ve yapılan deneyler sonucunda balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini tayin etmiştir. Sabancı (2018), Kahramanmaraş-Pazarcık Yavuzeli ve Bingöl-Solhan bölgesine ait magmatik kayaların demiryolu balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve her iki kayacın da yüksek hızlı tren hatlarında balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini tayin etmiştir. Bu çalışmada, ISRM ve TSE standardına uygun olarak yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler ile TCDD Balast Teknik şartnamesine göre Yazihan bazalt kayacının yüksek hızlı tren hatları için uygunluğu araştırılmıştır. Bu amaçla, Yazihan bazaltının zararlı bileşen içeriği, Los Angeles aşınma değeri, su emme, dona karşı dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme dayanımı, Brazilian çekme dayanımı, ultrasonik dalga hızı değerleri tespit edilmiştir

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, örnek derleme ve laboratuvar çalışması olarak iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada, Malatya-Yazihan ilçesinde bulunan magmatik kökene sahip bazalt kayacını en iyi şekilde temsil edecek lokasyonlardan örnekler alınmış ve deney sonucunu olumsuz yönde etkileyecek her türlü darbe ve tahribattan kaçınılarak laboratuvar ortamına dikkatli bir biçimde taşınmıştır. Çalışma bölgesine ait yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise örnekler, TCDD demiryolu balast teknik şartnamesine uygunluklarının belirlenmesi için fiziko-mekanik deneylere tabi tutulmuştur.



Şekil 1. Yazihan bazaltının yer bulduru haritası

Kayacın fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Kaya Mekaniği Laboratuvarında bulunan karot alma makinesi yarımıyla karot numuneleri alınmış ve karot ucu kesme-düzelme makinesiyle deney standardına uygun hale getirilmiştir. Kırılmış agrega boyutundaki numunelere elek analizi yapılarak Los Angeles aşınma testi için hazırlanmıştır. Hazırlanan karot numuneleri ile kuru-doygun birim hacim ağırlık, ağırlıkça-hacimce



su emme, ultrasonik dalga hızı, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme dayanımı, Brazilian (dolaylı yoldan çekme) dayanımı deneyleri, agrega numuneleri ile Los Angeles aşınma ve magnezyum sülfat donma-çözünme deneyi gerçekleştirilmiştir.

Kayacın kuru-doygun birim hacim ağırlık ve ağırlıkça-hacimce su emme değerleri TS 699 standardına göre tayin edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi ISRM 1978'e standardına göre gerçekleştirilmiştir. Deneyde 5 adet L/D (boy/çap) oranı 2.0-3.0 karot numuneleri kullanılmıştır. Tek eksenli basınç dayanımında kullanılacak numuneler üzerinde ultrasonik dalga hız değerleri ISRM 1978 standardına göre tayin edilmiştir. Nokta yükleme dayanımı deneyi ISRM 1985 standardında tanımlanan yöntemle yapılmıştır. Deneyde 10 adet L/D oranı 1.1-1.4 karot numuneleri kullanılmıştır. Brazilian (dolaylı yoldan çekme) dayanımı deneyi TS 7654 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Deneyde 10 adet L/D oranı 0.5 olan karot numuneleri kullanılmıştır. Los Angeles aşınma deneyi ASTM C131 - 06 standardına göre yapılmıştır. Deneyde yaklaşık 10-14 mm ebatlarına sahip 5000 gram agrega ile 11 adet bilye kullanılmış olup 1000 tur çevrim yapılarak 1.7 mm elek üstü malzeme tayin edilmiştir. Deneysel çalışmalara ait bazı görüntüler Şekil 2'de verilmiştir. Deneylerde dona dayanıklılık deneyi için MgSO<sub>4</sub> ve organik madde tayinin tespiti için NaOH kullanılmıştır (TS EN 1367-2- TS EN 1744-1+A1). Ayrıca TCDD teknik şartnamesine göre balast malzemesi olarak kullanılacak kayaçların fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. TCDD Balast taşı teknik şartnamesi

Özellik	Sınır Değer
Zararlı bileşen içeriği (%)	<5
Los Angeles aşınma kaybı (%)	<20
Ağırlıkça su emme	<1.5
Dona karşı kütle kaybı	<5
Petrografik özellik	Bazalt, Granit, Diyorit, Gabro, Riyolit



Şekil 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler ve test cihazlarına ait görüntüler

**3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

DeneySEL çalışmalar sonucunda Yazihan bazalt örneğinin fiziksel özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımında kullanılan numuneler üzerinden elde edilen Vp-Vs dalga hızları kullanılarak dolaylı yoldan elde edilen dinamik Young modülü ve poisson oranı ile tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir. Mekanik özelliklerden nokta yükleme dayanımı ve Brazilian (dolaylı yoldan çekme) dayanımı deney sonuçları Çizelge 4’te verilmiştir. Yazihan bazaltının zararlı bileşen içeriği, Los Angeles aşınma değeri ve dona karşı dayanım değerleri ise Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 2. Yazihan bazaltının bazı fiziksel özellikleri

N.No	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Doygun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m <sup>3</sup> )	Ağırlıkça Su Emme (%)	Hacimce Su Emme (%)
1	28.113	28.177	0.227	0.651
2	25.922	25.965	0.167	0.441
3	28.118	28.171	0.188	0.540
4	28.066	28.132	0.237	0.677
5	26.011	26.091	0.311	0.824
<b>Ortalama</b>	<b>27.246±1,169</b>	<b>27.307±1,169</b>	<b>0.226±0.55</b>	<b>0.627±0.145</b>

Çizelge 3. Yazihan bazaltının Vp-Vs dalga hız ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri

N.No	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Eu (GPa)	U <sub>dyn</sub>	TEBD (MPa)
1	6149	4166	106.98	0.08	142.1
2	6092	4028	95.45	0.11	112.8
3	6175	3928	102.77	0.16	110.6
4	6089	3724	95.53	0.20	130.2
5	6005	4150	95.051	0.04	135.6
<b>Ortalama</b>	<b>6102±65</b>	<b>3999±181</b>	<b>99.24</b>	<b>0.12</b>	<b>126.2±13.9</b>

Çizelge 4. Yazihan bazaltının nokta yükleme ve Brazilian çekme dayanımı değerleri

N.No	Nokta yükleme dayanımı (MPa)	Brazilian çekme dayanımı (MPa)
1	8.55	8.51
2	8.64	8.20
3	9.21	8.84
4	8.71	8.17
5	10.67	7.35
6	8.24	8.66
7	7.68	8.07
8	8.76	8.74
9	10.25	8.07
10	8.68	8.47
<b>Ortalama</b>	<b>8.94±0.89</b>	<b>8.31±0.44</b>

Çizelge 5. Yazihan bazaltının zararlı bileşen içeriği, Los Angeles aşınma ve dona karşı dayanım değerleri

Zararlı bileşen içeriği (%)	Los Angeles aşınma kaybı (1000 devir) %	MgSO <sub>4</sub> dona karşı kütle kaybı (%)
<b>0.21</b>	<b>12.42</b>	<b>2.44</b>

**4. SONUÇLAR**

Bu çalışmada Yazihan bazalt örneğinin fiziko-mekanik özellikleri bakımından balast agregası olarak uygunluğu araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda Yazihan bazalt örneğinin TCDD balast teknik şartnamesine göre agrega olarak kullanımının uygun olduğu deneysel olarak tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular şöyledir;

- 1- Tek eksenli basınç dayanım, nokta yükleme dayanım ve Brazilian çekme dayanım deneyleri sonucunda elde edilen verilere göre Yazihan bazalt örneği sert kayaç grubunda yer almaktadır.
- 2- Yazihan bazalt örneğinin zararlı bileşen içeriği % 0.21 bulunmuştur. Bu değer TCDD teknik şartnamesinde sınır değer olarak yer alan %0,5’ten küçük ve şartnameye uygun olduğu tespit edilmiştir.
- 3- 1000 devir sonunda Los Angeles aşınma kaybı değeri %12.42 bulunmuştur. Bu değer TCDD teknik şartnamesinde sınır değer olarak yer alan %20’den küçük olduğu tespit edilmiştir.



4- Yazıhan bazalt örneğinin ağırlıkça su emme değeri %0.226 bulunmuştur. Bu değerin TCDD teknik şartnamesinde sınır değer olarak yer alan %1,5'ten küçük olduğu tespit edilmiştir.

5-Magnezyum sülfat çözeltisinde dona karşı kütle kaybı %2.44 bulunmuştur. Bu değerin TCDD teknik şartnamesinde sınır değer olarak yer alan %5'ten küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Katkı Belirtme**

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (FDK-2017-879) nolu proje ile desteklenmiştir.

**KAYNAKÇA**

1. Aral, İ.F. (2004). Karatepe bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, 17(2), 69-76.
2. ASTM C131 - 06 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
3. Gürocak, Z. (2016). Dedeyolu Köyü (Sivrice-Elazığ) civarındaki Geç Kretase yaşlı bazaltların kırmataş olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(6), 520-527.
4. ISRM, (1978). Suggested Methods For Determining The Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanical Abstract. **16**, 135-140.
5. ISRM, (1978). Suggested methods for determining sound velocity, International Journal Of Rock Mechanic and Mining Science and Geomechanic Abstract. **15**, 53-58.
6. ISRM, (1985). Suggested methods for determining the point load strength. International Journal Of Rock Mechanic and Mining Science and Geomechanic Abstract. **22**, 51-60.
7. McNally, G.H. (1998). Soil and Rock Construction Materials, E and FN Spon, First published, s. 403, London and New York.
8. Oğul, K., Topal, İ., Poşluk, E. (2012). Ankara-İstanbul yüksek hızlı tren demiryolunda balast hammaddesi olarak granit ve bazaltın birlikte kullanılabilirliğinin araştırılması ve aşınma dayanımlarına etkisi. Yer Altı Kaynakları Dergisi, 1(1), 81-89.
9. Sabancı, A., (2018). Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Solhan (Bingöl) magmatiklerinin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya. 54s. (Yayımlanmamış).
10. TS 699, Tabii yapı taşları- muayene metodları. Ankara.
11. TS 7654, (1989). Kayaçların çekme mukavemetinin dolaylı (indirekt) metotla tayini, TSE, Ankara.
12. TS EN 13450. (2013). Demiryolu Balastları için Agregalar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
13. TS EN 1367-2, (2011). Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
14. TS EN 1744-1+A1, (2013). "Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler- Bölüm 1: Kimyasal analiz", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**SORPSİYON İZOTERMLERİNİN KURUTMA VE DEPOLAMA PROSESLERİNDE  
KULLANIMI  
UTILIZATION OF SORPTION ISOTHERMS IN DRYING AND STORAGE PROCESSES**

**Beyza Nur KOCABAŞ**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda  
Mühendisliği

**İnci ÇINAR**

Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda  
Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Ülkemizde ve dünyada kurutulmuş gıdalara olan talep hızla artmaktadır. Özellikle sınırlı gıda kaynaklarının efektif değerlendirilmesini sağlamada kurutma gerek geleneksel gerekse endüstriyel proseslerde büyük ilgi görmektedir. Kurutmada en önemli parametre ürünün nem içeriğidir. Kurutma ve depolama işlemleri iyi yapılmayan gıdalarda ekonomik, fiziksel, kimyasal, mikrobiyel ve duyu kalite kayıpları yaşanmaktadır. Kurutulmuş gıdaların özelliklerinin belirlenmesinde sorpsiyon izoterminden faydalanılmaktadır. Sorpsiyon izotermi su ve gıda bileşenleri arasındaki etkileşimin ve optimum depolama koşullarının tahmin edilmesinde önemli bir termodinamik yardımcıdır. Bir gıdanın sorpsiyon izotermi o gıdanın spesifik yüzey alanı, gözenek hacmi ve büyüklüğü ile kristalizasyon gibi yapısal özelliklerini belirlemede etkili olmaktadır. Sorpsiyon izoterminden elde edilen veriler kullanılarak gıdanın kurutma ve depolama koşulları belirlenmekte, gıdaya uygun ambalaj materyali seçilebilmekte ve böylece gıdanın aroma, renk, tekstür ve besin değeri gibi kalite özellikleri korunabilmektedir. Sorpsiyon izotermi verilerini elde etmek için teorik, yarı deneysel ve deneysel birçok model geliştirilmiştir. Bu çalışmada sorpsiyon izotermi kurutma ve depolamadaki önemi ve konu ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar hakkında temel bilgilerin verilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sorpsiyon İzotermi, Kurutma, Depolama, Ambalaj Materyali, Nem İçeriği.

**ABSTRACT**

Demand on dried foods has been increased in our country and around the world. Drying especially draws interest in effective utilization of limited food supplies in both traditional and industrial processes. The most important parameter in food drying is water content of foodstuff. Economical, physical, chemical, microbiological and sensorial losses are observed in foods that are not properly dried and stored. Sorption isotherms are used in determining dried food properties. Sorption isotherms are important thermodynamic supports in determining relationship between water and food components and optimum storage conditions. It is a tool in determining structural properties such as specific surface area of food, pore magnitude/volume and crystallization. Data from sorption isotherms are used to determine drying and storage conditions along with the choice of proper food packaging material such that quality of food defined by aroma, color and textural properties are protected. Sorption isotherms are built up by the use of theoretical, semi-theoretical and empirical models. The present study aims to give brief fundamentals on the importance of sorption isotherms in drying and storage and the latest studies on the area in recent years.

**Keywords:** Sorption Isotherms, Drying, Storage, Packaging Material, Moisture Content.

**1.GİRİŞ**

Gıdanın kurutulması dayandırılmaları yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir (Cemeroğlu, 2013). Kurutma gıda işleminin önemli bir parçasıdır. Kurutma ile gıdanın nemi düşürülerek ürünün dayanıklılığı artırılmakta taşıma ve diğer işlemler kolay olmaktadır (İbanoğlu ve Maskan, 2001).

Kurutulmuş ürünler için en önemli parametrelerden biri nem içeriğidir. Denge nem içeriği gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyel stabilitelerinin yanı sıra kurutma, harmanlama, ambalajlama ve depolama gibi işlem koşullarındaki davranışları hakkında bilgi vermektedir (Atalar, 2019). Çoğu kurutulmuş gıdaların nem içeriğini bilmek kalite, stabilite ve raf ömrünün tahmini için önemlidir. Farklı

gıda ürünlerinin depolanabileceği nem seviyeleri, ürün tipine, yiyecek kompozisyonuna göre değişmektedir. Kurutulmuş gıdaların bu benzeri özelliklerini belirleyebilmek için sorpsiyon izoterminden yararlanılmaktadır (Ibanoglu ve ark., 1999).

Sorpsiyon izotermi gıdanın denge nem içeriği ile kendisini çevreleyen ortamın belirli bir sıcaklıktaki bağıl nemi arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır (İşleroglu, 2019). Sorpsiyon izotermi, gıdaların raf ömrü ya da depolama süresinin hesaplanması, teorik olarak denge nem içeriğinin hesaplanmasında kullanılmakta ve son zamanlarda gıdaların kalite özelliklerine etkisi konusunda yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada sorpsiyon izotermi kurutma, depolama ve ambalajlama proseslerinde kullanımı hakkında bilgi vermek amaçlanmaktadır.

### **Gıdaların Sorpsiyon İzotermi**

Gıdalar sıcaklık ve bağıl nemi sabit bir ortamda yeterli süre bekletildiğinde ortamdan su alır veya verirler. Ortamdaki suyun buhar basıncının eşit duruma gelmesiyle dinamik bir denge durumu oluşmaktadır. Gıdanın bu denge durumundaki nem içeriği, denge bağıl nemi olarak adlandırılmaktadır. Gıdaların denge bağıl nemi, ortamın sıcaklığına ve bağıl nemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sabit sıcaklıkta belli bir nem içeriği ya da su aktivitesi değerine karşılık gıdanın denge bağıl neminin grafik elde edilmesi gıdanın nem sorpsiyon izotermi vermektedir (Aykın ve ark., 2015). Bu grafikler temel olarak sabit sıcaklıkta kuru gıdaların artan veya yaş gıdaların azalan su içeriğinin değişen su aktivitesine karşılık gösterilmesiyle elde edilen adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermidir. Gıdaların sorpsiyon izotermi belli gruplarda toplanabilmekte fakat her gıda için kendisine özgü olabilmektedir (Erbaş ve ark., 2016).

Sorpsiyon izotermi termodinamik açıdan adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi hesaplamada, gıdanın yapısı bakımından partikül boyutu, kapiller sistemlerin varlığı ya da su içeriğini anlamada ve teknolojik açıdan ise gıdaların raf ömrü ya da depolama süresinin hesaplanması, paketlenmiş olan gıdaların gevreklik gibi özelliklerinin korunması, farklı su içeriğine sahip olan kurutulmuş ürünlerin harmanlanmasında ve teorik olarak denge nem içeriğinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Labuza ve Bell 2000; Mathlouthi 2001).

### **Kurutma Proseslerinde Sorpsiyon İzotermi**

Sorpsiyon özellikleri gıdaların kurutulması sırasında ve son zamanlarda gıdaların kalite özelliklerine etkisi konusunda yardımcı olmaktadır. Higroskopik bir gıda olan unun nem içeriği kalite ve teknolojik özellikleri açısından güçlü bir etkiye sahiptir.

Torres ve Seijo (2016), pirinç endüstrisinden elde edilen pirinç unu üzerinde yaptıkları çalışmada, pirinç ununun adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi statik gravimetrik metotla 25, 35, 45 ve 55°C sıcaklıklarda çalışmışlardır. Denge nem içeriği, aynı su aktivitesi değerinde adsorpsiyon izotermine göre desorpsiyon izotermi için daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Moreira ve ark. (2010), kestane ve buğday ununda yaptıkları çalışmada gravimetrik yöntemle 0,09-0,91 su aktivitesi aralığında hesaplamışlardır. Sorpsiyon izotermi kestane unundaki yüksek şeker oranından dolayı su aktivitesi 0.65'in üzerinde zıt bir davranış sergilediğini belirlemişlerdir.

Tham ve ark. (2016), üç farklı bebek maması formülasyonu üzerinde sorpsiyon izotermi analiz etmişlerdir. Tüm bebek maması tozlarının 0.428 su aktivitesinde en yüksek nem içeriğinde olduğu ayrıca 0.33 ve 0.753 su aktivitesi aralığında incelenmiş tüm numunelerde topaklanmaya rastlandığını gözlemişlerdir. Gandolfi ve ark. (2018), yeşil dolmalık biberlerin ince tabakalı kurutmaya kurutulmasında sıcaklığın ve kurutmaya etki eden hava hızının yanı sıra sorpsiyon izotermi etkilerini de çalışmalarında değerlendirmişlerdir. Denge nem içeriği, aynı su aktivitesi değerlerinde sıcaklık artışı ile azalmıştır ve kurutma hızındaki artışın, gıdadaki suyun gıda yüzeyine taşınması işlemini değiştirmediklerini ifade etmişlerdir. Atalar (2019), çalışmada farklı bağlayıcılar kullanılarak aglomere edilen yoğurt tozlarının sorpsiyon özellikleri incelenmiştir. Yoğurt tozları 4, 20 ve 40°C sıcaklıklarda sorpsiyon izotermi tespit etmişlerdir. Çalışma sırasında yüksek sıcaklıkta kurutulan yoğurt tozlarının daha az higroskopik olduğu gözlenmiştir. Bağlayıcı olarak laktozun kullanılması saf suya kıyasla yüksek su aktivitesi değerlerinde sorpsiyon oranını arttırdığını belirlemiştir. Temmerman ve ark. (2008), çalışmalarında desorpsiyon izoterminden yararlanılarak

konveksiyon tipli bir kurutucuda kurutulan makarnaların kurutma eğrilerini belirlemişlerdir. Elde edilen desorpsiyon izoterm verileri, makarnanın kurutma davranışına uygun modellemeyi sağladığını belirtmişlerdir.

**Tablo.1. Literatürde seçilen bazı farklı gıda örneklerinde çalışılan izotermler**

Gıdalar	Çalışılan İzotermler	Kaynaklar
Bulgur	Adsorpsiyon	Erbaş ve ark. (2016)
Demirhindi tozu	Adsorpsiyon	Muzaffar ve Kumar (2016)
Makarna	Desorpsiyon	Temmerman ve ark. (2008)
Buğday tohumu	Desorpsiyon	Gili ve ark. (2017)
Kestane ve buğday unu	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Moreira ve ark. (2010)
Pirinç unu	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Torres ve Seijo (2016)
Bebek maması	Adsorpsiyon	Tham ve ark. (2016)
Hazır atıştırmalık (çerez)	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Wani ve Kumar (2016)
Yoğurt tozu	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Atalar (2019)
Kefir tozu	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	İşleroğlu (2019)
Yoğurt tozu	Adsorpsiyon	Seth ve ark. (2018)
Süt tozu	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Gil ve ark. (2016)
Yeşil dolmalık biberler	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Gandolfi ve ark. (2018)
Ayva	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Noshad ve ark. (2012)
Muz dilimleri	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Zabalaga ve ark. (2016)
Portakal kabuğu ve yaprakları	Adsorpsiyon ve Desorpsiyon	Bejar ve ark. (2012)
Yeşil soya fasulyesi		Yang ve ark. (2015)
Soğan tozu		Majid ve ark. (2019)

### **Depolama Proseslerinde Sorpsiyon İzotermleri**

Sorpsiyon izotermleri gıdaların raf ömrü ya da depolanması süresindeki ve paketlenmiş olan gıdaların muhafazasında önemli bir faktördür.

Muzaffar ve Kumar (2016), sprey kurutulmuş demirhindi tozunun adsorpsiyon izotermleri ve depolama çalışmalarını değerlendirmişlerdir. Adsorpsiyon izotermleri gravimetrik metot kullanılarak dört farklı sıcaklıkta (20, 30, 40 ve 50°C) belirlemişlerdir. Demirhindi tozları üç farklı ambalaj malzemesi kullanılarak (düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), lamine poşet (LP) ve cam) depolanmıştır ve depolama sırasında ölçülen demirhindi tozunun fizikokimyasal özelliklerindeki değişime (nem içeriği, renk parametreleri, demirhindi tozunun akışkanlığı ve kütle yoğunluğu gibi) bakıldığında, demirhindi tozunun uzun süreli depolanması için camın en iyi malzeme olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık sorpsiyon davranışını etkilediğini ve denge nem içeriği sabit su aktivitesinde artan sıcaklıkla azaldığını gözlemişlerdir.

Erbaş ve ark. (2016), üç farklı partikül boyutundaki bulgurun adsorpsiyon davranışını 20°C'de %8.2-97.3 bağıl nem aralığında incelemişlerdir. Bulgur %70 bağıl nemde ve 10g/100g KM' den daha az su aktivitesinde saklanması gerektiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca bulgurun sorpsiyon kapasitesi, sabit su aktivitesinde artan sıcaklık ve partikül boyutunun artmasıyla azaldığı sonucuna varılmıştır. Wani ve Kumar (2016), hazır atıştırmaıkların (çerezler) sorpsiyon izotermleri ve depolama çalışmalarını

incelemişlerdir. Sorpsiyon izotermelerinden elde edilen veriler kullanılarak fiziksel duyuşal ve mikrobiyel yönden meydana gelen değişimleri tespit edebilmişlerdir. Kullanılan ambalaj malzemesine dayanarak LDPE (polietilen) poşetlerinde paketlenmiş atıştırmalıklar, depolama sırasında LP (lamine poşet) kıyasla kalite parametrelerinde daha büyük değişiklikler göstermiş ve buda daha uzun süreli depolamalar için LP'nin kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermişlerdir.

Seth ve ark. (2018), sprey kurutulmuş ve tatlandırılmış yoğurt tozunun adsorpsiyon izotermeleri 20, 30, 40 ve 50°C'de statik gravimetrik yöntemle belirlemişlerdir. Kurutulmuş yoğurt tozunun yüksek sıcaklıkta depolamada daha az higroskopiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Yoğurt tozları ALP (alimünyum lamine polietilen) ve LDPE (düşük yoğunluklu polietilen) ile paketlemişlerdir ve amabalaj malzemelerinin su buharı geçirgenliği ile yoğurt tozunda adsorbe edilmiş nem arasındaki ilişkiyi raf ömrünü tahmin etmek için kullanılmışlardır.

**Tablo.2. Literatürde seçilen bazı çalışmalarda depolama sırasında gıdaların ambalaj materyaline uygunluğu**

GIDA	Uygun Ambalaj materyali	Kaynak
Yoğurt tozu	ALP (alimünyum lamine polietilen)	Seth ve ark. (2018)
Soğan tozu	ALP (alüminyum lamine polietilen) ve Cam malzeme	Majid ve ark. (2019)
Demirhindi tozu	Cam malzeme	Muzaffar ve Kumar (2016)
Hazır atıştırmalık (Çerez)	LP (lamine poşet )	Wani ve Kumar (2016)

## 2. SONUÇ

Ülkemizde kurutulmuş gıdaların tüketimi fazla olduğundan gerek üretim gerekse depolama ve ambalajlamada gıdaların nem içeriğinden kaynaklı sorunlar yaşanabilmektedir.

Sorpsiyon izotermelerle gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında olması muhtemel değişimler önceden tahmin edilebilmektedir. Ayrıca sorpsiyon eğrileri gıdaların higroskopikliğinin ve ambalajlı kuru ürünün raf ömrünün tahmininde yardımcı olmaktadır. Sorpsiyon izotermeleri gıdaların spesifik yüzey alanı ile bağlı su arasındaki ilişki gibi gıdanın yapısal özelliklerini belirlemede kullanılmakta ve kurutulacak gıdanın kuruma süresinin önceden tahmin edilmesinde ihtiyaç duyulmaktadır.

Böylelikle gıdaların işlenmesi ve muhafazası sırasında önlem alınabilmekte ve gıdanın aroma, renk, tekstür gibi özelliklerini korumakta, mikrobiyel bozulmaların önüne geçilebilmektedir. Depolama proseslerinde yapılan çalışmalarda gıdalarda daha çok desorpsiyon izotermelerinden elde edilen verilerden yararlanılırken, kurutma proseslerinde çoğunlukla adsorpsiyon izoterm verilerinden yararlanılmıştır. Depolama proseslerinde kullanılan ambalaj materyali seçimi için yapılan araştırmalarda genellikle denge bağlı nemini en iyi muhafaza eden materyalin değişen gıda örneklerine bakıldığında cam malzeme olduğunu söyleyebiliriz.

## KAYNAKLAR

Atalar İ. "Aglomerasyon işleminin yoğurt tozunun nem sorpsiyon izotermi ve termodinamik özellikleri üzerine etkisi." Gıda The Journal of Food 44,5 (2019): 837-848.

Aykın E., Arslan S., Durak A.N. ve Erbaş M. "Gıdalarda bulunan suyun fizikokimyasal durumu ve sorpsiyon izotermeleri." Gıda 40, 2 (2015): 109-116.

Bejar A.K., Mihoubi N.B. ve Kechaou N. "Moisture sorption isotherms- Experimental and mathematical investigations of orange (Citrus sinensis) peel and leaves." Food Chemistry 132 (2012): 1728-1735.

Cemeroğlu B.S. (2013). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi-2*. Ankara: Bizim Grup Basımevi.

Erbaş M., Aykın E., Arslan S. ve Durak A.N. "Adsorption behaviour of bulgur". Food Chemistry 195 (2016): 87-90.



- Gandolfi O.R.R., Gonçalves G.R.F., Bonomo R.C.F. ve Fontan R.C.I. “*Sorption equilibrium and kinetics of thin-layer drying of green bell peppers*”. Emirates Journal of Food and Agriculture 30. 2 (2018): 137-143.
- Gil J., Yacanto P., Muratona S., Abaca C.R. ve Esquenoni S.M. “*Influence of the composition of milk powder on water activity applying the GAB model.*” Avances en Ciencias e Ingenieria 7 ,1 (2016): 41-47.
- Gili R.D., Irigoyen R.M.T., Penci M.C., Giner S.A. ve Ribotta P.D. “*Physical characterization and fluidization design parameters of wheat germ.*” Journal of Food Engineering 212 (2017): 29-37.
- İbanoğlu Ş., Kaya S. ve Kaya A. “*Evaluation of sorption properties of Turkish tarhana powder*”. Nahrung 43, 2 (1999): 122-125.
- İbanoğlu Ş., Maskan M. “*Effect of cooking on the drying behaviour of tarhana dough, a wheat flour-yoghurt mixture.*” Journal of Food Engineering 54 (2002): 119-123.
- İşleröğlü H. “*Freeze drying and moisture adsorption kinetics of kefir powder*”. Journal of Food Science 31 (2019): 514-530.
- Majid I., Hussain S. ve Nanda V. “*Moisture sorption isotherms and quality characteristics of onion powder during storage as affected by sprouting.*” Journal of Food Measurement and Characterization 13 (2019): 775-784.
- Moreira R., Chenlo F., Torres M.D. ve Prieto D.M. “*Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours*”. Industrial Crops and Products 32 (2010): 252-257.
- Muzaffar K. ve Kumar P. “*Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder*”. Powder Technology 291 (2016): 322-327.
- Noshad M., Mohebbi M., Shahidi F. ve Mortazavi S.A. “*Effect of osmosis and ultrasound pretreatment on the moisture adsorption isotherms of quince.*” Food and Bioprocess Technology 90 (2012): 266-274.
- Seth D., Dash K.K., Mishra H.N. ve Deka S.C. “*Thermodynamics of sorption isotherms and storage stability of spray dried sweetened yoghurt powder.*” Journal of Food Science Technology 55(10) (October 2018): 4139-4147.
- Tham W.Y.T., Wang C., Yeoh A.T. ve Zhou W. “*Moisture sorption isotherm and caking properties of infant formulas*”. Journal of Food Engineering 175 (2016): 117-126.
- Temmerman J., Verboven P., Delcour J.A., Nicolai B. ve Ramon H. “*Drying model for cylindrical pasta shapes using desorption isotherms.*” Journal of Food Engineering 86 (2008): 414-421.
- Torres M.D. ve Seijo J. “*Water sorption behaviour of by-products from the rice industry*”. Industrial Crops and Products 86 (2016): 273-278.
- Wani S.A. ve Kumar P. “*Moisture sorption isotherms and evaluation of quality changes in extruded snacks during storage*”. Food Science and Technology 74 (2016): 448-455.
- Yang Z., Zhu E. ve Zhu Z. “*Water desorption isotherm and drying characteristics of green soybean.*” Journal of Stored Products Research 60 (2015): 25-30.
- Zabalaga R.F., La Fuente C.I.A. ve Tadini C.C. “*Experimental determination of thermophysical properties of unripe banana slices (Musa cavendishii) during convective drying.*” Journal of Food Engineering 187 (2016): 62-69.

**FONKSİYONEL BİR GIDA KATKISI OLARAK *Spirulina platensis***  
*Spirulina platensis* AS A FUNCTIONAL FOOD ADDITIVE

**Ayla ARSLANER**

Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
(Sorumlu Yazar)

**Zehra TÜRKOĞLU**

Yüksek Gıda Mühendisi, Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Yetersiz ve dengesiz beslenme endişesi ve artan sağlık problemlerinin gıda katkı maddeleri ile ilişkilendirilmesi tüketicilerin doğal, sağlıklı, minimal işlenmiş fonksiyonel ürünlere olan ilgisini her geçen gün artırmaktadır. Diğer taraftan geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde açlık sınırında yaşayan ve açlıkla mücadele eden milyonlarca insanın varlığına rağmen, endüstriyel toplumlarda büyük ölçüde önlenemeyen gıda israfı ve gıda kaynaklarında azalma da alternatif gıda arayışında büyük etkiye sahiptir. Denizlerde, göllerde, tatlı sularda doğal olarak yetişmeleri ve zengin besin bileşimleri nedeniyle dünyanın pek çok yerinde mikroalgler uzun yıllardır insanların temel besin ve geçim kaynaklarından biri olmuştur.

Ticari değere sahip olan ve üzerinde yoğun araştırmaların yapıldığı *Spirulina platensis*'in Aztek uygarlığı döneminden bu yana Meksikalılar ve Çad gölü etrafında yaşayan yerliler tarafından bin yılı aşkın süredir yiyecek olarak tüketildiği, yüzlerce yıldır halk hekimliğinde birçok hastalığın tedavisinde kullanıldığı belgelenmiştir. Mavi yeşil alg olarak adlandırılan ve iplikli ve spiral şeklinde prokaryotik bir organizma olan *Spirulina platensis*, beslenme ve tıbbi özellikleri nedeniyle son yıllarda birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu mikroalg GRAS (generally recognized as safe) sertifikasına sahiptir. Gıda sektöründe değerlendirilen bitkisel hammaddelerle karşılaştırıldığında *Spirulina platensis*, zengin protein, esansiyel yağ asidi ve aminoasit, karotenoit, vitamin ve mineral içeriği yanında veriminin yüksek oluşu ile dikkat çekicidir.

Gıda katkı maddesi olarak üstün niteliklere sahip *Spirulina* birçok klinik çalışmaya da konu olmuştur. Zengin fitokimyasal içeriğine bağlı olarak karaciğer, sinir sistemi ve böbrek koruyucu etkileri yanında; antitümör, antienflamatuvar, antijenotoksik, antioksidan, hipoglisemik ve lipolipidemik fonksiyonlara sahip olduğu bildirilmektedir. Bu derlemede *Spirulina platensis*'in insan beslenmesi açısından önemi ve insan sağlığına olumlu etkileri ile gıda katkı maddesi olarak kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Spirulina platensis*, Mikroalg, Fonksiyonel Gıda, Beslenme, Sağlık

**ABSTRACT**

The concern of inadequate and unbalanced nutrition and the increasing health problems associated with food additives increase the interest of consumers in natural, healthy, minimally processed functional products. On the other hand, despite the existence of millions of people living in hunger and struggling in hunger in backward and developing countries, food wastage and reduction in food resources, which cannot be prevented to a great extent in industrial societies, also have a major impact on the search for alternative food. Due to their natural growth in seas, lakes and fresh waters and their rich nutritional composition, microalgae have been one of the main food and livelihoods of people for many years.

It has been documented that *Spirulina platensis*, which has a commercial value and has been extensively researched, has been consumed as food by the Mexicans since the Aztec civilization period and locals living around Chad Lake and has been used in the treatment of many diseases in folk medicine for hundreds of years. *Spirulina platensis*, a threadlike and spiral prokaryotic organism called blue green algae, has been the subject of many studies in recent years due to its nutritional and medicinal properties. These microalgae are GRAS (generally recognized as safe) certified. Compared with the assessment in the food industry raw vegetable *Spirulina platensis* rich in protein, essential fatty acids and amino acids, carotenoids, vitamin and mineral content and it has also high yield.

Spirulina, which has superior qualities as a food additive, has been the subject of many clinical studies. Besides the protective effects of liver, nervous system and kidney due to its rich phytochemical content; antitumor, anti-inflammatory, anti-genotoxic, antioxidant, hypoglycemic and hypolipidemic functions have been reported. In this review, the importance of *Spirulina platensis* in terms of human nutrition and its positive effects on human health and its potential as a food additive have been evaluated.

**Key Words:** *Spirulina platensis*, Microalgae, Functional Food, Nutrition, Health

## 1. GİRİŞ

Günümüzde içeriğinde pek çok aktif fitokimyasal bulunan doğal kaynaklı bitkisel preparatlar dünyanın birçok yerinde alternatif tıp tedavilerinde ya da gıda takviyesi şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ernst and Banks 2002). Bu preparatlardan biri olan *Spirulina platensis*, adını filamentli ve spiral yapısından alan bir siyanobakteri türüdür. *Spirulina platensis* biyokütlesinden elde edilen toz, tablet ve kapsül gibi farklı formları piyasada bulunmaktadır (Dillon *et al.* 1995).

Ticari değere sahip olan ve üzerinde yoğun araştırmaların yapıldığı *Spirulina platensis*'in Aztek uygarlığı döneminden bu yana Meksikalılar ve Çad gölü etrafında yaşayan yerliler tarafından bin yılı aşkın süredir yiyecek olarak tüketildiği, yüzlerce yıldır halk hekimliğinde birçok hastalığın tedavisinde kullanıldığı belgelenmiştir. Eski çağlardan buyana besin olarak kullanılan *Spirulina platensis* ilk kez 1963 yılında Fransız Petrol Araştırma Enstitüsü tarafından bilimsel çalışmalara konu olmuş ve ticari anlamda üretimi gerçekleştirilmiştir. *Spirulina platensis*, zengin protein, esansiyel yağ asidi ve aminoasit, karotenit, vitamin ve mineral içeriği yanında veriminin yüksek oluşu ile dikkat çekmiş, NASA ((National Aeronautics and Space Administration) ve ESA (European Space Agency) tarafından uzay yolculuklarında esas yiyecek olarak kullanılmıştır. (Asghari *et al.* 2016). 2000'li yıllarda ise, Birleşmiş Milletler Dünya Tarım Örgütü (FAO) tarafından bu besinin hem çocuklar hem de yetişkinler için oldukça faydalı bir gıda takviyesi olduğu beyan edilmiştir (WHO 1993). Ülkemizde ise 2000'li yılların başında ilk defa Ege üniversitesi tarafından üretimi gerçekleştirilmiştir.

## 2. *Spirulina platensis*'in FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

*Spirulina platensis*'in yaklaşık %70'i proteinlerden oluşmaktadır (Saranraj and Sivasakthi 2014), içeriğinde özellikle vitamin B12, vitamin A, vitamin B2, vitamin B3 gibi vitaminler ve demir, magnezyum, kalsiyum, potasyum gibi mineraller yoğun olarak bulunmaktadır. *Spirulina*'nın içeriğinde kuru ağırlığın yaklaşık %20' sini oluşturan fikosiyanınin (mavi pigment) yanı sıra, klorofil (yeşil pigment), zeaksantin (sarı pigment), zantofiller (miksozantofil, zeaxantin, kriptozantin, ekinenon), karotenler ( $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, euglenanon, lutein) gibi aktif fitokimyasallar da yüksek oranda bulunmaktadır. Ayrıca, bu doğal ürünün yüksek konsantrasyonda çoklu doymamış yağ asidi ve gamma linolenik asit içerdiği de bilinmektedir (El- Baz *et al.* 2013).

*Spirulina platensis*'in kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** *Spirulina platensis*'in fiziksel ve kimyasal özellikleri (Ramakrishnan 2013).

Kimyasal bileşimler %		Fiziksel özellikler	
Protein	60-65	Görünüm	İnce toz
Karbonhidarlar	15-20	Renk	Mavi-yeşil
Lipidler	4-5	Koku ve tat	Ot gibi hafif
Mineraller	6-7	Parçacık boyutu	64 mesh
Nem	2-3	Sindirilebilirlik	83 - 84%

## 3. *Spirulina platensis*'in SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

*Spirulina platensis*'in içeriğinde bulunan antioksidan özellikli fitokimyasalların miktarının fazla olması bu preparatın tıbbi amaçlı kullanılmasına yönelik çalışmaların artmasına neden olmuştur. Zengin fitokimyasal içeriğine bağlı olarak karaciğer, sinir sistemi ve böbrek koruyucu etkileri yanında; antitümör, antienflamatuvar, antigenotoksik, antioksidan, hipoglisemik ve hipolipidemic fonksiyonlara sahip olduğu bildirilmektedir (Belay *et al.* 1993, Sotiroudis and Sotiroudis 2013).

*Spirulina platensis*'in biyokütlesinde bulunan fikobiliproteinlerin, fikosiyanın ve allofosiyanınin antioksidan aktivitesi gösterdiği bildirilmiştir (Estrada *et al.* 2001). *Spirulina*'nın alkol ekstraktının, lipid

peroksidasyonunu,  $\alpha$ -tokoferol (%35), butillenmiş hidroksi anisol (%45) ve  $\beta$ -karoten (%48) gibi kimyasal antioksidanlardan daha belirgin şekilde (%65) inhibe ettiğini gözlemlenmiştir (Manoj *et al.* 1992, Kulshreshtha *et al.* 2008). Ayrıca *Spirulina*'nın su ekstraktının gallik asit (%54) ve klorojenik asitten (%56) daha fazla antioksidan etkiye sahip olduğu da bildirilmiştir (Zhi-gang *et al.* 1997, Kulshreshtha *et al.* 2008).

*Spirulina*'nın antilipidemik ve antidiyabetik etkisini gösteren diğer bir klinik çalışmada ise, Tip II diyabet hastası olan 15 kişiye 2 ay süreyle verilen *Spirulina* takviyesinin açlık kan şekeri seviyesini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Mani *et al.* 2000). Mavi yeşil alglerin diyabetik sıçanlarda ve farelerde glikoz seviyeleri üzerindeki etkisini ölçen bir çalışmada, *Spirulina*'nın suda çözünen fraksiyonunun hem açlık hem de tokluk kan şekeri seviyesini düşürmede etkili olduğu bulunmuştur (Rodriguez-Hernandez-Hernandez *et al.* 2001, Kulshreshtha *et al.* 2008). %16 *Spirulina* içeren besin takviyesi alınmasının kandaki toplam kolesterol, LDL, VLDL ve fosfolipidlerin artışı önemli ölçüde düşürerek lipit profilini düzenlediği gösterilmiştir (Ravi *et al.* 2010).

*Spirulina*'nın bağışıklık sistemini güçlendirdiği fareler, tavuklar, hindiler, kediler ve balıklar üzerinde yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. *Spirulina*'nın bağışıklık sistemini uyarıcı etkisinin yanında vücudun yeni kan hücreleri üretme yelteğini artırdığı da bildirilmiştir (Capelli and Cysewski 2010).

*Spirulina*'nın bileşiminde fazla miktarda bulunan fitosiyaninin deneysel modellerde antienflamatuvar aktivite sergilediği görülmüştür. Ayrıca yapılan klinik çalışmalarda fitosiyaninin, fare kulaklarındaki iltihaplanmayı önlediği (Romay *et al.* 1999) ve iltihaplı bağırsak hastalığının tedavisi açısından potansiyel taşıdığı ifade edilmiştir (Gonza'Lez *et al.* 1999, Kulshreshtha *et al.* 2008).

Sülfatlanmış polisakaritlerin bir ekstraktı olarak, rhamnoz, riboz, mannoz, fruktoz, galaktoz, ksiloz, glukoz, glukuronik asit, galakturonik asit ve kalsiyum sülfattan oluşan *Spirulina*'dan elde edilen Ca-SP (Kalsiyum-*Spirulina*)'nın HIV, herpes simpleks virüsü, human sitomegalovirüsü, grip A virüsü, kabakulak virüsü ve kızamık virüsüne karşı aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Saranraj and Sivasakthi 2014). Harvard Tıp Fakültesi'ndeki bilim insanları, *Spirulina*'dan alınan su özütünün, HIV1 virüsünün insan T-hücre dizilerinde çoğalmasını engellediğini keşfetmişlerdir. Araştırma bulgularına göre viral üreme yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Bunun üzerine *Spirulina* su özütünün antiviral aktiviteye sahip olduğu ve bu aktivitenin klinik önemde olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Ayehunie *et al.* 1998, Aydemir, 2019).

*Spirulina platensis*'ten alınan polisakarit özütünün, kemo-protektif ve radio-protektif kapasiteye sahip olduğu ve kanser tedavisine yardımcı olma potansiyeli taşıdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca *Spirulina*'nın bağışıklık sistemi üzerindeki uyarıcı etkisi ile DNA onarımı ve reaktif oksijen türleri üzerine antioksidan etkisi sonucu kansere karşı koruyucu etkisi olduğu düşünülmektedir. *Spirulina*'nın kanser hücrelerinin oluşumunu engellediğinin düşüldüğü bir başka mekanizma da enzimatik aktiviteleri engellediği yönündedir. Kanser yapan enzim grubunda siklooksigenaz ve dekarboksilaz yer almaktadır. Yapılan epidemiolojik çalışmalar uzun vadede siklooksigenaz inhibisyonunun birçok kanser türünün gelişimini azalttığını ve siklooksigenaz-II (COX2) enzimini kodlayan genin silinmesinin bu enzimin yol açtığı kanserden koruduğunu göstermiştir (Oshima *et al.* 1996, Yu *et al.* 2012). *Spirulina*'nın içerdiği bulunan C-fikosiyanın'ın siklooksigenaz-II (COX2) enzimini inhibe ettiği düşünülmektedir (Kulshreshtha *et al.* 2008).

#### **4. *Spirulina platensis*'in GIDA TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI**

Mavi yeşil mikroalg *Spirulina platensis* gübre, reklendirici, yem sanayi ve kozmetik ürünler olmak üzere birçok alanda kullanılmasının yanı sıra protein, çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminler ve ayrıca mineraller, pigmentler ve enzimler içermesi nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir kaynaktır (Hosseini *et al.* 2013). Cazip renk ve tada sahip yiyecekler ile olağan dışı hazırlanan gıdaları tüketme eğilimleri; çocuklarda geleneksel yiyecek alışkanlıkları olan yetişkinlere oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Bundan yola çıkarak, *Spirulina*'nın kendine has renk ve tadı dolayısıyla çocuklar ve gençler tarafında ilgi göreceği düşünülmektedir. *Spirulina platensis*'in gıda takviyesi olarak, toz, tablet ve kapsül şeklinde kullanımı yanında, ekmek, süt ürünleri, emülsiyon ürünler, şekerlemeler ve içeceklerle de ilave edilerek tüketilebileceğine dair çalışmalar yapılmıştır.



Fermente süt ve yeşil çay gibi birçok içecek *S. platensis* ilavesi ile sağlıklı hale getirilebilir. Bu içeceklerin berrak renk ve homojenliğini koruması için *Spirulina*, ekstrakt veya fikobilisiyanin şeklinde kullanılması tavsiye edilmiştir (Danesi *et al.* 2010). C vitamini bakımından zengin çay ve yeşil çay, yüksek oranda protein, klorofil II, karateoidler, çoklu doymamış yağ asitleri ve polisakkaritler içeren *Spirulina* ile kopmbine edildiğinde biyoyararlılığı yüksek içecekler üretilebileceği ifade edilmiştir (Mei Li D and Zao Qi, 1997).

Yoğurt üretiminde süte 3g/L *S. platensis*'in eklenmesinin, *B. animalis*'in probiyotik canlılığını önemli ölçüde etkilemese de, hem geleneksel hem de probiyotik yoğurtlarda *S. thermophilus* sayısını azalttığı, ancak 1 aylık depolama sonunda *B. animalis* sayısının en az 6 log kob/g seviyesi ile raf ömrünü koruduğu belirlenmiştir (Akalın *et al.* 2009). Mocanu *et al.* (2013) %1.0 ve %0.5 *Spirulina platensis* ve *Bifidobacterium animalis ssp. lactis* BB12 ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5 starter kültürleri ilavesiyle ürettikleri yoğurtlarda, *Spirulina platensis* biyokütlesinin, tüm depolama süresi boyunca starter bakterilerinin hayatta kalması üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Yoğurt üretiminde, %0.3 oranında *Spirulina platensis* kullanımının yoğurt kültürlerinin canlılığını olumlu etkilediği ve 4 °C'de 15 günlük depolama sonucunda kontrol ile karşılaştırıldığında daha *Spirulina* içeren örnekte LAB'nin daha yüksek sayıda tespit edildiği rapor edilmiştir (Malik *et al.* 2013). Başka bir çalışmada, *S. platensis* tozunun, yoğurdun depolanması sırasında laktik asit bakterilerinin canlılığı üzerindeki olumlu etkisini gösterilmiştir. %0.5 *Spirulina* tozu ilave edilen yoğurt numunelerinin duyuşal puanlarının %1 spirulina tozu ilave edilenlerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. *Spirulina* tozu eklenmiş yoğurdun, 30 günlük soğutmalı depolama sırasında iyi bir laktik asit bakteri ortamı sağladığı tespit edilmiştir (Guldaş and Irkin, 2010). Debbabi *et al.* (2018) *Spirulina* tozu ilave ettikleri (0.24 g/100 mL süt, % w: v) yoğurt örneklerinin 4°C'de 28 gün depolama süresince stabil kaldığını ifade etmişlerdir. *Spirulina* mikroalg tozu, ekmeğin besin değerini artırmak için kullanılmıştır. Mikroalg ekmeği; algerin kendine has renklerini ve tadını içermesinin yanında daha fazla miktarda vitamin, mikro elementler, özellikle de aktif biyolojik materyalde içermektedir. Mikroalg ilaveli ekmeğin, su tutma kapasitesinin artmasıyla raf ömrünün uzadığı görülmüştür (Danesi *et al.* 2010). Ak *et al.* (2016) *Spirulina* ile zenginleştirilmiş ekmeğin besinsel ve fizikokimyasal niteliklerini araştırdıkları çalışma sonucunda, %10 *Spirulina* ilavesinin ekmeğin raf ömrünü olumsuz yönde etkilemeden beslenme kalitesini artırabileceğini belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada %1.0-1.5 oranında *Spirulina* ilavesinin kurabiyelerin besinsel ve duyuşal niteliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir (Salehifar *et al.* 2013). *Spirulina* ve Hindistan cevizi ve vanilya ile üretilen kurabiyelerin, içerdikleri antioksidanlar, protein, yağ asitleri, vitaminler ve mineraller sayesinde Mısır'da yetersiz beslenmeden muzdarip okul çocukları için önemli sağlık yararları sağlayabileceği belirtilmiştir (El Nakib *et al.* 2019).

Mikro yosunların işlenmiş gıdalardaki tipik uygulamaları arasında, en yüksek tüketim oranı eriştedir. *Chlorella* ve *Spirulina*'nın erişteye ilavesiyle besin değerlerinde ve organoleptik (renk, koku ve tat) özelliklerinde artış görülmüştür. Açık renkli erişte üretmek için una % 0.1-1 *Spirulina* tozu ilave edilmesi önerilmiştir (Jain 2000, Guarda *et al.* 2004, Gouveia *et al.* 2008, Hosseini *et al.* 2013). Granül şeker, pektin, *Spirulina* tozu, yer fıstığı ve agar-agar ile *Spirulina* şekeri üretilebileceği ifade edilmiştir (Danesi *et al.* 2010).

Doğal pigmentlerin çoğu, antioksidan özelliklerinden dolayı yağ oksidasyon direncini artırılabilir. Bu, emülsiyon gibi yüksek yağlı ürünlerde önemli bir avantajdır (Gouveia *et al.* 2008, Hosseini *et al.* 2013). *Spirulina* ilavesinin et analoglarının protein sindirilebilirliği ve antioksidan özelliklerinde iyileşme sağladığı ve insan diyetinde kullanılabileceği ifade edilmiştir (Palanisamy *et al.* 2019).

Gıda endüstrisinde kullanılan renklendiricilerin çoğu kimyasal boyalar olduğundan, özellikle çocukların sağlığı üzerine olumsuz etkileri bilinmektedir. Bu etkileri göz önüne alarak 2006 yılında, Birleşik Krallık'taki yetkililer tüm yapay boya ları yasaklamışlardır. Tüm sentetik olan gıda boya larını doğal olanlarla değiştirme kararı almışlardır, ancak doğal mavi boyanın temin edilememesi birçok yeni bileşenin denenmesini sağlamıştır ve 2008 yılında *Spirulina*'dan elde edilen pigmentlerle bu işlem gerçekleştirilmiştir (Hosseini *et al.* 2013).



**SONUÇ**

Doğal kaynaklı bitkisel bir preparat olan *Spirulina*; antitümör, antiinflamatuvar, antienotoksik, antioksidan, hipoglisemik ve lipolipidemik çeşitli fonksiyonlara sahiptir. Son zamanlarda özellikle kanser, tip 2 diyabet, viral enfeksiyonlar ve kolesterol üzerine olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Gıda sektöründe değerlendirilen bitkisel hammaddelerle karşılaştırıldığında *Spirulina platensis*, zengin protein, esansiyel yağ asidi ve aminoasit, karotenoit, vitamin ve mineral içeriği yanında veriminin yüksek oluşu ile dikkat çekicidir ve gıda bilimi, tıp, farmakoloji gibi birçok alanda araştırmalara konu olmuştur. Bu mikroalg 'in insan beslenmesi ve insan sağlığına olumlu etkileri ile ilgili bulgular gıda katkı maddesi olarak kullanımını giderek artırmakla birlikte henüz ülkemizde gıda sektöründe gerekli ilgiyi görmediği açıktır. *Spirulina platensis*'in unlu mamüller, süt ürünleri, emülsiyon et ürünleri, tatlılar gibi gıda sanayinin birçok dalında kullanılma potansiyeli mevcuttur. Yüksek ihtimalle yosun tadından dolayı tercih edilmeyen bu zengin bileşimli ucuz besin ve enerji kaynağının ülkemiz insanının damak tadına hitap edecek şekilde formülasyonlarla gıda sektörüne kazandırılması önem arz etmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Akalin AS, Ünal G, Dalay MC (2009). Influence of Spirulina Platensis Biomass On Microbiological Viability in Traditional and Probiotic Yogurts During Refrigerated Storage. *Ital. J. Food Sci.*, 3(21), 357-364.
- Asghari A, Fazilati M, Latifi, AM, Salavati, H., Choopani, AC (2016). A Review on Antioxidant Properties of Spirulina. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 3, 345-351.
- Aydemir S (2019). *Spirulina platensis* Katılarak Üretilmiş Yoğurtların Özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-12.
- Ayehunie S, Belay A, Baba TW, Ruprecht RM (1998). Inhibition of HIV1 Replication by an Aqueous Extract of *Spirulina Platensis* (Arthrospira Platensis). *J Acquir Immune Defic. Syndr. Hum. Retroviro*, 18 (1),7-12.
- Belay A, Ota Y, Miyakova K, Shimamatsu H (1993). Current Knowledge On Potential Health Benefits of Spirulina. *Journal of Applied Phycology*, 5, 235-241.
- Capelli B, Cysewski GR (2010). Potential Health Benefits of Spirulina Microalgae. *Nutra foods*, 9(2), 19-26.
- Danesi E, Navacchi M, Takeuchi K, Frata M, Carlos J,Carvalho M (2010). Application of Spirulina Platensis in Protein Enrichment of Manico Based Bakery Products. *J Biotechnol*, 150, 311.
- Dillon JC, Phuc AP, Dubacq JP (1995). Nutritional Value of the Alga Spirulina. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 77, 32-46.
- Debbabi H, Boubaker B, Gmati T, Chouaibi M, Boubaker A & Snoussi A (2018). Yogurt Enrichment with Spirulina (Arthrospira platensis): Effect of Storage on Physicochemical Parameters. *Advances in Science, Technology & Innovation*, 1267-1268.
- El-Baz FK, El-Senousy WM, El-Sayed AB, Kamel MM (2013). In Vitro Antiviral and Antimicrobial Activities of Spirulina Platensis Extract. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3 (12), 52-56.
- El Nakib DM, Ibrahim MM, Mahmoud NS, Abd El Rhman EN, Ghaly AE (2019). Incorporation of Spirulina (Athrospira Platensis) in Traditional Egyptian Cookies as a Source of Natural Bioactive Molecules and Functional Ingredients: Enhancing Nutritional and Sensory Properties with Flavoring and Coloring Food Additives. *World Journal of Food Research*, 1(1), 1-18.
- Ernst MO, Banks MS (2002). Humans Integrate Visual and Haptic Information In a Statistically Optimal Fashion. *Nature*, 415(6870), 429.
- Estrada JE, Bescos P, Villar Del Fresno AM (2001). *II Farmaco*, 56, 497-500.
- Gouveia L, Coutinho C, Mendonca E, Batista A,Sousa I,Bandarra N, Raymundo A (2008). Functional Biscuits with PUFA- $\omega$ 3 From Isochrysis Galbana. *J Sci Food Agri*, 88, 891-6.
- Gouveia L, Batista A, Raymundo A, Bandarra N (2008). Spirulina Maxima and Diacronema Vlkianum Microalgae in Vegetable Gelled Desserts. *J Nutr Food Sci*, 38, 492-501.
- Guarda A, Rosell C, Benedito, Galotto M (2004). Different Hydrocolloids as Bread Improvers and Antistaling Agent. *Food Hydrocol*, 18, 241-7.
- Guldás M and Irkin R (2010). Microflora of Yoghurt and Acidophilus Milk. *Mljekarstvo* 60 (4), 237-243.
- Jain C (2000). Preparation of Cake and Bread Rich in Spirulina and Selenium. *J Zhengzhou Grain College*, 01.

- Kulshreshtha A, Zacharia AJ, Jaroliya U, Bhadeuriya P, Prasad GBKS, Bisen PS (2008). Spirulina in Health Care Management. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 9, 400-405.
- Malik PC, NM Kempanna, Anjum (2013). Quality Characteristics of Yoghurt Enriched with Spirulina Powder. *Mysore J. Agric. Sci.*, 47 (2), 354-359.
- Mani UV, Desai S, Iyer U (2000). Studies on the Long-Term Effect of Spirulina Supplementation on Serum Lipid Profile and Glycated Proteins in NIDDM Patients. *Journal of Medical Nutrition and Nutraceuticals*, 2, 25–32.
- Manoj G, Venkataraman LV, Srinivas L (1992) In ETTA National Symposium on Spirulina. (Sheshadri, C.V.; Jeejibai, N.; Eds.), MCRC Publishers, pp. 148-154.
- Mei Li D, Zao Qi Y (1997). Spirulina industry in China: Present Status and future prospects. *J Appl Phycol*, 9, 25-8.
- Mocanu GD, Botez E, Nistor OV, Andronoiu DG, Vlăsceanu G (2013). Influence of Spirulina platensis Biomass Over Some Starter Culture of Lactic Bacteria. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(4), 474-479.
- Oshima M, Dinchuk JE, Kargman SL, Oshima H, Hancock B, Kwong E, Trzaskosa JM, Evans JF, Taketo MM (1996). Suppression of Intestinal Polyposis in Apc Delta716 Knockout Mice by İnhibition of Cyclooxygenase 2 (COX-2). *Cell* 87, 803–809.
- Palanisamy M, Töpfl S, Berger RG, Hertel C (2019). Physico-chemical and Nutritional Properties of Meat Analogues Based on Spirulina/Lupin Protein Mixtures. *European Food Research and Technology*, 245, 1889–1898.
- Ramakrishnan R (2013). Anticancer Properties Of Blue Green Algae Spirulina Platensis. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Sciences*, 3,159-168.
- Ravi M, Lata Da S, Azharuddin S, Paul SFD (2010). The Beneficial Effects Of Spirulina Focusing On Its Immunomodulatory And Antioxidant Properties. *Nutrition and Dietary Supplements*, 2, 73-83.
- Rodriguez-Hernandez A, Ble-castillo JL, Juarez-Oropeza MA, Diaz-Zagoya JC (2001) Spirulina Maxima Prevents Fatty Liver Formation In CD-1 Male And Female Mice With Experimental Diabetes. *Life Sci.*, 69, 1029-1037.
- Romay C, Ledon N, Gonzalez R (1999). Phycocyanin Extract Reduces Leukotriene B4 Levels in Arachidonic Acid-induced Mouse-ear İnflammation Test. *J. Pharm. Pharmacol.*, 51, 641-642.
- Salehifar M, Shahbazizadeh S, Khosravi Darani K, Behmadi H, Ferdowsi R (2013). Possibility of Using Microalgae Spirulina Platensis Powder In Industrial Production of Iranian Traditional Cookies. *Iran J Nutr Sci Food Technol*,7, 63-72.
- Saranraj P, Sivasakthi S (2014). Spirulina Platensis – Food for Future: A Review. *Asian Journal of Pharmaceutical Science & Technology*, 4(1), 26-33.
- Sotroudıs TG, Sotirodis GT (2013). Health aspects of Spirulina (Arthrospira) Microalga Food Supplement. *Journal of the Serbian Chemical Society*.,78 (3), 395–405.
- World Health Organization (1993). Geneva, Switzerland. Correspondance.
- Yu W, Fu YC, Wang W (2012). Cellular and Molecular Effects of Resveratrol in Health and Disease. *Journal of Cellular Biochemistry*, 113, 752-759.
- Zhi-gang Z, Zhi-li L, Xue-xian L (1997). Study On The Isolation, Purification and Antioxidation Properties of Polysaccharides From Spirulina Maxima. *Acta Botanica Sinica*, 39, 77-81.

**AÇLIK ve YOKSULLUKLA MÜCADELEDE ETKİLİ BİR ARAÇ:  
COĞRAFI İŞARETLER (Cİ'LER)  
AN EFFECTIVE VEHICLE FOR FIGHTING HUNGER AND POVERTY:  
GEOGRAPHICAL INDICATIONS (GIs)**

**Ayla ARSLANER**

Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü  
(Sorumlu Yazar)

**ÖZET**

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile tüm gıda otoritelerinin başlıca hedefleri; gıda güvencesi, dünyadaki açlık problemlerinin belirlenmesi ve çözüm yollarının gösterilmesi, ülkeler arasındaki gıda üretimi birlikteliğinin sağlanması, gıdaların üretim, tüketim ve satış noktalarındaki hijyen ve sanitasyon etkinliğinin sağlanması, yeterli ve dengeli beslenmenin önemine toplumların dikkatinin çekilmesi olarak sıralanabilir. Dünyadaki açlık ve yoksulluğun en önemli nedenlerinin; iklim değişiklikleri, kuraklık, kullanılabilir su yetersizliği, nitelikli tarım alanlarında azalma, gıda kaybı ve israfı, savaşlar ve göç olduğu ifade edilmektedir. 25-27 Eylül 2015'te gerçekleştirilen "Sürdürülebilir Gelişim Zirvesi"nde 2030 Sürdürülebilir Gelişim Gündemi kabul edilmiş, yoksulluğu ortadan kaldırma, eşitsizlik ve adaletsizlikle mücadele ve iklim değişimini önlemeye yönelik "Sürdürülebilir Gelişim Hedefleri" belirlenmiştir.

Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu (IFAD) tarafından, açlık ve fakirliğin yakın şekilde ilişkili olduğu, her ikisinin özellikle de düşük gelirli ülkelerde, kırsal bölgelerde görüldüğü, "Sıfır Açlık" hedefine ulaşmak için kırsal bölgelerin hedeflemesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu kapsamda doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının teşvik edilmesi gerektiği, kırsalda yerinde kalkınmayla sürdürülebilir tarım üretiminin sağlanabilmesinin mümkün olacağı belirtilmiştir. Tarım üretiminin cazibesinin yükseltilmesi, kırsalda yaşayan kişilerin yaşam kalitelerinin ve mutluluklarının yerinde yükseltilerek tarım üreticilerinin gelecek endişelerinin ikna edici önlemlerle ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Coğrafi İşaret (Cİ) tescilli ürünler ancak yerel hammaddeler kullanılarak, yöresel üretim metotları ile sınırları belli bir alanda ve çoğunlukla aile çiftliklerinde üretilir. Tescilli ürünler köken adını aldığı bölge sınırları içerisinde üretildiğinden veya hammaddeleri bu alandan sağlandığından, yerel işletmelerin, aile çiftliklerinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında; az gelişmiş ile gelişmiş bölgeler arasındaki ekonomik dengesizliğin giderilmesinde ve göçün engellenmesinde önemli bir araçtır. Cİ tescili, çoğunlukla yerel üretici birliklerinin kurulması, kooperatifleşme, yani üreticiler arasında kümeleşmeyi teşvik eder. Üreticinin üretim ve pazarlamada birlikte hareketi, bilgiye daha hızlı ulaşma ve deneyimlerin paylaşımını sağladığından tarım işletmelerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Bu derlemede, Coğrafi İşaretlerin açlık ve yoksullukla mücadelede etkili bir araç olarak kullanım potansiyeli tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Açlık, Yoksulluk, Kırsal Kalkınma, Coğrafi İşaret, BM, Aile Çiftliği

**ABSTRACT**

Food security, determination of hunger problems in the world and demonstration of solutions, ensuring the unity of food production between countries, hygiene and sanitation efficiency at food production, consumption and sales points, and the importance of adequate and balanced nutrition are primarily the goal of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) and all food authorities. It is stated that the most important causes of hunger and poverty in the world are climate changes, drought, lack of usable water, decrease in qualified agricultural areas, food loss and waste, wars and migration. At the - 27 Sustainable Development Summit 25 held on 25-27 September 2015, the 2030 Sustainable Development Agenda was adopted and "Sustainable Development Goals" were set to eliminate poverty, combat inequality and injustice and prevent climate change.

It is stated by the International Agricultural Development Fund (IFAD) that hunger and poverty are closely related, both of which occur in rural areas, especially in low-income countries, and that rural areas should be targeted in order to achieve the "Zero Hunger" target. In this context, it is stated that

sustainable use of natural resources should be encouraged and it will be possible to achieve sustainable agricultural production through rural development. Increasing the attractiveness of agricultural production, raising the quality of life and happiness of rural people in place, and the future concerns of agricultural producers should be eliminated in convincing measures.

Geographical Indications (GI) registered products are produced using local raw materials, local production methods in a limited area and mostly in family farms. Since the registered products are produced within the boundaries of the region where they are named as origin or the raw materials are supplied from this area, in order to ensure the sustainability of local businesses and family farms; is an important tool in preventing migration because it serves to eliminate the economic imbalance between underdeveloped and developed regions. GI registration often encourages the establishment of local producer associations and cooperatives, which ensure clustering between producers. It is important for the sustainability of agricultural holdings that the producers act together in the production and marketing works, enabling them to reach information faster and share their experiences. The producer's joint movement in production and marketing is important for the sustainability of agricultural holdings as it enables faster access to information and sharing of experiences. In this review, the potential of using Geographical Indications as an effective tool to fighting hunger and poverty was discussed.

**Keywords:** Hunger, poverty, rural development, Geographical Indication, UN, family farm

## 1. GİRİŞ

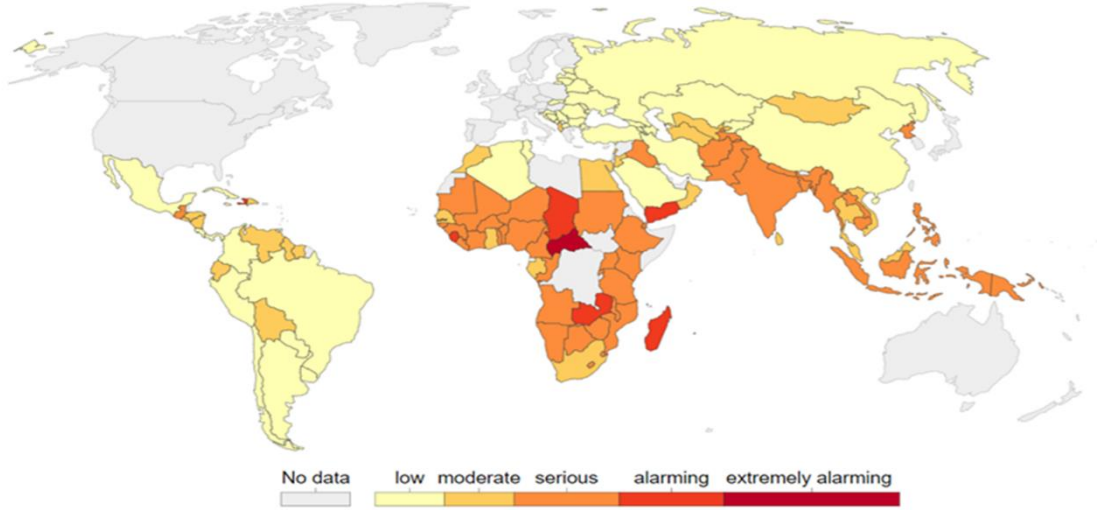
Ülkemizin de üye olduğu Birleşmiş Milletler (BM)'in danışma ve bilgi kuruluşlarından biri olarak 16 Ekim 1945'te kurulan Gıda ve Tarım Örgütü (FAO); gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde açlıkla mücadelede ve yoksulluğun önlenmesinde uluslararası düzeydeki çabaların önderliğini yapan uzmanlık kuruluşlarının başında gelmektedir. FAO, söz konusu ülkelerin doğal kaynaklarının korunarak tarımsal kapasitelerinin yükseltilmesi, ormancılık ve balıkçılık faaliyetlerinin desteklenmesi, gıda güvenliğinin temin edilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik girişimlerde bulunmaktadır (Anonim, 2019). Dünyadaki açlık problemi yaşanan bölgelerin belirlenmesi ve çözüm yollarının gösterilmesi, ülkeler arasındaki gıda üretimi birlikteliğinin sağlanması, gıdaların üretimi-tüketimi ve satış noktalarındaki hijyen ve sanitasyon etkinliğinin sağlanması, yeterli ve dengeli beslenmenin önemine dikkat çekilmesi de FAO'nun gerçekleştirmeyi hedeflediği faaliyetler arasındadır. 25-27 Eylül 2015'te gerçekleştirilen "Sürdürülebilir Gelişim Zirvesi"nde 2030 Sürdürülebilir Gelişim Gündemi kabul edilmiş, yoksulluğu ortadan kaldırma, eşitsizlik ve adaletsizlikle mücadele ve iklim değişimini önlemeye yönelik "Sürdürülebilir Gelişim Hedefleri" belirlenmiştir (Anonim, 2015).

Günümüzde aşırı yoksulluk, dünya genelinde 767 milyondan fazla insanı etkileyen bir sorundur; bu insanlar günde 1,90 dolardan daha az parayla hayatta kalmak zorundalar (Lopez, 2018). Küresel olarak, endüstriyel tarım, mahsul üretiminin dayandığı kritik ekosistem süreçlerini tehdit ederken, 815 milyon insanın yetersiz beslendiği ve birçoğunun yetersiz beslenmeye bağlı problemler yaşadığı ifade edilmektedir (Blesh *et al.*, 2019). Şekil 1'de verilen küresel açlık indeksi haritasında da görüldüğü gibi, Yemen, Madagaskar, Zambia, Çad ve özellikle nüfusunun %35'i açlıkla mücadele eden Orta Afrika Cumhuriyetinde açlık tehlikeli boyutlara ulaşmış durumdadır (von Grebmer *et al.*, 2019). İklim değişiklikleri, kuraklık, kullanılabilir su yetersizliği, nitelikli tarım alanlarında azalma, gıda kaybı ve israfı, savaşlar ve göç dünyada açlık ve yoksulluğun nedenleri arasında gösterilmektedir.



## Global Hunger Index, 2018

The Global Hunger Index (GHI) used to track hunger globally and nationally. The index score comprises of four key hunger indicators: prevalence of undernourishment in the total population; childhood wasting; childhood stunting; and child mortality. This calculation results in GHI scores on a 100-point scale where 0 is the best score (no hunger) and 100 the worst. A score  $\geq 50$  is defined as 'extremely alarming'; 35-50 as 'alarming'; 20-35 as 'serious'; 10-20 as 'moderate' and  $< 10$  as 'low'.



Source: International Food Policy Research Institute (2018)

**Şekil 1.** Global Hunger Index (Von Grebmer *et al.*, 2019).

25-27 Eylül 2015'te BM'ye üye olan ülkeler "Sürdürülebilir Gelişim Zirvesi"ni gerçekleştirmiş ve "2030 Sürdürülebilir Gelişim Gündemi" kabul edilmiştir. Tüm dünya "Sıfır Açlık" hedefini takip etmeye başlamış, bununla birlikte yoksulluğu ortadan kaldırma, eşitsizlik ve adaletsizlikle mücadele ve iklim değişimini önlemeye yönelik Sürdürülebilir Gelişim Hedefleri belirlenmiştir.

Gıda otoriteleri tarafından, her yıl 1,3 milyar ton gıdanın, bazı ülkelerde mevcut gıdanın %35'inin israf edildiği bildirilmektedir. Gıda israfının küresel maliyetinin 2,6 trilyon dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir (FAO, 2019). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün yaptığı çalışmalar dünyanın toprak kaynaklarının %33'ünün bozulmuş kategoride olduğunu göstermiştir. Suyun verimli kullanımı, insektisit kullanımının azaltılması ve toprak sağlığının iyileştirilmesi ile çiftçilerin verimini ortalama %79 arttırabileceği ifade edilmiştir.

Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu (IFAD) tarafından, açlık ve fakirliğin yakın şekilde ilişkili olduğu, her ikisinin özellikle de düşük gelirli ülkelerde, kırsal bölgelerde görüldüğünü, "Sıfır Açlık" hedefine ulaşmak için kırsal bölgelerin hedeflemesi gerektiği ifade edilmektedir (IFAD, 2019). Sürdürülebilir Gelişim Hedefleri kapsamında doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının teşvik edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Sürdürülebilir tarım üretiminin ancak, kırsalda yerinde kalkınmayla mümkün olacağı da ifade edilmektedir.

## 2. AÇLIK ve YOKSULLUKLA MÜCADELEDE ETKİLİ BİR ARAÇ OLARAK Cİ'LER

### 2.1. Coğrafi İşaret Kavramı

Coğrafi İşaretler küreselleşen dünyada yerel değerlerin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik önemli yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Coğrafi işaretler (Cİ) belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri yönünden kökenin bulunduğu yöre, alan, bölge ya da ülke ile özdeşleşmiş bir ürünü gösteren işaretlerdir (Anonim, 2017). Cİ'ler özellikle kırsal turizm açısından değerlendirildiğinde gastronomi turizmi, eko-turizm, kültür turizmi gibi kavramlar ile birlikte kırsal alanlar için yeni fırsatları ortaya çıkarmaktadır (Kan ve ark., 2012).

Cİ'ler ününü, kalitesini kökeninin geldiği coğrafyaya borçlu olan orijinal ürünler için kullanılan işaretlerdir (Malatya Kayısısı, Antep Baklavası, Finike Portakalı, Rokfor Peyniri, Kars Kaşarı, Milas Zeytinyağı, İzmit Pişmaniyesi, Kayseri Pastırması, Oltu Taşı, Bayburt Tatlı Çorbası gibi). Yöresel ürünler tescillendiklerinde, yöresel hammaddeleri, üretim metotları ve karakteristik niteliklerini borçlu oldukları



coğrafi alanlar kayıt altına alınarak; 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu ve 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu gibi kanunlarla koruma ve garanti altına alınmış olurlar. Ülkemizde yöresel tarım ve hayvancılık ürünleri için Cİ tescilli Türk Patent ve Marka Kurumu Coğrafi İşaretler Daire Başkanlığı tarafından yapılmaktadır. Cİ'ler ürün ambalajında kullanılan amblem ve logolarla benzerlerinden ayırt edilirler (Şekil 2).



Şekil 2. Coğrafi İşaret ve Geleneksel Ürün Adı amblemleri (TÜRKPATENT, 2019).

## 2.2. Yoksulluk ve açıklıkla mücadelede Cİ sistemi

BM'ye üye ülkeler tarafından 2015 yılından beri takip edilen “Sıfır Açlık” hedefinin gerçekleşmesi için kırsal bölgelerin hedeflemesi gerektiğini dünya gıda ve tarım otoritelerince öngörülmektedir. Tarım üretiminin cazibesinin yükseltilmesi, kırsalda yaşayan kişilerin yaşam kalitelerinin ve mutluluklarının yerinde yükseltilerek kırsalda yaşayan tarım üreticilerinin gelecek endişelerinin tatmin edici önlemlerle ortadan kaldırılması gerekmektedir. Kırsal bölgelerde beklenen sosyoekonomik gelişme ve refah seviyesinin yükseltilmesi için bölgeye özgü yöresel ürünlerin Cİ tescili ile koruma altına alınarak, sürdürülebilir bir ticari kaynak haline getirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tescilli ürünler, hammadde temini, üretim prosesi, olgunlaştırma, ambalajlama gibi işlemlerin en az biri veya tamamının gerçekleştirilmesi açısından kökeninin bulunduğu bölgeye bağlı olduğundan yerel işletmelerin sürdürülebilirliği, biyoçeşitliliğin korunması, kültürel mirasın nesiller arasında bozulmadan aktarılmasını sağlar. Bölgenin tanıtımını sağlayarak turizme katkıda bulunmak yöreye ve ekonomiye yönelik önemli işlevleri arasındadır. Bu açıdan ait olduğu sektörde (tarım, gıda, maden veya el sanatları) ve turizmde istihdam oluşturma potansiyeli ile kırsaldan göçün engellenmesinde de önemli bir araç olarak kullanılabilir. Cİ tescilinin, kırsal kalkınma, göçün önlenmesi ve dolayısıyla yoksulluk ve açıklıkla mücadele açısından işlevlerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- ✓ Tescilli ürünler köken adını aldığı bölge sınırları içerisinde üretildiğinden veya hammaddeleri bu alandan sağlandığından, yerel işletmelerin, aile çiftliklerinin sürdürülebilirliğinin dolayısıyla kırsalda istihdamın sağlanması bakımından önemli bir araçtır.
- ✓ Genellikle üretimlerinde belli bir coğrafyanın yerli tohumları, yerli ırklardan elde edilen hammaddeler kullanıldığından biyo-çeşitliliğin korunmasına hizmet eder.
- ✓ Tescilli ürünler standart kalite ve gıda güvenliği açısından endüstriyel ürünlere nazaran daha ciddi bir denetleme sistemiyle yönetilirler (Öz denetim, iç denetim, dış denetim). Bu nedenle bilinçli tüketiciler tarafından tercih edilirler. Benzerlerine göre fiyatları 2-2.5 kat yüksektir. Ticarileştirildiklerinde önemli gelir kaynağı olma potansiyelleri mevcuttur (Örn; Rokfor peyniri)
- ✓ Az gelişmiş ile gelişmiş bölgeler arasındaki ekonomik dengesizliğin giderilmesine hizmet ettiğinden göçün engellenmesinde önemli bir araçtır.
- ✓ Cİ Tescili, çoğunlukla yerel üretici birliklerinin kurulması, kooperatifleşme yani üreticiler arasında kümeleşmeyi teşvik eder. Üreticinin üretim ve pazarlamada birlikte hareketi bilgiye daha hızlı ulaşma ve deneyimlerin paylaşımını sağlayacaktır.
- ✓ Cİ sistemi, sınırlı coğrafyada, daha az miktarda ancak nitelikli hammaddeden, en az kayıpla, katma değeri yüksek ürünler elde etmeyi hedefleyen bir yaklaşım olduğundan, konvansiyonel tarım ve endüstriyel üretimin negatif sonuçlarının azaltılmasına, gıda israfının önlenmesine, tarım arazilerinin nitelik ve nicelik olarak korunması yanı sıra kırsalda yaşayan üreticinin refah seviyesinin artmasına da hizmet eder.

**3. SONUÇ**

Dünyadaki açlık ve yoksulluğun en önemli nedenlerinin iklim değişiklikleri, kuraklık, kullanılabilir su yetersizliği, nitelikli tarım alanlarında azalma, gıda kaybı ve israfı, savaşlar ve göç olduğu ifade edilmektedir. Yöresel ürünlerin coğrafi işaret tescili, devamında etkili bir yönetim, denetim ve pazarlama sisteminin oluşturulması, etkili tarımsal politikalarla yerel ürünlerin desteklenmesi ve kümeleşmiş küçük üreticilerin tedarik zincirleri ile direk temasının sağlanması; küçük işletmeler ve aile çiftliklerinin devamlılığını sağlayacak, böylelikle bölgeler arasındaki gelir dengesizliğinin giderilmesi ile göçlerin azalması mümkün olabilecektir.

**KAYNAKLAR**

- Anonim **2015**. Sustainable Development Goals, United Nations. <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300> Erişim Tarihi: 13.12.2019.
- Anonim **2017**. Sınai Mülkiyet Kanunu, 2. Kitap Coğrafi İşaretler ve Geleneksel Ürün Adı, 10 Ocak 2017 tarih ve 29944 sayılı Resmi Gazete, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6769.pdf> Erişim Tarihi: 10.12.2019.
- Anonim **2019**. FAO Nedir? T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü. [https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Menu/66/Bm-Gida-Ve-Tarim-Orgutu-\\_fao\\_](https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Menu/66/Bm-Gida-Ve-Tarim-Orgutu-_fao_) Erişim Tarihi: 13.12.2019.
- Blesh J., Hoey L., Jones A.d., Friedmann H., Perfecto I. **2019**. Development pathways toward “zero hunger”. World Development. 118, 1-14.
- FAO **2019**. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- IFAD **2019**. Why rural people? International Fund for Agricultural Development (IFAD), <https://www.ifad.org/en/investing-in-rural-people> Erişim Tarihi: 17.12.2019.
- Kan M., Gülçubuk, B., Küçükçongar M. **2012**. Coğrafi İşaretlerin Kırsal Turizmde Kullanılma Olanakları. KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 14 (22): 93-101.
- Lopez A., **2018**. Extreme Poverty and Hunger in Venezuela. The result of the economic decline of an oil nation, Munich, GRIN Verlag, <https://www.grin.com/document/470311>
- TÜRK PATENT **2019**. Türk Patent ve Marka Kurumu, <https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/>, (Erişim Tarihi:15.04.2019).
- Von Grebmer K., Bernstein J., Mukerji R., Patterson F., Wiemers M., Chéilleachair R. Ní, Foley C., Gitter S., Ekstrom K., Fritschel H. **2019**. Figure 2.4: 2019 Global Hunger Index by Severity. Map in 2019 Global Hunger Index: The Challenge of Hunger and Climate Change. Bonn: Welthungerhilfe; Dublin: Concern Worldwide.

**KOBİ MOBİLYA İŞLETMELERİNDE ÖLÇEK BÜYÜKLÜKLERİNE GÖRE ÜST YÖNETİM İLE BÖLÜMLER ARASINDAKİ İLİŞKİ DÜZEYİNİN ARAŞTIRILMASI**  
**RESEARCH ON RELATION LEVEL AMONG MANAGEMENT AND DEPARTMENTS AT SME FURNITURE ENTERPRISES**

**Hasan SERİN**

Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Yunus ŞAHİN**

Arş. Gör., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**ÖZET**

İş gücü, malzeme ve makinelerin daha iyi kullanılması için işletmeler bölümlere ayrılmıştır. İşletme içerisinde ve bölümler arasındaki ilişkilerde doğru kararlar alınmasına bağlı olarak kaynakların verimli kullanılması ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bölümler arasındaki iyi ilişki işletmenin yönetiminde daha dengeli katkıların bölümler tarafından sağlanacağı bilinmektedir.

Bu çalışmada, üst yönetim ile bölümler arasındaki ilişki incelenmiş ve yüz yüze anket metodu uygulanmıştır. Anket 24 organize sanayi bölgesinde yer alan 302 mobilya işletmesinde yapılmıştır. Araştırma verileri SPSS istatistik paket programında analiz edilmiştir. Mikro, küçük, orta ve büyük işletmeler kabul edilmiştir. Üst yönetim ile bölümler arasındaki ilişki incelendiğinde satın alma bölümü mikro ve küçük boyutlu işletmelerde; imalat bölümü ise orta ve büyük ölçekli işletmelerde ilk sırada yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İletişim, SME, mobilya, işletme

**ABSTRACT**

Enterprises are divided into departments to get better using of machines, materials, and work power. Resources productivity by management and taking right decisions depend on the relations among to department and inside the enterprise. Also, the good relation among the top management and departments contributes taking suitable decisions and managing the enterprise effectively.

At this research, it was determined that the relation among the top management and departments studied with five point likert scale method by face to face survey method. This survey was made at 302 furniture enterprises in 24 organized industrial zones. The research data were examined by Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) statistical software. It was accepted as micro enterprises (9 and less person), small enterprises (10-49 person), middle sized enterprises (50-99 person) and large sized enterprises (100 and more person). It was determined that the relation levels among the top management and departments were purchase department as first rank for micro and small enterprises; manufacturing department as first rank for middle and large sized enterprises.

**Keywords:** Communication, SME, furniture, management

**1. GİRİŞ**

Bir organizasyon birçok dışsal faktörlerin yanında, birçok içsel faktörün de etkisi altında kalmaktadır. Bunların iyi anlaşılması organizasyonların kendini tanımasıyla paraleldir. Bu faktörlerin bileşimi organizasyonların başarılarında ortaya koyan anahtar faktörleri ortaya çıkarır. Faktörler, kaynaklar, yapabilirlikler ve temel yetenekler olarak sıralanabilir. Özellikle kaynakların bileşeni alınacak kararların geleceğini de yakından etkiler (Wernerfelt ve Montgomery,1986; Brown, 2000). İçsel analizin önemli gereklerinden birisi, organizasyonun mevcut vizyonu, misyonları, stratejik hedefleri ve stratejilerine bakmaktır. Organizasyonun hâlihazırda ne yaptığını bilmek, stratejik karar vericilere strateji değişikliğinin gerekli olup olmadığını anlamaları konusunda gerekli bilgiyi sağlar. İçsel analizin daha ileri anlamı, organizasyonun kaynaklar, kabiliyetler ve temel yetenekler konularına daha yakından bakmak demektir (Coulter, 2002).

Kararları alan işletmeciler bir firmanın kendi iç analizini yaparlarken kendi iç koşullarının en önemli nokta olduğunu ve cesaret verici gelişmeler sağlanmasına ön ayak olduğunu büyük bir katılımı kabul etmektedirler (Wernerfelt ve Montgomery,1986; Dinçer, 1988; Drucker, 1999). Yöneticiler değişimi yönetebilmek ve temel yeteneklerini kullanabilmek için kaynakları ve yetenekleri çok dikkatli ve objektif şekilde değerlendirmek zorundadırlar. Bu uygulama yapılırken çalışanların cesaret, kendine güven, dürüstlük, gönüllülük, girişkenlik gibi faktörlerini de göz önüne almak zorundadırlar. Birçok yönetim bilimci başarılı şirketlerin nasıl bu başarıya ulaştıklarını anlamak için firma performanslarını ve iç faktörlerini analiz etmekle yola koyulurlar. Ayrıca başarısızlıklar da yine iç faktörler araştırılarak ileride aynı hataların yaşanmaması için kullanılırlar (Kowamoto,1993; Ergin, 1992).

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada 24 Organize sanayi bölgesinde bulunan (Bursa, İstanbul, Kayseri, vd.) 302 mobilya işletmelerinde bulunan üst yöneticilerle alt bölümlere anket uygulanmıştır. Veriler SPSS programında analiz edilmiştir. İşletmenin özel amaçlarına göre üst yönetim ile alt bölümler arasındaki yüzdesel dağılımlar belirlenmiştir.

## 3. BULGULAR

Yapılan çalışmada alt bölümlerin üst yönetim arasındaki etkileşimleri elde edilen anketteki veriler sayesinde ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler aşağıda yer almaktadır.

Tablo 1. Üst yönetim ile tasarım departmanı arasındaki etkileşim

Çalışan Sayısı	Düşük %	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi	8,1	26,6	49,1	16,2	17,3
10-49 Kişi	2,2	29,8	39,3	28,7	63,7
50-99 Kişi	4,4	27,7	16,1	51,8	13,7
100 - + Kişi	5,6	24,6	45,3	24,5	5,3
Toplam	3,7	28,8	38,0	28,2	100

Tablo 1 incelendiğinde tasarım bölümünün üst yönetim ile en yüksek etkileşimin sırasıyla mikro (%49,1), büyük (%45,3), küçük (39,3) ve orta ölçekli (%16,1) işletmelerde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Üst yönetim ile satın alma bölümü arasındaki karşılıklı etkileşimin derecesi

Çalışan Sayısı	Düşük %	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi	3,5	19,7	41,0	35,8	17,3
10-49 Kişi		21,0	43,6	35,4	63,7
50-99 Kişi	5,1	28,5	35,7	30,7	13,7
100 - + Kişi	7,6	18,8	28,3	45,3	5,3
Toplam	1,7	21,7	41,3	35,3	100

Üst yönetimin satın alma bölümü ile etkileşimi Tablo 2'ye göre en yüksek %43,6 oranla küçük işletmede iken en düşük ise büyük ölçekli işletmede (%7,6) olduğu görülmektedir. Tüm işletmeler içerisinde %41,3 olarak yüksek olduğu belirtilmiştir.

Tablo 3. Üst yönetim ile imalat bölümü arasındaki karşılıklı etkileşimin derecesi

Çalışan Sayısı	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi	24,4	45,6	30,0	17,3
10-49 Kişi	29,8	33,5	36,7	63,7
50-99 Kişi	20,4	38,7	40,9	13,7
100 - + Kişi	15,1	13,2	71,7	5,3
Toplam	26,8	35,2	38,0	100

İmalat bölümünün üst yönetim ile ilişkisi incelendiğinde Tablo 3'de en yüksek değere sahip işletmeler %71,7 oranla büyük ölçekli işletmelerdir. Tüm işletmeler içerisinde incelendiğinde ise %38,0 oranla çok yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Üst yönetim ile dağıtım bölümü arasındaki karşılıklı etkileşimi

Çalışan Sayısı	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi	34,1	46,8	19,1	17,3
10-49 Kişi	28,3	44,2	27,5	63,7
50-99 Kişi	25,6	38,7	35,7	13,7
100 - + Kişi	39,6	34,0	26,4	5,3
Toplam	29,5	43,4	27,1	100

Dağıtım bölümünün üst yönetim ile ilişkisi incelendiğinde Tablo 4'de en yüksek değere sahip işlemler %46,8 oranla mikro ölçekli işletmelerdir. Tüm işletmeler içerisinde incelendiğinde ise %43,4 oranla yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Üst yönetim ile müşteri servis bölümü arasındaki karşılıklı etkileşimin derecesi

Çalışan Sayısı	Düşük %	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi		26,6	43,9	29,5	17,3
10-49 Kişi	1,9	31,7	40,8	25,6	63,7
50-99 Kişi	3,6	28,4	34,5	33,5	13,7
100 - + Kişi		34,0	26,4	39,6	5,3
Toplam	1,7	30,5	39,7	28,1	100

Üst yönetimin müşteri servis bölümü ile etkileşimi Tablo 5'e göre en yüksek %43,9 oranla mikro işletmede iken en düşük ise orta ölçekli işletmede (%3,6) olduğu görülmektedir. Tüm işletmeler içerisinde %39,7 olarak yüksek olduğu belirtilmiştir.

Tablo 6. Üst yönetimin ile muhasebe bölümü arasındaki karşılıklı etkileşimin derecesi

Çalışan Sayısı	Düşük %	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi	2,4	28,3	38,7	30,6	17,3
10-49 Kişi	2,8	27,0	29,4	40,8	63,7
50-99 Kişi	2,9	34,3	21,9	40,9	13,7
100 - + Kişi	39,6	13,2	26,4	20,8	5,3
Toplam	4,7	27,5	29,8	38,0	100

Tablo 6 incelendiğinde muhasebe bölümünün üst yönetim ile en yüksek etkileşimin sırasıyla mikro (%38,7), küçük (%29,4), büyük (%26,4) ve orta ölçekli (%21,9) işletmelerde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. Üst yönetim ile bakım bölümü arasındaki karşılıklı etkileşimin derecesi

Çalışan Sayısı	Düşük %	Normal %	Yüksek %	Çok Yüksek %	Toplam (%)
1-9 Kişi	18,5	24,3	28,9	28,3	17,3
10-49 Kişi	5,0	31,2	34,4	29,4	63,7
50-99 Kişi	10,2	51,1	23,4	15,3	13,7
100 - + Kişi	26,4	34,0	26,4	13,2	5,3
Toplam	9,2	32,9	31,5	26,4	100

Bakım bölümünün üst yönetim ile ilişkisi incelendiğinde Tablo 7'de en yüksek değere sahip işlemler %34,4 oranla küçük ölçekli işletmelerdir. Tüm işletmeler içerisinde incelendiğinde ise %26,4 oranla çok yüksek olduğu görülmektedir.



İşletme Bölümleri	ÖLÇEK BÜYÜKLÜĞÜ							
	1- 9 Kişi		10-49 Kişi		50-99 Kişi		100 - + Kişi	
	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.
Tasarım	5	3,73	5	3,94	4	4,05	6	3,80
Satın Alma	<b>1</b>	<b>4,06</b>	<b>1</b>	<b>4,14</b>	6	3,92	3	4,13
İmalat	2	4,00	3	4,06	<b>1</b>	<b>4,20</b>	<b>1</b>	<b>4,60</b>
Kalite Kontrol			8	3,87	3	4,07	2	4,40
Dağıtım	4	3,83	4	3,97	2	4,10	5	3,86
Müşteri Servisi	3	3,97	6	3,90	5	4,00	4	4,07
Muhasebe	3	3,97	2	4,09	7	3,87	7	3,27
Bakım	6	3,67	7	3,88	8	3,43	7	3,27

Şekil 1. Ölçek büyüklüğüne göre, üst yönetim ile bölümler arasındaki etkileşimin derecesi

Ölçek büyüklüğüne göre üst yönetim ile bölümler arasındaki ilişki incelendiğinde Şekil 1'de satın alma bölümünün mikro işletmelerde ilk sırada yer alırken son sırada bakım bölümü yer almaktadır.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar içerisinde tasarım bölümünün üst yönetim ile en yüksek etkileşimin sırasıyla mikro (%49,1), büyük (%45,3), küçük (39,3) ve orta ölçekli (%16,1) işletmelerde olduğu tespit edilmiştir. Dağıtım bölümünün üst yönetim ile ilişkisi incelendiğinde Çizelge 4'de en yüksek değere sahip işlemler %46,8 oranla mikro ölçekli işletmelerdir. İmalat bölümünün üst yönetim ile ilişkisi incelendiğinde Çizelge 3'de en yüksek değere sahip işlemler %71,7 oranla büyük ölçekli işletmelerdir. Ölçek büyüklüğüne göre üst yönetim ile bölümler arasındaki ilişki incelendiğinde Şekil 1'de satın alma bölümünün mikro işletmelerde ilk sırada yer alırken son sırada bakım bölümü yer almaktadır. Küçük ölçekli işletmelerde satın alma bölümü ilk sırada yer almakta ve kalite kontrol bölümü ise son sırada bulunmaktadır. Orta ve büyük ölçekli işletmelerde ise ilk sırayı imalat bölümü sahiplenmektedir. En az öneme sahip departman ise bakım bölümü olmuştur.

İşletmelerde bulunan üst yönetim ile alt bölümlerin ilişki düzeylerinin artırılmasıyla işletme hem sürdürülebilirliğini artırması hem de daha güvenli ve huzurlu bir çalışma ortamının ortaya çıkacağı düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Brown, S., 2000. " Manufacturing The Future- Strategic Resonance For Englightered Manufacturing ", Pearson Education Limited, London.
2. Coulter,M., 2002. Strategic Management Factor, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
3. Dinçer, Ö., 1988. Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası, 5.Baskı, Beta Yayınları, İstanbul.
5. Drucker, F.P., 1999. 21.Yüzyıl İçin Yönetim Tartışmaları, (Çev: İrfan Bahçivangil- Gülanay Garbon), Epsilon Yayınevi, İstanbul.
4. Ergin, E., 1992. İşletme Politikası, Der Yayınları, İstanbul.
6. Kowamoto,N., 1993. Comment regarding Honda Motor Company, Fortune, February, 22.
7. Wernerfelt, B, Montgomery,A., 1986. " What is an attractive industry?, Management Science 32.

**MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE ÜRETİM KONUSUNA GÖRE İŞLETMENİN ÖZEL AMAÇLARININ ARAŞTIRILMASI**  
**RESEARCH ON SPECIAL AIMS OF ENTERPRISE ACCORDING TO PRODUCTION SUBJECT AT FURNITURE INDUSTRY**

**Hasan SERİN**

Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi,  
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Yunus ŞAHİN**

Arş. Gör., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği  
(Sorumlu Yazar)

**ÖZET**

İşletmeler doğru karar verme ve başarıyı elde etmeden önce özel amaçlarını belirlemek zorundadır. İşletmeler üst yönetimden alt bölümlere doğru genel ve özel olmak üzere amaçlara sahiptirler. Genel amaçlar tüm işletmeler için geçerli olurken özel amaçlar ise işletenin durumuna göre değişmektedir. Mobilya endüstrisi, orman endüstrisi içerisinde önemli bir konuma sahiptir. Mobilya işletmelerinin özel amaçları üzerine çok çalışma yoktur.

Bu çalışmada, Türkiye'de organize sanayi bölgelerinde üretim konusuna göre mobilya işletmelerinin genel imaj, pazar payı gibi özel amaçları belirlenmiştir. Anketin büyük kısmı mobilya endüstrisinin yaygın olduğu yerlerde (Bursa, Ankara, İstanbul ve Kayseri) uygulanmıştır. Muhtelif mobilyada ilk sırayı genel imaj alırken; oturma grubu, kanepeler, çekyat bölümünde verimlilik ilk sırayı almıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Amaç, İşletme Mobilya, Üretim

**ABSTRACT**

Enterprises have to determine their aims before they get success and correct decision. The enterprises have basic and special aims from top management to sub departments. The basic aims are valid for all the enterprises but the special aims change according to the enterprise's conditions. Furniture industry has important place in forestry industry. There are not many researches about special aims at furniture enterprises.

In this research, it has been determined that special aims such as general image, market share of furniture enterprises were researched in reference to production subject at organized industrial zones in Turkey. The most of surveys were filled Bursa, Ankara, İstanbul, and Kayseri where the furniture industry is commonly. The general image took first place at enterprises produced miscellaneous furniture; the productivity took first place at enterprises produced sitting group-sofa-hide a bed; the quality took first place at enterprises produced teen room. On the contrary labor relations took last place at enterprises produced door-table-chair-profile.

**Keywords:** Aim, Enterprise, Furniture, Production

**1. GİRİŞ**

İşletmeler bakımından amaç, işletmenin ulaşmak istediği durumları ifade eder. Tepe yönetimden başlayarak yukarıdan aşağıya bir yapılanma ile işletmenin temel ve alt amaçları belirlenir. Değişik birimlerin amaçlarının birbirini tamamlayacak ve destekleyecek biçimde oluşturulması gerekir.

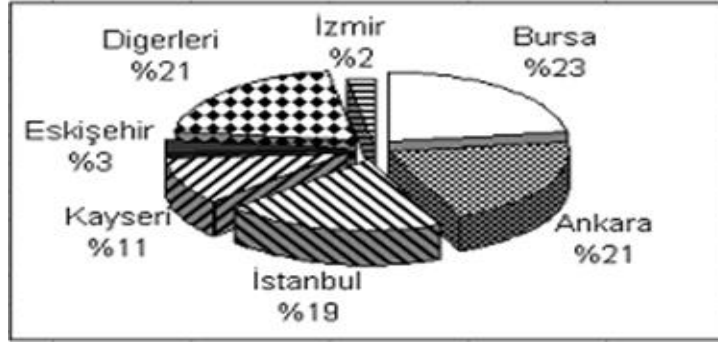
Günümüz dünyasının işletmelerinde temel amaç, en iyi hizmeti ve ürünü en verimli ve etkin şekilde sunacak strateji ve yöntemlerinin geliştirilmesi ve böylece işletmenin hedef ve amaçlara en etkin ve verimli şekilde ulaşmasıdır. Bu da ancak; çok hızlı değişen dünyada bu değişimlere karşı işletmelerinin uyum sağlayabilmeleri için uzun dönemli vizyona sahip olmalarıyla ve bu şekilde gerekli stratejilerin belirlenerek uygulamaya konulmasıyla mümkündür (Güçlü, 2003; Akçakaya, 2003; Aktan, 2007).

Stratejik olarak kar ve topluma hizmet amaçları, işletmelerin belli bir ekonomik yapı içerisinde önde tutacakları temel güdülerdir. Bu güdüler dışında, kimi zaman sonuç olarak kimi zaman bu temel

amaçlarla birlikte gerçekleşen ya da gerçekleştirilmesi için çaba gösterilen alt amaçları: Uzun dönemli büyüme, tüketicilere nitelikli mal sunma, çalışanlara uygun ücret verme, ve toplumsal sorumluluk olarak gösterebilmektedir. Özel amaçlar; işletme yapısı, faaliyet konuları, yöneticilerin verdiği karara ve öneme göre değişmektedir (Güner, 2004; Helvacı, 2005; Okur, 2007).

## 2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada 24 ilde bulunan Organize Sanayi Bölgesi (OSB) içerisinde yer alan mobilya işletmeleri materyal olarak seçilmiştir. İşletme ile ilgili 2 amaç ve hedefleri ile ilgili 8 soru olmak üzere 10 soruluk 302 anket uygulanmış ve 295 anket değerlendirmeye alınmıştır.

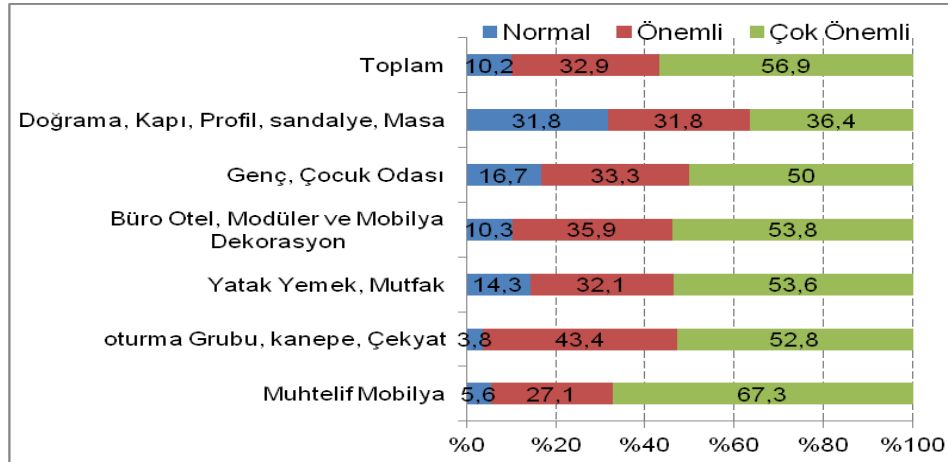


Şekil 1. Anketlerin yapıldığı illerin dağılımı

Bu çalışmada belirlenen özel amaçlar ise; genel imaj, pazar payı, satış geliri, işçi ilişkileri, maliyeti düşürme, kalite, kar ve verimlilik. Anketler SPSS programında çapraz tablo olarak değerlendirilerek sonuçlar yüzde olarak verilmiştir.

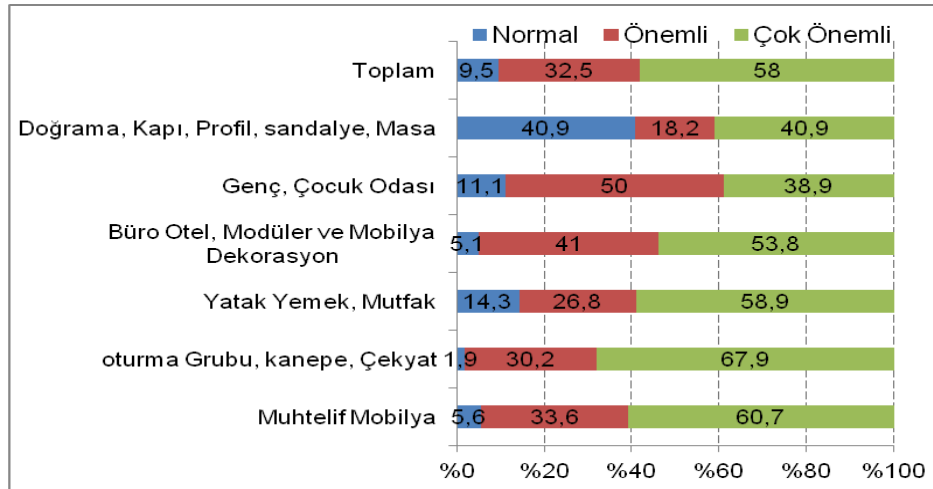
## 3. BULGULAR

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) içerisinde bulunan mobilya sanayi işletmelerinde, yüz yüze görüşme ile uygulanan anketlerden, elde edilen bilgiler aşağıda yer almaktadır.



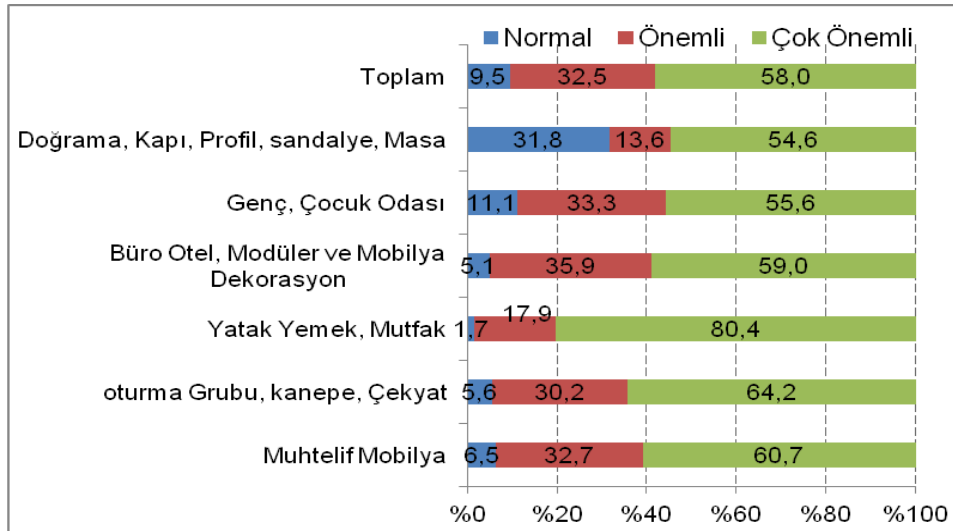
Şekil 2. İşletmelerin genel imaja verdiği önem

İşletmelerin genel imaja verdiği önem incelendiğinde en çok muhtelif mobilya %67,3 oranla en az ise %31,8 oranla doğrama, kapı, profil, sandalye üreten grup önem vermiştir.



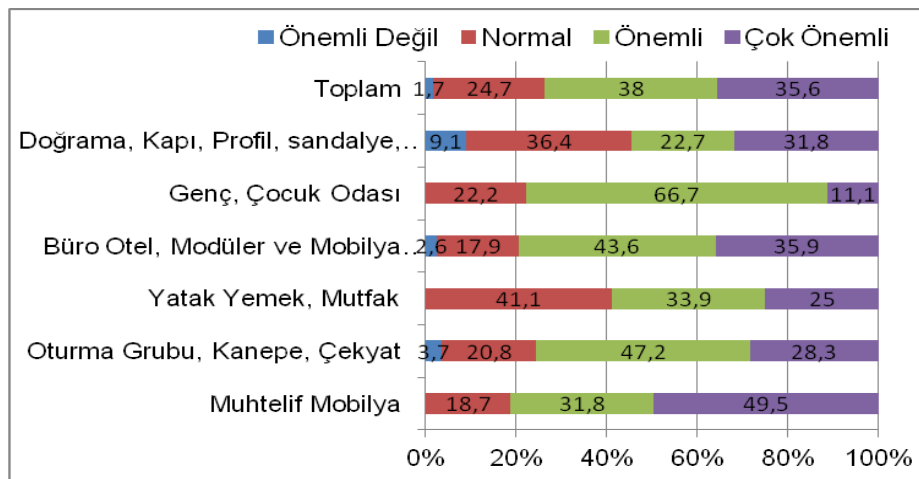
Şekil 3. İşletmelerin pazar payına verdiği önem

Oturma grubu, kanepeler ve çekyat üretimi yapan bölümde pazar payına verilen önemin büyük olduğu (%67,9) Şekil 3'te görülmektedir. Muhtelif mobilya ise %60,7'lik payla onun da çok önem verdiği tespit edilmiştir.



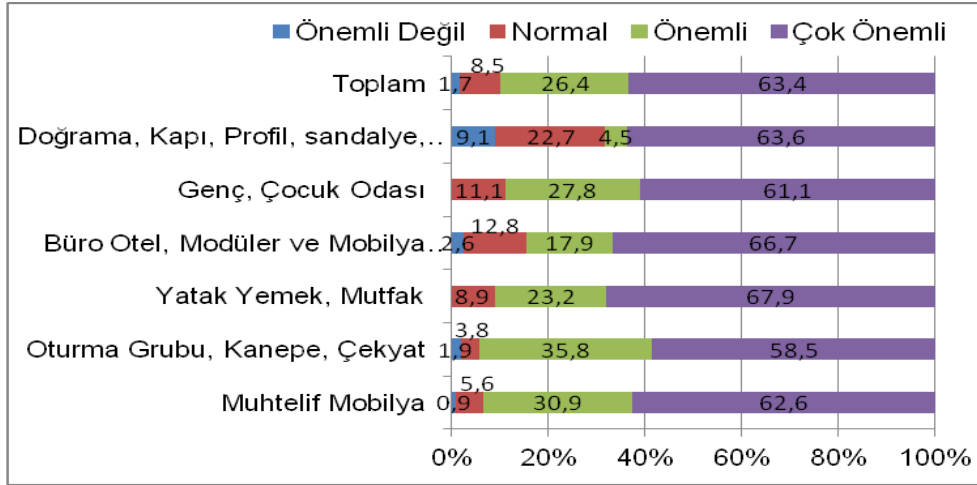
Şekil 4. İşletmelerin satış gelirlerine verdiği önem

İşletmelerin satış gelirlerine verdiği önem incelendiğinde en çok yatak, yemek ve mutfak grubunun %80,4 oranla en az ise %31,8 oranla doğrama, kapı, profil, sandalye üreten grup önem vermiştir.



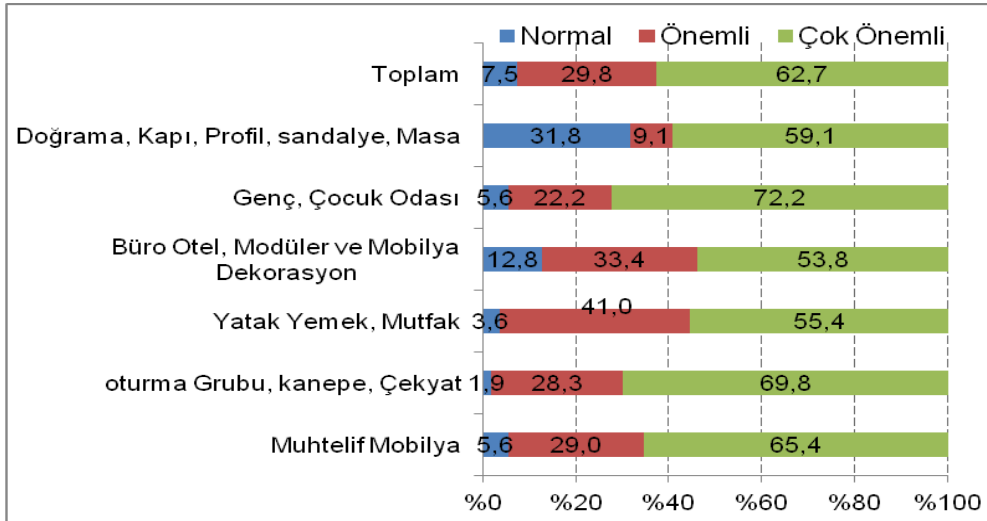
Şekil 5. İşletmelerin işçi ilişkilerine verdiği önem

Muhtelif mobilya üretimi yapan bölümde işçi ilişkilerine verilen önemin büyük olduğu (%49,5) Şekil 5'te görülmektedir. Büro, otel, modüler mobilya ise %35,9'luk payla onun da çok önem verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 6. İşletmelerin maliyeti verdiği önem

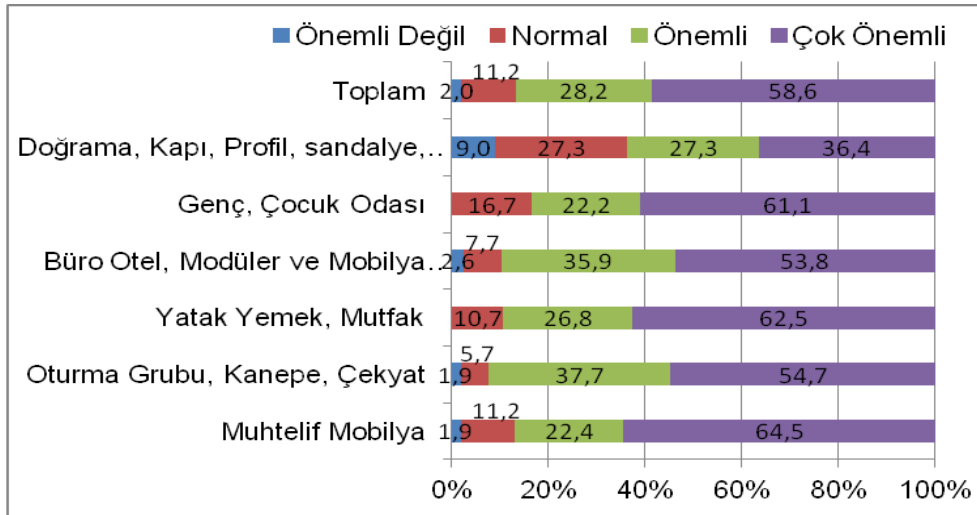
İşletmelerin maliyete verdiği önem incelendiğinde en çok yatak, yemek ve mutfak grubunun %67,9 oranla en az ise %9,1 oranla doğrama, kapı, profil, sandalye üreten grup önem vermiştir.



Şekil 7. İşletmelerin kaliteye verdiği önem

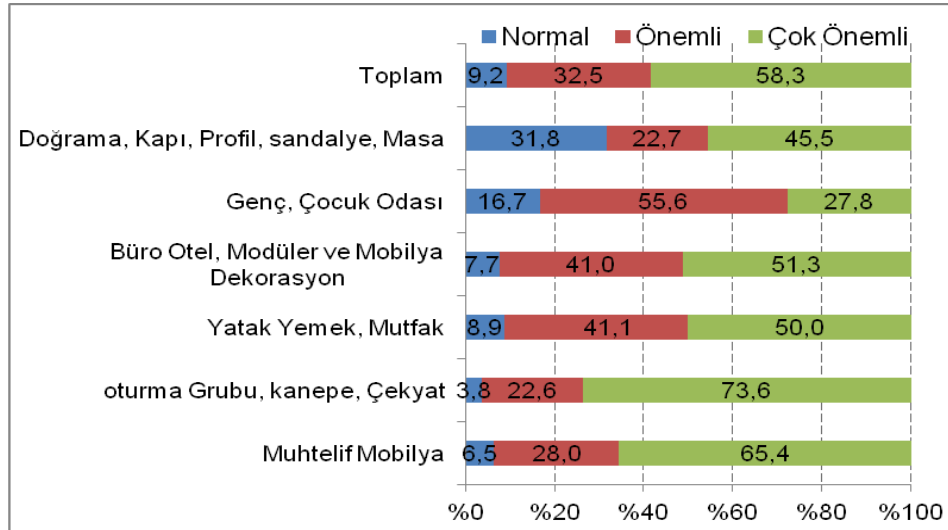
Genç ve çocuk odası üretimi yapan bölümde kaliteye verilen önemin büyük olduğu (%72,2) Şekil 7'te görülmektedir. Oturma grubu, kanepe ve çekyat ise %69,8'lik payla onun da çok önem verdiği tespit edilmiştir.





Şekil 8. İşletmelerin kar elde etmeye verdiği önem

İşletmelerin kar elde etmeye verdiği önem incelendiğinde en çok muhtelif mobilya %64,5 oranla en az ise %9,0 oranla doğrama, kapı, profil, sandalye üreten grup önem vermiştir.



Şekil 9. İşletmelerin verimliliğe verdiği önem

Oturma grubu, kanepeler ve çekyat üretimi yapan bölümde verimliliğe verilen önemin büyük olduğu (%73,6) Şekil 9'da görülmektedir. Muhtelif mobilya ise %65,4'lük payla onun da çok önem verdiği tespit edilmiştir.

Faktörler	ÜRETİM KONUSU											
	Muhtelif Mobilya		Oturma Grubu, kanepeler, Çekyat		Yatak Yemek, Mutfak		Büro Otel, Modüler ve Mob. Dekorasyon		Genç, Çocuk Odası		Doğrama, Kapı, Profil, sandalye, Masa	
	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.	Önem Sırası	Ort.
Genel İmaj	1	4,61	6	4,49	6	4,39	3	4,43	4	4,33	4	4,04
Pazar Payı	4	4,54	3	4,66	4	4,44	2	4,48	5	4,27	5	4,00
Satış Geliri	5	4,54	4	4,58	1	4,78	1	4,53	3	4,44	2	4,22
İşçi İlişkileri	7	4,30	8	4,00	7	3,83	5	4,12	7	3,88	7	3,77
Maliyeti Düşürme	4	4,55	5	4,50	2	4,58	2	4,48	2	4,50	2	4,22
Kalite	2	4,59	2	4,67	3	4,51	4	4,41	1	4,67	1	4,27
Kar	6	4,49	7	4,45	3	4,51	4	4,41	3	4,44	6	3,90
Verimlilik	3	4,58	1	4,69	5	4,41	3	4,43	6	4,11	3	4,13

Şekil 10. Üretim konusuna göre işletmelerin öncelik sıralamaları

İşletmeler içerisinde Şekil 10 incelendiğinde muhtelif mobilyada ilk sırayı genel imaj almakta son sırayı ise işçi ilişkileri almaktadır. Genç ve çocuk odası grubunda ilk sırayı kalite alırken son sırayı ise işçi ilişkileri almaktadır. İşçi ilişkileri genelde hep son sırada bulunduğu tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇ

Üretim konularına göre; muhtelif mobilya üreten işletmeler en çok genel imaja, oturma grubu üreten işletmeler verimliliğe, yatak, yemek, mutfak mobilyası üreten ve otel, modüler mobilya üreten işletmeler satış gelirlerine, genç ve çocuk odası üreten işletmeler ise kaliteye çok önem verdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, bütün işletmelerin en az önem verdiği alt amaç ise işçi ilişkileri olduğu tespit edilmiştir.

Günümüzde Mobilya üretimi yapan işletmenin bütün fonksiyonlarını örgüt amaç veya amaçlarına hizmet edecek şekilde yönlendirmek ve işletme eylemlerini, önceden belirlenen hedeflere ulaşacak şekilde gerçekleştirmek için işletmelerde iletişime duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Mobilya sektöründe işçilik diğer sektörlerle göre daha fazladır. Elde edilen sonuçlara göre doğrama, kapı sektöründe ve çekyat, oturma grubunda üretim yapan işletmeler, işçi ilişkileri ve iletişime daha fazla önem vermelidir. İşletme içerisinde iletişimi ve bilgi aktarımını artıracak faaliyetler yapılmalıdır.

İşletmelerin imajını tesadüflere değil, kurumun kimliğini, amaç ve hedeflerini, topluma karşı sosyal sorumlulukların ne olduğu konusunda bilgi veren, uygulanabilir bir programa bağlıdır. Bu nedenle doğrama, kapı ve çocuk ve genç odası mobilya üretimi yapan işletmelerin imajlarını iyileştirmek için, hedefler ve sosyal sorumluluklara dikkat etmelidirler.

#### KAYNAKLAR

1. Akçakaya, M., 2003. "Benchmarking ve Kamu Yönetimine Uygulanabilirliği", Kamu Yönetimi Seçme Yazılar, Ed. B.Aykaç-H.Kavruk, GÜ İİBF Yay., Ankara.
2. Aktan, C. C., 2007. "Geleceği Kazanmanın Yolu: Stratejik Yönetim".
3. Güçlü, N., 2003. "Stratejik Yönetim", G.Ü. GEF Dergisi Cilt 23, S.2.
4. Güner, S., 2004. "Stratejik Yönetim Anlayışı ve Kamu Yönetimi", Türk İdare Dergisi, S.446, Mart.
5. Helvacı, M. A., 2005. Eğitim İşletmelerinde Değişim Yönetimi, Nobel Y., Ankara.
6. Okur, Y., 2007. Türkiye'de Kamu Denetimi, Değişim Süreci ve Performans Denetimi, Nobel Yay., Ankara.

**GESTASYONEL DİABETES MELLİTUSTA GUANOZİN TRİFOSFAT SİKLOHİDROLAZ I  
VE ENDOTELYAL NİTRİK OKSİT SENTAZ GEN EKSPRESYONLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**EVALUATION OF GUANOSINE TRIPHOSPHATE CYCLOHYDROLASE I AND  
ENDOTHELIAL NITRIC OXIDE SYNTHASE GENE EXPRESSIONS IN GESTATIONAL  
DIABETES MELLITUS**

**Hande YÜCE**

Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı,  
(Sorumlu Yazar)

**Emine ŞALVA**

Doçent Doktor, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Biyoteknoloji Anabilim Dalı,

**Ceren ACAR**

Doçent Doktor, İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı,

**Rauf MELEKOĞLU**

Doçent Doktor, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı,

**Songül ÜNÜVAR**

Doçent Doktor, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı,

**ÖZET**

Nitrik oksit (NO) biyoyararlanımının azalması diyabet gibi makrovasküler hastalıkların ilerlemesinde önemli rol oynar. Guanozin trifosfat siklohidrolaz 1 (GTPCH/GCH1) enzimi, katekolaminlerin ve NO'in biyosentezi için kofaktör olan tetrahidrobiopterinin (BH4) sentezinde hız kısıtlayıcı bir enzimdir. Diyabette BH4 düzeyleri azalmakta ve GCH1'in gen ekspresyonundaki artış, diyabete bağlı BH4 eksikliğini tersine çevirip, endotel hücrelerinin NO üretme yeteneğini geri kazandırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, guanozin trifosfat (GTP) yolu ile BH4 arasındaki ilişkiyi değerlendirmektir. BH4 sentezinde GCH1 enziminin hız kısıtlayıcı enzim olması nedeniyle bu enzimin düzeylerindeki değişikliklerin doğrudan BH4 düzeylerini ve NO metabolizmasını etkileyebileceğini, bunun sonucu olarak ta makrovasküler komplikasyon riskini arttırabileceğini öne sürmekteyiz. Çalışmaya 24-28 hafta arası, 100 normal gebe kadın ve 100 gestasyonel diabetes mellitus (GDM) teşhisi almış kadın dahil edildi. Hasta ve kontrol gruplarından alınan kan örneklerinde endotelial nitrik oksit sentaz (eNOS) ve GCH1 gen ekspresyonlarını belirlemek amacıyla Relatif Kantitatif Real Time PCR (qRT-PCR) yöntemi kullanıldı. GDM'li hastalarda (4.52) eNOS gen ekspresyonu sağlıklı gönüllülere (3.16) göre yüksek bulunurken, GCH1 gen ekspresyonu tam tersine GDM grubunda (1.07) kontrole (1.27) göre daha düşük bulundu. Çalışma sonuçlarımız GTP yolağı ile ilişkili gen ekspresyonlarının GDM'nin erken dönem teşhisinde olası biyobelirteçler olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (TSA-2018-1103) tarafından desteklendi.

**Anahtar Kelimeler:** Gestasyonel Diabetes Mellitus, Nitrik Oksit, Tetrahidrobiopterin, Guanozin Trifosfat Yolağı, Endotelial Nitrik Oksit Sentaz

**ABSTRACT**

Reduction of nitric oxide (NO) bioavailability plays an important role in the progression of macrovascular diseases such as diabetes. The enzyme guanosine triphosphate cyclohydrolase 1 (GTPCH/GCH1) is a rate-limiting enzyme in the synthesis of catecholamines and tetrahydrobiopterin (BH4), a cofactor for biosynthesis of NO. In diabetes, BH4 levels are reduced, and increased gene expression of GCH1 reverses diabetes-related BH4 deficiency, restoring the ability of endothelial cells to produce NO. The aim of this study was to evaluate the relationship between guanosine triphosphate (GTP) and BH4. Since GCH1 is a rate-limiting enzyme in BH4 synthesis, we suggest that changes in levels of this enzyme may directly affect BH4 levels and NO metabolism, which in turn may increase the risk of macrovascular complications. 100 normal pregnant women and 100 women diagnosed with gestational diabetes mellitus (GDM) between 24-28 weeks were included in the study. Relative Quantitative Real Time PCR (qRT-PCR) method was used to determine endothelial nitric oxide synthase (eNOS) and GCH1 gene expressions in blood samples taken from patient and control groups. In patients with GDM (4.52), eNOS gene expression was found to be higher than in healthy volunteers

(3.16), whereas GCH1gen expression was lower in the GDM group (1.07) than in control (1.27). Our results show that gene expressions associated with GTP pathway may be possible biomarkers in early diagnosis of GDM. This study was supported by Inonu University Scientific Research Projects Unit (TSA-2018-1103).

**Keywords:** Gestational Diabetes Mellitus, Nitric Oxide, Tetrahydrobiopterin, Guanosine Triphosphate Pathway, Endothelial Nitric Oxide Synthase

**PARI-FLO PREPARATININ YÜKSELTİLMİŞ ARTI LABİRENT TESTİ İLE ANKSİYOLİTİK ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**  
EVALUATION OF ANXIOLITIC EFFECT OF *PARI-FLO* PREPARATE USING ELEVATED PLUS MAZE TEST

**Ahmet BERK**

Dr., Elazığ Fethi Sekin Şehir Hastanesi, (Sorumlu Yazar)

**İsmet YIMAZ**

Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmakoloji AD

**ÖZET**

*Pari-flo* ürünü standardize edilmiş *Passiflora incarnata* bitki ekstresi, L-Glisin, Magnezyum L-Treonat ve L-metilfolat içermekte olup sahip olduğu içerikle anksiyolitik etki gösterebileceğini düşündürmüştür. Çalışmamızda *Pari-flo*'nun anksiyolitik etkisi yükseltilmiş artı labirent testi ile değerlendirilmiş ve bu etki güçlü anksiyolitik etkisi bilinen bir ilaç olan alprozolam ile karşılaştırılmıştır.

*Balb-c* cinsi fareler her grupta 7 hayvan olacak şekilde şu şekilde gruplar ayrılmışlardır: kontrol grubu, 4 farklı dozda (125, 250, 500 ve 1000 mg/kg dozlarda) *Pari-flo* alan gruplar ve 15 mg/kg dozda alprozolam alan grup şeklinde tasarlanmıştır. Tüm dozlama işlemleri oral yolla bir hafta boyunca uygulanmış olup sonrasında yükseltilmiş artı labirent testi uygulanmıştır.

Yükseltilmiş artı labirent testinde açık bir çatıya sahip iki açık koldan ve iki kapalı koldan oluşan artı-labirent aparatı, zeminden 15 cm yükseltilmiş olarak hayvanlardaki anksiyolitik davranışı gözlemlemek için kullanılmıştır. Hayvanların açık ve kapalı kollarda geçirdikleri süre ile açık ve kapalı kola giriş sayıları ölçülerek; açık kolda geçirilen sürenin toplam süre içerisindeki yüzdesi (PTOA) ve açık kola yapılan giriş sayısının toplan giriş sayısına göre yüzdesi (POAE) hesaplanmıştır.

Hem POAE hem de PTOA değerleri referans olarak kullandığımız alprozolam grubunda kontrol grubuna kıyasla beklendiği gibi belirgin biçimde artış göstermiştir. *Pari-flo* ise 125 ve 250 mg/kg dozlarda anlamlı bir değişim göstermezken; 500 ve 1000 mg/kg dozlarda POAE ve PTOA değerlerini kontrole göre anlamlı oranda arttırmıştır. Sonuçlar *Pari-flo* ürününün anksiyolitik etkiye sahip olabileceğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Pari-flo*, *Passiflora incarnata*, yükseltilmiş artı labirent testi, anksiyolitik

**ABSTRACT**

*Pari-flo* product contains standardized *Passiflora incarnata* plant extract, L-Glycine, Magnesium L-Treonate and L-methylfolate, which makes us think that it may have anxiolytic effect. In our study, the anxiolytic effect of *Pari-flo* was evaluated by an elevated plus maze test and compared with alprozolam, a drug with a strong anxiolytic effect.

*Balb-c* mice were divided into groups (7 animals in each) as follows: control group, groups receiving *Pari-flo* at 4 different doses (125, 250, 500 and 1000 mg / kg) and group receiving alprozolam at 15 mg/kg. All dosing procedures were administered orally for one week, followed by an elevated plus maze test.

The elevated plus maze test consists of two open arms with an open roof and two closed arms with a height of 15 cm from the floor, which was used to observe anxiolytic behavior in animals. The number of times the animals spent in open and closed arms and the number of entries to open and closed arms were measured. The percentage of time spent on the open arm over the total time (PTOA) and the percentage of the number of open arm entries over the total number of entries (POAE) were calculated. Both POAE and PTOA values were significantly increased in the alprozolam group as compared to the control group. *Pari-flo* showed no significant change in 125 and 250 mg / kg doses while it significantly increased POAE and PTOA values in 500 and 1000 mg/kg doses compared to control group. The results showed that *Pari-flo* product may have anxiolytic effect.

**Keywords:** *Pari-flo*, *Passiflora incarnata*, elevated plus maze test, anxiolytic



## 1. GİRİŞ

*Pari-flo* ürünü standardize edilmiş *Passiflora incarnata* bitki ekstresi, L-Glisin, Magnezyum L-Treonat ve L-metilfolat içermektedir. *Pari-flo* içeriğindeki *Passiflora incarnata* L. (çarkıfelek) çok yıllık, sürünücü / asma şeklinde bitki olup Türkiye’de süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. Majör etken maddeleri flavonoidler ve alkaloidler olan bitkinin huzursuzluk, endişe, uykusuzluk, epilepsi, mensturasyon ve menapoz dönemlerindeki sıkıntı ve gerginlik gibi şikayetlerde dahilen kullanıldığı ve antitussif, antiastmatik, afrodizyak, antienflamatuvar etkileri olduğu da kayıtlıdır (1,2). Kuzey Amerika’da sakinleştirici, Avrupa’da uykusuzluk ve anksiyete tedavisinde geleneksel bitkisel ilaç olarak uzun süredir kullanılmıştır. Ayrıca, Brezilya’da analjezik, antispazmodik, antiastmatik, kurt düşürücü ve sakinleştirici; Irak’ta yatıştırıcı ve narkotik; Polonya’da histeri ve nevrasteni; Amerika’da ishal, dismenore, nevralji, yanıklar, hemoroid ve uykusuzluk; Hindistan’da afyon bağımlılığının tedavisinde kullanılmıştır. Ekstresi birçok prelinik çalışmada denenmiş olmasına rağmen, etki mekanizması hâlâ tartışılmaktadır. Fare ve sıçanlarda bilinen sedasyon etkisi kanıtlanmış olup (3,4), ekstrenin subhipnotik dozda pentobarbitalin sedatif etkisini belirgin şekilde uzattığı gösterilmiştir (3).

L-Glisin duygusal stresleri azaltır, zihinsel verimliliği artırır, nöroprotektif, stres önleyici, yatıştırıcı etkilerinin yanında sinir sistemi metabolizmasını geliştirir, uykuyu normalleştirir, alkolün toksik etkilerini azaltır (5). Magnezyum, depresyon, kaygı, bipolar bozukluk, şizofreni, bağımlılık, akut beyin hasarı, nöbetler, Parkinson hastalığı ve Alzheimer hastalığı gibi bazı beyin ile ilgili ve nörolojik koşullarda kritik bir rol oynamaktadır (6). Bu nedenlerden dolayı bu ürünün anksiyolitik etkisi çalışma konusu olarak belirlenmiş ve ürünün anksiyolitik etkisi yükseltilmiş artı labirent testi ile *Balb-c* cinsi fareler üzerinde test edilmiştir.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

### 2.1. Deneyde Kullanılan Hayvanlar

25-30 g ağırlığında BALB/c cinsi erkek fareler rastgele 6 eşit gruba ayrılmışlardır. 1. Grup Negatif Kontrol grubu olup herhangi bir tedavi uygulanmamıştır. 2., 3., 4. ve 5. gruplar test grupları olup *Pari-flo* ürününün 125 mg/kg/gün, 250 mg/kg/gün, 500 mg/kg/gün ve 1000 mg/kg/gün dozları oral olarak uygulanmıştır. 6. grup ise referans grubu olup 15 mg/kg/gün alprazolam oral olarak uygulanmıştır. 1 haftalık ilaç veya *Pari-flo* ürünü uygulaması günlük yapılmış olup, sonrasında davranış testleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

### 2.2. Yükseltilmiş Artı Labirent Testi

Yükseltilmiş artı labirent testinde açık bir çatıya sahip iki açık koldan (21X8 cm) ve iki kapalı koldan (21x8x12 cm) oluşan artı-labirent aparatı, zeminden 15 cm yükseltilmiş biçimde hayvanlardaki anksiyolitik davranışı gözlemlemek için kullanılmıştır. *Pari-flo* preparatının ve alprozolamın uygulama takvimi, her farenin dozun uygulanmasından 45 dakika sonra yükseltilmiş artı-labirent cihazına girmesi şeklinde ayarlanmıştır. Düzeneğin ortasına bırakılan hayvanların açık ve kapalı kollarda geçirdikleri süre ile açık ve kapalı kola giriş sayıları ölçülerek; açık kolda geçirilen sürenin toplam süre içerisindeki yüzdesi (PTOA) ve açık kola yapılan giriş sayısının toplam giriş sayısına göre yüzdesi (POAE) hesaplanmıştır. Ayrıca hayvanlarda kaygıyı harekete geçiren herhangi bir dış uyarının bulunmamasını sağlamak için her türlü önlem alınmıştır. Deney protokolünün tamamlanmasının ardından hayvanlar ötenazi yoluyla sakrifiye edilmiştir.

## 3. SONUÇ

Hem POAE hem de PTOA değerleri referans olarak kullandığımız alprozolam grubunda kontrol grubuna kıyasla beklendiği gibi belirgin biçimde artış göstermiştir. *Pari-flo* ise 125 ve 250 mg/kg dozlarda anlamlı bir değişim göstermezken; 500 ve 1000 mg/kg dozlarda POAE ve PTOA değerlerini kontrole göre anlamlı oranda arttırmıştır. Bu sonuçlar *Pari-flo* ürününün anksiyolitik etkiye sahip olabileceğini ortaya koymuştur.

**KAYNAKÇA**

1. ESCOP Monographs, 2nd ed., Thieme New York NY (2003).
2. Miroddi M, Calapai G, Navarra M, Minciullo PL, Gangemi S, *Passiflora incarnata* L.: Ethnopharmacology, clinical application, safety and evaluation of clinical trials. *J Ethnopharmacol.* 2013; 150: 791–804.
3. Soulimani R, Younos C, Jarmouni S, Bousta D, Misslin R, Mortier F, Behavioural effects of *Passiflora incarnata* L. and its indole alkaloid and flavonoid derivatives and maltol in the mouse. *J Ethnopharmacol.* 1997; 57: 11–20.
4. Speroni E, Minghetti A, Neuropharmacological activity of extracts from *Passiflora incarnate*. *Planta Med.* 2007; 54: 488–491.
5. Razak MA, Begum PS, Viswanath B, Rajagopal S. Multifarious Beneficial Effect of Nonessential Amino Acid, Glycine: A Review. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2017; 2017:1716701.
6. Maggio M, Ceda GP, Lauretani F, et al. Magnesium and anabolic hormones in older men. *International journal of andrology.* 2011; 34(602):e594-e600.

**PARI-FLO PREPARATININ ANTİDEPRESAN ETKİSİNİN KUYRUKTAN ASMA TESTİ İLE İNCELENMESİ**  
INVESTIGATION OF ANTIDEPRESSANT EFFECT OF *PARI-FLO* PREPARATE ON TAIL SUSPENSION TEST

**İsmet YIMAZ**

Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmakoloji AD  
(Sorumlu Yazar)

**Ahmet BERK**

Dr., Elazığ Fethi Sekin Şehir Hastanesi

**ÖZET**

Standardize edilmiş *Passiflora incarnata* bitki ekstresi, L-Glisin, Magnezyum L-Treonat ve L-metilfolat içeren *Pari-flo* ürününün antidepresan etkisi yaptığımız çalışmada kuyruktan asma deneysel modeli ile incelenmiştir.

İnönü Üniversitesi Deney Hayvanları Üretim ve Araştırma Merkezinden temin edilen *Balb-c* cinsi fareler; kontrol grubu, 4 farklı dozda (125, 250, 500 ve 1000 mg/kg dozlarda) *Pari-flo* alan gruplar ve 15 mg/kg dozda imipramin alan grup olacak şekilde gruplandırılmıştır. Her grupta 7 hayvanın yer aldığı çalışmamızda ilaç veya sıvağ uygulamaları oral yolla yedi gün boyunca uygulanmış, ardından kuyruktan asma testi yapılmıştır.

Kuyruktan asma testinde hayvanlar başları zeminden 5 cm yukarıda olacak şekilde 25X25X30 cm ebatlarındaki kutu içerisinde kelepçe yardımıyla kuyruklarından 6 dakika boyunca asılı bırakılmış ve son 4 dakika içerisindeki hareketli ve hareketsiz geçirdikleri zaman ölçülmüştür. Hayvanlardaki hareketsizlik süresi “davranışsal umutsuzluk” olarak yorumlanmaktadır. Karanlık odada yapılan testte hayvanların ses ve gürültüden etkilenmemesi için gerekli tedbirler alınmıştır.

Bir antidepresan ilaç olan imipramin, kontrol grubuna göre hayvanların hareketsizlik süresini anlamlı düzeyde azaltırken; *Pari-flo* 500 ve 1000 mg/kg verildiği dozlarda anlamlı düzeyde hareketsizlik süresinde azalma sağlamıştır. Bu sonuçlar *Pari-flo* ürününün antidepresan etkiye sahip olabileceğini düşündürmüştür. Bu etkinin ve etki mekanizmasının kesin olarak belirlenmesi için daha fazla çalışmaya gereksinim duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Pari-flo*, *Passiflora Incarnata*, Kuyruktan Asma Testi, Antidepresan, Depresyon

**ABSTRACT**

The antidepressant effect of *Pari-flo* product, which contains standardized *Passiflora incarnata* plant extract, L-Glycine, Magnesium L-Treonate and L-methylfolate was investigated in a experimental animal model of tail suspension test.

*Balb-c* mice obtained from Inonu University Experimental Animals Production and Research Center were divided into groups as follows: control group, groups receiving *Pari-flo* at 4 different doses (125, 250, 500 and 1000 mg / kg) and 15 mg/kg receiving imipramine group. In our study, which included seven animals in each group, drug or vehicle applications were administered orally for seven days, followed by a tail suspension test.

In tail suspension test, the animals were suspended from their tails for 6 minutes with the help of handcuffs in a box of 25X25X30 cm with their heads 5 cm above the ground, and the mobility and immobility time of animals in the last 4 minutes was measured. The duration of immobility time in animals is interpreted as “behavioral despair”. During the test, carried out in the dark room, necessary measures were taken to prevent the animals from being affected by sound and noise.

Imipramine, an antidepressant drug, significantly decreased the immobility time of the animals compared to the control group. *Pari-flo* at 500 and 1000 mg / kg doses significantly reduced inactivity

time. These results suggest that *Pari-flo* product may have antidepressant effect. Further studies are needed to determine this effect and its mechanism of action.

**Keywords:** *Pari-flo*, *Passiflora incarnate*, Tail Suspension Test, Antidepressant, Depression

## 1. GİRİŞ

*Pari-flo* ürünü içeriğinde major bileşen olan standardize edilmiş *Passiflora incarnata* bitki ekstresinin yanı sıra L-Glisin, Magnezyum L-Treonat ve L-metilfolat içermektedir. Çeşitli klinik araştırmalardan elde edilen sonuçlar, *P. incarnata*'nın yaygın anksiyete bozukluğu, cerrahi öncesi anksiyete, uykusuzluk, dikkat eksikliği, hiperaktivite bozukluğu, afyon yoksunluğu ve menopoz tedavisinde kullanımını desteklemektedir (1).

Ürünün diğer içeriğindeki L-metilfolat kullanımı, depresyonun hafifletilmesi için gerekli biyokimyasal bileşikler olan serotonin, norepinefrin ve opaminin yeterli sentezini arttırabilmektedir (2). L-Glisin duygusal stresleri azaltır, zihinsel verimliliği artırır, nöroprotektif, stres önleyici, yatıştırıcı etkilerinin yanında sinir sistemi metabolizmasını geliştirir, uykuyu normalleştirir, alkolün toksik etkilerini azaltır (3). Magnezyum, depresyon, kaygı, bipolar bozukluk, şizofreni, bağımlılık, akut beyin hasarı, nöbetler, Parkinson hastalığı ve Alzheimer hastalığı gibi bazı beyin ile ilgili ve nörolojik koşullarda kritik bir rol oynamaktadır (4).

Bu nedenlerden dolayı bu ürünün antidepresan etki gösterebileceği düşünülmüş ve ürünün antidepresan etkisi kuyruktan asma deneysel modeli ile *Balb-c* cinsi fareler üzerinde test edilmiştir.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

### 2.1. Deneyde Kullanılan Hayvanlar

İnönü Üniversitesi Deney Hayvanları Üretim ve Araştırma Merkezinden temin edilen BALB/c cinsi erkek fareler rastgele 6 eşit gruba şu şekilde ayrılmışlardır:

1. Grup: Kontrol, herhangi bir tedavi uygulanmamıştır.
2. Grup: 125 mg/kg/gün *Pari-flo* alan grup,
3. Grup: 250 mg/kg/gün *Pari-flo* alan grup,
4. Grup: 500 mg/kg/gün *Pari-flo* alan grup,
5. Grup: 1000 mg/kg/gün *Pari-flo* alan grup,
6. Grup: Referans, 15 mg/kg/gün imipramin alan grup.

1 haftalık ilaç veya *Pari-flo* ürünü uygulaması günlük yapılmış olup sonrasında deneysel davranış testleri uygulanmıştır.

### 2.2. Kuyruktan Asma Testi

Kuyruktan asma testinde hayvanlar başları zeminden 5 cm yukarıda olacak şekilde 25X25X30 cm ebatlarındaki kutu içerisinde kelepçe yardımıyla kuyruklarından 6 dakika boyunca asılı bırakılmışlardır (5). Karanlık odada yapılan testte hayvanların ses ve gürültüden etkilenmemesi için gerekli tedbirler alınmıştır. Hayvanların hareketli ve hareketsizlik süreleri ölçülerek değerlendirilmiştir. Tüm testler, ilaç veya ekstre uygulandıktan 30 dakika sonra test gerçekleştirilmiştir.

## 3. SONUÇ

Bir antidepresan ilaç olan imipramin, kontrol grubuna göre hayvanların hareketsizlik süresini anlamlı düzeyde azaltırken; *Pari-flo* 500 ve 1000 mg/kg verildiği dozlarda anlamlı düzeyde hareketsizlik süresinde azalma sağlamıştır. Bu sonuçlar *Pari-flo* ürününün antidepresan etkiye sahip olabileceğini düşündürmüştür. Bu etkinin ve etki mekanizmasının kesin olarak belirlenmesi için daha fazla çalışmaya gereksinim duyulmaktadır.

**KAYNAKÇA**

1. Nassiri-Asl, M., Shariati-Rad, S., Zamansoltani, F. Anticonvulsant effects of aerial parts of *Passiflora incarnata* extract in mice: involvement of benzodiazepine and opioid receptors. *BMC Complementary Alternative Med.* 2007; 7: 26.
2. Shelton RC, Sloan Manning J, Barrentine LW, Tipton EV. Assessing Effects of l-Methylfolate in Depression Management: Results of a Real-World Patient Experience Trial. *The Primary Care Companion for CNS Disorders.* 2013;15(4):PCC.13m01520.
3. Razak MA, Begum PS, Viswanath B, Rajagopal S. Multifarious Beneficial Effect of Nonessential Amino Acid, Glycine: A Review. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity.* 2017; 2017:1716701.
4. Maggio M, Ceda GP, Lauretani F, et al. Magnesium and anabolic hormones in older men. *International journal of andrology.* 2011;34(602):e594-e600.
5. Steru L, Chermat R, Thierry B, Simon P. The tail suspension test: a new method for screening antidepressants in mice. *Psychopharmacology.* 1985; 85: 67e370.



**ASBESTE BAĞLI MALİGN MEZOTELYOMADA SERUM PERİOSTİN, TENASCİN-C, YKL-40 VE İNDOLAMİN 2,3-DİOKSİJENAZ DÜZEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**  
**EVALUATION OF SERUM PERIOSTIN, TENASCIN-C, YKL-40 AND INDOLAMINE 2,3-DIOXYGENASE LEVELS IN ASBESTIC MALIGNANT MESOTHELIOMA****Zübeyde TANRIVERDİ**Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı  
(Sorumlu yazar)**Fatih METEROĞLU**

Doç. Dr, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı

**Songül ÜNÜVAR**

Doç. Dr, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı

**Mehmet Halis TANRIVERDİ**

Doç. Dr, Özel Diyarlife Hastanesi Aile Hekimliği

**Abdurrahman ŞENYİĞİT**

Prof. Dr, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

**ÖZET**

**Giriş:** Malign mezotelyoma (MM) en sık plevra olmak üzere peritoneal, perikardial, tunica vajinalis testisin serozal yüzeylerindeki mezotelyal hücrelerden köken alan agresif ve fatal seyirli bir tümördür. MM tanılı hastaların yaklaşık % 60 -90 (ortalama % 80)' inde asbest temasına ait öykü mevcuttur.

Kanserin erken teşhis edilmesi çok önemlidir. Bu nedenle MM'nin erken teşhisinde tümör belirteci olabilecek biyobelirteç tespiti de çok önemlidir. Ancak bugüne kadar özellikle malign plevral hastalıkların teşhisinde anlamlı bir biyobelirteç tespit edilememiştir. İdeal bir tümör belirtecinin ucuz, yaygın, kolay ulaşılabilir, duyarlılığı ve özgüllüğü yüksek ve erken dönemde serumda yüksek tespit edilebilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmamızda MM hastalarının serum Periostin, Tenascin-C (TN-C), YKL-40 ve İndolamin 2,3-diyoksijenaz (İDO) düzeylerinin değerlendirilmesi ve bu biyobelirteç düzeylerinin tanı ve prognoz üzerindeki etkisi ile yaş, cinsiyet, asbest teması ve histopatolojik tip ile ilişkisini değerlendirmeyi amaçladık.

**Materyal ve Metod:** İnönü Üniversitesi'nden alınan 2018/145 nolu etik kurul onayı ve TDK - 2019 - 1512 nolu BAP projesi desteği ile bu prospektif çalışma gerçekleştirildi. Kasım 2018- Nisan 2019 tarihleri arasında Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Bölümüne plevral efüzyon ön tanısıyla başvuran 30 hasta ve 25 kontrol grubu ile çalışma yapıldı.

**Bulgular:** Çalışmaya MM grubu (grup 2), kontrol grubu (grup 1) olmak üzere 55 olgu alındı. Mezotelyoma grubunda 4 olgu bifazik, 26 olgu epitelyal tip idi. Her iki grubun Periostin, TN-C, YKL-40 ve İDO düzeyleri karşılaştırıldı. Grup 2'de Periostin, TN-C, YKL-40 ve İDO düzeyi istatistiksel açıdan anlamlı olarak yüksek bulundu ( p < 0,05).

	<b>Hasta Ortalama ±SD</b>	<b>Kontrol Ortalama ±SD</b>	<b>P</b>
İDO	37,4 ± 42,1	5,54 ± 5,33	<b>&lt;0,001</b>
Periostin	30,7±31,4	3,9±3,4	<b>&lt;0,001</b>
YKL	50,5± 51,4	23,9 ±59,4	<b>&lt;0,001</b>
Tenascin- C	1,00±1,12	0,19±0,13	<b>0,017</b>

**Tartışma ve sonuç:** Bizim çalışmamızda asbest teması MM olguları ile biyobelirteç seviyeleri ilişkiliydi. Biyobelirteçler MM hastalarında istatistiksel olarak anlamlı yüksek saptandı (p<0,05). Tümör belirteçleri asbest teması riskli gruplarda MM olgularını tarama ve prognozunu belirlemede çok yararlı

kullanım alanları bulabilirler. MM'nin tanı, tedavi ve prognozunu değerlendirmede daha iyi sonuçlar elde edilebilmesi için daha geniş populasyonlardaki çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Malign mezotelyoma, Periostin, Tenascin-C, YKL-40 ve İndolamin 2,3-doksijenaz

### ABSTRACT

**Introduction:** Malignant mesothelioma (MM) is an aggressive and fatal tumor that originates from mesothelial cells on the serosal surfaces of the peritoneal, pericardial, tunica vaginalis testis, most commonly pleura (1). Approximately 60-90% (80%) of patients with MM have a history of asbestos contact.

Early diagnosis of cancer is very important. Therefore, biomarker detection, which may be a tumor marker, is very important in the early diagnosis of MM. However, to date, no significant biomarker has been identified, especially in the diagnosis of malignant pleural diseases. An ideal tumor marker should be inexpensive, widespread, easily accessible, high in sensitivity and specificity and should be detected highly in serum in the early period.

In this study, we aimed to evaluate the levels of serum Periostin, Tenascin-C (TN-C), YKL-40 and Indolamine 2,3-dioxygenase (IDO) in MM patients and the relationship between the effect of the levels of this biomarker on diagnosis and prognosis and age, sex, asbestos contact and histopathologic type.

**Material and Method:** This prospective study was conducted with the approval of Ethics Committee 2018/145 obtained from Inonu University and with the support of TDK - 2019 - 1512 BAP project. The participants of the study were 30 patients and 25 control groups who applied to Dicle University Faculty of Medicine, Thoracic Diseases Department with a pre-diagnosis of pleural effusion between November 2018 and April 2019.

**Results:** Fifty-five subjects, MM group (group 2) and control group (group 1) were included in the study. In the mesothelioma group, 4 were biphasic and 26 were epithelial. Periostin, TN-C, YKL-40 and IDO levels of both groups were compared. Periostin, TN-C, YKL-40 and IDO levels were significantly higher in group 2 ( $p < 0.05$ ).

	Patient Mean $\pm$ SD	Control Mean $\pm$ SD	P
İDO	37,4 $\pm$ 42,1	5,54 $\pm$ 5,33	<0,001
Periostin	30,7 $\pm$ 31,4	3,9 $\pm$ 3,4	<0,001
YKL	50,5 $\pm$ 51,4	23,9 $\pm$ 59,4	<0,001
Tenascin- C	1,00 $\pm$ 1,12	0,19 $\pm$ 0,13	0,017

**Discussion and conclusion:** In our study, there was a relationship between the levels of biomarkers and asbestos-contact MM cases. Biomarkers were significantly high in MM patients ( $p < 0.05$ ). Tumor markers may find very useful areas for screening and detecting the prognosis of MM cases in asbestos-contact risk groups. In order to obtain better results in the diagnosis, treatment and prognosis of MM, studies in larger populations are needed.

**Keywords:** Malignant mesothelioma, Periostin, Tenascin-C, YKL-40 and Indolamine 2,3-dioxygenase

**SURİYE KRİZİ SONRASI DOĞU ANADOLU'DA BİR EĞİTİM VE ARAŞTIRMA  
HASTANESİNE BAŞVURAN KADINLARDA TOKSOPLAZMOZİS SEROPREVALANSI  
SEROPREVALENCE OF TOXOPLASMOZIS IN WOMEN ADMITTED TO AN EDUCATION  
AND RESEARCH HOSPITAL IN EASTERN ANATOLIA AFTER THE SYRIAN CRISIS**

**Esra ERDOĞAN**

Doktora Öğrencisi, Malatya İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi,  
Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, (Sorumlu Yazar)

**Mehmet Mustafa ERDOĞAN**

Uzman Doktor, Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Histoloji ve Embriyoloji Bölümü

**Mehmet Murat ALTINDAĞ**

Uzman Doktor, Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Kliniği

**ÖZET**

*Toxoplasma gondii*'nin etkeni olduğu toksoplazmoz, genellikle asemptomatik seyreden zoonotik bir hastalıktır. Ancak hamile kadınlarda ve immün sistemi baskılanmış bireylerde ciddi semptomlara neden olur. Türkiye, Suriye'deki iç savaş nedeniyle 4 milyondan fazla mülteciye ev sahipliği yapmaktadır. Suriyeli nüfusundaki bu beklenmeyen artış özellikle enfeksiyon hastalık riskini artırmaktadır. Çalışmamızda, Ocak 2015-Temmuz 2019 tarihleri arasında Türkiye'nin doğusunda üçüncü basamak hizmet veren bir hastane olan Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniği'ne başvuran yerli ve Suriyeli kadınlarda *Toxoplasma gondii* (*T.gondii*) anti toksoplazma IgG ve IgM antikorlarının prevalansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Hastanemize başvuran ve toksoplazma açısından değerlendirilen kadınların "Chemiluminescence immunoassay" (CLIA) yöntemi kullanılarak tayin edilen anti toksoplazma IgG ve anti toksoplazma IgM antikor değerleri, retrospektif olarak araştırılmıştır.

743'ü Suriye mülteci olmak üzere toplam 11025 kadın hastada analiz edilen sonuçlara göre; anti toksoplazma IgG seropozitifliği %25,8 (2819/10932) ve anti toksoplazma IgM seropozitifliği %1.6 (180/11025) olarak bulunmuştur. Bu hastalar arasında gebe olanlarda anti toksoplazma IgG seropozitifliği %25,3 (190/750) ve IgM seropozitifliği %2,5 (20/797) olarak saptanmıştır. Suriye kökenli kadınlarda ise anti toksoplazma IgG seropozitifliği ve IgM seropozitifliği sırayla %27,9 ve %0,5 olarak belirlenmiştir.

Türkiye'nin doğusunda bir il olan Malatya'da *T. gondii* seropozitifliğinin hem Suriyeli mülteci hem de yerli kadınlarda ihmal edilemeyecek ölçüde yaygın olduğu görülmüştür. Malatya'da yaşayan Suriyeli kadın mülteciler toksoplazma antikorları taşımaları açısından yerli kadınlar ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiki olarak fark bulunamamıştır. Gebelerin %70'den fazlası seronegatif olup bunların toksoplazmoz açısından ciddi risk altında olduğu görülmüştür. Özellikle risk grubunu oluşturan doğurganlık çağındaki kadınların hastalık konusunda bilinçlendirilmesi ve toksoplazma için serolojik testlerin rutinde yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Toxoplasma gondii*, seroprevalans, anti toksoplazma IgG, anti toksoplazma IgM, Suriyeli mülteciler

**ABSTRACT**

Toxoplasmosis caused by *Toxoplasma gondii*, is a zoonotic disease which is generally asymptomatic. However, it causes serious symptoms in pregnant women and immunocompromised individuals. About one third of the people worldwide are seropositive. Due to the civil war in Syria, Turkey is home to more than 4 million refugees. This unexpected increase in the Syrian population in particular increases the risk of infectious diseases. The aim of this study was to evaluate the prevalence of *T. gondii*, anti-toxoplasma IgG and IgM antibodies in local and Syrian women, who were admitted to Obstetrics and Gynecology Clinic of Malatya Education and Research Hospital, which is a tertiary care hospital in eastern part of Turkey, between January 2015 and July 2019.

The anti-toxoplasma IgG and anti-toxoplasma IgM antibody values of women who were admitted to our hospital and evaluated in terms of toxoplasma, determined by using “Chemiluminescence Immunoassay (CLIA)” method, were investigated retrospectively.

According to the results analyzed in a total of 11025 women, including 743 Syrian refugees, the seropositivity of anti-toxoplasma IgG and IgM were found to be 25.8% (2819/10932) and 1.6% (180/11025), respectively. Among these patients, the seropositivity of anti-toxoplasma IgG was found to be 25.3% (190/750) and the seropositivity of anti-toxoplasma IgM was found to be 2.5% (20/797) in pregnant women. Anti-toxoplasma IgG and IgM seropositivity in Syrian women were 27.9% and 0.5%, respectively.

In Malatya, a city located in eastern Turkey, *T. gondii* seropositivity was found to be common to the extent that it could not be neglected in both local women and Syrian refugees. No statistically significant difference could be found in Syrian female refugees living in Malatya in terms of carrying toxoplasma antibodies when compared with the local women. More than 70% of pregnant women were observed to be seronegative and they were at serious risk for toxoplasmosis. In particular, it was concluded that women at childbearing age, who constitute the risk group, should be made aware of the disease and serological tests should be performed routinely for toxoplasma.

**Key Words:** *Toxoplasma gondii*, seroprevalence, anti toxoplasma IgG, anti toxoplasma IgM, Syrian refugees

## 1.GİRİŞ

TORCH terimi, gebelikte gelişen ciddi ve hayatı tehdit eden 5 major konjenital etkenin baş harflerinden oluşur. 'T' harfi, insanları da içeren sıcakkanlı hayvanları enfekte eden, zorunlu hücre içi paraziti olan *Toxoplasma gondii*'nin etken olduğu hastalık toksoplazmozis için kullanılır. 1908 yılında Nicolle ve Manceaux adlı iki bilim adamı tarafından *Ctenodactylus gondii* türü kemirgen üzerinde yürüttükleri çalışmalar sırasında canlının dokularında keşfedilmiş ve bundan bir yıl sonra parazite *Toxoplasma gondii* ismi verilmiştir [1-3].

İnsana bulaşma enfekte kedi dışkıları ile kontamine yiyecekler, içecekler ve ellerle, pişmemiş veya az pişmiş kistli etlerin yenmesiyle, çiğ yumurta ve çiğ süt içilmesi ile olduğu gibi enfekte donörden kan transfüzyonu, organ transplantasyonu ve enfekte anneden bebeğe plasental geçiş ile de mümkün olmaktadır [4-8].

*Toxoplasma gondii*, beyin ve kas dahil olmak üzere vücutta yayılır ve burada gizli bir enfeksiyonla sonuçlanan, kendisini konağın immün yanıtından koruyan bir kapsülleme işlemi başlatır. *T. gondii* dopamin üretiminde hız kısıtlayıcı enzim olan tirozin hidroksilaz üretir. Enfeksiyonun ardından *T. gondii*, dopamin sentezi için gerekli kalan bileşenleri konakçı hücreden alabilir. *T. gondii* ile enfekte olan hücreler, enfekte olmamış hücrelere kıyasla yüzde 350 daha fazla sitoplazmik dopamin içerebilir. *T. gondii* seropozitifliğinin şizofreni, dürtüsellik ve agresiflik ile ilişkili olabileceği gösterilmiştir [9].

Toksoplazmozis, immün sistemi sağlam olan kişilerde genellikle (%90) latent seyirli olmakla birlikte; immün yetmezlik oluşan AIDS, hematolojik kanserler, kemik iliği ve soliter organ nakli olan olgularda kronik enfeksiyonun reaktivasyonu ile ciddi komplikasyonların geliştiği bildirilmektedir. Toksoplazmoz, primer enfeksiyonun gebelik sırasında geçirilmesi sonucu ciddi klinik tablolara neden olabilmektedir. Primer toksoplazmozisin gebeliğin ilk ya da ikinci trimesterinde oluşması halinde fetüse geçiş riski ortalama %30 iken, üçüncü trimesterin son iki haftasında bu oran %90'a kadar çıkmaktadır. Fetal enfeksiyon riski gebelik ilerledikçe artmakta ancak, klinik tablo erken gebelik dönemlerinde oluşan enfeksiyonlarda daha ağır seyretmektedir. İntrauterin büyümenin kısıtlanması, sarılık, hepatosplenomegali, miyokardit, pnömoni, purpura, korioretinit, hidrosefali, intrakraniyal kalsifikasyon, körlük, mental retardasyon, epilepsi vd. hastalıklar konjenital toksoplazmozis sonucu ortaya çıkabilmektedir [2, 8, 10, 11].

Sosyo-ekonomik düzey, yemek alışkanlıkları, hijyen ve sanitasyon, yaş,konak duyarlılığı, bölgenin toprak ve nem durumu, evde kedi besleme gibi faktörler parazitin seroprevalansını etkileyen başlıca

faktörlerdir. *T. gondii* enfeksiyonunun dünya popülasyonunda görülme oranı yaklaşık %30 olmasına rağmen bu oranın çok küçük bir kısmında klinik semptomlar görülür. Ülkelere göre değişmekle birlikte *T. gondii* prevalansı en az %5 ile en fazla %80 olarak bildirilmiştir [3,11].

Çalışmamızda *Toxoplasma gondii* (*T. gondii*) anti toksoplazma IgG ve IgM antikorlarının değerlendirilerek, ilimizin seroprevalans verilerine katkı sağlanması ve farkındalık oluşturulması planlanmıştır. Araştırmamız, toksoplazmozis seroprevalansını belirlemek, hastalığın olası sonuçlarına karşı bilinçlenmek ve tedbir almak açısından önem taşımaktadır.

## 2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Ocak 2015-Temmuz 2019 tarihleri arasında Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Polikliniği'ne başvuran, kan kültürleri hastane Tıbbi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na gönderilen, 14-77 yaş grubundaki gebe ve gebe olmayan bütün kadınların *T. gondii* IgG ve IgM antikorları retrospektif olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Hastane laboratuvarında, *T. gondii* antikorları, "Chemiluminescence immunoassay" yöntemi kullanılarak (Cobas 6000 V2, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany) üretici firmanın önerileri doğrultusunda çalışılmaktadır.

30/07/2019 tarihinde hastanemizin Bilimsel Kurul Komisyonu'ndan alınan izin ile çalışma başlatılmıştır. Çalışmada gerekli tüm veriler hastane bilgi sisteminden alınmıştır. Aynı olguya ait birden fazla örnek olması durumunda sistemdeki en son seroloji sonuçları değerlendirmeye alınarak tekrarların önüne geçilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi için Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22 programı kullanılmıştır. Veriler sayı ve yüzde olarak ifade edilmiştir. Analizlerde Pearson Ki-kare testi, Yates Ki-kare testi kullanılmıştır.  $p < 0.05$  değeri anlamlı kabul edilmiştir.

Bu çalışmada, Ocak 2015-Temmuz 2019 yılları arasındaki yaklaşık beş yıllık dönemde; 10932 anti toksoplazma IgG ile 11025 anti toksoplazma IgM testi sonuçları çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışılan testlerin sonuçlarının yaşa ve yıllara göre dağılımı Tablo 1'de sunulmuştur.

Yaşa ve yıllara göre vaka sayılarına bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Yıllar içinde bütün yaş gruplarında vaka sayılarının azaldığı görülmektedir (Tablo 1 ve Grafik 1).

**Tablo 1. Yaşa ve yıla göre toksoplazma antikor ölçüm sayıları ve yüzdelerinin dağılımı.**

(n/satır%)	Yıl					
Yaş aralığı	2015	2016	2017	2018	2019	p
14-25	2351/31.1	2435/32.2	2147/28.4	593/7.8	30/0.4	
26-35	3821/34.3	3538/31.7	2846/25.5	871/7.8	72/0.6	<0.001
36-45	908/29.8	980/32.1	863/28.3	287/9.4	14/0.5	
46 ve üstü	67/31.8	70/33.2	29/13.7	33/15.6	2/5.7	

Yaşa göre anti toksoplazma IgM ile IgG değerleri, yüzdeleri ile birlikte Tablo 2'de gösterilmiştir. Yaş gruplarına göre IgM ve IgG sonuçlarına bakıldığında, IgG pozitifliğinin yaş aralığı arttıkça anlamlı olarak arttığı görülmüştür ( $p < 0.05$ ).

Tüm vakalar değerlendirildiğinde anti toksoplazma IgG verilerinin %25,8'i (2819/10932) pozitif, %74,1'i (8098/10932) negatif, %0.1 (15/10932) sınır değerde ve anti toksoplazma IgM de ise %1,6 (180/11025) pozitif, %97,7'si (10773/11025) negatif, %0,6'sı (72) sınır değer (greyzone) olarak tespit edilmiştir. Yıllara göre anti toksoplazma IgG ve IgM sonuçlarının değişimi ise sayı ve yüzde olarak Tablo 3'de gösterilmiştir. Yıllara göre IgM pozitifliğinin anlamlı olarak yükseldiği görülmektedir.



**1. ULUSLARARASI MALATYA UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ**  
**20-22 Aralık 2019/ MALATYA**

**Tablo 2. Yaşa göre anti toksoplazma IgM ve IgG sonuçları**

(n/satır%)	IgG sonuçları			Ig M sonuçları		
Yaş aralığı	IgG +	IgG -	p	IgM +	IgM -	p
14-25	772/20.5	2994/79.5	<0.001	55/1.5	3708/98.5	0.656
26-35	1465/26.5	4073/73.5		98/1.8	5469/98.2	
36-45	531/35.0	987/65.0		27/1.8	1498/98.2	
46 ve üstü	54/55.1	44/44.9		1/1	97/99.0	

**Tablo 3. Yıllara göre IgM ve IgG sonuçları**

(n/satır%)	IgG sonuçları			IgM sonuçları		
Yıl	IgG +	IgG -	p	IgM +	IgM -	p
2015	944/26.5	2621/73.5	0.608	46/1.3	3499/98.7	0.002
2016	901/25.7	2600/74.3		52/1.5	3444/98.5	
2017	746/25.4	2189/74.6		57/1.9	2875/98.1	
2018	210/24.5	648/75.5		21/2.3	900/97.7	
2019	18/31.0	40/69.0		4/6.8	55/93.2	

Vakalar içerisinde gebe olanlar ayrı olarak değerlendirmeye alınmıştır. Tüm gebeler arasında anti toksoplazma IgG seropozitifliği %25,3 (190/750) ve anti toksoplazma IgM seropozitifliği %2,5 (20/797) olarak bulunmuştur (Tablo 4).

**Tablo 4: Gebelerde anti toksoplazma IgG ve IgM seropozitifliğinin yaş gruplarına dağılımı**

Gebelik	Pozitif (%)	Negatif (%)	Greyzone (%)	Toplam
IgG	190 (25,3)	560 (74,7)	0	750
IgM	20 (2,5)	771 (96,7)	6 (0,7)	797
Toplam (%)	210 (13,6)	1331 (86)	6 (0,4)	1547

Çalışmamızda hastanemize başvuran Suriyeli kadın mülteciler de ayrıca değerlendirmeye alınmıştır. Bu bağlamda hastane otomasyon sisteminde kayda alınmış olan Suriyeli kadın mültecilere uygulanan test sayısının tüm testlere oranı %6,8'dir (1486/21957), anti toksoplazma IgG seropozitifliği %27,8 (207/745) ve anti toksoplazma IgM seropozitifliği %0,5 (4/741) olarak bulunmuştur. Mülteci kadınları dahil etmeyerek yerli kadınlar ile yaptığımız değerlendirmede ise anti toksoplazma IgG ve M seropozitifliği sırasıyla %25,7 (2613/10187) ve %1,7 (176/10284) olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Suriyeli kadınlar ve yerli kadınlar anti toksoplazma IgG ve IgM seropozitiflik oranları açısından karşılaştırıldığında, IgM pozitifliğinin anlamlı olarak yerli kadınlarda daha yüksek olduğu bulunmuştur (p<0.05).

**Tablo 5: Suriyeli ve yerli kadın olma durumuna göre toksoplazma IgG ve IgM seropozitifliğinin dağılımı**

(n/satır%)	IgG sonuçları			IgM sonuçları		
	IgG +	IgG -	p	IgM +	IgM -	p
Suriyeli	207/27.9	536/72.1	0.190	4/0.5	734/99.5	0.022
Yerli	2613/25.7	7562/74.3		176/1.7	10039/98.3	

## TARTIŞMA

*T. gondii* insan vücudunda eritrositler hariç tüm hücreleri ve hayati organları tutabilir. Toksoplazma enfeksiyonu akut veya kronik, semptomatik veya asemptomatik seyirli olabilir ancak genellikle asemptomatiktir. Kistlerin veya oositlerin alınından 5-23 gün sonra olguların küçük bir kısmında grip benzeri semptomlar, lenfadenopati ve hepatosplenomegali ortaya çıkabilir. Primer enfeksiyondan sonra organ dokusunda oluşan dormant kistler, bağışıklık sistemi baskılandığında reaktif olarak merkezi sinir sistemini ve akciğerleri de içeren yayılım göstererek, ciddi nörolojik bozukluklara veya pnömoniye yol açabilir. Bu hastalıklar bağışıklık sistemi baskılanmış hastalarda ölümcül seyredebilir [12].

Konjenital toksoplazmozun; çoğunlukla asemptomatik geliştiği, ancak korioretinit, serebral kalsifikasyon, hidrosefali, şiddetli trombositopeni ve konvülsiyonlar ile fetüste kalıcı hasara ve ciddi defektlere neden olduğu bilinmektedir. Hamileliğin erken döneminde geçirilen primer enfeksiyon, spontan düşüğe, ölü doğum veya fetal anormalliklere neden olabilir. Gebelik öncesinde veya erken gebelikte seronegatif kadınların saptanması ve gebelik sırasında enfekte olan annelerin erken tanı ve tedavisinin yapılması konjenital toksoplazmozisin önlenmesinde etkili olmaktadır [12, 13].

Tüm dünyada yaygın olmakla birlikte, bölgeler arasında değişen oranlarda görülen toksoplazmoz prevalansının nemli ve tropik bölgelerde daha yüksek; kuru, sıcak bölgelerde ve kutuplarda düşük olduğu gözlenmiştir. Seroprevalans oranlarının Kuzey Amerika ve Avustralya'da %3 ve daha az olduğu; Avrupa, Güney Amerika ve Afrika'da ise genellikle %50'yi geçtiği bildirilmiştir. Ülkelere göre değişmekle birlikte *T. gondii* prevalansı en az %5 ile en fazla %80 olarak bildirilmiştir [3, 14].

Ülkemizde toksoplazmozis şüpheli hastalar ile yapılan çalışmalarda *T. gondii* seropozitiflik oranları; Bolu'da IgG %21, IgM %1,2 [14], Elazığ'da IgG %31,01, IgM %0,77 [15], Aydın'da IgG %31,5, IgM %1,6 [16], İstanbul'da IgG %37, IgM %1,9 [17], Bursa'da IgG %29,2, IgM %2,02 [18], Muğla'da IgG %20,6, IgM %2,4 [19], Malatya'da IgG %30,7, IgM %0,9 [20]; gebelerde yapılan çalışmalarda ise Rize'de IgG %41,1, IgM %1,1 [21], Adana IgG %46,3, IgM %1,8 [22], Kayseri'de IgG %33,9, IgM %2,5 [23], Antalya'da IgG %33,4, IgM %2,4 [24], Kahramanmaraş'ta ise IgG %47,1, IgM %2,26 [25], Ankara'da IgG %27,3, IgM %1,1 [26] olarak bildirilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar göz önüne alındığında ülkemizin *T. gondii* seroprevalansı %30 civarındadır.

Ülkemizde kaydedilen en yüksek oranlar Şanlıurfa'dadır. Çiçek ve ark. Ocak 2007-Aralık 2009 tarihleri arasındaki üç yıllık dönemde Şanlıurfa'da 2012 yılında yaptıkları bir çalışmada gebe ve gebe olmayanlarda anti toksoplazma IgG antikorlarının seropozitiflik yüzdesini sırasıyla %68.9 ve %63.0, anti toksoplazma IgM seropozitiflik yüzdesini ise sırasıyla %2.8 ve %3.0 olarak bildirmiştir. Bunun sebebi olarak Şanlıurfa'da yaşayan kadınların sosyoekonomik ve eğitim düzeylerinin düşük olması, çığ köfte yeme alışkanlığının çok yaygın olması ve hijyenik koşulların yetersizliğinin gösterilebileceği vurgulanmıştır [27].

**Tablo 6: İllere göre bildirilen anti toksoplazma IgG ve IgM seropozitiflik oranları**

Çalışma grubu	Çalışılan il	IgG %	IgM %	Yöntem	Kaynak	Yıl
Gebelerde	Rize	41,1	1,1	CMIA	[21]	2015
Gebelerde	Adana	46,3	1,8	ELISA	[22]	2017
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	Bolu	21	1,2	ELISA	[14]	2018
Gebelerde	Kayseri	33,9	2,5	EIA	[23]	2010
Doğurganlık çağındaki kadınlarda	Isparta	24,4	5,2	ELFA	[28]	2015
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	Elazığ	31,01	0,77	ELISA	[15]	2007
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	Aydın	31,5	1,6	ELISA ve IFA	[16]	2018
Doğurganlık çağındaki kadınlarda	Kocaeli	28,5	0,9	ELISA	[29]	2014
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	İstanbul	37	1,9	CMIA	[17]	2015
Gebelerde	Antalya	33,4	2,4	CMIA	[24]	2011
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	Bursa	29,2	2,02	ELISA	[18]	2014
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	Muğla	20,6	2,4	CMIA	[19]	2015
Toksoplazmozis şüpheli hastalar	Malatya	30,7	0,9	EIA	[20]	2010
Doğurganlık çağındaki kadınlarda	Mardin	17,5	4,6	CLIA	[30]	2010
Gebelerde	Kahramanmaraş	47,1	2,26	ELISA	[25]	2014
Gebelerde	Ankara	27,3	1,1	ELFA	[26]	2014

İlimizde Beytur ve ark.2009 yılında yaptıkları çalışmada %0.9 oranında IgM pozitifliği ve %30.7 oranında ise IgG seropozitifliği saptamışlardır [20]. 2000 yılında, Bulut ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada doğurganlık çağındaki kadınlarda toksoplazma IgG pozitifliği %39,4 ve toksoplazma IgM pozitifliği ise %1,4 olarak bulunmuştur [31]. Yine Malatya'da 2012 yılında Doğan ve ark. ise yaptıkları çalışmada gebelerde antitoksoplazma IgG pozitiflik oranını %37.5 olarak bulmuştur [32]. Bizim

çalışmamızda anti toksoplazma IgG seropozitifliği %25,8 ve anti toksoplazma IgM %1,6 olarak tespit edilmiştir.

Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne ait yaklaşık beş yıllık veriler değerlendirildiğinde, *T. gondii* seropozitiflik oranları ilimizde ülke ortalamasının altındadır. Seropozitiflik oranlarının anti toksoplazma IgG değerleri açısından önceki yıllara kıyasla düşme eğiliminde olması sevindiricidir. Ancak IgM oranlarında kısmi bir artış görülmektedir. Bizim çalışmamızda da diğer çalışmalara paralel olarak artan yaşla beraber hastalardaki IgM ve IgG antikoru pozitifliğinin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Ancak hastanemizde yaklaşık son bir yıllık dönemde toksoplazmozis için serolojik taramaların azalması, (2015, 2016 yıllarında yaklaşık 7000 hasta taranırken, 2019'un ilk yarısında bu sayı 118'e gerilemiştir) seropozitiflik oranlarını %31'lere taşımıştır. Yıllar içinde IgM antikoru düzeyinde gerçekleşen artış, bölgemizdeki sosyokültürel düzeyin ve şehirleşmenin artmasıyla parazitle karşılaşma yaşının ilerlemesine bağlı olabilir.

Suriye'de 2011'den bu yana süren iç savaş, milyonlarca insanı yerinden etti ve ciddi bir nüfus hareketine yol açtı. Ülkelerindeki çatışmadan kaçan birçok Suriyeli, en yakın sınır ülkesi olarak Türkiye'ye göç etti [33]. Birleşmiş Milletler Mülteci Ajansı, Mart 2019 tarihinde tüm Suriyeli mültecilerin çoğunluğunun (% 63,3'ten fazla) Türkiye'de kayıtlı olduğunu bildirmiştir. Malatya ili için de Suriyeli mülteci sayısı, yerel nüfusa kıyasla toplam nüfusun %3,74'ü olarak açıklanmıştır [34]. Ülkemiz için en korkutucu olasılık şüphesiz gelen insanlarla birlikte taşınan bulaşıcı hastalıklardır. Suriye krizinin başlangıcından bu yana, Türkiye'de çok ilaca dirençli gram negatif bakteriyel enfeksiyonlar, tüberküloz, kızamık, kutanöz leishmaniasis, kolera ve hepatitA dahil olmak üzere pek çok enfeksiyon hastalığı yeniden ortaya çıkmıştır [35, 36].

Toksoplazmanın yayılımında da sosyoekonomik ve eğitim düzeylerinin, hijyenik koşulların son derece önemli olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda hastanemize başvuran Suriyeli kadın mültecileri ayrı kategorize ederek toksoplazma antikoru taşıyıcılık açısından yerli kadınlar ile aralarında olası farklılıkları göstermek istedik. Ancak Suriyeli kadınlara ait anti toksoplazma IgG ve IgM sonuçlarına bakıldığında, IgM pozitifliğinin anlamlı olarak yerli kadınlarda yüksek olduğunu belirledik. Toksoplazma antikoru taşıyıcılığı açısından değerlendirildiğinde yerli kadınlar ile Suriyeli kadın mülteciler arasında anlamlı bir fark yoktur. Çalışmamız, ilimizde Suriye krizi sonrası mültecilerin yerleşimlerinin toksoplazmoz yayılımında açısından sağlık tehdidi oluşturmadığını göstermiştir. Yaptığımız literatür taramalarında Suriyeli sığınmacıların toksoplazmoz açısından değerlendirildiği bir başka çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca çalışmamız ilimizde şimdiye kadar toksoplazmozis prevalansı ile ilgili yapılan en kapsamlı çalışmadır.

Çalışılan örnekler yıllara göre değerlendirildiğinde; 2015-2019 yılları arasında çalışılan test sayısındaki düşüş dikkat çekmiştir. Bu durum hem hastanemizde görev yapan kadın hastalıkları ve doğum uzmanlarının değişmesi hem de takipli gebe sayısının artmasına karşılık, istem yapan hekimlerin TORCH grubu testler için tarama yapmayı gerekli görüp görmemelerine ve hastanede *T. gondii* antikor isteminin panelden çıkarılmış olmasına bağlı olarak gerçekleşmiştir. İlerleyen yıllarda vaka sayısında dikkat çeken bu düşüş ise bizim çalışmamızın zayıf tarafıdır.

### 3.SONUÇ

Konjenital enfeksiyon açısından risk altındaki özellikle gebeler olmak üzere (%74,7 anti toksoplazma IgG negatif) doğurganlık çağındaki seronegatif kadınların, *T. gondii* açısından serolojik olarak taramalarının yapılması, toksoplazmozisin bölgesel ve ulusal seroprevalans oranlarının ortaya konabilmesi, enfeksiyondan korunma yolları hakkında eğitimler verilmesi önemlidir.

**4. KAYNAKÇA**

1. Dubey, J.P., *The history of Toxoplasma gondii—the first 100 years*. Journal of Eukaryotic Microbiology, 2008. **55**(6): p. 467-475.
2. Kaye, A., *Toxoplasmosis: diagnosis, treatment, and prevention in congenitally exposed infants*. Journal of Pediatric Health Care, 2011. **25**(6): p. 355-364.
3. Pittman, K.J. and L.J. Knoll, *Long-term relationships: the complicated interplay between the host and the developmental stages of Toxoplasma gondii during acute and chronic infections*. Microbiol. Mol. Biol. Rev., 2015. **79**(4): p. 387-401.
4. Tyebji, S., et al., *Toxoplasmosis: A pathway to neuropsychiatric disorders*. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2018.
5. Liu, Q., et al., *Diagnosis of toxoplasmosis and typing of Toxoplasma gondii*. Parasites & vectors, 2015. **8**(1): p. 292.
6. Tenter, A.M., A.R. Heckeroth, and L.M. Weiss, *Toxoplasma gondii: from animals to humans*. International journal for parasitology, 2000. **30**(12-13): p. 1217-1258.
7. Belluco, S., et al., *Toxoplasma gondii infection and food consumption: a systematic review and meta-analysis of case-controlled studies*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018. **58**(18): p. 3085-3096.
8. Fallahi, S., et al., *An updated literature review on maternal-fetal and reproductive disorders of Toxoplasma gondii infection*. Journal of gynecology obstetrics and human reproduction, 2018. **47**(3): p. 133-140.
9. Berrett, A.N., et al., *Toxoplasma gondii seropositivity and substance use in US adults*. Folia parasitologica, 2018. **65**: p. 1-11.
10. Blume, M. and F. Seeber, *Metabolic interactions between Toxoplasma gondii and its host*. F1000Research, 2018. **7**.
11. Khan, K. and W. Khan, *Congenital toxoplasmosis: An overview of the neurological and ocular manifestations*. Parasitology international, 2018. **67**(6): p. 715-721.
12. Organization, W.H., *Guidelines for drinking-water quality*. Vol. 1. 2004: World Health Organization.
13. Kolören, Z. and J. Dubey, *A review of toxoplasmosis in humans and animals in Turkey*. Parasitology, 2019: p. 1-60.
14. Türkoğlu, Ş.A., et al., *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Araştırma Hastanesine Başvuran Hastalarda 6 Yıllık Toxoplasma gondii Seropozitifliğinin Araştırılması*. Türkiye Parazitol Derg, 2018. **42**: p. 106-12.
15. Kuk, S. and M. Özden, *Hastanemizde dört yıllık Toxoplasma gondii seropozitifliğinin araştırılması*. Türkiye Parazitol Derg, 2007. **31**(1): p. 1-3.
16. Malatyalı, E., et al., *Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Parazitoloji Laboratuvarı 2007-2017 Yılları Arası Toxoplasma gondii Seroloji Sonuçlarının Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi*. Türkiye Parazitol Derg, 2019. **43**(1): p. 1-4.
17. Selek, M.B., et al., *Üçüncü Basamak Bir Eğitim Hastanesinde 2012-2014 Yılları Arasında Gebelerde ve Toksoplazmosis Şüpheli Hastalarda Toxoplasma gondii'nin Serolojik Olarak Araştırılması*. Türkiye Parazitol Derg, 2015. **39**(3): p. 200-4.
18. Alver, O., G. Göral, and İ. Ercan, *Investigation of Serological Results of Patients with Suspected Toxoplasmosis Admitted to the ELISA Laboratory of Uludag University Hospital between 2002-2008*. Türkiye Parazitoloji Dergisi, 2014. **38**(3): p. 141.
19. Sankur, F., et al., *Muğla Sitki Koçman Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda 2012-2013 yılları arasında çalışılan Toxoplasma serolojik test sonuçlarının retrospektif olarak değerlendirilmesi*. Türkiye Parazitol Derg, 2015. **39**: p. 179-84.
20. Beytur, L., et al., *DEVLET HASTANESİNDE BİR YILLIK TOKSOPLAZMA SEROPOZİTİFLİĞİ*. Marmara Medical Journal, 2010. **23**(3): p. 347-352.
21. Şentürk, Ş., et al., *Bir üniversite hastanesine başvuran gebe kadınlarda Toxoplasma gondii seroprevalansı*. Ege Tıp Dergisi, 2015. **54**(4): p. 163-166.
22. Bozok, T., *Seroprevalence of Toxoplasma gondii in Pregnant Women in Adana, Turkey from 2014 to 2016*. FLORA-İNFEKSİYON HASTALIKLARI VE KLİNİK MİKROBİYOLOJİ DERGİSİ, 2017. **22**(2): p. 67-72.
23. Kayman, T. and M. Kayman, *Kayseri'deki Gebelerde Toksoplazmoz Seroprevalansı*. Perinatoloji Derg, 2015. **18**: p. 92-6.

24. Çekin, Y., et al., *Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesine son dört yılda başvuran gebe kadınların Toxoplasma gondii seropozitifliğinin araştırılması*. Türkiye Parazitol Derg, 2011. **35**(4): p. 181-4.
25. Bakacak, M., et al., *Gebelerde Toxoplasma gondii, rubella ve sitomegalovirüs seroprevalansı*. Dicle Med J, 2014. **41**(2): p. 326-31.
26. Mumcuoğlu, İ., et al., *Gebelerde toksoplazmoz seroprevalansının değerlendirilmesi ve bir tanı algoritmasının oluşturulması*. Mikrobiyol Bul, 2014. **48**(2): p. 283-291.
27. Çiçek, A.Ç., et al., *Şanlıurfa ilinde doğurganlık çağındaki kadınlarda ELISA ile Toxoplasma gondii antikorlarının araştırılması: Üç yıllık değerlendirme*. J Clin Exp Invest www. jceionline. org Vol, 2012. **3**(1).
28. Aynali, A., et al., *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'ne başvuran doğurganlık çağındaki kadınlarda gözlenen anti-Toxoplasma IgM ve IgG seropozitifliği*. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 2015.
29. Yazıcı, V., et al., *Kocaeli Derince'de Toxoplasma gondii Serolojisi İçin Gönderilen Doğurganlık Yas Grubundaki Olgulara Ait Sonuçların Retrospektif Olarak Değerlendirilmesi*. Türkiye Parazitol Derg, 2014. **38**: p. 223-7.
30. Tekin, A., Ö. Deveci, and E. Yula, *The seroprevalence of antibodies against Toxoplasma gondii and Rubella virus among childbearing age women in Mardin province Mardin'de doğurganlık çağındaki kadınlarda toksoplazma ve rubella antikor seroprevalansı*. J Clin Exp Invest www. clinexpinvest. org Vol, 2010. **1**(2).
31. Bulut, Y., et al., *Malatya yöresinde dört yıllık sürede toxoplasma antikorlarının dağılımı*. T Parazitol Derg, 2000. **24**(2): p. 120-1.
32. Doğan, K., et al., *Gebelerde Toksoplazma enfeksiyonunun seropozitiflik ve serokonversiyon oranları*. Mikrobiyol Bul, 2012. **46**(2): p. 290-294.
33. War, *Migration And Health; Experience Of Turkey*. 2016 16.10.2019]; Available from: [http://www.ttb.org.tr/kutuphane/siginmacilar\\_rpr\\_en.pdf](http://www.ttb.org.tr/kutuphane/siginmacilar_rpr_en.pdf).
34. Assi, R., S. Özger-İlhan, and M. İlhan, *Health needs and access to health care: The case of Syrian refugees in Turkey*. Public Health, 2019.
35. Ergönül, Ö., et al., *Profiling infectious diseases in Turkey after the influx of 3.5 million Syrian refugees*. Clinical Microbiology and Infection, 2019.
36. Doganay, M. and H. Demiraslan, *Refugees of the Syrian civil war: impact on reemerging infections, health services, and biosecurity in Turkey*. Health security, 2016. **14**(4): p. 220-225.



**SARI KANTARON VE İNCİR ÇEKİRDEĞİ YAĞININ BEYİN KANSERİ HÜCRE HATTI  
ÜZERİNE ETKİLERİ**  
**THE EFFECTS OF ST. JOHN'S WORT OIL AND FIG SEED OIL ON BRAIN CANCER CELL  
LINE****Neşe Başak Türkmen**Dr.Öğr.Üyesi, <sup>1</sup> İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı**Dilan Aşkın Özek**Doktora Öğrencisi, <sup>1</sup> İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı,**Sümeyye Aslan**Doktora Öğrencisi, <sup>1</sup> İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi  
Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı**Aslı Taşlıdere**Doç.Dr., <sup>2</sup> İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı**Osman Çiftçi**Prof Dr., <sup>3</sup> Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı**ÖZET**

Kanser, hücrelerin kontrolsüz çoğalması ve çok hızlı yayılım göstermesiyle karakterize bir hastalıktır. Mortalitesi yüksek olan kanser hastalığında tedavi amacıyla kullanılan kemoterapötik ajanların nefrotoksisite, hepatotoksisite, immunotoksisite, ototoksisite ve reproduktif toksisite gibi birçok yan etkilerinin olması, hasta sağlığı açısından güvenle kullanımını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Bu nedenle yeni kemoterapötik ajanların tedaviye sokulması ile ilgili pek çok araştırma yapılarak mevcut kemoterapötik ajanlara göre daha az toksik etkili ve güvenli yeni ilaçlar üretilmeye çalışılmaktadır. Sarı kantaron (*hypericum perforatum*) yağı, yara tedavi edici özelliğiyle oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. İncir yağı, incir çekirdeğinden elde edilir. Yüksek oranda D vitamini, omega 3, omega 6 ve omega 9 içeren incir yağı; kalp, beyin ve sinir sisteminde koruyucudur. Bu çalışmada sarı kantaron ve incir çekirdeği yağının, görülme sıklığı en yüksek 2.kanser türü olan beyin kanseri hücre hattında antikarsinojenik etkileri ile mevcut kemoterapötik ajanlara alternatif olup olamayacaklarının tespiti amaçlanmıştır. Sitotoksisite deneyleri için SHSY5Y(beyin kanseri) ve L929(sağlıklı fibroblast) hücre hatları kullanıldı. Hücre kültür kabından ayrılan hücreler 96 kuyucuklu plaklara her kuyucukta  $5 \times 10^3$  hücre olacak şekilde ekildi. Kuyucuklara sarı kantaron ve incir çekirdeği yağının %0,01, 0,1, 1 ve 10' luk konsantrasyonları eklendi ve 24 saat süreyle inkübe edildi. Sarı kantaron ve incir çekirdeği yağının kanser ve sağlıklı hücre hatlarındaki sitotoksik etkinliği, MTS (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-5-(3-carboxymethoxyphenyl)-2-(4-sulfophenyl)-2Htetrazolium) hücre canlılık testiyle in-vitro olarak belirlenmiştir. Toksikite testlerinin sonucu 3 gün süreyle, 24 saat aralıklarla ELISA cihazında spektrofotometrik olarak (450 nm) belirlenmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre sarı kantaron ve incir çekirdeği yağının beyin kanseri hücre hattında herhangi bir toksik etki yapmadığı, sağlıklı hücre hattında herhangi bir sitotoksik etki yapmadığı tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Sarı kantaron yağı, İncir çekirdeği yağı, SHSY5Y, L929, Kanser, MTS**ABSTRACT**

Cancer is a disease characterized by uncontrolled proliferation of cells and rapid spread. It is known that chemotherapeutic agents which are widely used for the treatment of cancer patients with high mortality, have many side effects such as nephrotoxicity, hepatotoxicity, immunotoxicity, ototoxicity and reproductive toxicity and therefore chemotherapeutic agents limit the safe use of for patient health. For this reason, many studies have been conducted on the synthesis and introduction of new chemotherapeutic agents to produce drugs that are less toxic and safe to use than existing chemotherapeutic agents. St. John's wort (*hypericum perforatum*) oil is widely used with its wound healing properties. Fig oil is obtained from fig seeds. Fig oil containing high levels of vitamin D, omega 3, omega 6 and omega 9; is protective for the heart, brain and nervous system. In this study it was aimed to determine whether John's wort and fig seed oil can be an alternative to existing chemotherapeutic agents with anticarcinogenic effects in the second most common cancer type brain cancer cell line. SH SY5Y (brain cancer) and L929 (healthy fibroblast) cell lines were used in the study for cytotoxicity tests. Cells separated from the cell culture dish were seeded in 96-well plates with  $5 \times 10^3$  cells per well.

St. John's wort and fig seed oil concentrations of 0.01, 0.1, 1 and 10% were added to the wells and incubated for 24 hours. The cytotoxic activity of St. John's wort and fig seed oil in cancer and healthy cell lines was determined in vitro by the MTS (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-5-(3-carboxymethoxyphenyl)-2-(4-sulfophenyl)-2Htetrazolium) cell viability test. The results of the toxicity tests were determined spectrophotometrically (450 nm) on the ELISA device at 24-hour intervals for 3 days. According to the results of our study, it was determined that St. John's wort and fig seed oil had no toxic effect on brain cancer cell line and no cytotoxic effect on healthy cell line.

**Key words:** St John's wort Oil, Fig seed oil, SHSY5Y, L929, Cancer, MTS

## 1. GİRİŞ

Kanser, toplumda mortalitesi yüksek ve önde gelen bir hastalıktır. Beyin kanseri çocuklar ve gençler arasında en sık görülen kanser türüdür (1). Dünyadaki kanser vakaları arasında beyin tümörleri sık görülen tümörler arasındadır. Beyin kanserleri arasında, nöroblastom bebeklik ve çocukluk döneminde en baskın ekstrakraniyal kanserdir (2). Nöroblastomlu hastaların 5 yıllık sağkalım oranlarını % 59' dur (3).

Kemoterapi, radyasyon ve cerrahi gibi kansere yönelik geleneksel yaklaşımlar, yalnızca kanser hücrelerini yok etmekle kalmaz, aynı zamanda normal sağlıklı hücrelerde de sitotoksik aktivite gösterir (4). Ayrıca kanser kemoterapisinde ve radyoterapisinde sık görülen bir diğer sorun, bu tedavilere karşı gelişen direnç mekanizmalarıdır. Bu durum malignitenin metastazına yol açar. Bu nedenle, kanser tedavisinde etkinliği yüksek, toksisitesi düşük yeni ilaçların geliştirilmesine ihtiyaç vardır (5). Günümüzde hastaların, sağlıklı hücreleri koruduğu ve yalnızca kanserli hücrelerde apoptozu indüklediği düşünülen doğal ürünlere ilgi artmıştır.

Son yıllarda diğer hastalıklarda olduğu gibi kanserin tedavisinde de bitkisel ürünlere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda bitkilerin kimyasal çeşitliliğini incelemek, alternatif etki şekli veya düşük toksisite ile karakterize edilen yeni antikanser ilaçların gelişimi için araştırmak önem arz etmektedir. Son yıllarda antineoplastik aktivite için bitkisel kaynaklı bileşiklerin yoğun olarak araştırılması, antikanser ilaç pazarına önemli katkılar sağlamıştır (6). Bitkisel ürünlerin araştırılma nedenlerinden biri de ürünlerin doğru kullanımı sağlamak ve gereksiz, zarar verebilecek kullanımlarını engellemek için gerekli bilimsel birikimi oluşturmaktır.

St. John's wort olarak bilinen *Hypericum perforatum*, *Hypericum* türlerinin en çok çalışılan türüdür. Farmakolojik antidepresan aktiviteleri, antiviral ve antibakteriyel özellikleri ile bilinmektedir (7). *H. perforatum*'un daha önce yapılan fitokimyasal çalışmaları; temel kimyasal bileşenlerin flavonoidler, floroglukoller ve naftodiatronlar olduğu ortaya koyulmuştur, bunlardan flavonoidlerin içeriği en zengin olanıdır (8). Hiperisin, *H. perforatum* ana yapılarından biridir ve düşük mikromolar konsantrasyonlarda tümör hücre hatlarına karşı güçlü sitotoksik ve proapoptotik etkiler sergilediği ve tümör kaynaklı anjiyojenezi inhibe ettiği kanıtlanmıştır (6) (9). Her ne kadar bu bileşiğin etki mekanizması tam olarak bilinmese de, birkaç çalışmada da hücrenin hayatta kalma, nekrozu veya apoptozisine katılan birkaç hücresel yolu uyardığı rapor edilmiştir (10) (11).

Hiperisinin başka bir mekanizması, ErbB-2 üzerindeki etkisidir. Hwang ve ark. çalışmasında, yumurtalık SK-OV-3 hücreleri kullanarak, hiperisinin c-erbB-2 birleşiminin ve hücre içi kinazlarının aktivitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Hiperisin, c-erbB-2 ekspresyonunun ve aktivasyonunun inhibisyonu ile hücre ölümünü indüklediği gösterilmiştir (12). Acar ve ark., 7.5 µg / mL'lik hiperisin konsantrasyonun kanser hücrelerinin apoptozisi indüklediği, ADAMTS1 ekspresyonundaki artışın, metastazı önleyebileceğini veya tümör baskılayıcı etkileri olan bir adjuvan faktörünün gelişimini kolaylaştırdığını göstermişlerdir (13). Bununla birlikte, Roscetti ve ark., araştırmalarında saflaştırılmış hiperisin, insan lösemi hücre hattında (K562) hücre büyümesi üzerinde zayıf bir önleyici etkiye sahip olduğu ancak apoptotik hücre ölümünü indüklemekte hiçbir etkisi olmadığını göstermektedir (14). Mirmalek ve ark.,'da benzer olarak MCF-7 hücre hattında, hiperisin LD50'nin sisplatinde küçük olmakla beraber, hiperisinin hücrelerin tedavisinde apoptoz oranının sisplatinde düşük olduğunu göstermiştir (15).

*Ficus carica* (*F.carica*) yani incir toplumumuzda besin değerinden dolayı sık kullanılan bir meyvedir. Üzerinde yapılan fitokimyasal araştırmalar; fitosterollerin, antosiyaninlerin, amino asitlerin, organik asitlerin, yağ asitlerinin, fenolik bileşenlerin, hidrokarbonların, alifatik alkollerin, uçucu bileşenlerin ve diğer birkaç ikincil metabolit sınıfının farklı bölümlerinden izole edilmesine neden olmuştur. Çoğunlukla bu fitokimyasallar lateks, çekirdek, yapraklar, meyveler ve köklerinde bulunur. *Ficus carica*; antioksidan, antikanser, sitotoksik, antienflamatuar ve hipolipidemik aktiviteler gibi dikkate değer farmakolojik özelliklere sahiptir (16). Rubnov ve ark. incir içindeki biyoaktif ürünlerin DG-75, Jurkat ve DU-145 kanser hücre çizgilerinin *in vitro* inhibisyon etkisini rapor edilmiştir (17). Vinson ve diğ. (1999) *Ficus carica*'nın kurutulmuş meyvelerinde önemli antioksidan aktivite bildirmiştir. Bu bulgular, kurutulmuş meyvelerin fenol antioksidanları ve besinleri büyük olasılıkla lif olarak yoğun oldukları için diyetin daha büyük bir parçası olması gerektiğini göstermektedir (18).

*In vitro* model sistemlerini kullanılması, nörobiyoloji ve sinirbilim alanlarını büyük ölçüde geliştirmiştir. Kültürdeki hücreler, protein fonksiyonelliğini ve spesifik olayların altında yatan moleküler mekanizmaları karakterize etmek, hastalık ve enfeksiyon patolojisini anlamak ve ön ilaç testi değerlendirmeleri yapmak için etkili bir alan sağlar. SH-SY5Y nöroblastoma benzeri hücreler, ana nöroblastom hücre dizisi SK-N-SH'nin bir alt klonudur. Ebeveyn hücre çizgisi 1970 yılında hem nöroblast benzeri hem de epitelyal hücreleri içeren bir kemik iliği biyopsisinden üretilmiştir (19). Yüksek riskli nöroblastom tedavisinde son gelişmeler, daha düşük dozlarda kemoterapi kullanımı ve daha iyi destek tedavisidir.

Bu çalışmada sarı kantaron ve incir çekirdeği yağının, görülme sıklığı en yüksek ikinci kanser türü olan beyin kanseri hücre hattında antikarsinojenik etkileri ile mevcut kemoterapötik ajanlara alternatif olup olamayacaklarının tespiti amaçlanmıştır. Çalışma sağlıklı fibroblast L929 ve SHSY5Y beyin kanseri hücre hatları kullanılarak, hücre kültürü ortamında test edildi. Hücre canlılığı MTS testi ile ölçüldü.

## 2. MATERYAL VE METOT

### Tümör hücre hatları

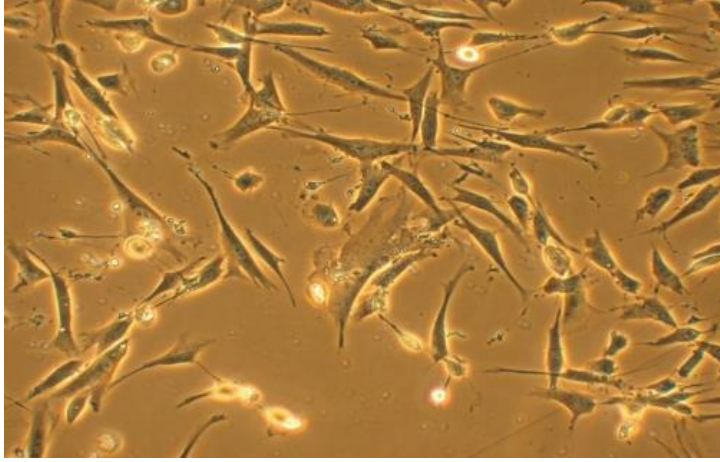
Beyin kanseri (SHSY5Y) hücre hatları ATCC şirketinden temin edilmiştir. Hücre hatları %1 nonesansiyel aminoasit, %1 L-Glutamine, 10 mg/ml penisilin ve %10 DMEM besiyeri ortamında, 37°C ve %5 CO<sub>2</sub> ile nemlendirilmiş inkübatörde çoğaltılarak kullanıldı.



**Şekil 1:** SHSY5Y hücrelerinin ters mikroskoptaki görüntüsü (10x) (Beyin kanseri hücre hattı)

**Sağlıklı hücre hattı**

Bu çalışmada sağlıklı hücre hattı olarak fibroblast hücreleri L929 kullanılmıştır.



**Şekil 2:** L929 hücrelerinin ters mikroskoptaki görüntüsü (10x)

**Besiyeri Ortamının Hazırlanması**

DMEM besiyeri temel olan aminoasitler, glikoz, vitamin ve minerallerce zengindir. L-glutamin besiyeri içinde mevcuttur. Kontaminasyonu önlemek amacıyla Penisilin-streptomisin, çoğalmayı desteklemek amacıyla ise büyüme faktörleri içeren sığır serumu ilave edildi. %0,25 Tripsin/EDTA çözeltisi, hücrelerin tutunduğu kültür kabı yüzeyinden kaldırılmasını sağlamak için ve PBS (fosfat tamponu) ise hücre kültür kabındaki hücrelerin yıkama işlemi yapabilmek için kullanıldı.

**Hücrelerin Çoğaltılması**

Hücre kültür işlemleri Esco marka kabin ve inkübatörde gerçekleştirildi. Sıvı azotta (-196) saklanmış olan SYSY5Y (beyin kanseri hücre hattı) hücreleri 75 cm<sup>2</sup>'lik hücre kültür kaplarına steril şartlarda aktarıldı ve üzerine 13 ml besiyeri eklenip hücreler, 37 °C de %5 CO<sub>2</sub> içeren ortamda çoğaltıldı. Her pasaj sırasında deney sürecine göre ortalama 2 milyon hücre ve beraberinde 13 ml besiyeri hücre kültür kaplarına aktarıldı ve günlük olarak ters mikroskop ile canlılık, çoğalma, morfoloji ve kontaminasyon açısından takip edildi.

**Hücrelerin ekimi**

Hücreler 75 cm<sup>2</sup> kültür kaplarında %80 çoğalma oranına ulaşıncaya tripsin enzimi kullanılarak kaldırıldı ve hemositometre yöntemiyle sayılarak 96 kuyucuklu petri kaplarına, her bir kuyucukta 5000 hücre olacak şekilde 200 µl besiyeri içerisinde ekildi.

**Test maddelerinin konsantrasyonlarının ayarlanması**

Sarı kantaron yağı ve incir çekirdeği yağı için %50 'lik stok konsantrasyon hazırlandı. Hücrelere verilecek olan dilüsyonlar, taze besiyeri kullanılarak yapıldı. Hücrelerde %0.01, 0.1, 1 ve 10 olmak üzere dört farklı konsantrasyon test edildi.

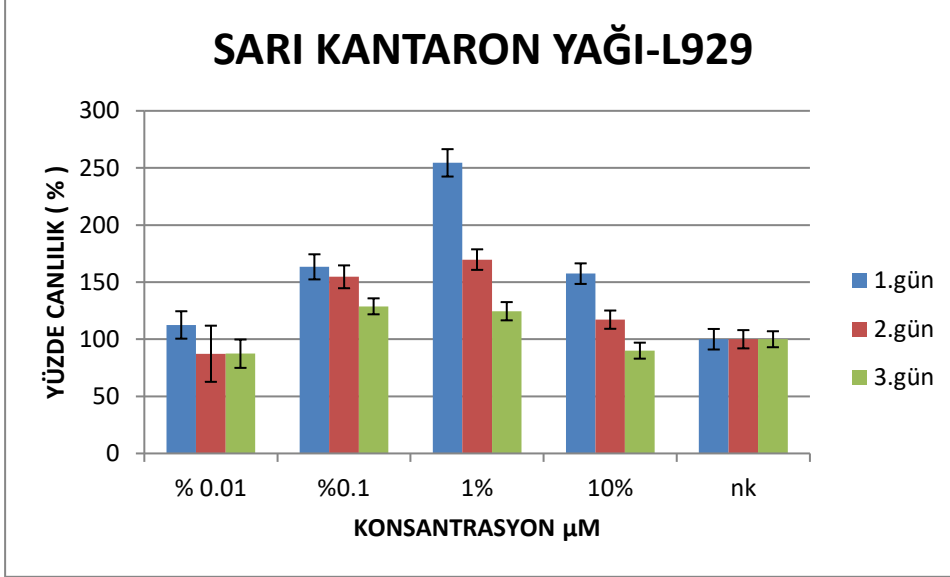
**MTS (Sitotoksikite deneyi):**

Hücrelerin ekiminin ardından 37°C ve %5 CO<sub>2</sub> ortamında 24 saat hücrelerin yüzeye tutunması için inkübe edildi. Tutunma işlemi gerçekleşikten sonra hücreler, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış olan sarı kantaron ve incir çekirdeği yağları ile 24-48-72 saat muamele edildi. İnkübasyon süresi sonunda besiyerleri uzaklaştırıldı ve mitokondriyal aktiviteye dayalı MTS ajanı ile sitotoksikite deneyi yapıldı. İçerisinde PMS (Fenazin metosülfat) ajanını içeren MTS bileşeni canlı hücreler tarafından indirgenerek besiyerinde çözünebilir mor renkli formazan ürünlerine dönüşür. Oluşan formazan ürün miktarı doğrudan canlı hücre sayısı ile orantılıdır. Bu sebeple, hücre çoğalması ve dolayısıyla ölüm miktarı 450 nm'de plaka okuma ile belirlenebilir. Biz çalışmamızda hücre proliferasyonu değerlerimizi, Elisa plaka okuyucusunda negatif kontrollerden elde edilen absorbans değerlerinin, deney gruplarına ait absorbans değerlerine % olarak oranlanmasıyla elde ettik. Kontrollerden alınan absorbansiyon değeri %100 hücre canlılığı olarak kabul edildi.

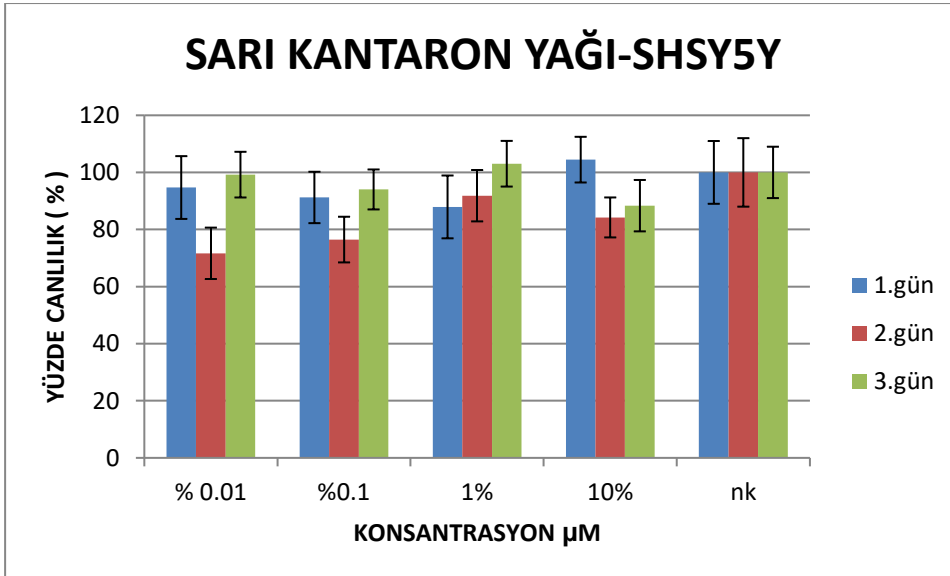
Veriler ortanca (minimum-maksimum) olarak özetlendi. Grupların karşılaştırılmasında Kruskal Wallis-H testi kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney-U testi kullanıldı.

### 3. BULGULAR

Sarı kantaron ve incir çekirdeği yağının MTS sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

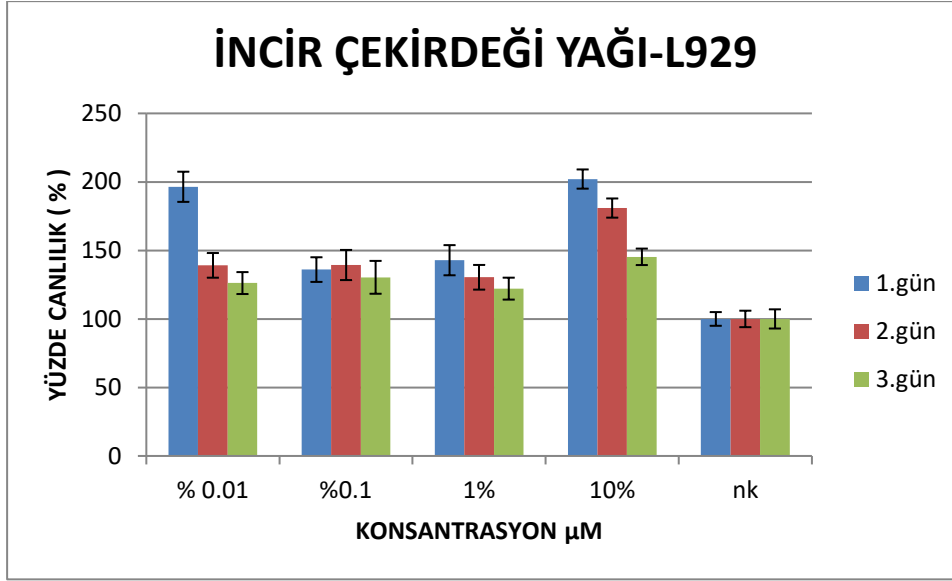


**Grafik 1:** Sarı kantaron (*H. perforatum*) yağının sağlıklı fibroblast hattı üzerine etkisi nk: Negatif Kontrol

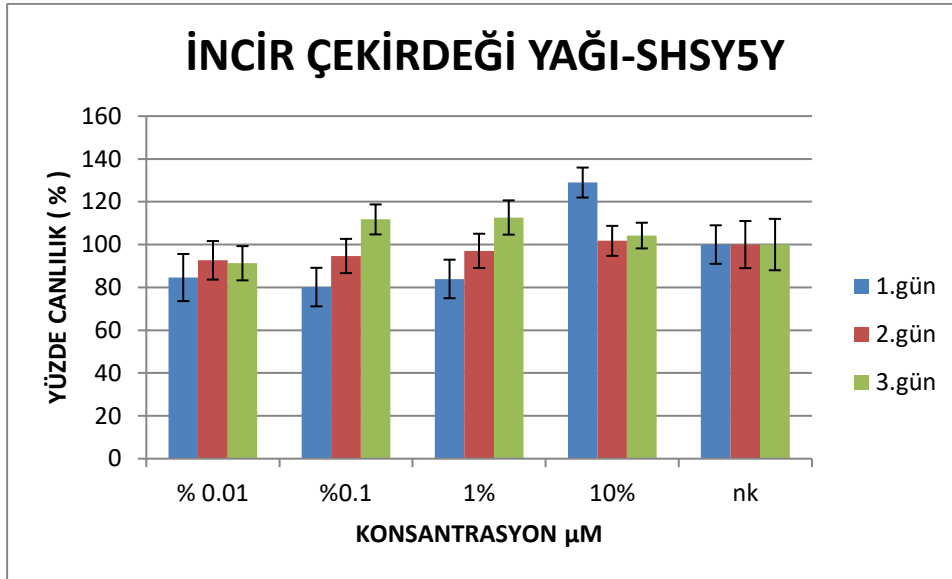


**Grafik 2:** Sarı kantaron (*H. perforatum*) yağının beyin kanseri hücre hattı üzerine etkisi nk: Negatif Kontrol





**Grafik 3:** İncir (*Ficus carica*, Fig.) yağının sağlıklı fibroblast hattı üzerine etkisi nk:Negatif Kontrol



**Grafik 4 :** İncir (*Ficus carica*, Fig. ) yağının beyin kanseri hücre hattı üzerine etkisi nk: Negatif Kontrol

## SONUÇ

Çalışma sonuçlarına göre sarı kantaron yağı sağlıklı fibroblast hücre hattı üzerinde 2. ve 3. gün sonunda %0,01'lik düşük konsantrasyonda negatif kontrol grubuna göre hücre canlılığında istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalma gösterdi. Diğer konsantrasyon ve günlerde hücre canlılığı %100 ün altına düşmemesi nedeniyle sağlıklı fibroblast hücre hattında sitotoksik etki göstermediği belirlendi. Beyin kanseri hücre hattında yüksek konsantrasyonda 2. ve 3.gün sonunda hücre canlılığında azalma olmasına rağmen bu fark kontrole göre anlamlı değildir.

Sonuç olarak, fotoaktif olmayan hiperisin, görünür bir konsantrasyon-etki ilişkisi olmadan ve en azından 5.0 ml'ye kadar olan konsantrasyonlarda hücre ölümü programları üzerinde bir etkiye sahip olmayan zayıf, kısa süreli bir hücre büyümesi inhibisyon etkisine sahiptir. Öte yandan, metanollü ekstraktı, apoptotik ve nekrotik mekanizmaların aktivasyonundan dolayı önemli, uzun süreli ve konsantrasyona bağlı hücre büyümesi inhibisyonu üretir. Bununla birlikte, bu etkilerin tek bir bileşiğe mi yoksa birkaç bileşiğe mi, yoksa birkaç bileşiğin birleşik aktivitesine mi atfedileceği, daha fazla araştırmaya konu olacaktır. (14). Çalışmamızda kullanılan sarı kantaron yağının düşük konsantrasyonlarda kullanılmış olması ve toplam sürenin kısa olması etkisinin azalmasına ve kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik aktivitenin gözlenememesine neden olmuş olabilir.

İncir çekirdeği yağı sağlıklı fibroblast hücre hattında negatif kontrol grubu ile kıyaslandığında bütün konsantrasyonlarda hücre canlılığını artırarak herhangi bir sitotoksik etki göstermemiştir. Bununla birlikte kanserli hücre hattında da benzer etkiler gözlenmiş ve toksik etki göstermemiştir.

**KAYNAKÇA**

1. R.L. Siegel, K.D. Miller, A. Jemal. Cancer statistics, 2016 CA Cancer J. Clin., 66 (2016), pp. 7-30.
2. G.M. Brodeur. Neuroblastoma: biological insights into a clinical enigma. Nat. Rev. Cancer, 3 (2003), pp. 203-216.
3. T.A. Dolecek, J.M. Propp, N.E. Stroup, C. Kruchko. CBTRUS statistical report: primary brain and central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2005–2009. Neuro-Oncology, 14 (2012), pp. v1-v49.
4. Lirdprapamongkol K, Sakurai H, Suzuki S. Vanillin enhances TRAIL-induced apoptosis in cancer cells through inhibition of NF-kappaB activation. In Vivo.2010, 24:501–506.
5. Song S, Xiong C, Zhou M, et al. Small-animal PET of tumor damage induced by photothermal ablation with <sup>64</sup>Cu-bis-DOTA-hypericin. J Nucl Med. 2011 May; 52(5):792-9.
6. Momekov G, Ferdinandov D, Zheleva-Dimitrova D, et al. Cytotoxic effects of hyperatomarin, a prenylated phloroglucinol from *Hypericum annulatum* Moris subsp. *annulatum*, in a panel of malignant cell lines. Phytomedicine. 2008 Nov; 15(11):1010-5.
7. Barnes J, Anderson LA, Phillipson JD. St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. J Pharm Pharmacol. 2001 May; 53(5):583-600.
8. Zou YP, Lu YH, Wei DZ. Protective effects of a flavonoid-rich extract of *Hypericum perforatum* L. against hydrogen peroxide-induced apoptosis in PC12 cells. Phytother Res. 2010 Jan; 24 Suppl 1():S6-S10.
9. Schempp CM, Kirkin V, Simon-Haarhaus B et al. Inhibition of tumour cell growth by hyperforin, a novel anticancer drug from St. John's wort that acts by induction of apoptosis. Oncogene. 2002 Feb 14; 21(8):1242-50.
10. Karioti A, Bilia AR. Hypericins as potential leads for new therapeutics. Int J Mol Sci. 2010 Feb 4; 11(2):562-94.
11. Theodossiou TA, Hothersall JS, De Witte PA, et al. The multifaceted photocytotoxic profile of hypericin. Mol Pharm. 2009 Nov-Dec; 6(6):1775-89.
12. Hwang MS, Yum YN, Joo JH, et al. Inhibition of c-erbB-2 expression an activity in human ovarian carcinoma cells by hypericin. Anticancer Res. 2001 Jul-Aug; 21(4A):2649-55.
13. Acar M, Ocak Z, Erdogan K, et al. The effects of hypericin on ADAMTS and p53 gene expression in MCF-7 breast cancer cells. J BUON. 2014 Jul-Sep; 19(3):627-32.
14. Roscetti G, Franzese O, Comandini A, et al. Cytotoxic activity of *Hypericum perforatum* L. on K562 erythroleukemic cells: differential effects between methanolic extract and hypericin. Phytother Res. 2004 Jan; 18(1):66-72.
15. Mirmalek, Seyed Abbas, et al. "Cytotoxic and apoptogenic effect of hypericin, the bioactive component of *Hypericum perforatum* on the MCF-7 human breast cancer cell line." Cancer cell international 16.1 (2015): 3.
16. Badgular SB, Patel VV, Bandivdekar AH. Et al. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: a review. Pharm Biol. 2014 Nov;52(11):1487-503.
17. Rubnov S, Kashman Y, Rabinowitz R, et al. (2001). Suppressors of cancer cell proliferation from fig (*Ficus carica*) resin, isolation and structure elucidation. J Nat Prod 64:993–6 .
18. Vinson JA. (1999). The functional food properties of fig. Cereals Foods World 44:82–7 .
19. Biedler JL, Helson L, Spengler BA. Morphology and growth, tumorigenicity, and cytogenetics of human neuroblastoma cells in continuous culture. Cancer Research. 1973;33(11):2643–2652.

**DEVE DİKENİ YAĞI, YILAN YAĞI VE ZENCEFİL YAĞININ BEYİN KANSERİ HÜCRE HATTI ÜZERİNE ETKİLERİ**  
**THE EFFECTS OF THISTLE OIL, SNAKE OIL AND GINGER OIL ON BRAIN CANCER CELL LINE**

**Neşe Başak Türkmen**

Dr.Öğr.Üyesi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı

**Hande Yüce**

Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı

**Özge Özyol**

Doktora Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı

**Aslı Taşlıdere**

Doçent Dr., İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı

**Osman Çiftçi**

Prof.Dr., Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

**ÖZET**

Günümüz tıbbının en önemli sorunlarından olan kanser, hücrelerin kontrolsüz çoğalmasıyla karakterize invaziv özelliklere sahip bir hastalıktır. Belirtileri köken aldığı dokuya göre değişen kanser, bugün dünyada ölüme neden olan hastalıklar arasında ikinci sırada yer almaktadır. İyi bir kan temizleyici olan deve dikenini yağının, karaciğer hastalıklarında, safra iltihabında, böbrek rahatsızlıklarında oldukça iyi geldiği bilinmektedir. Yılan yağı kişisel bakımda kullanılmakta olan ve cilt sağlığı açısından oldukça faydalı bir yağ türü olup antibakteriyel, antifungal, doku yenileyici, yanık, yara ve mantar hastalıklarını iyileştirici özelliğe sahiptir. Zencefil kökünden elde edilen zencefil yağı, iyi bir ağrı kesici olarak bilinmektedir. Tıbbi alanda özellikle, kolik, enfeksiyonlar, inflamasyonlar, kalp ve karaciğer sağlığında kullanılmakta olan iyi bir antioksidandır. Bu çalışmada deve dikenini, yılan ve zencefil yağının beyin kanseri hücre hattında antikarsinogenik etkileri ile mevcut kemoterapötik ajanlara alternatif olup olamayacaklarının tespiti amaçlanmıştır.

Çalışmada SHSY5Y(beyin kanseri) ve L929(sağlıklı fibroblast) hücre hatları kullanıldı. Hücre kültür kaplarından ayrılan hücreler 96 kuyucuklu plaklara her kuyucukta  $5 \times 10^3$  hücre olacak şekilde eklendi. Kuyucuklara deve dikenini, yılan ve zencefil yağının %0,01, 0,1, 1 ve 10' luk konsantrasyonları eklendi ve 24 saat süreyle inkübe edildi. Araştırılan yağların kanser ve sağlıklı hücre hatlarındaki sitotoksik etkinliği, MTS (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-5-(3-carboxymethoxyphenyl)-2-(4-sulfophenyl)-2Htetrazolium) hücre canlılık testi ile in-vitro olarak belirlenmiştir. Toksikite testlerinin sonucu 3 gün süreyle ve 24 saat aralıklarla ELISA cihazında spektrofotometrik olarak (450 nm) okunmuştur.

Çalışmamızın sonuçlarına göre deve dikenini yağının beyin kanseri hücre hattında %50 civarında toksik etki yaptığı, zencefil yağının %20 ve yılan yağının ise herhangi bir sitotoksik etki göstermediği belirlendi. Bütün yağların sağlıklı hücre hattında herhangi bir sitotoksik etki yapmadığı tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Deve dikenini yağı, yılan yağı, zencefil yağı, MTS, sitotoksikite, beyin kanseri hücre hattı

**ABSTRACT**

Cancer, one of the most important problems of modern medicine, is an invasive disease characterized by uncontrolled proliferation of cells. Cancer, whose symptoms vary according to the tissue from which it originated, is today the second leading cause of death in the world. Thistle oil, which is a good blood purifier, is known to be very good in liver diseases, bile inflammation and kidney diseases. Snake oil is a type of oil that is used in personal care and is very beneficial for skin health, snake oil has antibacterial, antifungal, tissue regenerating, healing properties of burns, wounds and fungal diseases. Ginger oil obtained from ginger root is known as a good painkiller. It is a good antioxidant used in medical field, especially in colic, infections, inflammations, heart and liver health. In this study, it was aimed to determine whether or not thistle, snake and ginger oil can be an alternative to existing chemotherapeutic agents with anticarcinogenic effects on brain cancer cell line.

SH SY5Y (brain cancer) and L929 (healthy fibroblast) cell lines were used in this study. Cells separated from cell culture plates were seeded in 96-well plates with  $5 \times 10^3$  cells per well. Thistle, snake and ginger oil were added to the wells at concentrations of 0.01, 0.1, 1 and 10% and incubated for 24 hours. The cytotoxic activity of the investigated fats in cancer and healthy cell lines was determined by MTS (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl) -5- (3-carboxymethoxyphenyl) -2- (4-sulfophenyl) -2Htetrazolium) cell viability test determined in vitro. The results of the toxicity tests were read spectrophotometrically (450nm) on the ELISA instrument for 3 days and at 24 hour intervals.

According to the results of our study, it was determined that thistle oil had a toxic effect on brain cancer cell line of about 50%, ginger oil 20% and snake oil had no cytotoxic effects. It was determined that not all fats had any cytotoxic effect on healthy cell line.

**Keywords:** Thistle oil, snake oil, ginger oil, MTS, cytotoxicity, brain cancer cell line

## 1.GİRİŞ

Tüm dünya da kanser önemli bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Amerika’da ölüme neden olan hastalıklar arasında ikinci sırayı almıştır ve kanserden kaynaklanan ölümlerin birkaç yıl içinde kalp hastalıklarından kaynaklanan ölümleri geçmesi beklenmektedir (1). Gelişimi ve özellikleri açısından hasta türleri arasında değişkenlik gösteren bir hastalıktır. Türkiye’de her yıl 150.000 kişi kansere yakalanmaktadır. Her yıl çeşitli faktörlerle bu sayıda artmaktadır. Geliştiği dokuya göre farklılık gösteren kanserin oluşumuna aynı zamanda genetik, çevresel faktörlerinde katkısı vardır (2). Sigara içmek, yetersiz beslenmek, fiziksel olarak daha az aktif olmak, gelişen dünyadaki birçok faktör gün geçtikçe kanser vakalarının oluşumunu tetiklemektedir. Dünya genelinde nüfusun artması, yaşlanması ve kansere sebebiyet veren yaşam tarzlarının benimsenmesinden dolayı kanser oluşumu artmakta ve ekonomik olarak düşük gelirli ülkeler içinde büyük tehlike oluşturmaktadır (3).

Kanserin en sık görülen ve yıkıcı komplikasyonu beyin metastazıdır. Beyin metastazı kanser olan hasta gruplarında çok sık görülür ve kemoterapi, radyoterapi uygulamalarına rağmen kötü ilerleme ve morbidite ile seyreder. Bazı tümör çeşitleri beyine yayılım gösterme eğilimindedir ve bunlar arasında en sık akciğer, böbrek, melanom, meme kanserleri vardır (4). Sistemik malignitesi olan hasta gruplarında beyin metastazı yetişkinlerde %10-30 çocuklarda ise %6-10 arasında görülür. Çocuklarda da yaygın olarak görülen beyin metastaz kaynakları sarkomlar, grem hücreli tümörler, nöroblastomlardır (5). Beyin kanserlerinin görülme sıklığı akciğer ve göğüs kanserlerine nazaran daha düşüktür. Yetişkinlerde kanserlerin %2-3 ‘ünü oluşturmaktadır. 2012 ‘de yapılan bir çalışmaya göre merkezi sinir sistemi ve beyin kanserleri dünyada yeni kanser vakaları arasında %3 ‘den daha azını temsil etmektedir (6). Fakat düşük olan bu orana rağmen ilerleyici bir hastalıktır ve ciddi semptomları vardır. Tedavi seçenekleri kişinin hayatta kalma süresinin uzatılmasını sağlamayı amaçlamaktadır (7). Beyin kanseri metastazı genellikle küçük hücreli olmayan akciğer kanseri hastalarının ve ileri seviye adenokarsinomlu hastaların neredeyse %30 ‘unda görülür (8). Hastalığın belirtileri; baş ağrısı, bilişsel bozukluklar, nöbetler, inme, fokal nörolojik fonksiyon bozukluğudur (9,10,11).

Aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ağız, akciğer, meme, prostat, karaciğer, kolon ve beyin kanseri hatta lösemiye karşı in vivo ve in vitro ortamda antikanser özelliği gösterilmiştir, ayrıca bu hastalıkların tedavisinde alternatif bir metod olarak kullanılmıştır (12 ,13, 14 ,15 ,16). Uçucu yağlar tümör hücrelerinin çeşitli basamaklarına hedeflenir ve hücre döngüsündeki bir ya da birden fazla basamağı hedefleyerek kanser ilerlemesini durdurma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (17). Birçok araştırmacı uçucu yağların antikanser özelliğini göstermiştir (18, 19). Doğadan gelen bu yağlar beyin kanseri için potansiyel bir tedavi olabilir.

Tıbbi bir bitki olan deve dikenini diğer adı ile de bilinen Meryem ana dikenini uzun yıllardır çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Asteraceae familyasına ait olan bitki yoğun olarak bulunan etkin madde silimarindir. Silimarin taksifolin ve silibin a ve silibin b gibi bileşenleri içermektedir. Silibin bu bileşenler arasında %50-70 oranında bulunur ve en aktif bileşendir (20). Gıda takviyesi olarak çok fazla preparatları bulunmaktadır ve karaciğer koruyuculuğu ile bilinmektedir. Silimarin; hepatoprotektif, antimikrobik, antikanser, antioksidan ve immünomodülatör etkileri olan bitki içerisindeki en önemli bileşendir (21). Silimarin aynı zamanda güçlü bir antioksidandır, karaciğer hücre

yenilenmesini sağlar, kan kolesterol seviyesini düşürür, kanserin önlenmesini sağlar (21). Silibin doğal bir polifenolik bileşiktir. Silibinin çeşitli kanser türlerine karşı olan etkinliği son yirmi yılda literatürde açıkça gösterilmiştir (22). Kanseri hücreleri üzerinde istilacı olduğu in vitro ve in vivo çalışmalar ile gösterilmiştir. Yapılan bir çalışma ile de beyin metastazı yapmış kanser hücreleri üzerinde önemli bir aktivite gösterdiği görülmüştür. Aynı zamanda metastatik yayılım yapan kanser hücrelerinde bu yayılmayı önlediği gösterilmiştir (23,24). Bu çalışmalar ışığında devedikeninin insan üzerinde antikanser aktivitesinin daha detaylı olarak çalışılması takviye olarak kullanılmasının araştırılması kanser sağkalımı ve tedavisi üzerine sağlayacağı faydalar için önemli bir gelişme olacaktır.

Yılan yağı, insanlık tarihi boyunca cilt sorunlarında ve hastalıklar da kullanılmıştır. Asıl olarak Çin su yılanından elde edilen yılan yağı omega -3 yağ asitleri bakımından zengin bir yağdır. Çin Tıbbının eski dönemlerinde güzellik iksiri olarak biliniyordu ve insanlar ölümsüzlüğü yılan yağında olduğuna inanırdı. Yılan yağının geleneksel tedavide antiinflamantuar, cilt sorunlarında ve lokal deri nekrozlarında terapötik olarak faydaları olduğu düşünülmektedir. Çin 'de aynı zamanda yanık tedavisinde ve soğukta meydana gelen soğuk yanmasında kullanımı vardır (25). Bu yağın kanser hücrelerinin çoğalmasını güçlü bir antioksidan aktivite ile engellediği gösterilmiştir. Ayrıca yılan yağının eklem ağrılarını tedavi edici etkisi, migren ve kemik hastalıklarında da kullanımı mevcuttur. Yılan yağında sitotoksik aktivite olduğu da bulunmuştur(27,28).

Zencefil diğer adıyla *Zingiber officinale* geleneksel ve halk tıbbında yoğun olarak kullanılan bir bitkidir. Zencefilden elde edilen zencefil yağı geleneksel tıp tedavilerinde kullanılmasının yanı sıra baharat olarakta bilinmektedir. Ayrıca sesiterpenler, flavonoidler, fenilpropanoidler içermektedir. Biyolojik olarak aktif olan bileşeni 6-gingeroldur ve bu bileşenin kanser hücrelerine karşı apoptozu uyardığı bilinmektedir (29). Zencefil yağı aynı zamanda antifungal, antibakteriyel, antioksidan, lipid peroksidasyonunu engellediği de gösterilmiştir. Zencefilin özellikle gastrointestinal sistem rahatsızlıkları olan kabızlık, ishal, dispepsi, bulantı gibi durumlarda kullanıldığı bilinmektedir. Güney Asya 'da özellikle vazodilatör olarak kullanımı yaygındır (30,31). Bu bağlamda çalışmam kapsamında literatürde beyin kanseri tedavisinde daha önce çalışılmamış olan deve dikenini yağı, yılan yağı, zencefil yağının sitotoksik etkisinin olup olmadığını araştırdık.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Hücre kültürü çalışmaları**

#### **Tümör hücre hattı**

Beyin kanseri (SHSY5Y) hücre hattı ATCC şirketinden temin edilmiştir. Hücre hattı % 1 nonesansiyel aminoasit, % 1 L-Glutamine, 10 mg/ml penisilin ve % 10 ısı ile inaktive edilmiş sığır serumu eklenen DMEM besiyeri ortamında, 37<sup>0</sup> C ve % 5 CO<sub>2</sub>'li nemlendirilmiş inkübatörde çoğaltılarak kullanıldı.

#### **Sağlıklı hücre hattı**

Bu çalışmada sağlıklı hücre hattı olarak L929 (sağlıklı fibroblast) kullanılmıştır.

#### **Besiyeri Ortamının Hazırlanması**

DMEM besiyeri temel aminoasitler, vitaminler, glikoz ve minerallerce zengindir. Bu ortama enfeksiyonu önlemek için penisilin-streptomisin ve büyüme faktörleri içeren sığır serumu eklenmiştir. Enerji ve karbon kaynağı olan L-glutamin ise besiyeri içinde mevcut olarak gelmiştir. Hücrelerin tutunduğu kültür kabı yüzeyinden kaldırılmasını sağlamak için %0,25 Tripsin/EDTA çözeltisi, hücrelerin yıkamasını yapabilmek için de PBS (fosfat tamponu) kullanılmıştır

#### **Hücrenin Çoğaltılması**

Hücre kültür işlemleri Esco marka kabin ve inkübatörde gerçekleştirildi. Sıvı azotta (-196) saklanmış olan SHSY5Y (beyin kanseri hücre hattı) örneği 75 cm<sup>2</sup>'lik hücre kültür kaplarına steril şartlarda aktarıldı ve üzerine 13 ml besiyeri eklenip hücreler, 37<sup>0</sup> C de % 5 CO<sub>2</sub> ortamında çoğaltıldı. Her pasaj sırasında deney sürecine göre ortalama 2 milyon hücre, 13 ml besiyeri (% 10 FBS, %1 PSA ve %1 L-Glutamin içerir) konulmuş hücre kültür kaplarına aldı ve günlük olarak ters mikroskopla canlılık, çoğalma, morfoloji ve kontaminasyon açısından takip edildi.



**Hücrelerin ekimi**

Hücreler 75 cm<sup>2</sup> kültür kaplarında yeterince (%80) çoğalınca tripsin enzimi kullanılarak kaldırıldı ve hemositometre yöntemiyle sayılarak 96 kuyucuklu petri kaplarına, her bir kuyucukta 5000 hücre olacak şekilde 200 µl besiyeri içerisinde ekildi.

**Test maddelerinin konsantrasyonlarının ayarlanması**

Yağların DMEM içerisinde %50 lik stok konsantrasyonları hazırlandı ve hücrelere gönderilecek olan dilüsyonlar hazırlandı. Hücrelerde %0.01, %0.1, %1, %10 olmak üzere dört farklı konsantrasyon denendi. Pozitif kontrol olarak %20 DMSO kullanıldı ve negatif kontrol olarak yağ içermeyen DMEM kullanıldı.

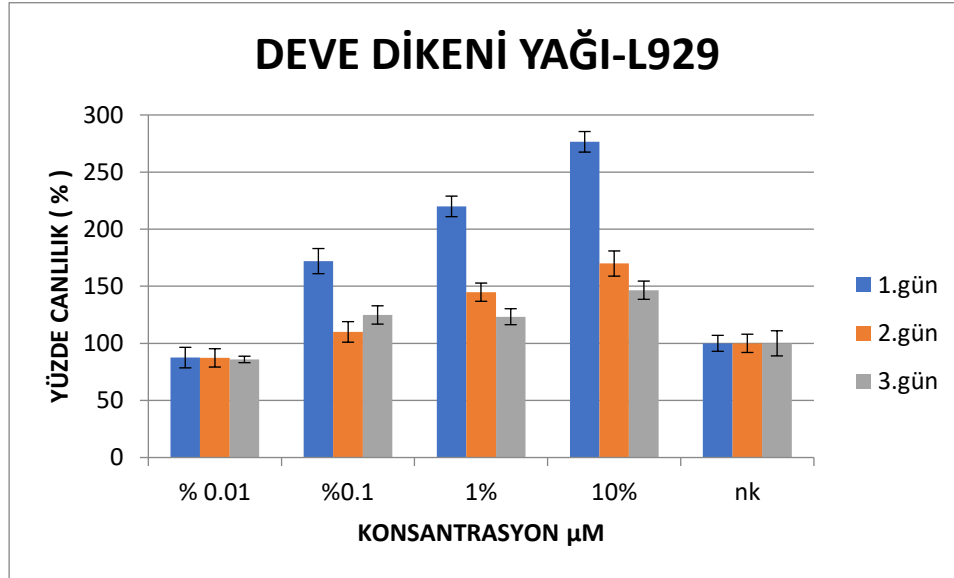
**MTS (Sitotoksite deneyi):**

Hücrelerin ekiminin ardından %5 CO<sub>2</sub> ortamında ve 37 derecede 24 saat hücrelerin yüzeye tutunması için inkübe edildi. Bu işlem gerçekleşikten sonra hücreler, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış yağlar ile 24-48-72 saat muamele edilip, inkübasyon süresi sonunda besiyerleri uzaklaştırıldı ve mitokondriyal aktiviteye dayalı MTS ölçümü ile sitotoksite deneyi yapıldı.

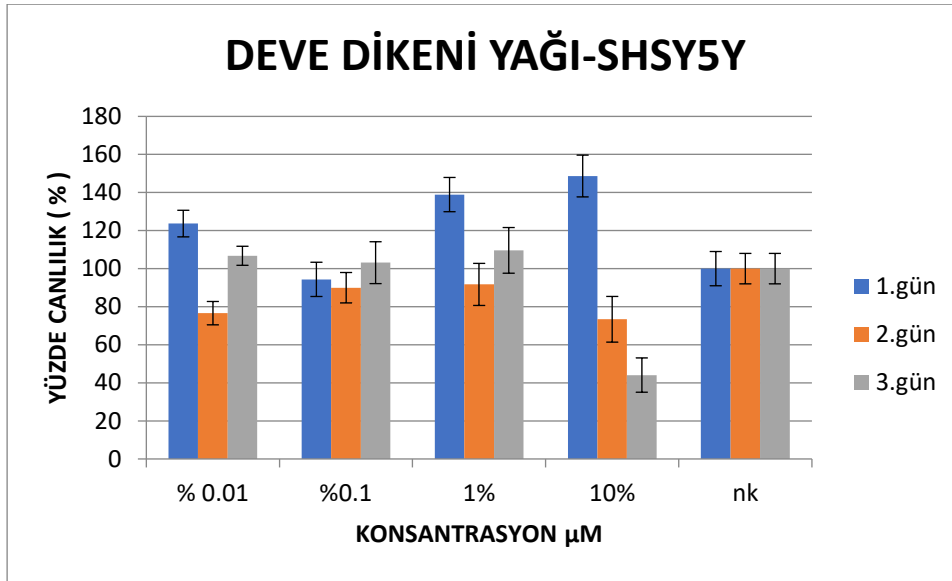
İçerisinde PMS (Fenazin metosülfat) ajanını içeren MTS bileşeni canlı hücreler tarafından indirgenerek besiyerinde çözünebilen mor renkli formazan ürünlerine dönüşür ve bu formazan ürün miktarı doğrudan canlı hücre sayısı ile orantılıdır. Bu nedenle hücre çoğalması veya ölüm miktarı 450 nm de plaka okuma ile belirlenebilir. Biz çalışmamızda hücre proliferasyonu değerlerimizi, Elisa plaka okuyucusunda negatif kontrollerden elde edilen absorbans değerlerinin, deney gruplarına ait absorbans değerlerine % olarak oranlanmasıyla elde ettik. Kontrollerden alınan absorpsiyon değeri % 100 hücre canlılığı olarak kabul edildi.

**3.BULGULAR:**

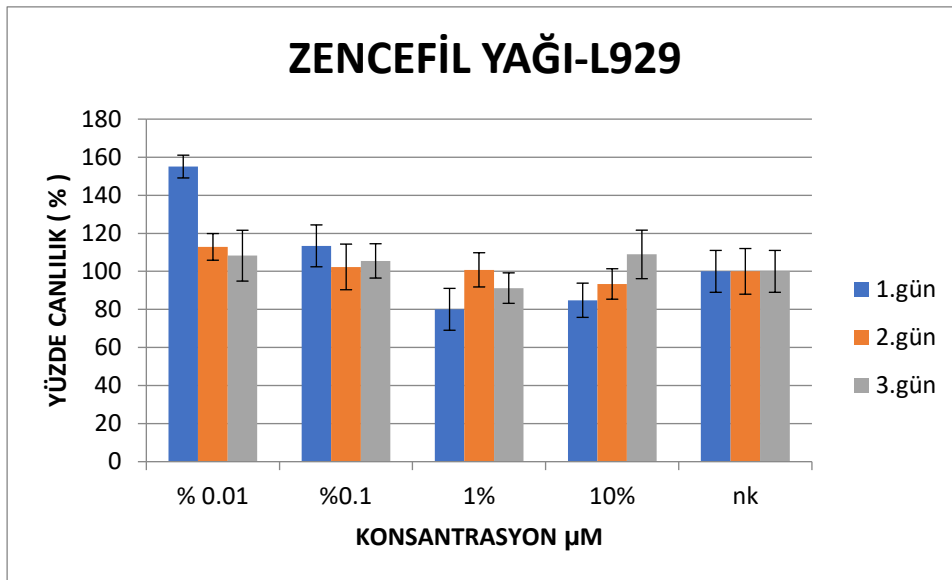
Aşağıda deve dikeniyi yağı, zencefil yağı ve yılan yağının sağlıklı fibroblast (L929) ve beyin kanseri (SHSY5Y) hücre hatlarındaki MTS sonuç grafikleri verilmiştir.



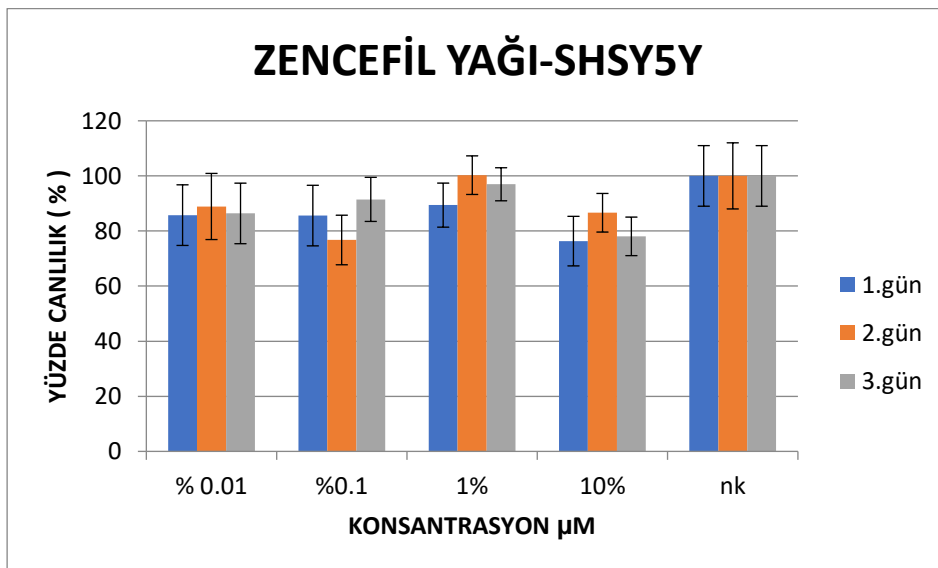
Şekil 1. Deve dikeniyi yağının sağlıklı fibroblast hücre hattı üzerindeki etkisi (nk: negatif kontrol)



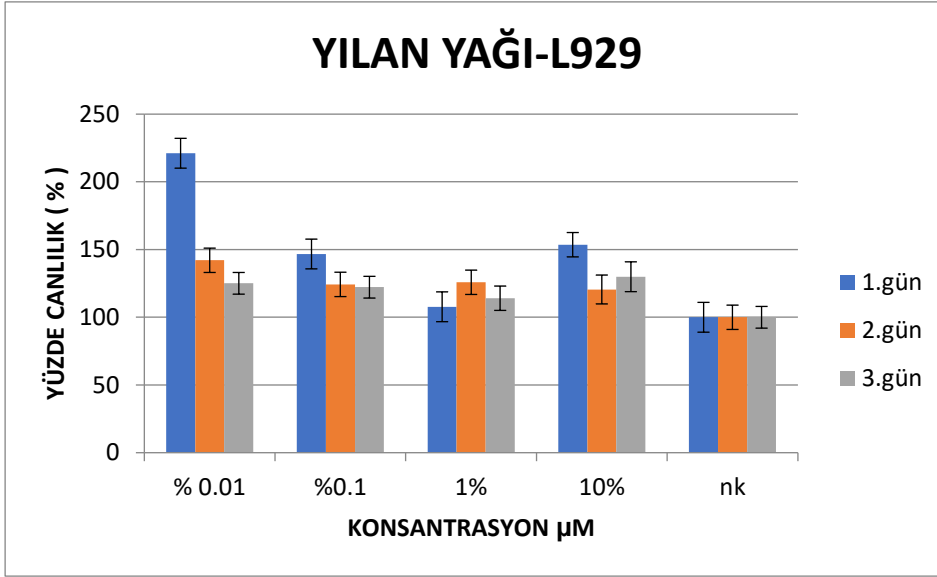
Şekil 2. Deve dikenini yağının beyin kanseri hücre hattı üzerindeki etkisi (nk:negatif kontrol)



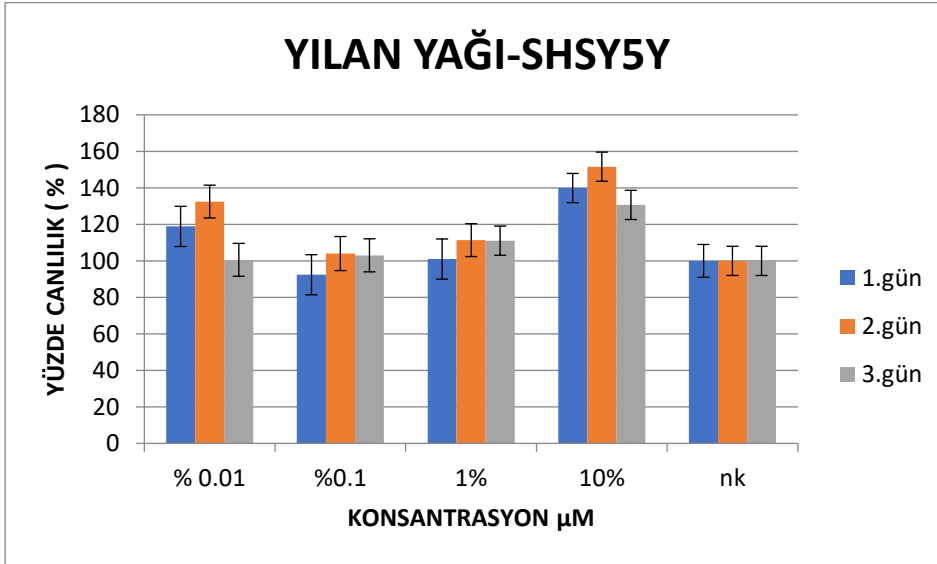
Şekil 3. Zencefil yağının sağlıklı fibroblast hücre hattı üzerindeki etkisi (nk:negatif kontrol)



Şekil 4. Zencefil yağının beyin kanseri hücre hattı üzerindeki etkisi (nk:negatif kontrol)



Şekil 5. Yılan yağının sağlıklı fibroblast hücre hattı üzerindeki etkisi (nk: negatif kontrol)



Şekil 6. Yılan yağının beyin kanseri hücre hattı üzerindeki etkisi (nk: negatif kontrol)

#### 4. SONUÇ

Deve dikenî yağının farklı konsantrasyonlarda sağlıklı fibroblast hücre hattı üzerinde negatif kontrol grubu ile kıyaslandığında herhangi bir sitotoksik etkisi olmadığı görülmüştür. Beyin kanseri hücre hattında negatif kontrol grubuna kıyasla, üçüncü günün sonunda yaklaşık olarak %55 oranında sitotoksik etki göstermiştir. Zencefil yağı sağlıklı fibroblast hücre hattı üzerinde birinci gün sonunda %1 lik ve %10 'luk konsantrasyonlarda negatif kontrol grubuna göre azalma gösterse de üçüncü günün sonunda hücre canlılığı %100 ün altında düşmemiş ve sağlıklı fibroblast hücre hattında sitotoksik etkisi olmadığı belirlenmiştir. Zencefil yağı beyin kanseri hücre hattında üçüncü günün sonunda yaklaşık %20 'lik bir antitümoral etki göstermiştir.

Yılan yağı, sağlıklı fibroblast hücre hattında negatif kontrol grubu ile kıyaslandığında bütün konsantrasyonlarda hücre proliferasyonunu artırarak herhangi bir sitotoksik etki göstermemiştir. Bununla birlikte kanserli hücre hattında da benzer etkiler gözlenmiştir. Devedikenî yağının beyin kanseri hücre hattındaki sitotoksik etkisi zencefil yağından %35 daha fazladır. Sonuç olarak bu üç yağ sağlıklı hücre hatlarında herhangi bir sitotoksik etkiye neden olmamıştır.

**KAYNAKÇA**

- 1-Siegel R.L.,Miller D.K., DVM. Jemal A.(2015) , “Cancer statistics” Ca cancer j cln 2016;66:7–30
- 2-Başak N,(2014)”Yeni sentezlenen gümüş karben bileşiklerinin sitotoksik ve antimikrobiyal aktivitelerinin araştırılması”İnönü üniversitesi ile Ankara üniversitesi Farmasötik toksikoloji anabilim dalı ortak yüksek lisans programı, Malatya.
- 3-Ferlay J, Soerjomataram I, Ervik M, et al; International Agency for Research on Cancer. Globocan 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 11. globocan.iarc.fr. Accessed December 12, 2013.
- 4-Posner JB .,(1992) “Management of brain metastases” Rev Neurol (Paris).148(6-7):477-87.
- 5-Bouffet E, Doumi N, Thiesse P, vd. (1997)“Katı tümörleri olan çocuklarda beyin metastazı “ Kanser; 79: 403-10.
- 6-Pineros M.et all.(2016) “ Descriptive epidemiology of brain and central nervous system cancers in Central and South America” , Cancer Epidemiology Volume 44, Supplement 1, September , Pages S141-S149September 2016, Pages S141-S149
- 7-Rebecca L. Siegel, MPH1\*; Kimberly D. Miller, MPH2; Ahmedin Jemal, DVM, PhD3(2015) “Cancer statistics”, Ca cancer j cln ;65:5–29
- 8-Sørensen JB, Hansen HH, Hansen M, et all.(1988) “ Brain metastases in adenocarcinoma of the lung: Frequency, risk groups, and prognosis”, J Clin Oncol;6:1474–1480.
- 9-Coia LR, Aaronson N, Linggood R, Loeffler J, Priestman TJ ,(1992) ” A report of the consensus workshop panel on the treatment of brain metastases” Int J Radiat Oncol Biol Phys.;23(1):223.
- 10- Forsyth PA, Weaver S, Fulton D, Brasher PM, Sutherland G, Stewart D, Hagen NA, Barnes P, Cairncross JG, DeAngelis LM , (2003)“Prophylactic anticonvulsants in patients with brain tumour”, Can J Neurol Sci ;30(2):106.
- 11- Glantz MJ, Cole BF, Friedberg MH, Lathi E, Choy H, Furie K, Akerley W, Wahlberg L, Lekos A, Louis S , (1996)“ A randomized, blinded, placebo-controlled trial of divalproex sodium prophylaxis in adults with newly diagnosed brain tumors”, Neurology;46(4):985.
- 12- Yu JQ, Lei JC, Zhang XQ, Yu HD, Tian DZ, Liao ZX, Zou GL(2011).” Anticancer, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Lycopus lucidus*”, Turcz. var. hirtus Regel. Food Chem;126:1593–1598
- 13- Mitoshi M, Kuriyama I, Nakayama H, Miyazato H, Sugimoto K, Kobayashi Y, Jippo T, Kanazawa K, Yoshida H, Mizushima Y. (2012) ” Effects of essential oils from herbal plants and citrus fruits on DNA polymerase inhibitory, cancer cell growth inhibitory, antiallergic, and antioxidant activities”, J Agric Food Chem. 2012;60:11343–11350.
- 14-Gautam N, Mantha AK, Mittal S.(2014) “Essential Oils and Their Constituents as Anticancer Agents: A Mechanistic View”, BioMed Res Int ;2014:154106
- 15-Cha JD, Kim YH, Kim JY. (2010)” Essential oil and 1,8-cineole from *Artemisia lavandulaefolia* induces apoptosis in KB Cells via mitochondrial stress and caspase activation”, Food Sci Biotechnol;19:185–191
- 16- . Zu Y, Yu H, Liang L, Fu Y, Efferth T, Liu X, Wu N.(2010) ” Activities of ten essential oils towards *Propionibacterium acnes* and PC-3, A-549 and MCF-7 cancer cells”, Molecules;15:3200–3210
- 17- Akrouf A, Gonzalez LA, El Jani H, Madrid PC.(2011) “Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaea hirsuta* from southern Tunisia”, Food Chem Toxicol;49:342–347
- 18- . Ferraz RP, Cardoso GM, da Silva TB, Fontes JE, Prata AP, Carvalho AA, Moraes MO, Pessoa C, Costa EV, Bezerra DP. (2013) ” Antitumor properties of the leaf essential oil of *Xylopia frutescens* Aubl. (Annonaceae)” Food Chem ;141:196–200
- 19-. Sylvestre M, Pichette A, Longtin A, Nagau F, Legault J. (2006)“Essential oil analysis and anticancer activity of leaf essential oil of *Croton flavens* L. from Guadeloupe” J Ethnopharmacol ;103:99–102
20. Haban M., Otepka P., Kobida L., Habanova M.,(2009) “ Production and quality of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.) cultivated in cultural conditions of warm agri-climatic macroregion” Hort. Sci., 39 , pp. 25-30
- 22-Deep, G., Singh, R. P., Agarwal, C., Kroll, D. J., & Agarwal, R. (2006).” Silymarin and silibinin cause G1 and G2-M cell cycle arrest via distinct circuitries in human prostate cancer PC3 cells: A comparison of flavanone silibinin with flavanolignan mixture silymarin”, Oncogene, 25(7), 1053–1069.

- 23- Deep G, Agarwal R. (2010) "Antimetastatic efficacy of silibinin: molecular mechanisms and therapeutic potential against cancer" *Cancer Metastasis Rev*;29:447–63
- 24-Siegel AB, Stebbing J.(2013) "Milk thistle: early seeds of potential" *Lancet Oncol* ;14:929–30
- 25-N. Shirai, H. Suzuki, R. Shimizu,(2002)"Fatty acid composition of oil extracted from the fat sack of the Erabu sea snake *Laticauda semifasciata* in the Pacific Ocean and South China Sea" *Fisheries Sci.*, 68 , pp. 239-240
- 27-Ferreira, F.S., Silva, N.L.G., Matias, E.F.F., Brito, S.V., Oliveira, F.G., Costa, J.G.M., Coutinho, H.D.M., Almeida, W.O., Alves, R.R.N., (2011) "Potentiation of aminoglycoside antibiotic activity using the body fat from the snake *Boa constrictor* Revista. Brasileira", *Farmacognosia*. 21, 503–509
- 28- Mukherjee S., Gomes A. , Dasgupta S.,(2017) "Zoo Therapeutic uses of Snake Body Parts in Folk & Traditional Medicine", *Journal of Zoological Research* Volume 1, Issue 1, PP 1-9
- 29- PaiJakribettu R.,<sup>1</sup>Bolloor R.,<sup>1</sup>Bhat H.,<sup>2</sup>Thaliath A.,<sup>3</sup>Haniadka R.,<sup>3</sup>RaiM.,<sup>3</sup>GeorgeT.,<sup>3</sup> Baliga M.,<sup>3</sup> (2016)"Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Oils, Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety", Pages 447-454, Pages 447-454
- 30- Tyler V E. (1993)" The honest herbal 3 rd edition", New York; Pharmaceutical Products Press: 147-8
- 31- Duke J A. (2002)" Handbook of medicinal herbs Boca Raton", CRC Press : 327-9



**DÜŞÜK DOZ TİROFİBAN'A BAĞLI GELİŞEN CİDDİ TROMBOSİTOPENİ**  
**SEVERE THROMBOCYTOPENIA ASSOCIATED WITH LOW DOSE OF INTRACORONARY**  
**TİROFİBAN****Yaşar TURAN**Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Bölümü, yasar044@yahoo.com  
(Sorumlu Yazar)**ÖZET**

**GİRİŞ:** Bir glikoprotein IIb/IIIa inhibitörü olan tirofiban, miyokard infarktüsü vakalarında, trombosit agregasyonunun ve trombus oluşumunun önlenmesinde kullanılır. Tirofiban nadiren, ilaca bağımlı antikorlar vasıtasıyla, hafif veya orta dereceli trombositopeniye sebep olabilir. Rutin tirofiban dozu ile şiddetli trombositopeni (trombosit sayısı  $<50 \times 10^9/L$ ) ise oldukça (% 0.2) nadirdir. Burada, tirofibanın sadece başlangıç dozundan sonra görülen ciddi trombositopeni vakası sunulacaktır.

**VAKA:** 74 yaşında erkek hasta NSTEMI tanısı ile kliniğimize başvurdu. Allerjik reaksiyon hikayesi yoktu. Başvuru sırasında, vital bulgular ve fizik muayene normaldi. Koroner anjiyografi öncesi 300 mg aspirin ve 600 mg klopidogrel ve enoksaparin uygulandı. Anjiyografide, LAD'de % 85'lik darlık izlendi. Predilatasyondan sonra, intrakoronar yoldan, 10  $\mu g/kg$  dozunda tirofiban uygulandı. LAD'ye ilaç kaplı stent implante edildi. İdame dozu henüz başlanmadan, hastanın mide bulantısı, karın ağrısı ve titreme şikayetleri başladı. Allerjik reaksiyon şüphesi nedeniyle, tüm ilaçlar kesildi ve bu yönde tedaviye derhal başlandı. Tedaviden sonra hastanın şikayetlerinde belirgin düzelme gözlemlendi. Hasta günün geri kalanında rahattı, şikayetleri tekrarlamadı. İşlemden 12 saat sonra, kontrol hemogramda, trombosit sayısı önce  $16 \times 10^9/L$ , 1 saat sonra ise  $9 \times 10^9/L$  olarak ölçüldü. Şiddetli trombositopeni tespit edilen hastanın sternum çevresinde, ellerde ve bacaklarda peteşi ve ekimoz alanları gözlemlendi (Şekil 1). Periferik yaymada da, trombosit kümeleşmesi olmadığı görüldü (Şekil 2). Antiplatelet ve antikoagulan ilaçlar derhal kesildi. Hastaya 4 ünite platelet transfüzyonu yapıldı. Kanama ve önemli komplikasyon görülmedi. Trombosit sayısı transfüzyondan sonra  $46 \times 10^9 / L$ 'ye, ertesi gün  $55 \times 10^9 / L$ 'ye yükseldi ve takipte tedavisiz olarak yükselmeye devam etti.

**SONUÇ:** Çok düşük dozda tirofiban'a bağlı olarak gelişen ciddi trombositopeni vakasını sunduk. Bu vaka, çok düşük dozda tirofiban ile dahi hayatı tehdit eden ciddi trombositopeni gelişebileceğini ve bu konuda klinisyenlerin çok dikkatli olması gerektiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tirofiban, Trombositopeni, , Miyokard İnfarktüsü

**ABSTRACT**

**INTRODUCTION:** Tirofiban, a glycoprotein IIb/IIIa inhibitor, is used in the treatment of myocardial infarction and prevent platelet aggregation and thrombus formation. Tirofiban may be rarely associated with mild or moderate thrombocytopenia possibly via drug-dependent antibodies. Severe thrombocytopenia (platelet count,  $<50 \times 10^9/L$ ) is distinctly rare, with an incidence of 0.2%, with routine dose of tirofiban. Herein, we report a case of tirofiban-induced severe thrombocytopenia after the administration of only the initial dose of tirofiban.

**CASE:** A 74-years-old male patient was admitted to our department with diagnosis of NSTEMI. He had no allergic reaction or adverse event history. On admission, vital signs and physical examination were unremarkable. 300 mg aspirin, 600 mg clopidogrel and enoxaparin was administered before coronary angiography.

The angiography showed a 85% thrombosed occlusion of LAD. After predilatation, tirofiban via intracoronary route at a dose of 10  $\mu g/kg$  was administered. A drug eluted stent was implanted to LAD immediately. Before the maintenance dose, he had complaints of nausea, abdominal pain and chills. Due to suspicion of allergic reaction, all the medications were discontinued and treatment started immediately. A marked improvement was observed in the patient, after the treatment. The patient was stable on the rest of the day. Twelve hours after PCI, the control hemogram showed severe thrombocytopenia with a platelet count of  $16 \times 10^9/L$ , declining to  $9 \times 10^9/L$  1 hour later, upon repeat

testing. Areas of petechiae and ecchymoses were observed around the sternum, on hands and legs (Figure-1). Review of the peripheral smear of blood sample confirmed the lack of platelets with no clumping (Figure-2).

**CONCLUSION:** We present a case of severe thrombocytopenia as a result of a very low dose tirofiban administration. This case emphasizes the importance of awareness of the life threatening thrombocytopenia associated with even very low dose of tirofiban use.

**Keywords:** Tirofiban, Thrombocytopenia, Myocardial Infarction

## 1. INTRODUCTION

Glycoprotein IIb/IIIa inhibitors (GPI) are frequently used for the treatment of acute coronary syndromes and percutaneous coronary interventions to prevent platelet aggregation and thrombus formation (1). Tirofiban, a specific and nonpeptide GPI, competitively inhibits the platelet fibrinogen receptor and may lead to thrombocytopenia. The mechanism is thought to be drug-dependent antibodies (2). In most cases, the thrombocytopenia is mild or moderate in severity. Severe thrombocytopenia (platelet count,  $<50 \times 10^9/L$ ) is extremely rare, with an incidence of 0.2% to 0.5% (3). Herein, we report a case of tirofiban-induced severe thrombocytopenia after the administration of the initial dose of tirofiban.

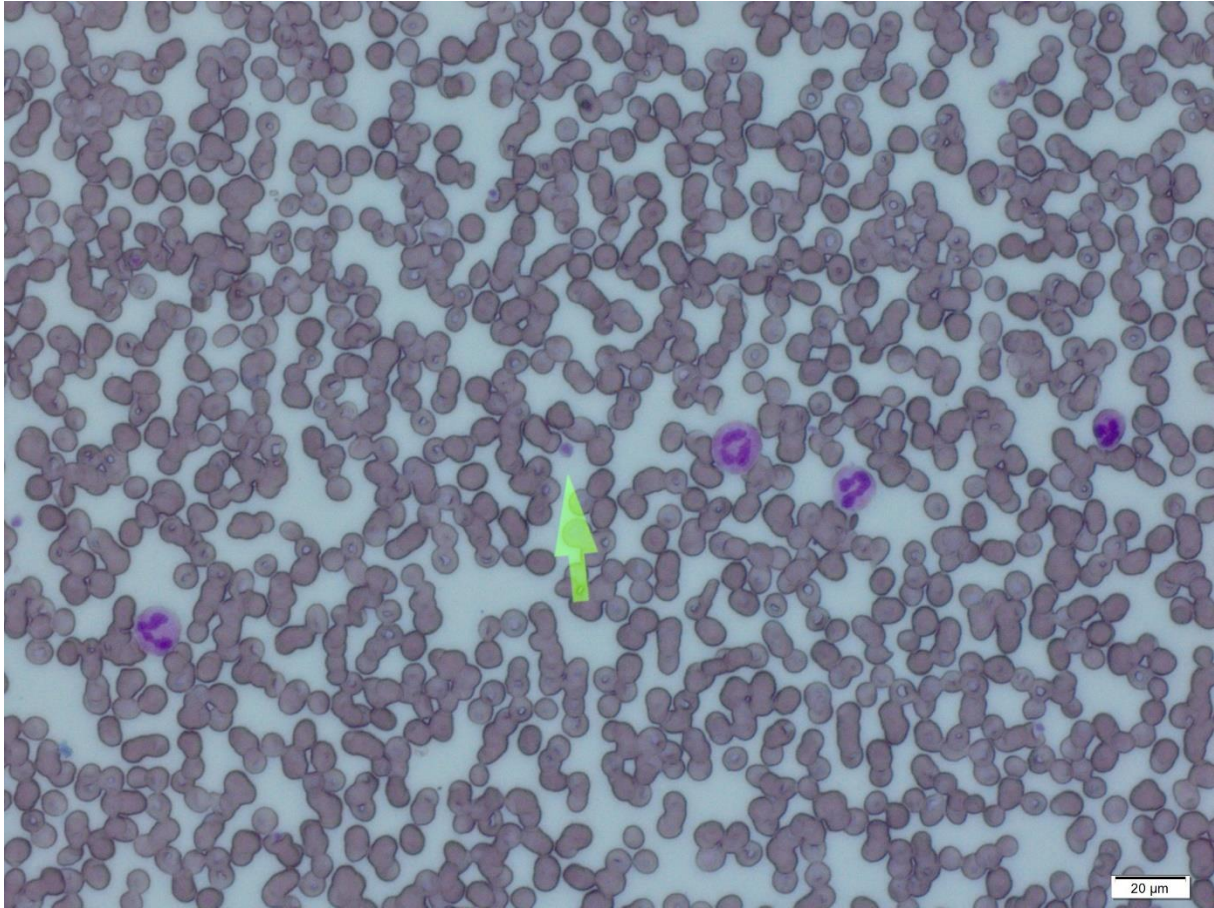
## 2. CASE

A 74-years-old male patient was admitted to the emergency department with a complaint of chest pain. He had a history of coronary heart disease and coronary stenting 1 year ago. He had no allergic reaction or adverse event history in his prior PCI. On admission, vital signs were unremarkable, blood pressure was 130/80, pulse was 75/min and respiratory rate was 16/min. Physical examination revealed normal heart sounds and clear lung fields. The electrocardiogram revealed sinus rhythm without sign of myocardial ischemia, and myocardial laboratory markers were positive. The patient was scheduled for coronary angiography with the diagnosis of non-ST-segment elevation myocardial infarction (NSTEMI) after pretreatment with aspirin, clopidogrel and enoxaparin (0.3 mg/kg IV followed by subcutaneous treatment). The angiography showed 85% occlusion of left anterior descending coronary artery (LAD) mid segment. After predilatation, tirofiban via intracoronary route at a dose of 10  $\mu g/kg$  was administered and a 2.75x16 mm drug eluted Cre8 stent (CID, Saluggia, Italy) was implanted to LAD. An optimal result was obtained. The patient was taken to the intensive care unit rapidly. A combination therapy of aspirin, clopidogrel, enoxaparin, and tirofiban infusion (intravenous infusion at 0.15  $\mu g/kg/min$ ) was planned for the patient. After a few minutes, before the maintenance dose of tirofiban, the patient had the complaints of nausea, abdominal pain, chills and tremor. Due to suspicion of allergic reaction, all the medications were discontinued immediately. A contrast-induced reaction was thought and he was administered 2 ml of pheniramine maleate and 40 mg of methylprednisolone intravenously and mask ventilation was started. A marked improvement was observed in the patient, after the treatment. He had no prior treatment history with tirofiban, therefore tirofiban terminated while other medications were continued. The patient was stable on the rest of the day. Before the intervention, his platelet count was  $200 \times 10^9/L$ . Twelve hours after PCI, the control hemogram showed severe thrombocytopenia with a platelet count of  $16 \times 10^9/L$ , declining to  $9 \times 10^9/L$  1 hour later, upon repeat testing. Areas of petechiae and ecchymoses were observed around the sternum, on hands and legs (Figure 1). Review of the peripheral smear of blood sample confirmed the lack of platelets with no clumping (Figure 2). The antiplatelet drugs and enoxaparin were immediately stopped, and the patient was transfused with 4 units of platelets. No major bleeding complication was occurred, and the platelet count increased to  $46 \times 10^9/L$  after the transfusion, to  $55 \times 10^9/L$  on the next day and continued to improve. The patient did demonstrate neither any evidence of bleeding related adverse events, nor hemodynamic instability and he was discharged on the 5th day with the treatment of aspirin 100 mg, clopidogrel 75 mg, metoprolol 50 mg, ramipril 2.5 mg, and atorvastatin 20 mg once daily. His platelet count was  $299 \times 10^9/L$  on the 10th day control.



**Figure 1:** Petechiae and ecchymoses on the sternum and hand.





**Figure 2:** Blood smear from the patient at 12 hours after PCI shows true thrombocytopenia.

### 3. DISCUSSION

In current clinical practice, glycoprotein IIb/IIIa inhibitors are widely used in acute coronary syndrome, particularly during PCI. There are three intravenously used GPI (abciximab, tirofiban, and eptifibatide). Acute severe thrombocytopenia after tirofiban administration is extremely rare (4). In the majority of cases, thrombocytopenia is mild; however, in some cases, the significant decrease in platelet count may be life-threatening (5). In some cases, patients with GPI induced thrombocytopenia may have bleeding and may require platelet transfusion.

Although thrombocytopenia is a known complication of GPI infusion, the exact mechanism is unclear. Acute thrombocytopenia following tirofiban or eptifibatide treatment may result from drug-induced antibodies induced by prior exposure to the drug. In some patients, these antibodies may occur naturally, although there is no prior drug exposure (2). In such cases, GPI induced thrombocytopenia may be observed on 1st administration of the drug.

The case we present here is unusual because the symptoms of allergic reaction, such as nausea, abdominal pain, chills and tremor appeared very quickly only after the initial dose of tirofiban. In addition, despite very low doses of tirofiban, a very profound thrombocytopenia has been encountered ( $9 \times 10^9/L$ ). Tirofiban induced early thrombocytopenia was reported previously (6, 7). However, to our knowledge, there is no case of such early and serious symptoms with such a small dose of tirofiban. There are different patterns of GPI-induced thrombocytopenia and the clinical features of our case may be compatible with anaphylactic type.

In most cases, thrombocytopenia is usually transitory and self-limited. In some cases, platelet transfusions may be required. Nonetheless, in prolonged or severe cases, intravenous immunoglobulin G and corticosteroids can be used (3, 8). In this case, 2 ml of pheniramine maleate and 40 mg of methylprednisolone intravenously were used to treat the anaphylactic reaction. The patient had a previous CAD diagnosis. He had no history of contrast-induced reaction. He was already taking all drugs

except tirofiban and enoxaparin. After discontinuation of tirofiban, other drugs and enoxaparin were continued at the same doses. There was no allergic response again. After discharge, a contrast tomography was scheduled by another clinic in the follow-up. Contrast-induced allergic reaction was not observed during this procedure. Therefore, we think that this allergic reaction was due to tirofiban.

#### **4. CONCLUSION**

We present a case of severe thrombocytopenia as a result of a very low dose tirofiban administration.. In severe cases, intravenous corticosteroids for anaphylactic symptoms and platelet transfusions for worsening thrombocytopenia may be helpful. This case emphasizes the importance of awareness of the life threatening thrombocytopenia associated with even low dose of tirofiban use.

#### **5. REFERENCES**

1. Bosch X, Marrugat J, Sanchis J. Platelet glycoprotein IIb/IIIa blockers during percutaneous coronary intervention and as the initial medical treatment of non-ST segment elevation acute coronary syndromes. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2013(11):Cd002130.
2. Aster RH, Curtis BR, Bougie DW, Dunkley S, Greinacher A, Warkentin TE, et al. Thrombocytopenia associated with the use of GPIIb/IIIa inhibitors: position paper of the ISTH working group on thrombocytopenia and GPIIb/IIIa inhibitors. *Journal of thrombosis and haemostasis : JTH*. 2006;4(3):678-9.
3. Huxtable LM, Tafreshi MJ, Rakkar AN. Frequency and management of thrombocytopenia with the glycoprotein IIb/IIIa receptor antagonists. *The American journal of cardiology*. 2006;97(3):426-9.
4. Effects of platelet glycoprotein IIb/IIIa blockade with tirofiban on adverse cardiac events in patients with unstable angina or acute myocardial infarction undergoing coronary angioplasty. The RESTORE Investigators. *Randomized Efficacy Study of Tirofiban for Outcomes and REstenosis*. *Circulation*. 1997;96(5):1445-53.
5. Brown DL. Deaths associated with platelet glycoprotein IIb/IIIa inhibitor treatment. *Heart (British Cardiac Society)*. 2003;89(5):535-7.
6. Rahman N, Jafary FH. Vanishing platelets: rapid and extreme tirofiban-induced thrombocytopenia after percutaneous coronary intervention for acute myocardial infarction. *Texas Heart Institute journal*. 2010;37(1):109-12.
7. Demirkan B, Guray Y, Guray U, Korkmaz S. Differential diagnosis and management of acute profound thrombocytopenia by tirofiban: a case report. *Journal of thrombosis and thrombolysis*. 2006;22(1):77-8.
8. Clofent-Sanchez G, Harizi H, Nurden A, Coste P, Jais C, Nurden P. A case of profound and prolonged tirofiban-induced thrombocytopenia and its correction by intravenous immunoglobulin G. *Journal of thrombosis and haemostasis : JTH*. 2007;5(5):1068-70.



**DİPPER VE NON-DİPPER HİPERTANSİYONLU HASTALARDA NÖTROFİL/LENFOSİT  
VE PLATELET/ LENFOSİT ORANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**  
COMPARISON OF NEUTROPHIL/LYMPHOCYTE AND PLATELET/LYMPHOCYTE RATIO IN  
PATIENTS WITH DIPPER HYPERTENSION AND NON-DIPPER HYPERTENSION**Yaşar TURAN**

Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Vahit DEMİR**

Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Bölümü

**ÖZET**

**Amaç:** Hipertansiyon (HT), toplumda sık görülür ve ölümcül komplikasyonlara neden olur. 24-saatlik ambulatuar kan basıncı izlenmesi (AKBİ) ile gündüz ve uyku esnasındaki kan basıncı değişkenliği saptanabilir. Uyku sırasında tansiyon değerlerinde fizyolojik düşüş izlenmemesine non-dipper kan basıncı yanıtı denir. Non-dipper kan basıncının uç organ hasarı ve kardiyovasküler komplikasyonlarla ilişkili olduğu çalışmalarda gösterilmiştir. Nötrofil/lenfosit oranı (NLR) ve platelet/ lenfosit oranı (PLR) ise bazı kardiyovasküler hastalıklar ve komplikasyonları ile yakından ilişkili bulunmuştur. Fakat, non-dipper ve dipper hasta grupları ile NLR ve PLR arasındaki ilişkiyi inceleyen veri kısıtlıdır. Bu çalışmada, HT öntanısı ile AKBİ ile değerlendirilen hastalarda non-dipper kan basıncı ile NLR ve PLR arasında ilişki olup olmadığı araştırılmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmamız retrospektif olarak dizayn edildi. HT öntanısı ile AKBİ uygulanan 110 hasta çalışmaya alındı. Non-dipper ve dipper hasta grupları 24 saatlik AKBİ'ye göre belirlendi. Çalışmaya katılanların biyokimya ve tam kan sayımı sonuçları ile tıbbi verileri geriye dönük olarak incelendi. NLR tam kan sayımında nötrofil sayısının lenfosit sayısına bölünmesi ile PLR platelet sayısının lenfosit sayısına bölünmesi ile elde edildi.

**Bulgular:** Nötrofil-lenfosit oranı (NLR) non-dipper HT grupta  $2.32 \pm 0.99$  iken dipper HT grubunda  $1.89 \pm 0.89$  olarak ölçüldü ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.020$ ) (Tablo 1). PLR her iki grupta benzer düzeydeydi ve istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p=0.104$ ). Diğer demografik, klinik ve laboratuvar parametreler iki grup arasında benzerdi ( $p \geq 0.05$ ).

**Sonuç:** Bu çalışmada, non-dipper kan basıncı olan hastalarda nötrofil-lenfosit oranının dipper kan basıncı yanıtı olan bireylere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Non-dipper kan basıncı olanlarda olmayanlara göre mortalitenin daha yüksek olduğu bilinmektedir. HT hastalarının prognoz ve tedavi takipinde; NLR alternatif bir parametre olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Non-Dipper Hipertansiyon, Nötrofil/Lenfosit Oranı, Platelet/Lenfosit Oranı.

**ABSTRACT**

**Objective:** Hypertension (HT) is a common disease and causes fatal complications. 24-hour ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) can detect blood pressure variability during daytime and sleep. Insufficient physiological decrease in blood pressure during sleep is called non-dipper blood pressure response. Non-dipper blood pressure has been shown to be associated with end-organ damage and cardiovascular complications. Neutrophil / lymphocyte ratio (NLR) and platelet / lymphocyte ratio (PLR) are closely related to the cardiovascular diseases and complications. However, there is limited data on the relationship between NLR and PLR with non-dipper and dipper patient groups. In this study, we investigated whether there was a relationship between NLR and PLR and non-dipper blood pressure response in patients evaluated with ABPM with suspicion of HT.

**Materials and Methods:** Our study was designed retrospectively. 110 patients who underwent ABPM with the suspicion of HT were included in the study. Non-dipper and dipper patient groups were determined according to 24-hour ABPM. Biochemistry and complete blood count results and medical data of the participants were analyzed retrospectively. NLR was obtained by dividing neutrophil count by lymphocyte count and PLR by dividing platelet count by lymphocyte count.

**Results:** The neutrophil-lymphocyte ratio (NLR) was  $2.32 \pm 0.99$  in the non-dipper HT group and  $1.89 \pm 0.89$  in the dipper HT group, and the difference was statistically significant ( $p = 0.020$ ) (Table 1). PLR was similar in both groups and there was no statistically significant difference ( $p = 0.104$ ). Other demographic, clinical and laboratory parameters were similar between the two groups ( $p \geq 0.05$  for all).

**Conclusion:** In this study, neutrophil-lymphocyte ratio was found to be higher in patients with non-dipper blood pressure than in individuals with dipper blood pressure response. It is known that mortality is higher in patients with non-dipper blood pressure than those without. In the prognosis and treatment follow-up of HT patients; NLR can be considered as an alternative parameter.

**Keywords:** Non-Dipper Hypertension, Neutrophil / Lymphocyte Ratio, Platelet / Lymphocyte Ratio.

## 1.GİRİŞ

Hipertansiyon (HT) çağımızın en sık görülen kronik hastalıklardan birisidir. HT; kalp hastalıkları, inme, böbrek hastalığı, erken ölüm ve organ hasarı gibi durumlara neden olarak sağlık alanında önemli bir yük oluşturmaktadır. Bununla birlikte hipertansiyon önlenebilir ve tedavi edilebilir bir hastalıktır. HT komplikasyonları dünyada her yıl 9.4 milyon ölüme neden olmaktadır. Kalp hastalıklarına bağlı ölümlerin %45'inden, inmeye bağlı ölümlerin %51'inden hipertansiyon sorumludur. Erişkinde hipertansiyon prevalansı %35–46 arasında olduğu bildirilmektedir (1). HT prevalansının yüksekliğinin toplumlarda yaşlı nüfusun artışı, obezitenin artışı ve diyetle tuz alımının fazlalığı ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Hipertansiyon tanısı ve tedavisinin yeterliliğinin değerlendirilmesinde 24 saatlik ambulatuvar kan basıncı izlenmesi (AKBİ) altın standarttır. AKBİ sonucunda 24 saatlik ortalama kan basıncı değerleri, gece ve gündüz ortalama kan basıncı değerleri ve hastanın dipper/nondipper özelliklerine göre tedavi yönlendirilir. Normotansif veya komplike olmayan HT'li kişilerde sistolik (SKB) ve diyastolik kan basıncı (DKB) gece uykusu sırasında en düşük seviyelere iner, en yüksek değere sabah ulaşır. Kan basıncının uyku süresi boyunca gündüz ölçümlerine göre %10'dan fazla azalması sirkadiyen değişimin olduğunu gösterir. Bu günlük değişimin bulunması normal bir bulgu olan dipper kan basıncı paterni olarak tanımlanırken, olmaması ise non-dipper olarak tanımlanır (1,2).

Enflamasyonun en temel hücrelerinden beyaz küre sayısı ve onun alt tipleri kardiyovasküler hastalıklarda istenmeyen olaylardan sorumlu tutulmakta ve inflamasyon belirteci olarak kullanılmaktadır. Nötrofil lenfosit oranı (NLR) ve platelet/ lenfosit oranı (PLR) günümüzde yeni kullanılan kardiyovasküler risk belirteçleridir (3). Tam kan sayımından mutlak nötrofil sayısının, mutlak lenfosit sayısına bölünmesiyle NLR, platelet sayısının lenfosit sayısına bölünmesiyle PLR kolayca hesaplanabilmektedir. NLR'nin kardiyovasküler istenmeyen olaylar, akut koroner sendrom, kalp yetersizliği ile olan güçlü birlikteliğinin yanı sıra, hipertansiyonun farklı evreleri ve komplikasyonları ile yakından ilişkili olduğuna dair veriler mevcuttur (4). AKBİ yapılarak yeni tanı konulmuş hipertansiyon hastalarında hipertansiyon paternleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Ayrıca AKBİ tedavinin yoğunluğunu belirlemeye yardımcı olur. Bu çalışmada AKB ile yeni tanı konulmuş hipertansiyon hastalarında NLR ve PLR ilişkisini değerlendirmeyi amaçladık.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Hasta grubu ve çalışma tasarımı

Çalışmamız retrospektif olarak dizayn edildi. Yozgat Bozok Üniversitesi, Tıp fakültesi kardiyoloji polikliniğinde 2018-2019 yılları arasında yeni tanı HT nedeniyle AKBİ uygulanan ardışık 110 hasta çalışmaya alındı. Sekonder HT, gebelikte veya gebeliğin indüklediği HT çalışma dışı bırakıldı. Eski tanı HT veya antihipertansif tedavi kullananlar çalışmaya alınmadı. Ambulatuvar kan basıncı ölçümü değerlendirmesi, osilometrik Mobil-O-Graph (IEM, Stolberg, Germany) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Standart cihaz ayarları tüm hastalar için 08.00-23:00 gündüz, 23:00-08:00 gece olarak ayarlandı, gündüz dönem için 30 dakikada bir, gece dönemi için saatte bir kan basıncı ölçümü otomatik olarak cihaz tarafından yapılmıştır. Hipertansif hasta grubu, AKBİ'ye göre; gündüz ortalama sistolik kan basıncına göre, gece ortalama sistolik kan basıncı %10 veya daha fazla düşenler dipper HT gece kan basıncı düşüşü %10'dan daha az olanlar non-dipper HT olacak şekilde iki gruba ayrıldı. Çalışmaya katılanların biyokimya ve tam kan sayımı sonuçları ile tıbbi verileri geriye dönük olarak incelendi. Tam kan sayımları hastanemiz laboratuvarında kan örneği alımını takip eden 45 dakika içerisinde analiz edilmiştir. Biyokimyasal tetkikler için alınan venöz kan örneği 3000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Biyokimyasal analizler Abbott CI-8200 (İlionis, ABD) marka cihazda yapılırken tam kan

sayımı Sysmex XN-1000 (Tokyo, Japonya) marka cihazda yapılmıştır. NLR tam kan sayımında nötrofil sayısının lenfosit sayısına bölünmesi ile PLR platelet sayısının lenfosit sayısına bölünmesi ile elde edildi.

## 2.2. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel değerlendirmesinde SPSS 18.0 ( SPSS Inc, Chicago, IL, USA) analiz programı kullanıldı. Kolmogorov-Smirnov testi ile değişkenlerin normal dağılımı değerlendirildi. Normal dağılım gösteren kontrol ve hasta grubunun değerleri ortalama + SD şeklinde gösterildi ve Independent Student-t testiyle gruplar arasındaki fark değerlendirildi. Değişkenler arasındaki korelasyona Spearman korelasyon testiyle bakıldı.  $p < 0,05$  seviyesi istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 3. BULGULAR

Dipper grubunda 60 (26 erkek, 34 kadın), non-dipper grubunda 50 (22 erkek, 28 kadın) kişi bulunmaktaydı. Cinsiyet bakımından iki grup arasında anlamlı farklılık yoktu ( $p=0.944$ ). Dipper grubunun yaş ortalaması  $48.9 \pm 5.1$  iken non-dipper grubunda ise  $49.3 \pm 4.4$  idi. Yaş ortalaması açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu. Diğer demografik, klinik ve laboratuvar parametreler iki grup arasında benzerdi ( $p \geq 0.05$ ). Nötrofil-lenfosit oranı (NLR) non-dipper HT grupta  $2.32 \pm 0.99$  iken dipper HT grubunda  $1.89 \pm 0.89$  olarak ölçüldü ve fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p=0.020$ ). PLR her iki grupta benzer düzeydeydi ve istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ( $p=0.104$ ), (Tablo 1).

**Tablo 1. Çalışma grubunun demografik özellikleri ve laboratuvar sonuçları**

	Dipper n:60	Non-dipper n:50	P
Yaş (yıl)	48.9±5.1	49.3±4.4	0.625
Cinsiyet (E/K)	26/34	22/28	0.944
Boy (cm)	163.5±8.8	162.5±8.5	0.559
Kilo (kg)	83.9±14.6	83.2±13.5	0.773
Vücut Kitle indeksi (kg/m <sup>2</sup> )	31.8±5.6	31.6±4.9	0.817
Diyabetes mellitus (%)	32	36	0.632
Sigara (%)	23	24	0.868
Sistolik KB Gündüz (mmHg)	136.8±9.1	137.6±13.9	0.722
Diyastolik KB Gündüz (mmHg)	82.2±7.5	83.2±8.8	0.520
Sistolik KB Gece (mmHg)	121.3±9.8	128.2±12.7	<b>0.002</b>
Diyastolik gece (mmHg)	72.2±7.4	76.6±10.6	<b>0.012</b>
Glukoz (mg/dL)	129.8±40.9	132.7±53.3	0.749
Kreatinin (mg/dL)	0.79±0.12	0.82±0.14	0.361
Total kolesterol (mg/dL)	200.9±38.6	208.5±41.0	0.317
Trigliserit (mg/dL)	168.2±92.1	179.3±54.4	0.452
LDL (mg/dL)	123.2±31.8	128.3±39.5	0.456
HDL (mg/dL)	45.9±8.6	43.3±6.1	0.075
Nötrofil sayısı	4.58±2.0	5.15±1.5	0.103
Lenfosit sayısı	2.5±0.5	2.3±0.6	0.200
Monosit sayısı	0.51±0.13	0.56±0.16	0.106
Platelet sayısı	277.9±63.3	280±58.8	0.828
Nötrofil/lenfosit	1.89±0.89	2.32±0.99	<b>0.020</b>
Platelet/lenfosit	115.8±30.7	129.5±55.2	0.104

**KB:** kan basıncı, **LDL:** düşük yoğunluklu lipoprotein, **HDL:** yüksek yoğunluklu lipoprotein

## 4. TARTIŞMA

Hipertansiyon önemli bir halk sağlığı sorunudur. Sistemik arteriyel hipertansiyon, kan basıncının sistolik  $\geq 140$  mmHg ve/veya diyastolik  $\geq 90$  mmHg olması olarak tanımlanır. Yaşla birlikte görülme sıklığı artar. Ateroskleroz için bilinen en önemli risk faktörüdür. HT; kalp, göz, beyin, böbrek ve vasküler yapılar üzerinde olumsuz etkilere yol açarak morbitide ve mortaliteye neden olurlar (2). HT sinsi bir hastalıktır. Organ hasarı yapana kadar asemptomatik seyreder. HT erken tanı ve risk sınıflaması bu yüzden önemlidir. AKBİ ile gece ve gündüz arteriyel kan basıncı farkları saptanabilir. Uyku esnasında yeterli düzeyde düşüş olmaması artmış kardiyovasküler riskle ilişkilidir. Yani non-dipper HT, dipper HT olanlara göre daha risklidir (1, 5). Son yıllarda hematolojik parametrelerle kardiyovasküler

hastalıklar ve risk faktörleri arasındaki ilişkiyi araştıran çok sayıda çalışma yayınlanmıştır (4). Bizde çalışmamızda dipper HT ile non-dipper HT arasında hematolojik parametreler olan NLR ve PLR değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek istedik. Non-dipper HT grubunda, dipper HT grubuna göre istatistiksel olarak daha yüksek NLR düzeyi tespit ettik. PLR düzeylerinde ise anlamlı bir fark saptamadık. Oysa NLR ve PLR gibi indeksler akut koroner sendrom (6), diyabetes mellitus (7), obstrüktif uyku apnesi (3) gibi hastalıkların prognostik takibinde anlamlı bulunmuştur. NLR, özellikle akut koroner sendromlu hastaların yer aldığı çalışmalarda kullanılmış ve kardiyovasküler olayları öngörmeye değeri olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada akut inferior miyokard enfarktüsü geçiren hastalarda NLR'nin sağ ventrikül disfonksiyonunu öngörmeye değeri olduğunu göstermişlerdir (8). Kim ve arkadaşları tarafından yapılan uzun dönem takip çalışmasında, NLR'nin perkütan koroner girişim sonrası uzun dönem mortaliteyi öngördürücü değeri olduğu vurgulanmıştır (9). Ayrıca kalp yetmezliğinde, uyku apne sendromunda ve olarak akut pulmoner embolide mortalite ve prognozla ilişkili bilgiler verdiğini belirten çalışmalar vardır (10-12)). Literatürde yeni tanı non-dipper HT hastalarıyla dipper HT bireylerin karşılaştırıldığı çalışma sayısı azdır. Bu çalışmalardan birinde non-dipper hipertansif hastalarla normotansif hastalar karşılaştırılmıştır ve en yüksek NLR oranının non-dipper hipertansif olan hastalarda olduğu saptanmıştır (13). Bizim çalışmamızda non-dipper hipertansif hastalarla dipper HT ile karşılaştırıldı ve en yüksek NLR değerinin non-dipper hipertansif olan hastalarda olduğu görüldü. Non-dipper HT grubunda subklinik bir inflamasyon artışı bu durumu tetikleyebilir. Nötrofiller immün sistemin savunmadaki öncül hücreleridir ve kemik iliğinde sentezlenir. Savunmada ürettiği antimikrobiyal ajanlar dışında birçok sitokin, kemokin ve büyüme faktörünün sentezinden sorumlu olduğu bulunmuştur (14). Enflamasyon vasküler endotel hasarına ve vasküler yeniden şekillenmeye sebep olarak vazokonstriksiyon ve vazodilatasyon arasındaki dengenin bozulmasına sebep olarak hipertansiyon gelişmesine ve ilerlemesine katkıda bulunmaktadır (15). Nötrofiller bu bağlantıda anahtar görevde olup, enflamasyonun başlamasında, ilerlemesinde ve durdurulmasında rol almaktadır (5). Bu veriler non-dipper HT olan bireylerde artmış enflamasyon ve özellikle de nötrofil hücrelerin etyolojide yer alabileceğini bizlere düşündürmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dipper HT grubuna göre non-dipper HT grubunda NLR daha yüksek saptanmıştır. HT gibi birçok organı etkileyen hastalıklarda, hastalık şiddet seviyesinin belirlenmesinde NLR kolay hesaplanan düşük maliyetli ve umut vadeden bir parametredir. Bu çalışma gelecekte yapılacak çalışmalara yol gösterici olabilir ve HT prognozunun belirlenmesinde daha özgül parametreler geliştirilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*. 2018;1;39(33):3021-3104.
2. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, et al. The seventh report of the joint committee on prevention, detection, evaluation and treatment of high blood pressure: The JNC/report. *JAMA*; 2003, 289: 2560-72.
3. Günbatar H, Ekin S, Sünnetçioğlu A, et al. The relationship between neutrophil-to-lymphocyte ratio and platelet-to-lymphocyte ratio in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Dicle Med J* 2015;42:289-293.
4. Afari ME, Bhat T. Neutrophil to lymphocyte ratio (NLR) and cardiovascular diseases: an update. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2016;14(5):573-7.
5. Weber C, Noels H. Atherosclerosis: current pathogenesis and therapeutic options. *Nat Med* 2011;17:1410-22.
6. Tamhane UU, Aneja S, Montgomery D, et al. Association between admission neutrophil to lymphocyte ratio and outcomes in patients with acute coronary syndrome. *Am J Cardiol* 2008;102:653-657.
7. Ozturk ZA, Kuyumcu ME, Yesil Y, et al. Is there a link between neutrophil-lymphocyte ratio and microvascular complications in geriatric diabetic patients? *J Endocrinol Invest* 2013;36:593-599.
8. Yaylak B, Ede H, Baysal E, et al. Neutrophil/lymphocyte ratio is associated with right ventricular dysfunction in patients with acute inferior ST-segment elevation myocardial infarction. *Cardiol J*. 2016;23(1):100-6.

9. Kim SC, Sun KH, Choi DH, et al. Prediction of Long-Term Mortality Based on Neutrophil-Lymphocyte Ratio After Percutaneous Coronary Intervention. *Am J Med Sci.* 2016;351(5):467-72.
10. Uygur F, Tanriverdi H, Aktop Z, et al. The neutrophil-to-lymphocyte ratio in patients with obstructive sleep apnoea syndrome and its relationship with cardiovascular disease. *Heart Lung.* 2016;45(2):121-5.
11. Dentali F, Conte G, Guasti L. Neutrophil-to-lymphocyte ratio: a new prognostic factor even in patients with heart failure. *Pol Arch Med Wewn.* 2016;126(3):116-7.
12. Soylu K, Gedikli Ö, Ekşi A, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio for the assessment of hospital mortality in patients with acute pulmonary embolism. *Arch Med Sci.* 2016;12(1):95-100.
13. Kılıçaslan B, Dursun H, Kaymak S, et al. The relationship between neutrophil to lymphocyte ratio and blood pressure variability in hypertensive and normotensive subjects. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2015;43(1):18-24.
14. Mantovani A, Cassatella MA, Costantini C, et al. Neutrophils in the activation and regulation of innate and adaptive immunity. *Nat Rev Immunol* 2011;11:519-531.
15. Nosalski R, McGinnigle E, Siedlinski M, Guzik TJ. Novel Immune Mechanisms in Hypertension and Cardiovascular Risk. *Curr Cardiovasc Risk Rep* 2017;11:12.



**PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SHIKONIN DERIVATIVE WHICH IS PRODUCED FROM *Echium italicum* L. HAIRY ROOTS****Melike TEPE**

Ph. D. Candidate, Gebze Technical University, Institute of Sciences, Molecular Biology and Genetics,

**Devrim ATILLA**

Prof. Dr., Gebze Technical University, Faculty of Fundamental Sciences, Department of Chemistry,

(Corresponding Author)

**Yelda ÖZDEN ÇİFTÇİ**

Prof. Dr., Gebze Technical University, Faculty of Fundamental Sciences,

Molecular Biology and Genetics

**ABSTRACT**

*Echium italicum* L. that is common in Australia, Europe, Mediterranean, and northwest Iran and in like a Balıkesir, Erzurum, Bingöl cities in Turkey, has zygomorphic flowers and it is an annual or perennial medicinal plant. This plant, exposure the biotic and biotic stresses in nature, they produce secondary metabolites like terpene, alkaloid, phenolic compounds from its hairy roots for adaptation to these conditions. The shikonin is a secondary metabolite that has anti-cancer, anti-bacterial, wound-healing, is used as a coloring agent in the cosmetic and textile industry. In our study, we aimed to produce and characterize of shikonin derivative from *Echium italicum* hairy roots. To understand the content of this plant extract, by thin-layer chromatography (TLC) were applied and then this metabolite was purified and isolated by preparative thin-layer chromatography (p-TLC). For quantitative analysis, this metabolite was characterized by MALDI-TOF mass spectrometry (MS), Ultraviolet-Visible Spectroscopy (UV-Vis), and Fourier Transform Infrared (FT-IR), <sup>13</sup>C ve <sup>1</sup>H nuclear magnetic resonance (NMR) techniques. In the future, biological activities such as antimicrobial and anticancer of this purified shikonin derivative will be investigated.

**Keywords:** 2-methyl-n-butylshikonin, isovaleryl shikonin, *Echium italicum*, secondary metabolite, tissue culture

**INTRODUCTION**

Some results of climate change such as drought, extreme salty, soil without a mineral, accumulation of heavy metal in soil and vitamin make difficult to plants' alive. According to these abiotic and biotic conditions, the plants produce secondary metabolites such as terpenes, alkaloids and phenolic compounds for adaptation to nature. [Pagare et al., 2015; Thirumurugan et al., 2018]. In our study, we used *Echium italicum* L., which is annual or biennial, wild, medicinal plants from Boraginaceae [Al-Snafi, 2017]. Due to the Flora of Turkey and The East Aegean Islands" book, this plant, called as *Echium luteum*, *Echium ramosum*, lives in 30 different cities in Turkey [Edmondson, 1978]. This plant' s hairy root produces 9 shikonin derivatives that have anti-bacterial, antifungal, anti-tumor properties and these metabolites are used as an anti-inflammatory in Macedonian traditional medicines [Albrecht et al., 2009]. In 1922, The shikonin metabolite that is derivative of naphthoquinone, was produced the first time from *Lithospermum erythrorhizon* by Majima and Kuroda. Afterwards, shikonin and derivatives were produced in *Arnebia densiflora* [Erçetin, 2013], *Echium italicum* [Zare et al., 2010], *Lithospermum erythrorhizon* [Tatsumi et al., 2016], *Echium lycopsis* [Fukui et al., 1983; Inouye et al., 1981] in in vitro conditions.

This metabolite is still used in cosmetic and food industry in Europe and South America and it is used in pomade for skin diseases such as burns, hemorrhoids and hairy root extract of *Lithospermum erythrorhizon* is used for dermatitis, bleb and sore throat [Papageorgiou et al., 1999; Andújar et al., 2013a; Fujita et al., 1988; Andujar et al., 2013b]. On the other hand, one study showed that rats with leg edema were treated by dimethyl acryl shikonin, isovaleryl shikonin successfully [Kundakovic et al., 2006]. Furthermore, shikonin at 10 µg/ ml showed a larvacidal effect against *Aedes aegypti* with 100% mortality results [Michaelakis et al., 2009]. Accordingly, we aimed to produce and to characterize the shikonin derivative metabolite obtained from hairy root cultures of *Echium italicum*.

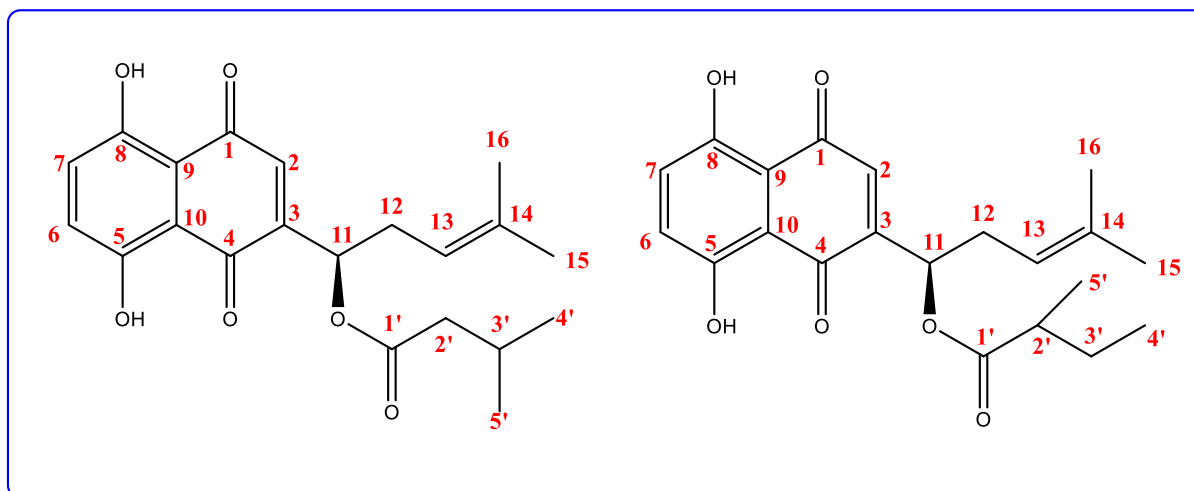


Figure 1. Isovaleryl Shikonin (IVS) ve 2-Methyl-n-butyrylshikonin (MBS) Molecule Structure

## MATERIAL and METHODS

### 2.1.Plants and Chemical Materials

Transgenic hairy root plants were obtained by Dr. Veysel SÜZERER from Bingol University. Shikonin and Alkannin reference substances were bought from Sigma-Aldrich, USA, and acetyl shikonin reference substance was taken from Prof. Dr. Ufuk ÖZGEN in Karadeniz Technical University.

### 2.2.Phytochemical Analyses

#### 2.2.1.Qualitative Analyses

##### 2.2.1.1.Extraction and Purification Methods

After hairy root culture, *Echium italicum* hairy roots were extracted with chloroform for three hours by an ultrasonic bath (JSR, Japan). In alkaline conditions, the color of naphthoquinone derivatives can turn to from to blue, thus in order understand to either naphthoquinone derivative or not, 2.5% potassium hydroxide (Sigma Aldrich, USA) was dripped in hairy root culture's medium. According to Eruygur methods [Eruygur, 2018], metabolite was purified by preparative thin-layer chromatography (p-TLC) and metabolite and shikonin (Sigma-Aldrich, USA), acetyl shikonin (METU, Turkey) ve alkannin (Sigma Aldrich, USA) were run in hexane: Ethyl Acetate (9:1) solvent system by thin-layer chromatography (TLC, silica gel 60 Millipore, Merck, Germany). R<sub>f</sub> (retention factors) of these metabolites were measured

#### 2.3.2.Quantitative Analysis

The mass of this metabolite was measured by MALDI-TOF (Bruker, USA). FT-IR spectroscopy (Perkin Elmer Spectrum 100, USA) was used to determine functional groups in metabolite. The structure of metabolite was characterized by Deuteriochloroform (Sigma Aldrich, USA) at 25°C by <sup>1</sup>H-NMR and <sup>13</sup>C-NMR techniques (Bruker Varian Inova 500 MHz NMR, USA).

## RESULTS

### 3.1. Qualitative Results of This Purified Metabolite

Hairy roots were grilled in a mortar and were measured as 15 gr dry weight. 2.5% KOH was drilled into the culture medium and the color it was turned from red to blue. (Figure 2a).R<sub>f</sub> of this purified shikonin metabolite was 0.3. According to this result, this metabolite was different shikonin, alkannin and acetyl shikonin standard (Figure 2b).

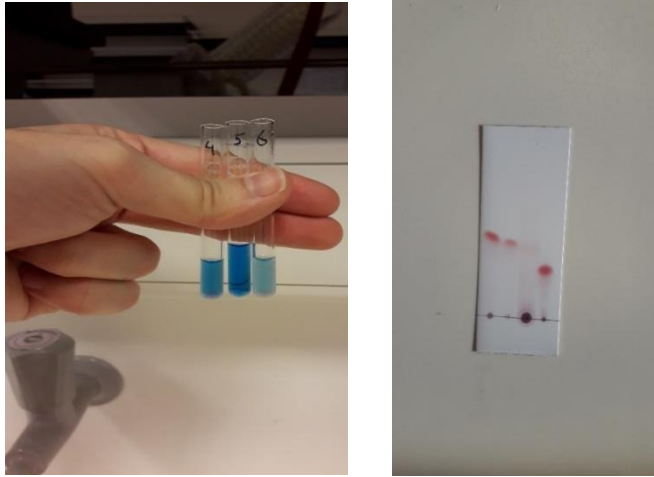


Figure 2. Hairy root culture's medium with 2.5 % KOH (a), TLC analysis (b)\*

\*1.shikonin,2.alkannin, 3.acetyl shikonin, 4.isovaleryl shikonin (IVS) and 2-Methyl-n-butyrylshikonin (MBS)

### 3.2.Quantitative Results of This Purified Metabolite

376.26 [M+4H]<sup>+</sup>, 415.72 [M+Na]<sup>+</sup> ve 438.76 [M+4H+Na+K]<sup>+</sup> peaks were observed in the mass spectrum of this metabolite (Figure 3) and the result confirmed that the IVS or MBS presence which has 372.4 m/z molecular weight (C<sub>21</sub>H<sub>24</sub>O<sub>6</sub>). UV-Vis spectrum of this metabolite with chloroform showed absorption bands at 494, 566 ve 526 nm, and all bands were related shikonin derivative (Figure 4). In respect of FT-IR spectrum, main peaks were observed at 3420 cm<sup>-1</sup> (OH stretching of naphthoquinone ring), 2921.9 and 2852. 5 cm<sup>-1</sup> (aliphatic CH stretching), 1712. 3 cm<sup>-1</sup> (C=O stretching) and 1607. 8 cm<sup>-1</sup> (C=C stretching) (Figure 5). <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectrum and NMR spectrum chemical shifts were given in Figure 6, 7 and Table 1, respectively.

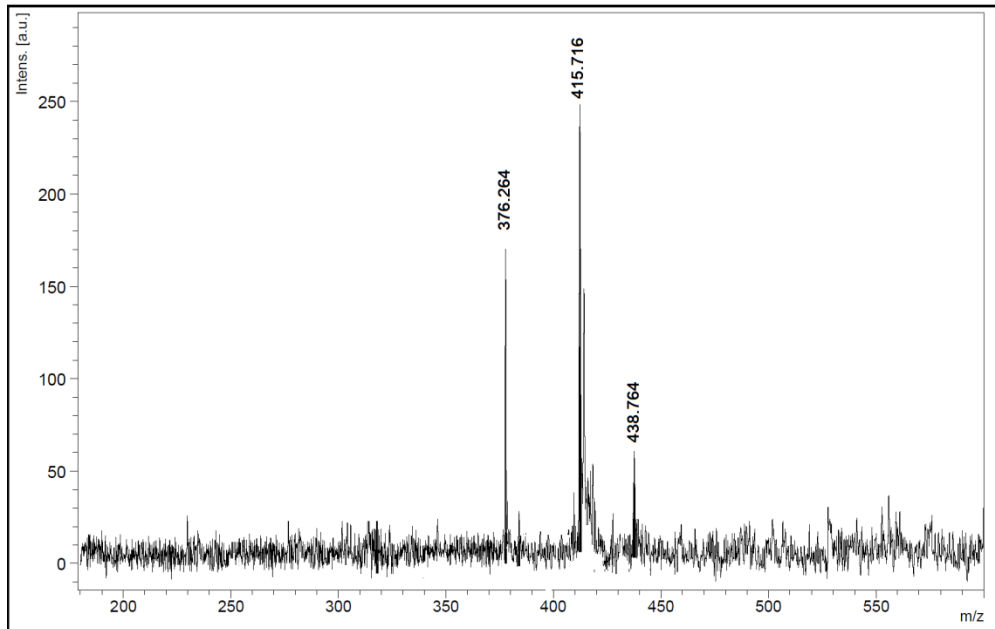


Figure 3. Mass Spectrum of purified metabolite (MBS and IVS)

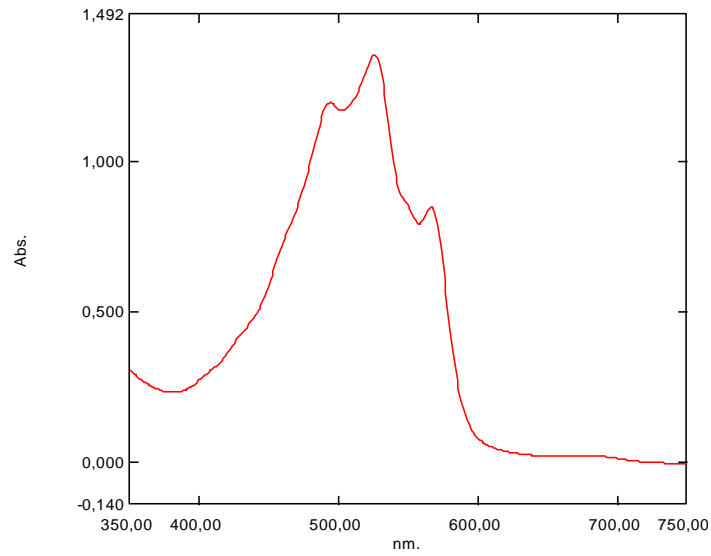


Figure 4. UV-Vis Spectrum of purified metabolite (MBS and IVS) (in chloroform)

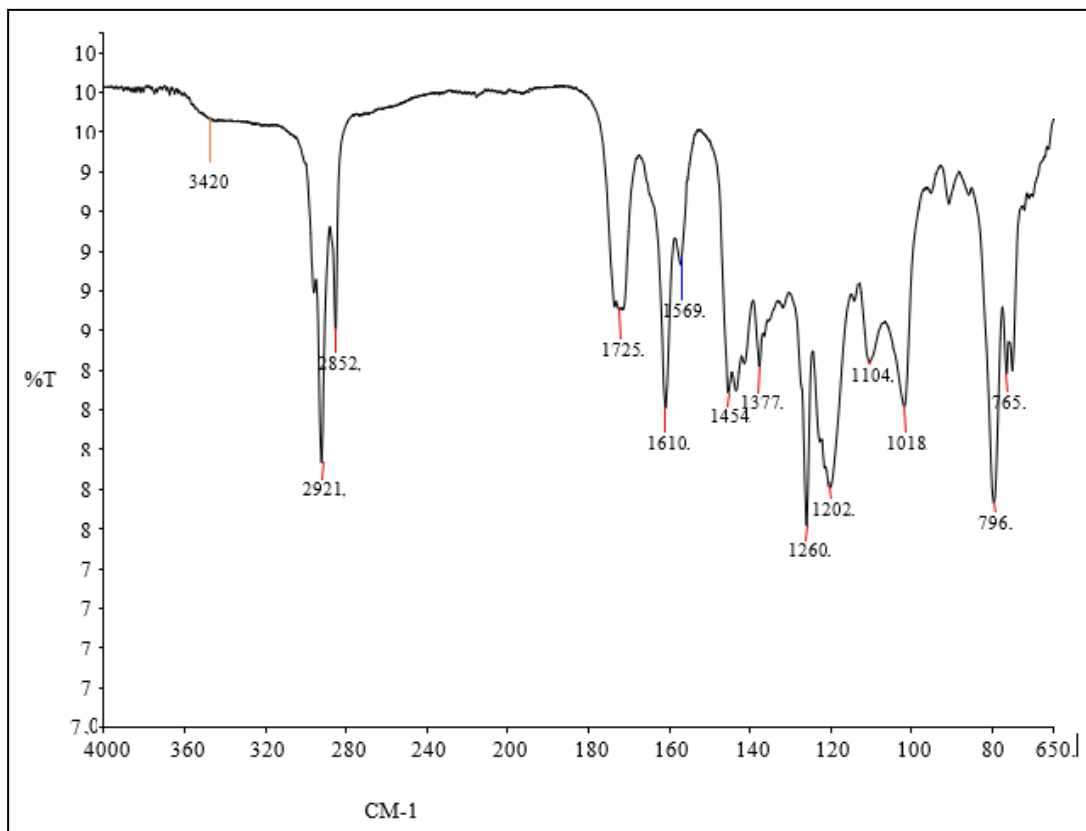
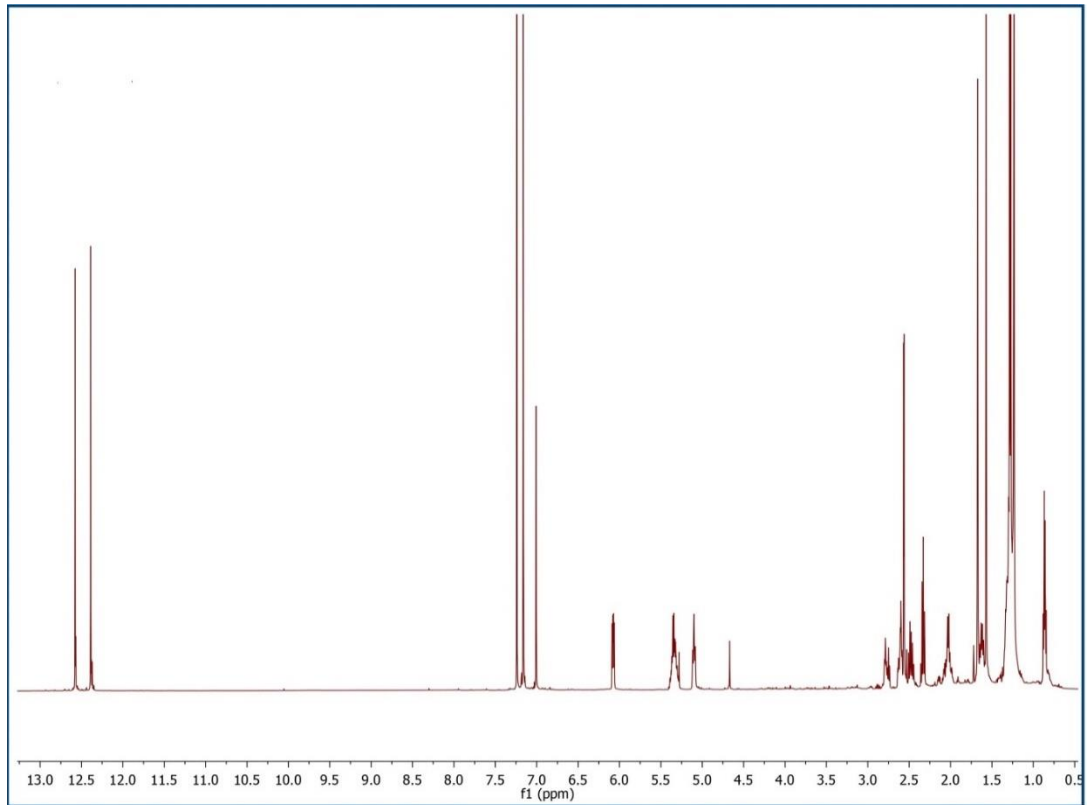
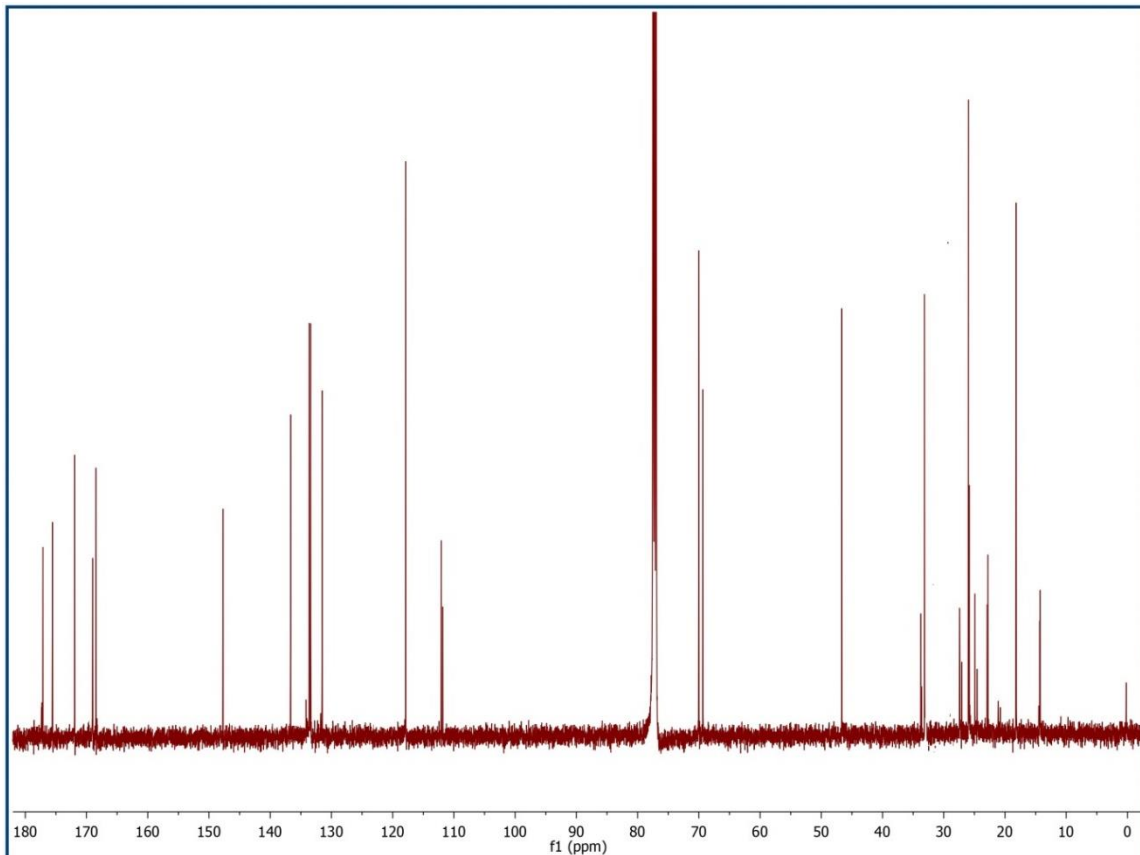


Figure 5. FT-IR Spectrum of purified metabolite (MBS and IVS)



**Figure 6.** <sup>1</sup>H NMR spectrum of purified metabolite (MBS and IVS)



**Figure 7.** <sup>13</sup>C NMR spectrum of purified metabolite (MBS and IVS)



**Table 1.** Chemical Shifts in  $^1\text{H}$ - ve  $^{13}\text{C}$ -NMR spectrum of purified metabolite (MBS and IVS)

Atom Numbers	Chemical Shifts $\delta$ (ppm)			
	MBS		IVS	
	$^1\text{H}$	$^{13}\text{C}$	$^1\text{H}$	$^{13}\text{C}$
1	-	175.56	-	175.56
2	7.00 (d)	131.48	7.00 (d)	131.51
3	-	147.69	-	147.69
4	-	177.12	-	177.12
5	12.58 (s)	168.44	12.58 (s)	168.44
6	7.16 (s)	133.61	7.16 (s)	133.61
7	7.16 (s)	133.40	7.16 (s)	133.40
8	12.39 (s)	169.00	12.39 (s) (s)	169.00
9	-	111.82	-	111.82
10	4.67	112.07	4.67	112.07
11	6.07 (dd)	69.24	6.07 (dd)	70.05
12	2.78 (m)	33.73	2.59 (m)	33.20
13	5.34 (m)	117.80	5.10 (m)	117.80
14	-	134.44	-	136.66
15	1.58 (d)	24.91	1.58 (d)	25.85
16	1.72 (d)	18.18	1.68 (d)	18.18
1'	-	171.93	-	171.93
2'	2.42 (m)	46.64	2.32 (m)	46.64
3'	1.63 (m)	27.38	2.02 (m)	25.92
4'	0.85 (m)	14.33	1.23 (d)	22.83
5'	0.85 (m)	20.77	1.26 (d)	22.90

## DISCUSSION

Every year, as pointed out, in the Paris Climate Agreement, world temperature increases as  $1.5^\circ\text{C}$  turns to a higher temperature, a lower rate of water, soil with a higher level of heavy metal, so plants have to produce secondary metabolites for surviving in these conditions. *Echium italicum* L. is used in the cosmetic and pharmaceutical industry in Japan, China, because it produces shikonin derivatives that have anti-bacterial, anti-cancer and also wound healing effects. In our study, the shikonin derivative was produced in vitro conditions by biotechnological methods [Süzener, 2019] and was characterized by phytochemical analysis. In one study, they determined that shikonin derivatives such as acetyl shikonin, deoxyshikonin could be produced from *Onosma nigricaula* in vitro conditions and UV-Vis spectrum, 493, 523, ve 562 nm bands were maintained [Ozgen et al., 2011]. Like this study, we observed 493, 526 and 566 nm bands in the UV-Vis spectrum and 526 nm band was maintained for us because it is different other shikonin derivatives. On the other hand, results of Albrecht et al., 2009, they were purified 9 shikonin derivatives and said that 371.67 m/z, 371.70 m/z were 2-Methyl-n-butyrylshikonin (MBS) and isovaleryl shikonin metabolites, respectively in the mass spectrum [Albrecht ve ark., 2009]. However, Eryugur showed these two molecules were isomers and they were present together in purified metabolite NMR results and they have 371.15 m/z peaks in MS [Eryugur, 2014]. Molecular ion peaks, 376.26  $[\text{M}+4\text{H}]^+$ , 415.72  $[\text{M}+\text{Na}]^+$  and 438.76  $[\text{M}+4\text{H}+\text{Na}+\text{K}]^+$  peaks were observed in the mass spectrum and the structure of IBS and MBS with 372.4 molecular weight were confirmed by the mass spectrum. Bairagi et al., 2005, determined that 2918.89, 1736.62, 1454.22, 1266.61, 1041.50, 784.25 mainly peaks in FT-IR analysis from *Alkanna tinctoria* roots [Bairagi and Gulrajania, 2005]. In our FT-IR analysis, the main peaks were observed at  $3420\text{ cm}^{-1}$  (OH stretching of naphthoquinone ring), 2921.9 and  $2852.5\text{ cm}^{-1}$  (aliphatic CH stretching),  $1712.3\text{ cm}^{-1}$  (C=O stretching) and  $1607.8\text{ cm}^{-1}$  (C=C stretching). Finally, our NMR results were compared with Albrecht et al., 2009 and Eryugur, 2014, NMR results and chemical shifts were managed in table 1. As a result of these chemical shifts, the purified metabolite has a  $\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{O}_6$  closed formula and the metabolite was composed of 2-Methyl-n-butyrylshikonin (MBS) and isovaleryl shikonin isomer derivatives. While we compared to integral values of peaks in the  $^1\text{H}$ -NMR spectrum, the metabolite involved most of its isovaleryl shikonin. There are a lot of medical and aromatic plants in our country and they are so important for the cosmetic and pharmaceutical industry and shikonin derivatives can be produced from transgenic *Echium italicum* L. by biotechnological methods.

## Acknowledgement

We would like to thank Dr. Veysel SÜZERER for transgenic *Echium italicum* hairy roots.

**REFERENCES**

- Albrecht, A., Simonovska, V.I., Srbinoska M.B.,(2009), "Identification of shikonin and its ester derivatives from theroots of *Echium italicum* L.", *Journal of Chromatography A*. 1216(15):3156-62.
- Al-Snafi, A., (2017), "Pharmacological And Therapeutic Importance Of *Echium Italicum*", *A Review. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(02).
- Andújar, I., Ríos, J. L., Giner, R.M. ve Recio, M.C., (2013a), "Pharmacological Properties of Shikonin", *A Review of Literature, Planta Medica* ,79,1685–1697.
- Andujar, I. Recio, M., Giner, R., Rios. J., (2013b), "Traditional Chinese medicine remedy to jury: the pharmacological basis for the use of shikonin as an anticancer therapy", *Current Medicinal Chemistry*, 20,2892–2898.
- Bairagi, N., Gulrajania, ML., (2005), "Studies on dyeing with shikonin extracted from *Ratanjot* by supercritical carbon dioxide", *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 30(2),196-199.
- Edmondson, JR., (1978), "*Echium*. in: P H Davis", *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Edinburgh: The University, 6,318-24.
- Erçetin, T., (2013), "*Arnebia densiflora* Ledeb. Bitkisinde Bitki Doku Kültürü Metotları ile Şikonin ve Türevlerinin Üretilmesi", *Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü. [Production of Shikonin and Derivatives in *Arnebia densiflora* Plants by Plant Tissue Culture]*.
- Eryugur, N., (2014), "Türkiye'de Yetişen Bazı *Echium* Türlerinin Yara İyileştirici Aktivitesinin Araştırılması", *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. [Investigation of Wound Healing Activity of Some *Echium* Species which are grown in Turkey]*.
- Eryugur, N., (2018), "A Simple Isocratic HPLC Method for Simultaneous Determination of Shikonin Derivatives in Some *Echium* Species Wild Growing in Turkey" ,*Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 15(1), DOI: 10.4274/tjps.40316.
- Fujita, Y., (1988), "Shikonin: production by plant (*Lithospermum erythrorhizon*) cell cultures. *Medicinal Aromatic Plants*",225–236 Springer.
- Fukui H, Tsukada M, Mizukami H, Tabata M., (1983), "Formation of stereoisomeric mixtures of naphthoquinone derivatives in *Echium lycopsis* callus cultures", *Phytochemistry*, 22, 453–6.
- Inouye, H., Matsumura, H., Kawasaki, M., et al., (1981), "Two quinines from callus cultures of *Echium lycopsis*. *Phytochemistry*", 20, 1701–5.
- Kundakovic, T., Fokialakis, N., Dobric, S., Pratsinis, H., Kletsas, D., Kovacevic, N., Chinou I., (2006), "Evaluation of the anti-inflammatory and cytotoxic activities of naphthazarine derivatives from *Onosma leptantha*", 13(4):290-4.
- Malik, S., (2009), "In vitro cultures of *Arnebia euchroma* (Royle) Johnst. and *Rheum emodi* Wall. for secondary metabolite production", *PhD thesis, Amritsar, India: Guru Nanak Dev University*.
- Michaelakis, A., Strongilos, A.T., Bouzas, E.A., Koliopoulos, G., Couladouros, E.A., (2009), "Larvicidal activity of naturally occurring naphthoquinones and derivatives against the West Nile virus vector *Culex pipiens*", 104(3):657-62,
- Ozgen, U., Demirkaya, Miloglu F., Bulut, G., (2011), "Quantitative determination of shikonin derivatives with UV-Vis spectrophotometric methods in the roots of *Onosma nigricaula*", *Review, Analytical Chemistry*, 30: 59–63
- Pagare, S. Bhatia, Tripathi, N. Pagare, S. Bansal, Y.K., (2015), "Secondary Metabolites of Plants and their Role: Overview", *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9 (3) 293-304
- Papageorgiou, V.P., Assimopoulou, A.N., Couladouros, E.A., Hepworth, D., and Nicolaou K.C., (1999), "The Chemistry and Biology of Alkannin, Shikonin, and Related Naphthazarin Natural Products", *Angewandte Chemie International Edition* 38(3),270-301
- Shimomura, K., Sudo, H., Saga, H., & Kamada, H., (1991), "Shikonin production and secretion by hairy root cultures of *Lithospermum erythrorhizon*", *Plant Cell Reports*, 10(6-7), 282-285.
- Süzerer, V., 2019, "*Echium* L.' de Stearidonik Asit ve Şikonin İçeriğinin Belirlenmesi ve *İn Vitro* Koşullarda Arttırılması", *Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi [ Determination and Overproduction of Stearidonic Acid and Shikonin in *Echium* L. in in vitro conditions]*
- Tatsumi, K., Yano, M., Kaminade, K., Sugiyama, A., Sato, M., Toyooka, K., ... & Yazaki, K., (2016), "Characterization of shikonin derivative secretion in *Lithospermum erythrorhizon* hairy roots as a model of lipid-soluble metabolite secretion from plants", *Frontiers in plant science*, 7, 1066.
- Thirumurugan, D., Cholarajan, A., Raja S., Vijayakumar R., (2018), "An Introductory Chapter: Secondary Metabolites", *IntechOpen*, DOI: 10.5772/intechopen.79766
- Zare, K., Nazemiyeh, H., Movafeghi, A., Khosrowshahli, M., Azar, A.M., Dadpour M. Omid, Y.,

(2010), “Bioprocess engineering of *Echium italicum* L.: induction of shikonin and alkannin derivatives by two-liquid-phase suspension culture”, *Plant Cell Tiss Organ Culture*, 100:157–164 DOI 10.1007/s11240-009-9631-x

**TÜRKİYEDE ENERJİ İHTİYACINI KARŞILAMADA GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN ROLÜ****ROLE OF SOLAR ENERGY SYSTEMS IN MEETING ENERGY NEEDS IN TURKEY****Serhat ŞAP**

Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)

**ÖZET**

Dünyada enerji ihtiyacı her geçen yıl artarak devam etmektedir. Küresel enerji ihtiyacının temininde enerji kaynaklarının kullanım biçimi ve tüm dünyada enerjiye ulaşmanın karşılanması, devamlılığı olan bir hayatın temel öğelerinin başında gelmektedir. Bu ihtiyaç dünya ülkelerini farklı arayışlara sevk etmektedir. Yüzyıllar boyu ülkelerin kölelik ve sömürgeciliğin ana sebebi olan enerji ihtiyacı 21. yüzyılda önemini korurken daha çok uzun yıllar korumaya devam edecektir. Enerji sektöründe dışa bağımlı olan ülkemizde de enerji, ülkenin en önemli gündem maddesi olarak yerini korumaktadır. Her geçen yıl milyarlarca dolar enerji ithal ederek ihtiyacını gideren ülkemizde, özellikle fosil kökenli yakıtlar açısından yetersiz olması sebebiyle farklı kaynakların arayışı zorunlu hale gelmektedir. Enerji kaynaklarının verimli kullanılması için çaba harcayan Türkiye diğer yandan alternatif enerji kaynaklarına da yönelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahip güneşten elde edilen enerji, ülkemiz için en önemli kaynaklardan sayılabilir. Ülkemizde, güneş enerjisi kullanımı hergeçen gün artarken özellikle elektrik enerjisi üretiminde bir hayli mesafe alınmıştır. Bununla beraber ülkemizden çok daha düşük güneş enerjisi değerlerine sahip olan Avrupa Birliği ülkeleri ülkemizden çok daha fazla güneş enerjisinden faydalanarak ve bu konuda çalışmalarını artırarak devam etmektedirler. Avrupa Birliğine üye ülkelerden birçoğu, vatandaşlarını güneşten elektrik üretimi konusunda bilinçlendirme yaparak birçok teşvik mekanizmaları sunmaktadır. Ülkemizde bu çalışmalar son yıllarda artmasına rağmen yeterli ölçüde yapıldığı söylenemez.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, AB Enerji kaynakları, Alternatif enerji kaynakları, Enerji tüketimi, Enerji

**ABSTRACT**

The need for energy in the world continues to increase every year. The use of energy resources in the supply of global energy needs and meeting access to energy all over the world is one of the basic elements of a continuous life. This need leads the countries of the world to different quests. For centuries, countries' need for energy, which is the main cause of slavery and colonialism, will remain important in the 21st century, but will continue to protect for many years. In our country, which is dependent on foreign countries in the energy sector, energy maintains its place as the most important agenda item of the country. In our country, which imports billions of dollars of energy each year and meets its needs, it becomes compulsory to search for different sources because of insufficient fossil origin fuels. Turkey Struggling for efficient use of energy resources on the other hand has been directed to alternative energy sources. The energy obtained from the sun, which has an important place among renewable energy sources, can be considered as the most important sources for our country. While the use of solar energy is increasing day by day in our country, a considerable distance has been taken especially in the production of electricity. However, the countries of the European Union, which have much lower solar energy values than our country, continue to benefit from more solar energy than our country and increase their efforts in this regard. Many of the member states of the European Union offer many incentive mechanisms by raising awareness of their citizens on the generation of electricity from the sun. Although these studies have increased in recent years in our country, it cannot be said that they have been done sufficiently.

**Keywords:** Solar energy, EU energy sources, Alternative Energy sources, Energy consumption, Energy

## 1. GİRİŞ

Dünyada sürekli artan enerji talebi ve buna paralel olarak mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesi dünya ülkelerini yeni enerji kaynakları arayışına itmiştir. Enerji talebinin karşılanmasında meydana gelen olumsuz durumlar ve çok miktarda petrol kökenli yakıt tüketimine paralel olarak küresel ısınmanın etkilerini artması, enerjinin güncel bir sorun olmasına ve hatta tüm dünyanın ana gündem maddesi haline gelmesine neden olmuştur. Özellikle gelişmiş ülkeler enerji talebinin karşılanmasındaki problemlerin çözümü için sık sık toplantılar düzenlemektedir. Birçok ülke enerji ihtiyaç dengesini ayarlamak için çalışmaktadırlar. Dünya Enerji Forumunun tahminlerine göre; fosil enerji kaynaklı petrol, kömür ve doğalgaz rezervlerinin günümüz şekliyle tüketilmesi halinde önümüzdeki asırda bu enerji kaynakları tükeneceği tahmin edilmektedir [1]. Petrol kökenli bu yakıtların tüketimi ile zararlı emisyonların salınması ve tüketilmesi çevre açısından önemli bir problem oluşturmaktadır [2]. Bu kaynaklar küresel ısınmaya neden oldukları gibi havanın kirlenmesine, asit yağmurlarının oluşmasına, ozon tabakasının delinmesine ve ormanların tahribatına da sebep olmaktadır [3],[4]. Karbondioksit salınımındaki başlıca sebep insan kaynaklı aktivitelerdir. İnsanlardan kaynaklanan bu gazların dünyadaki sıralaması 2002’de 2,6 milyar ton iken 2030’da sene başına bunun 4,2 milyar tona çıkacağı tahmin edilmektedir [5],[6]. Bu zararın engellenmesi adına enerjideki verimin artırılması, petrol kökenli kaynak kullanımının minimuma indirilmesi ve çevreye dost kaynakların tüketilmesinin yaygınlaştırılabilmesi gibi farklı çözümler getirilmesi gereklidir [7].

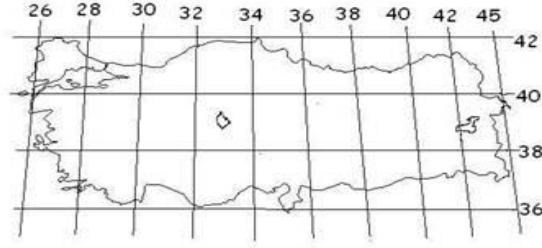
Dünyada 2004’te elektrik üretimi 17,450 TWh iken 2030’da 31,657 TWh’e ulaşması beklenmektedir. Bu talebin karşılanabilmesi için yüzlerce yeni güç santralleri yapılmalıdır [8]. Kurulacak olan enerji santralleri petrol kökenli yakıtlara yönelik kurulduğunda dünya gelecek yüzyıllarda yaşanamaz bir duruma gelebilir. Bu sebepten her ülke farklı kaynaklardan enerji üretimini benimsemeli ve bu kaynaklar sayesinde elektrik üretimini yaygınlaştırmalıdır. Türkiyede temel enerji kaynağı olarak; petrol, doğalgaz, linyit, kömür, jeotermal ve hidrolik enerji sıralanabilir. Türkiye, enerji ihtiyacının sadece % 48’ini karşılayabilmektedir. Petrol kökenli yakıtlar bakımından zengin olmayan ülkemizde elektrik üretimi; doğalgaz, petrol ve yüksek kalitede kömür ithal etmek için her sene yabancı ülkelere yüklü miktarlar ödenmektedir [9].

Türkiyenin enerjiyi karşılamada çoğunlukla dış ülkelere bağlı olması, ülkemizde enerjinin ne denli önem taşıyan bir sorun olduğunu göstermektedir. Buna paralel olarak ülkemizde üretilen enerjinin daha faydalı kullanılmasına yönelik çalışmalar yürütülürken öte yandan yeni kaynak araştırmaları yapılmaktadır. Güneş enerjisi son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmakta olup yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir artış hızına sahiptir. Güneş enerjisinin tükenmemesi, çevreyi kirlenmemesi ve dışalım gerektirmemesi sayesinde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelir. Güneş enerjisi kullanımı, gündelik yaşam ve konutlardan başlamakta iletişim, tarım, endüstri kesimi, elektrik santralleri ve askeri hizmetlere dek dayanmaktadır [10],[11],[12].

## 2. TÜRKİYEDE GÜNEŞ ENERJİSİ

Türkiyenin coğrafi konum itibarıyla yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olmasıyla diğer ülkelere göre daha avantajlıdır. Ülkemiz, güneş kuşağında olmasına karşın güneş enerjisi elde edilmesi ve kullanılması tahmin edilenden çok daha asgariştir. Bu sebepten ilerde enerji ihtiyacının karşılanması için yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan güneş enerjisinin de kayda değer öneriler arasında etkili ve devamlı olarak uygulanabilirliği şarttır. 2012 yıl sonu verileri incelenecek olursa Türkiyede toplam kurulan güneş panelleri alanı yaklaşık 18.640.000 m<sup>2</sup>’dir. Yıllık bazda ise düzlem güneş kolektörü üretimi 1.164.000 m<sup>2</sup>’dir. Bunlara ek olarak, vakumlu tüp kolektör alanı 57.600 m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Üretimi yapılan düzlemsel kolektörlerin yarısının, vakum tüplü kolektörlerin ise tamamının ülke içinde kullanıldığı görülmektedir. Yine aynı yıl verilerine göre güneş kolektörleri ile ortalama 768 000 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı enerjisi üretilmiştir. Üretilen ısı enerjisinin 2012 yılı için konutlarda kullanım değeri 500 000 TEP, endüstriyel amaçla kullanım değeri ise 268 000 TEP olarak hesaplanmıştır [13],[14],[15],[16]. Türkiye coğrafi konum olarak kuzey yarım kürede bulunur ve 36-42° kuzey paralelleri ile 26-45° doğu meridyenleri arasında bulunduğu Şekil 1’de görülmektedir.

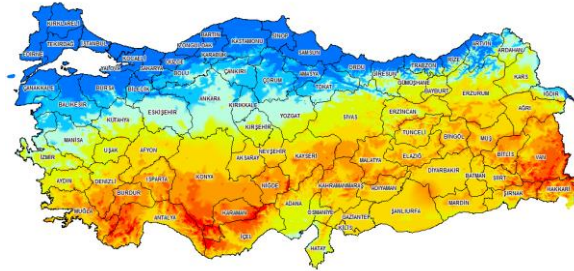




**Şekil 1.** Türkiye Haritasının bulunduğu enlem ve boylamlar

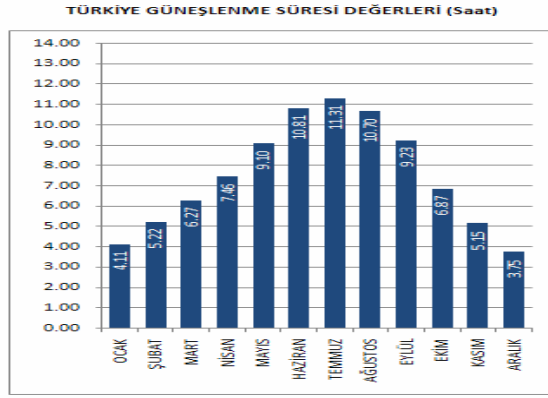
Ülkemizde güneş enerjisi üretiminde önemi büyük olan, fotovoltaik sistemlerinin kullanılmasını yaygınlaştırmak için 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu” 29.12.2010 yılında revize edilmiş ve 2013’te mevzuat çalışmalarında sona gelinmiştir. Fotovoltaik sistemlerin, maliyetlerinin düşük ve verimliliğinin yüksek olması sebebiyle kullanımında artış olabilmektedir. Zaman geçtikçe, düzenli bir şekilde kapasitenin artırılması ve bir süre sonra ortalama 3000 MW (Mega Wat) lisanslı PV (fotovoltaik) santral kurulu gücüne sahip olması amaçlanmaktadır. Öncelikle kamu kuruluşları için, düşük kapasitelerin tedarigi ve araştırmalarda kullanılmakta olan fotovoltaik güneş elektrik sistemleri 3.5 MW kurulu güce dayanmış vaziyettedir [17].

Güneş enerjisinden etkili ve verimli bir şekilde faydalanabilmek ve enerjinin üretilmesi amacıyla çalışma yapmak için potansiyel tespit çalışmaları yapılmaktadır. Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli Atlasında yılda total güneşlenme zamanı 2737 saat (günlük toplamı 7,5 saat), yıl bazında toplamdaki güneş enerji miktarı ise 1527 kWh/m<sup>2</sup>.yıl, yani günde ortalama 4.2 kWh/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir [18],[19]. Ülkemizin Güneş Enerji Potansiyeli Haritası Şekil 2.’de görülmektedir.



**Şekil 2.** Türkiyedeki Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası [18].

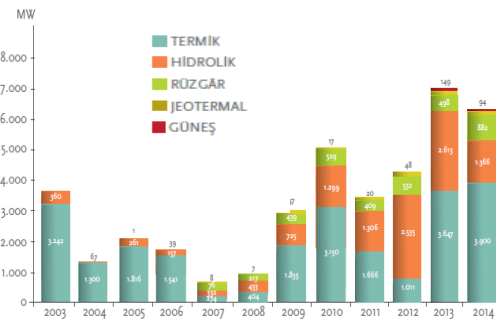
Türkiyede yılda yaklaşık toplam güneş ışınlarının minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 1120 kWh/m<sup>2</sup>.yıl ile Karadeniz Bölgesinde ve 1460 kWh/m<sup>2</sup>.yıl ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu ışın şiddetleriyle ülkemizin Güneydoğu ve Akdeniz bölgelerinde olan ve toplam alanın % 17’sindeki bölümde güneşli su ısıtıcılarındaki kapasitenin yıl içinde tam olarak çalıştığı görülmektedir. Ülkemiz toplam alanının % 63’ünde ise güneşli su ısıtıcılarının yıl içinde çalıştığı oran % 90 ve ülkenin % 94’ündeki bir kısımdaki çalışma oranı ise % 80 olduğu tespit edilmiştir [20]. Şekil 3.’te Türkiyede yıl bazında yaklaşık toplam güneş ışınımı minimum ve maksimum değerleri görülmektedir.



Şekil 3. Türkiye'de yıl bazında yaklaşık toplam güneş ışınımının minimum ve maksimum değerleri [21]

Türkiye'nin birçok yerinde güneşli su ısıtıcılarının yılın % 70'i kadarki bir süre zarfında tam kapasiteli bir şekilde çalışabildiği tespit edilmiştir. Bu sebepten dolayı öncelikle Başta Güney ve Ege kıyıları olmak üzere tüm bölgeler güneş enerjisi kolektörlerini yoğun bir şekilde sıcak su kullanmak amacı için kullanmaktadır. Bir kısım endüstriyel alanlarda hacim ısı uygulamalarıyla elektrik üretimi için fotovoltaik pillerin kullanılması gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye'de güneş kolektörü üretimi, yıl bazında 750.000 ile 1.000.000 m<sup>2</sup> civarındadır. Üretilen ürünlerin bir kısmı ihraç edilmek üzere yabancı ülkelere satılmaktadır [12]. Ayrıca değerlendirilen çalışmalar için "Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri Kurmak İçin Yapılan Ön lisans Başvurularına Dair Yarışma Yönetmeliği" kapsamında yarışmalar düzenlenmeye başlanmıştır. Bu amaçla Aralık 2014'te Erzurum, Elazığ ve Şırnak illerinde her ile bir adet lisans sunulmuştur [22],[23],[24],[25]. Enerji piyasasında serbestleşme çalışmalarına bağlı olarak bir araştırma yapıldığı takdirde 2014 yılı Eylül sonunda özel sektörde toplam 4488 MW güç artışı tespit edilmektedir [26],[27].

Alternatif enerji kaynakları konusunda yapılmış olan düzenlemeler incelenecek olursa 6094 Nolu Kanunun (-YEK-), Hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle ve biokütleden üretilen petrol kökenli yakıtlar dışındaki enerji kaynaklarını içermektedir. Bu kanun için, yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı üretimdeki tesis modeline göre; hidroelektrik üretim tesisi ile rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi için 7.3 cent/kWh, jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi için 10.5 cent/kWh, biokütleye dayalı üretim tesisi ile güneş enerjisine dayalı üretim tesisi için 13.3 cent/kWh destek sağlandığı görülmektedir [28],[29],[30]. Enerji yatırımları ve kaynak çeşitlendirmesi kapsamına ait çalışmalarda 2014 yılı sonunda kurulu güçte kaynak bazında dağılımı Şekil 4.'te görülmektedir.



Şekil 4. 2014 yılı sonu itibarıyla, kurulu gücün kaynak bazında dağılımı [26].

Büyük öneme haiz bu kanun içerisinde, ülke sınırları içerisinde gerçekleşen imalat için de teşvik sunulmuştur. Bu teşvikler, yenilenebilir enerji kaynağından elektrik üreten tesisler için yerli üretim donanım kullanılırsa 0.4 ile 3.5 cent arasında ek fiyat desteği sağlamaktadır [31]. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisiyle beraber yenilenebilir olmayan diğer enerji kaynaklarımızda kullanarak enerji üreten hibrit üretim tesisleri destekleme kapsamında olacaktır. 31.12.2015 tarihine kadar 6094 no'lu bu Kanunun her

yıl güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin bağlanabileceği trafo merkezleri ve bağlantı kapasiteleri TEİAŞ'ın teknik görüşleri alınarak bakanlık tarafından belirlenmekte ve yayımlanmaktadır [32].

Güneş enerjisi konusunda yapılan başarılı çalışmalarından bir diğeri de yoğun güneşli ve verimli olmayan, çorak denilebilecek bölgeleri ekonomiye kazandırmak amacıyla başlatılan çalışmalardır. Bakanlar Kurulu Kararıyla 16.07.2012'de "Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi" ülkemizin güneş enerjisiyle elektrik üretilen ilk enerji ihtisas bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Ortalama 60 bin dekar alan üzerine kurulan bölgede 3000-4000 MW'lık enerji üretimi amaçlanmaktadır. Mevcut düzenleme haricinde bölgedeki kömür rezervleride göz önünde bulundurularak yapılacak özel bir model üzerinde çalışmalar hızla sürmektedir [33],[34]. Son zamanlarda yenilenebilir enerji alanındaki yatırımlar hız kazanmış durumdadır. 2014 yılı sonu itibarıyla, ülkemizin enerji kurulu gücünün % 40.3'ünü 28.004 MW ile alternatif enerji kaynakları oluşturmaktadır ve güneş enerjisi ile elektrik üretimi konusunda en üst hedefte ele alınması amaçlar arasındadır. Bu bağlamda elektrik iletiminin olumsuz etkilerinin bertaraf edilmesi ve sistem güvenliğinin artırılması amacı ile yapılan kayda değer çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan biride üretilen elektrik gücünü önceden tahmin etmek için "güneş enerjisi izleme ve denetimi" ile "güneş izleme ve tahmin merkezi" projesidir [35],[36].

2014 yılında enerji verimliliğini artırmak amacıyla kamu, özel sektör ve okullarda "enerji verimliliği" bilinçlendirmek ve yaygın hale getirmek amacıyla toplamda 10.500 adet broşür, 3.000 adet afiş, 6.000 adet dergi ilgili kurumlara sevk edilmiştir. Gelişen teknoloji ve ihtiyaca binaen 7 değişik afiş hazırlanarak bu afişlerden 50.000 adeti dağıtılmak üzere bastırılmıştır. "Örnek Bina" adı verilen alanda ısı yalıtım teknikleri, güneş enerjisi uygulamaları ve jeotermal ısı pompası yöntemleri uygulanmıştır.

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Güneş enerjisinde elektrik üretimi teknolojileri; üretim sırasında kullanılan ekipman, tatbik edilen metot ve teknolojik yapı olarak çok çeşitlidir; fakat yinede iki farklı türde gruplandırılabilir. Bunlardan ilki, ısı güneş teknolojisi ve ikinci olarak fotovoltaik güneş teknolojileridir (PV). İlk grupta bahsedilen sistemlerde güneş enerjisine dayalı ısı üretilmekte; ısı hem direkt olarak ve hem de elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi üretimi için güneş enerjisi, birçok yoğunlaştırıcı ekipmanlar kullanılır ve elde edilen yüksek sıcaklıktaki kızgın buhar sayesinde eski yöntemlerle enerji üretilir. İkinci gruptaki sistemlerde ise fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemleri yarı iletken malzemelerden oluşmaktadır. Bu sistem sayesinde, güneş ışığı direkt olarak elektrik enerjisine çevrilmektedir [37],[38]. Çizelge 1.'de Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı görülmektedir.

**Çizelge 1.** Türkiye'nin yıl bazında toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı [38].

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> - yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
G. Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Güneş enerjisinden ısı üretmek amacıyla kendi içinde düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üç alt grupta sayılabilir. Düzlemsel güneş kolektörleri düşük sıcaklık uygulamalarının en sık rastlanılan örneğidir. Parabolik oluk sistemi olarak da adlandırılan orta sıcaklık uygulamaları çizgisel yoğunlaştırma yapan sistemlerdir [39],[40],[41].

Güneş enerjisinin en yaygın ve en çok bilinen kullanım alanlarından biride düzlemsel güneş kolektörleridir. Konutlarda sıcak su elde etmek ve ısınmak amacıyla kullanılan bu sistemler güneş enerjisini kolektörler üzerinde biriktirerek suya veya ısı transferi gerçekleştirilen bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerde üretilirler. Bu sistemler içindeki akışkan 70-80°C sıcaklığa ulaşabilir. Evlerin sıcak suya olan ihtiyacı haricinde birçok ticari ve endüstriyel tesislerin ve yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve sıcak suya olan ihtiyacın karşılanmasında düzlemsel güneş kolektörleri kullanılabilir. [42],[43]. Türkiyede olduğu kadar dünyadada düzlemsel güneş kolektörleri

dışında ısı güneş enerjisi uygulamalarına ait diğer farklı uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılabilir. Bu sistemlerin birkaçı şöyle sıralanabilir; güneş havuzları, su arıtma sistemleri, ürün kurutma sistemleri, güneş mimarisi ve güneş ocakları. Odaklı güneş enerjisi toplayıcıları ile yüksek ısılarda kızgın su, doymuş buhar ve kızgın buhar elde edilebilir. Bu yolla üretilen kızgın su ya da buhar enerjisi endüstriyel tesislerde kullanılır [44],[45],[46]. Dünyada birçok termik santral güneşten elde edilen enerji ile çalışmaktadır; fakat bu sistemler ile ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetleri halen sürmektedir.

#### 4. SONUÇ

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan ve bitmeyen bir enerji kaynağı sayılabilmektedir. Karbondioksit açısından oldukça düşük sürümlüdür ve karbon monoksit, kükürt, duman, gaz, radyasyon vb. çevre kirliliğine sebep olan faktörlere sahip değildir. Farklı alanlardaki enerji ihtiyaçlarına cevap verebilir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi sırasında koku veya ses gibi rahatsız eden öğeler bulunmaz. Ülkemizde güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretilmesi, doğru enerji politikalarının hayata geçirilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz özellikle yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi potansiyeli bakımından ve coğrafi konumu sayesinde oldukça zengin bir ülke sayılabilmektedir. Bu çalışmanın amacı ülkemizde güneş enerjisi kaynağına genel bir bakış, potansiyel, ödenen teşvikler, gelinen son nokta ve imalat prosedürlerini irdeleyerek, bu konu ile ilgili toplumun her kesimi için aydınlatıcı temel bilgilerin aktarılmasıdır. Ayrıca, toplumumuzun yenilenebilir enerji hakkında bilinçlendirilmesi ve Türkiye'deki enerji üretimlerinin geliştirilmesi, alternatif enerjiler hakkında daha fazla yol alınması için katkılar sağlamakta hedefler arasındadır. Ülkemizde enerjinin üretilmesi ve kullanılmasında il önce hukuksal düzenlemeler konusu tekrar yapılandırılmalıdır. Bu sebeple dünya ölçeğinde çevre kirliliği ve küresel ısınmaya neden olan petrol kökenli yakıtlardan kaynaklanan enerji üretimi ve alışlagelmiş üretim teknolojileri yerine çevreye dost, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının dikkate alınması ve bu kaynaklara has teknolojiler bir gerekliliktir. Bunların yanısıra, ülkemizin ekonomiye dayalı potansiyele sahip alternatif enerji kaynaklarıyla ilgili yetkilendirilen çalışmaların taahhüt edilen zamanda tamamlanabilmesi adına gereken hukuki prosedürler tamamlanmalıdır. İmalat planlamalarıysa mevzuat düzenlemeleri ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak hazırlanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

1. Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N., Sharma, S., Mishra, S.: "Renewable energy in India: Current status and future potentials", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, (8), October 2010, pp. 2434-2442.
2. Čerovský, Z., Mindl, P.: "Hybrid Electric Cars, Combustion Engine driven cars and their Impact on Environment", SPEEDAM 2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, pp. 739 – 743.
3. Wai, R., J., Wang, W., H., Lin, C., Y.: "High-Performance Stand-Alone Photovoltaic Generation System", IEEE Transactions On Industrial Electronics, 55, (1), January 2008.
4. Müller-Steinhagen, H., Malayeri, M., R., Watkinson, A., P.: "Heat Exchanger Fouling: Environmental Impacts", Heat Transfer Engineering, 30, (10–11), 2009, pp. 773–776.
5. Güler Ö., "Wind energy status in electrical energy production of Turkey", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, (2), February 2009, pp. 473- 478.
6. Özgöçmen A., Güneş Pilleri Kullanarak Elektrik Üretimi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2007, Ankara.
7. Kutlu S., Güneş Tarlası İle Elektrik Enerjisi Üretimi ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002, Isparta.
8. Akpınar, A., Kömürcü, M., İ., Kankal, M., Özölçer, İ., H., Kaygusuz, K., "Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, (8), October 2008, pp. 2013-2039.
9. Özgöçmen, A.: "Electricity Generation Using Solar Cells", Gazi University in Turkey, MSc Thesis, May 2007.
10. Research and Development on Renewable Energies: 'A Global Report on Photovoltaic and Wind Energy', International Science Panel on Renewable Energies, ISPRE (2009), Paris.
11. <http://www.solarbuzz.com/marketbuzz2010>, Erişim Tarihi: 10.19.2010.

12. Republic of Turkey Prime Ministry, Investment Support and Promotion Agency of Turkey: Turkish Environmental Technologies & Renewable Energy Industry Report”, www.invest.gov.tr, August 2010, pp. 1 – 28.
13. Gümüş, B., Tüzün, M., N.: “Kentlerde Enerji Verimliliği, Van İlinin Enerji Üretim Potansiyeli ve Elektrik Enerjisi Problemleri”, Van Kent Sempozyumu, 1-3 Ekim 2009, sayfa: 301 – 320, Van.
14. Altaş İ. H., Fotovoltaj Güneş Pilleri : Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Nisan 1998, Sayı 47, Sayfa:66-71, Bileşim yayıncılık A.Ş., İstanbul.
15. Perdahçi C., Güneş Pillerinin Çatı Dizaynında Kullanılması, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2005, Mersin.
16. Gençoğlu, M. T., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14/2, 57-64, Aralık, 2002.
17. Küpeli A. Ö., Güneş Pilleri ve Verimleri, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2005.
18. Varınca K. B., Gönüllü M. T., Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi Ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi 21-23 Haziran 2006, Eskişehir.
19. <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>, (07.02.2010).
20. Çolak, İ., Bayındır, R., Demirtaş, M.: “Türkiye’nin Enerji Geleceği”, Tünav Bilim Dergisi, 2008. 1, (2), sayfa: 36 – 44.
21. Suri M., Huld T. A., Dunlop E. D., Ossenbrink H. A., Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries, Solar Energy, 81, (10), pp.s 1295-1305, October 2007.
22. [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu\\_opt/pvgis\\_solar\\_optimum\\_TR.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_TR.png), Erişim Tarihi: 08.02.2010.
23. Demircan N., Alakavuk Z., Fotovoltaik Prensipleriyle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008 17-19 Aralık 2008, İstanbul.
24. <http://www.kobifinans.com.tr/tr/sector/>, 08.02.2010.
25. Yörkan A., Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye’ye Etkileri, Bilge Strateji, 1, (1), Güz 2009.
26. Kulözü N., Yenilenebilir Enerji Politikaları: Fransa Örneği, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2005, Mersin.
27. Durak M., Avrupa Birliği Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Küçük HES’ler ve Rüzgar Enerjisi Yatırımlarına Verilen Teşvikler, Meteoroloji Mühendisliği Dergisi, 2005.
28. Gürbüz A., Enerji Piyasası İçerisinde Yenilenebilir (Temiz) Enerji Kaynaklarının Yeri Ve Önemi, 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (Iats’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
29. Çolak İ., Bayındır R., Sefa İ., Demirbaş Ş., Ergen H., “Alternatif Enerji Kaynaklarının Kullanımı”, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21 Ekim 2005, Mersin.
30. [http://www.epia.org/policy/nationalpolicies/germany/german\\_pv\\_market.html](http://www.epia.org/policy/nationalpolicies/germany/german_pv_market.html), 14.03.2010.
31. Kaya D., Türkiyede Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, TUBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, 11.05.2006, ETKB-Ankara.
32. Kalogirou, S., Solar Energy Engineering: Processes and Systems, chapter 9, (Academic Press, June 2009), pp. 469 517.
33. <http://www.solar-bazaar.com/gunes>, 07.02.2010.
34. Pamir A. N., Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları, Metalürji Dergisi, Say: 134, Mayıs 2003.
35. <http://www.esdalcollege.nl/eos/vakken/na/zonnel>.
36. The Institute of Energy Economics, Solar Photovoltaic Market Cost and Trends in EU, IEEJ, Japan, October 2006.
37. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2009. Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi, ISBN: 978-605-89548-2-3. Yayın no: 0011/2009, Ankara.
38. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. 2015. MİLGES, MİLHES, MİLKANAT ve (YGDA) Sistemi Geliştirilmesi Projeleri.
39. <http://arsiv.indigodergisi.com/47>, 03.07.2015.
40. YEGM. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. 2015. www.eie.gov.tr/yenilenebilir, 06.06.2015.



41. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Bilgi Merkezi, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/06.06.2015>.
42. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default>. 12.11.2015.
43. TMMOB Makina Mühendisleri Odası. 2014. “Türkiyenin Enerji Görünümü” Yayın No: MMO/2014/616, Ankara.
44. Kılıç, Ç. F. 2011. “Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerindeki Son Gelişmeler,” Mühendis ve Makine Dergisi, cilt 52, sayı 614, s. 103-115.
45. Abdallah, S., Nijmeh, S. 2004. “Two Axes Sun Tracking System with PLC Control,” Energy Conversion and Management, vol. 45 (11-12), p. 1931-1939.
46. Alfa Solar Enerji. 2012. Güneş Paneli Üretim Tesisi Analizi, Alfa Solar Enerji Tic. ve A.Ş. Ankara.

**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN TİTANYUMUN BİYOMEDİKAL  
UYGULAMALARDA KULLANIMI**  
**THE USE OF TITANIUM PRODUCED BY POWDER METALLURGY METHOD IN  
BIOMEDICAL APPLICATIONS****Serhat ŞAP**Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)**ÖZET**

Toz metalurjisi, nano boyuttaki parçacıkların bir araya getirilerek daha büyük parçaların oluşturulması işlemine denir. Başka bir deyişle toz halindeki parçacıklar sıkıştırılarak ve farklı sinterleme sıcaklıkları ile parça üretimi yapılır. İnce parçacık halindeki saf metaller, karbon alaşımlar, polimer malzemeler ve seramikler harmanlanıp sıkıştırılarak şekillendirilebilirler. Şekillendirilen numuneler ana matrisin ergime sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta sinterlenerek temas yüzeyleri arasında güçlü bir yapı oluşur. Küçük, karmaşık ve boyutsal hassasiyeti yüksek olan malzemeler için toz metalurjisi yöntemi oldukça uygun bir yöntemdir. Malzeme israfı az olmakla beraber belirli derecede gözenek (porozite) ve geçirgenlik toz metalurjisinin karakteristik özelliğidir. Titanyum bazlı alaşımlar mükemmel mekanik, fiziksel ve biyolojik performansları sayesinde biyomalzemelerde giderek artan bir talep görmektedir. Günümüzde düşük modüllü Titanyum bazlı alaşımlar hala geliştirilmektedir. Gözenekli Titanyum bazlı alaşımlar ise alternatif bir ortopedik implant malzemesi olarak kullanılmaktadır. Titanyum alaşımlarının mekanik özellikleri ile korozyon direnci arasında iyi bir denge olmalıdır. Metalik malzemeler arasında Titanyum ve alaşımları, üstün özellikleri ile biyomedikal uygulamalarda en uygun malzemeler olarak kabul edilmektedir. Biyomalzemelerin gereksinimlerini paslanmaz çelikler ve Cr-Co gibi diğer rakip malzemelerden daha iyi karşılar. Çünkü paslanmaz çelikler ve Cr-Co alaşımları genellikle Nikel gibi zararlı elementler içerir. Bunlara rağmen Titanyum alaşımları bile sert doku değişimi ve yoğun aşınma gibi yüksek mukavemet gerektiren durumlarda istenilen gereksinimleri karşılayamayabilir. Bu çalışma Titanyum bazlı alaşımların son araştırmaları ve gelişmelerine genel bir bakış sunmaktadır. Titanyum bazlı alaşımların temel yönleri ile başlayarak titanyum biyomateryalinin insan kemiğinin ve biyomedikal alanındaki gereksinimlerini karşılamak için sahip olması gereken özellikler vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Toz Metalurjisi, Titanyum, Biyomalzeme.**ABSTRACT**

Powder metallurgy is the process of bringing together nano-sized particles to form larger particles. In other words, powdered particles are compacted and produced with different sintering temperatures. Pure fine particulate metals, carbon alloys, polymer materials and ceramics can be formed by blending and compacting. The formed samples are sintered at a temperature lower than the melting temperature of the base matrix to form a strong structure between the contact surfaces. Powder metallurgy is a very suitable method for small, complex and highly sensitive materials. Although the material waste is low, a certain degree of porosity and permeability is characteristic of powder metallurgy. Titanium-based alloys are in increasing demand for biomaterials due to their excellent mechanical, physical and biological performance. Today, low modulus titanium-based alloys are still being developed. Porous Titanium based alloys are used as an alternative orthopedic implant material. There should be a good balance between the mechanical properties of the titanium alloys and the corrosion resistance. Among the metallic materials, titanium and its alloys are considered to be the most suitable materials in biomedical applications with their superior properties. It meets the requirements of biomaterials better than other competing materials such as stainless steels and Cr-Co. Because stainless steels and Cr-Co alloys generally contain harmful elements such as Nickel. However, even titanium alloys may not meet the requirements in cases of high strength, such as hard tissue changes and heavy wear. This study provides an overview of the latest research and development of titanium-based alloys. Starting with the basic aspects of titanium-based alloys, the properties of titanium biomaterial to meet the requirements of human bone and biomedical field are emphasized.

**Keywords:** Powder Metallurgy, Titanium, Biomaterials.

## 1. GİRİŞ

Toz metalurjisi malzeme teknolojilerinde, ürün formlarının oluşumunda ve mühendislik malzemelerinin kullanımında önemli bir rol oynar [1]. Toz metalurjisi, malzemelerin veya metalik malzemelerin tozlarının imalat yöntemlerini veya bunların metalik olmayan tozlarla karışımlarını ve ürünlerinin imalatını ana bileşeni eritmek zorunda kalmadan kapsayan bir teknoloji alanıdır. Otomotiv endüstrisinde üretilen parçaların yaklaşık % 80'inde ekonomik nedenlerden dolayı toz metalurji yöntemi kullanılmaktadır [2]. Bunun yanı sıra havacılık, enerji ve tıp alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [3]. Dişçilikte özellikle kemik ve diş implantları ve implant iskeleleri ve epitezi için uygulanan bazı karmaşık parçaları üretmek için de kullanılmaktadır.

Metalik kompozit malzemeler çeşitli yöntemlerle üretilebilir. En sık kullanılanlardan doğrudan uygulanan klasik toz metalurji yöntemlerinin yanı sıra, mekanik alaşım yöntemleri de kullanılmaktadır [4][2]. Kompozit malzemeler mühendislik malzemelerinin kilit gruplarından biridir ve çoğunlukla yapay olarak üretilirler [5]. Kompozit bir malzemenin ana bileşenleri her biri farklı roller oynayan bir matris ve takviyeden oluşmaktadır. Kompozitlerin çoğu, matrisin ve takviye malzemelerinin önceden ve ayrı ayrı hazırlanmasına dayanan dolaylı yöntemlerle üretilip daha sonra bir bütün halinde birleştirilmektedir [6]. Bir kompozit malzeme matrisi sürekli faz olan, donatı arasındaki boşluğu doldurabilen ve böylece matris donatı sisteminin kompakt formda kalmasını sağlayan ve aynı zamanda bu malzemelerden yapılan ürünlerin istenen şeklini ve boyutlarını sağlayan bir malzemedir oluşmaktadır [7]. Bir matris malzemesi; demir alaşımları, magnezyum alaşımları, alüminyum alaşımları, çinko alaşımları, gümüş alaşımları, nikel alaşımları ve bakır alaşımlarını içeren metal olabilir [8]. Aynı zamanda metal olmayan bir seramik matristen de yapılabilir [9].

Metal matrisli kompozitlerin üretiminde malzeme biçiminin ve boyutlarının esnek seçimi nedeniyle toz metalurjisi yöntemi daha faydalı olabilmektedir. Bu tür yöntemler art arda yapılan çeşitli işlemlerin bir sonucu olarak metal tozları ve seramiklerin birleştirilmesi yoluyla kompozit malzemelerin elde edilmesine izin vermektedir. Bu yöntemin birçok avantajı olmasına rağmen dezavantajları da vardır. Yüksek doğrulukta bir dizi eleman üretme zorlukları, üretilen eleman ve montajları otomatikleştirme imkanı ve özel ekipman kullanımı bu dezavantajlara örnek olarak gösterilebilir [10][11][12].

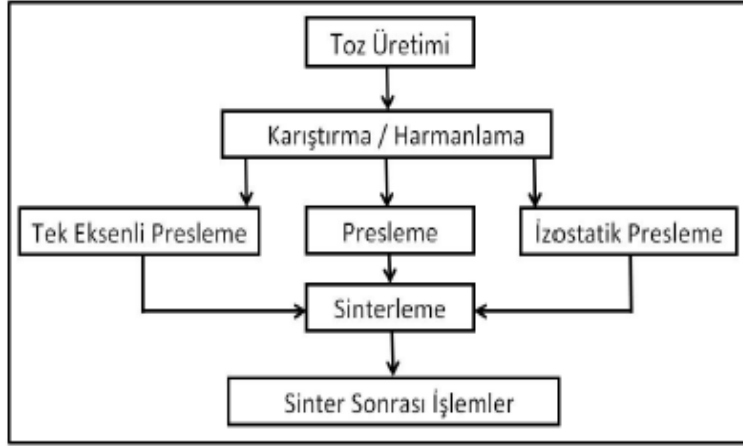
Seramik-metalik kompozitler toz metalurjisi yöntemiyle üretilen ısıya dayanıklı yüksek sıcaklıkta sürünmeye karşı dirençli olan önemli kompozit malzeme gruplarından biri sayılmaktadır [13]. Oksitler, karbürler, silisitler veya boritler sermet kompozitlerde seramik malzemelerdir [14]. Sinterlenmiş karbürler ve sinter oksitler ısıya dayanıklı malzemeler olarak kullanılmaktadır [15][16].

Biyomateryal olarak titanyum ve alaşımlarının kullanım alanları giderek artmaktadır. Titanyum, ince yüzey oksit tabakası nedeniyle üstün biyouyumluluk ve mükemmel korozyon direnci sağlamaktadır [17][18]. Mekanik bir davranış sergilemesini sağlayan belli bir elastik modül ve düşük yoğunluklu olması nedeniyle tercih edilmektedir. Hafif, güçlü ve kemikler ile tamamen biyouyumlu olan titanyum insan vücudundaki gereksinimleri doğal olarak karşılayan az sayıdaki elementlerden biridir. Tüm titanyum ve alaşımları arasında biyomedikal alanda kullanılan başlıca malzemeler ticari olarak; saf titanyum ve Ti-6Al-4V alaşımıdır [19]. Yapay kemiklerde, eklemlerde ve dental implantlarda sert doku replasmanları olarak yaygın şekilde kullanılırlar [20].

## 2. MATERYAL VE METOD

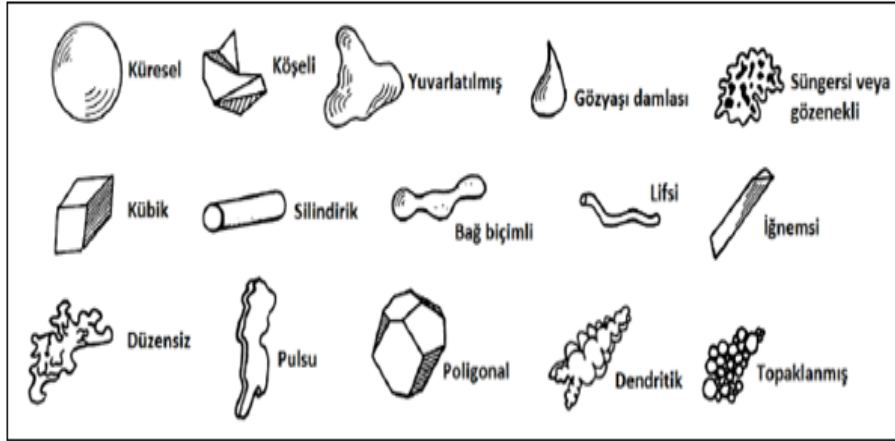
### 2.1 Toz Metalurjisi Yöntemi

Toz metalurjisi, nano boyuttaki parçacıkların bir araya getirilerek daha büyük parçaların oluşturulması işlemine denir. Başka bir deyişle toz halindeki parçacıklar sıkıştırılarak ve farklı sinterleme sıcaklıkları ile parça üretimi yapılır. [21]. İnce parçacık halindeki saf metaller, karbon alaşımlar, polimer malzemeler ve seramikler harmanlanıp sıkıştırılarak şekillendirilebilirler. Şekillendirilen numuneler ana matrisin ergime sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta sinterlenerek temas yüzeyleri arasında güçlü bir yapı oluşur. Küçük, karmaşık ve boyutsal hassasiyeti yüksek olan malzemeler için toz metalurjisi yöntemi oldukça uygun bir yöntemdir. Malzeme israfı az olmakla beraber belirli derecede gözenek (porozite) ve geçirgenlik toz metalurjisinin karakteristik özelliğidir. [22]. Şekil 1.'de toz metalurjisi işlem basamakları görülmektedir.



Şekil 1. Toz metalurjisi işlem basamakları

Bir tozun üretim yöntemi, o tozun boyut ve şekil gibi özelliklerini doğrudan etkiler. Yeryüzündeki birçok malzeme toz haline getirilebilir fakat malzemelerin toz haline getirilmesinde seçilen yöntem, malzemenin kullanılacağı alana, dolayısıyla istenen özelliklere bağlıdır. Bu süreçte maliyet ve üretim esnasında oluşan kimyasal tepkimelerde (oksidasyon ve yanma gibi) diğer etkili faktörlerdendir [23]. Endüstriyel uygulamalarda en çok karşılaşılan tozlar Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Endüstriyel uygulamalarda kullanılan toz morfolojileri

Toz üretiminde kullanılan ana yöntemler olarak, mekanik öğütme, kimyasal tepkime, elektrolitik biriktirme, atomizasyon ve buhar yoğunlaştırma sayılabilir. Kullanılacak toz üretim yönteminin seçilmesi ekonomikliğine, elde edilen tozların özelliklerine ve bu tozların kullanım yeri ihtiyaçlarını ne oranda karşılayabildiğine bağlıdır. Üretilen tozun şeklinin nihai ürüne büyük oranda etkisi vardır ve toz şeklini belirleyen en önemli etken tozun üretim yöntemidir [24].

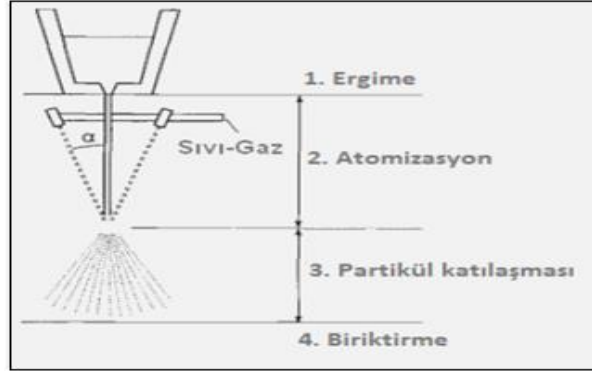
### 2.1.1. Mekanik üretim yöntemleri

Mekanik üretim yöntemleri genel olarak öğütülecek malzemenin katı halde kaldığı yöntemlerdir. Öğütme bilinen en eski toz üretim yöntemidir. Özellikle seramik ve çimento endüstrisine ve gevrek malzemelerden toz üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla beraber metal tozu üretiminde kullanımı metalik malzemelerin plastisitesinin fazla olmasından dolayı kısıtlıdır. Mekanik öğütmede öncelikle çatlaklar oluşur, çatlak oluşumunu kırılma ve yeni yüzeylerin oluşması takip eder [25]. Üretilebilecek minimum parçacık boyutu mekanik öğütme sürecine olduğu kadar malzemenin türüne de bağlıdır [26]. Mekanik üretim yöntemleri 4 gruba ayrılabilir. Bunlar;

- Darbe ile toz haline getirme
- Öğütme ile üretim
- Kırpma ile üretim
- Ezme, ufalama ile üretim olarak sınıflandırılabilir.

### 2.1.2. Atomizasyon

Atomizasyon işlemi, toz haline getirilecek alaşımın veya elementin, külçe haldeyken ergitilmesine ve sonrasında hızlı soğutulularak damlacıklara parçalanmasından oluşmaktadır. Damlacıklar sıvı haldeyken, gaz veya sıvı vasıtasıyla hızlı bir şekilde katılaştırılarak parçacık haline dönüştürülür. Atomizasyon yöntemi Şekil 3'te görülmektedir [21][9].



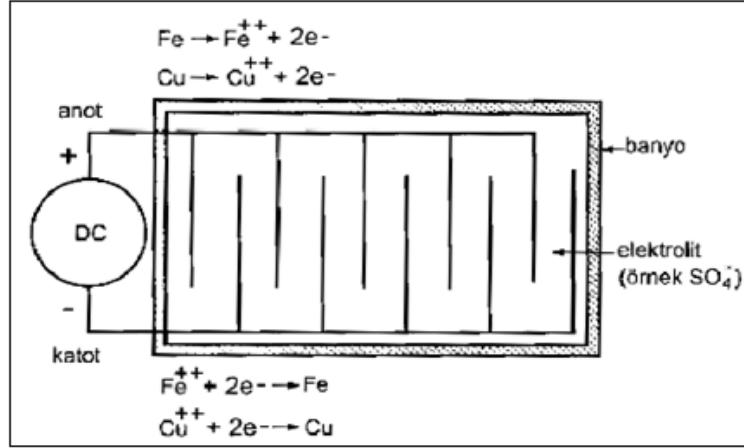
Şekil 3. Atomizasyon yöntemi

Bu yöntem; metaller, alaşımlar ve intermetalikler için kullanılmakla birlikte son yıllarda polimer ve seramiklerde de kullanılmaktadır. Yöntemin kullanımı 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Atomizasyon yöntemiyle üretilen tozlarda karşılaşılan safsızlıkların çoğu ergitme aşamasındaki refrakterden geldiği için bu aşamada kullanılan ekipmanlar önemlidir. Atomizasyonla üretim yöntemi genel olarak sıvı atomizasyon, gaz atomizasyonu ve savurmalı atomizasyon olarak üç başlıkta incelenebilir. Atomizasyon sürecinde kullanılacak yöntemin belirleyici etkeni üretilecek malzemenin ergime noktasıdır [27].

### 2.1.3. Elektro-kimyasal üretim teknikleri

Yöntem bir sulu çözeltiden veya sıvı tuz banyosundan elektroliz hücresi kullanılarak tozların biriktirilmesi esasına dayanmaktadır. Sulu solüsyonların elektrolizi özellikle bakır, nikel, çinko, demir, kobalt, fosfor ve kurşun tozlarının üretiminde kullanılmaktadır. Üretim iki aşamalıdır. Katot üzerinde biriken toz kütlesi daha sonra öğütülerek toz haline getirilir. Sonrasında gerilmeleri azaltmak ve uçucu maddelerin eliminasyonu için tavlama işlemi yapılır. Yöntem yüksek ürün safiyeti sağlar. Elektrokimyasal yöntemler ile üretilen tozların morfolojisi dendritiktir, düzensiz şekillidir ve iç gözenekler ihtiva eder. Tozların boyutunu ve morfolojisini elektroliz sürecindeki banyo şartları ve sonrasındaki işlem basamakları belirler. Elektroliz yöntemi sadece saf metallerin üretiminde kullanılmaktadır. Üretim birkaç basamaktan oluştuğu için maliyet artmaktadır. Artık madde oluşumu üst seviyede olduğu için çevre kirliliği oluşturması da bu yöntemin kullanımını sınırlayan bir etkidir. Şekil 4.'te elektrokimyasal üretim yöntemi görülmektedir [28][29].





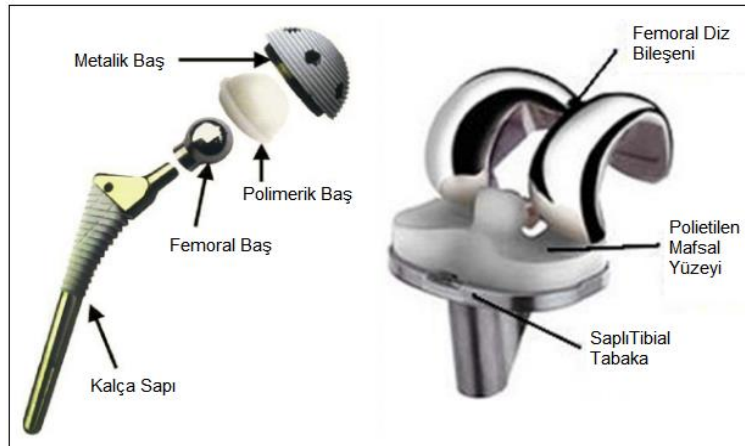
Şekil 4. Elektrokimyasal üretim yöntemi

## 2.2. Biyouyumluluk

İmplant olarak kullanılan materyallerin toksik bir madde olmaması ve insan vücudunda ağrı veya alerjik reaksiyonlara neden olmaması gerekmektedir. Biyomalzemelerin başarısı temel olarak insan vücudunun implanta verdiği reaksiyona bağlıdır ve bu bir materyalin biyouyumluluğunu ölçer. İmplantlar insan dokularına ve sıvılarına maruz kaldığında, dokular ve implant materyali arasında birkaç reaksiyon meydana gelir. Bu reaksiyonlar biyomalzemelerin sistemimiz tarafından kabul edilebilirliğini belirlemektedir [3].

## 2.3. Titanyum ve titanyum alaşımları

Biyomateryal olarak titanyum ve alaşımlarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır [30]. Mükemmel korozyon direnci ve biyouyumluluk özellikleri nedeniyle tıp ve dişçilik alanında sık bir kullanıma sahiptir [31][32]. Tüm titanyum ve alaşımları arasında biyomedikal alanda kullanılan başlıca malzemeler ticari olarak saf titanyum ve Ti-6Al-4V alaşımıdır [33]. Titanyum ve alaşımlarını implantlar için en önemli biyomalzemeler yapan diğer bir özellikte genel olarak titanyum bazlı malzemelerin son derece ince, yapışkan ve koruyucu bir titanyum film tabakasına sahip olmasıdır [34]. Şekil 5.'te yapay kalça eklemi ve diz implantının şematik diyagramı görülmektedir.



Şekil 5. Yapay kalça eklemi ve diz implantının şematik diyagramı

## 2.4. Titanyum ve titanyum alaşımlarında aşınma

Titanyum ve alaşımlarının temel dezavantajı bu malzemelerin aşınma, yorulma direnci ve tribolojik özelliklerinin kötü olmasıdır. Çizelge 1.'de bazı alaşımların mekanik özellikleri görülmektedir.

**Çizelge 1. Bazı alaşımların mekanik özellikleri [35]**

Tür	Kimyasal Formül/ Malzeme		Kristal Yapı	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Ergime Der. (°C)
Karbürler	TaC	Tantal karbür	Kübik	14.50	3800
	TiC	Titanyum karbür	Kübik	4.94	3100
	NbC	Niobyum karbür	Kübik	7.82	3500
	VC	Vanadyum karbür	Kübik	5.77	2810
	SiC	Silisyum karbür	Polimorf	3.21	2820
	HfC	Hafniyum karbür	YMK	12.76	3900
	ZrC	Zirkonyum karbür	YMK	5.56	3400
Nitrürler	TiN	Titanyum nitrür	YMK	5.4	2930
	HfN	Hafniyum nitrür	YNK	13.9	3385
	NbN	Niobyum nitrür	Kübik	8.47	2573
	VN	Vanadyum nitrür	Kübik	6.13	2050
	TaN	Tantalyum nitrür	Kübik	14.50	3800
	ZrN	Zirkonyum nitrür	YMK	7.29	2950
Borürler	ZrB <sub>2</sub>	Zirkonyum borür	Hekzagonal	6.10	3245
	TiB <sub>2</sub>	Titanyum borür	Hekzagonal	4.52	2970
	HfB <sub>2</sub>	Hafniyum borür	Hekzagonal	11.19	3380
	TaB <sub>2</sub>	Tantalyum borür	Hekzagonal	12.54	3040
	NbB <sub>2</sub>	Niobyum borür	Kübik	6.97	3050

Titanyum kendi arasında veya diğer malzemeler arasında sürtünmeye maruz kaldığı zaman ciddi aşınma eğilimi gösterebilmektedir. İmplantların başarısız olmasının nedeni bu malzemelerin sürtünme kalıntılarının implanttan kan dolaşımına salınımı ve çevredeki dokunun iltihaplanmasına yol açabilecek yüksek sürtünme katsayısından kaynaklanmaktadır. Bu sorun implantın gevşemesine neden olur ve sonunda implantın değiştirilmesi gerekebilir [36].

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada toz metalurjisi yöntemi, toz metalurjisi üretim yöntemleri, titanyum ve titanyum alaşımları ve biyouyumluluk hakkında genel bir araştırma yapılmıştır. Bu alanda yıllar boyunca gerçekleştirilen deneysel olarak elde edilen bazı sonuçlar irdelenmiştir. Titanyum ve alaşımları çeşitli sektörlerde başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir. Titanyum alaşımlarının yüksek erime sıcaklığı ve benzersiz korozyon direnci ile özellikle biyomedikal alanında olmak üzere birçok endüstride kullanımı hızla artmaktadır. Titanyum alaşımlarından yapılan bileşenler genellikle farklı malzemelerle (metaller, polimerler veya seramikler) sabit veya dinamik yüklemeye altında ve çeşitli sıcaklıklarda tribolojik olarak temas halindedir. Bu temas yükleri titanyum yüzeyini pasifleştiren ince doğal oksit filminin hasar görmesine neden olabilmekte ve metal olmayan malzeme veya çevre ortamla yoğun etkileşime girebilir. Bu etkileşimler yüksek sürtünme ve korozyon gibi çeşitli olumsuz etkilere neden olabilir. Titanyum ve alaşımları için yeni özel yüzey modifikasyon tekniklerinin geliştirilmesi, bu etkileri kontrol etmek veya önlemek ve dolayısıyla implantın ömrünü uzatmak giderek daha kritik bir gereklilik haline gelmektedir.

### KAYNAKLAR

- [1] H. Wang, Z. Z. Fang, and P. Sun, "A critical review of mechanical properties of powder metallurgy titanium," *International Journal of Powder Metallurgy (Princeton, New Jersey)*. 2010.
- [2] F.H. Froes, D. Eylon, G.E. Eichelman, "Developments in Titanium P/M," *Dev. Titan. Powder Metall.*, 1989.
- [3] A. T. Sidambe, "Biocompatibility of advanced manufactured titanium implants-A review," *Materials*. 2014.
- [4] B. Dutta and F. H. Froes, "Additive manufacturing of titanium alloys," in *Additive Manufacturing Handbook: Product Development for the Defense Industry*, 2017.
- [5] I. Weiss, F. H. Froes, D. Eylon, and G. E. Welsch, "Modification of alpha morphology in Ti-6Al-4V by thermomechanical processing," *Metall. Trans. A*, 1986.
- [6] A. Arifin, A. B. Sulong, N. Muhamad, J. Syarif, and M. I. Ramli, "Material processing of hydroxyapatite and titanium alloy (HA/Ti) composite as implant materials using powder metallurgy: A review," *Materials and Design*. 2014.

- [7] D. Eylon, S. Fujishiro, P. J. Postans, and F. H. Froes, "High-Temperature Titanium Alloys—A Review," *JOM J. Miner. Met. Mater. Soc.*, 1984.
- [8] A. M. Khorasani, M. Goldberg, E. H. Doeven, and G. Littlefair, "Titanium in Biomedical Applications—Properties and Fabrication: A Review," *J. Biomater. Tissue Eng.*, 2015.
- [9] F. H. Froes, "Powder metallurgy of titanium alloys," in *Advances in Powder Metallurgy: Properties, Processing and Applications*, 2013.
- [10] F. H. Froes, S. J. Mashl, V. S. Moxson, J. C. Hebeisen, and V. A. Duz, "The technologies of titanium powder metallurgy," *JOM*, 2004.
- [11] A. Amherd Hidalgo, R. Frykholm, T. Ebel, and F. Pyczak, "Powder Metallurgy Strategies to Improve Properties and Processing of Titanium Alloys: A Review," *Advanced Engineering Materials*. 2017.
- [12] H. Clemens and S. Mayer, "Design, processing, microstructure, properties, and applications of advanced intermetallic TiAl alloys," *Advanced Engineering Materials*. 2013.
- [13] B. Dutta and F. H. Sam Froes, "The additive manufacturing (AM) of titanium alloys," in *Titanium Powder Metallurgy: Science, Technology and Applications*, 2015.
- [14] D. Eylon, S. Fujishiro, and F. H. Froes, "Titanium Alloys for High Temperature Applications — a Review," *High Temp. Mater. Process.*, 1984.
- [15] I. Weiss, F. H. Froes, and D. Eylon, "Revealing Deformed And Recrystallized Structures In Beta Titanium Alloys," *Metall. Trans. A, Phys. Metall. Mater. Sci.*, 1984.
- [16] D. Eylon, R. G. Vogt, and F. H. Froes, "Fatigue Improvement of Prealloyed and Blended Elemental Titanium Powder Metallurgy Compacts by Microstructure Modifications," *Mod. Dev. Powder Metall.*, 1985.
- [17] H. S. Kim, Y. J. Kim, J. H. Jang, and J. W. Park, "Surface Engineering of Nanostructured Titanium Implants with Bioactive Ions," *J. Dent. Res.*, 2016.
- [18] Y. F. Yang and M. Qian, "Spark plasma sintering and hot pressing of titanium and titanium alloys," in *Titanium Powder Metallurgy: Science, Technology and Applications*, 2015.
- [19] L. C. Zhang and L. Y. Chen, "A Review on Biomedical Titanium Alloys: Recent Progress and Prospect," *Advanced Engineering Materials*. 2019.
- [20] Y. Liu, L. F. Chen, H. P. Tang, C. T. Liu, B. Liu, and B. Y. Huang, "Design of powder metallurgy titanium alloys and composites," *Mater. Sci. Eng. A*, 2006.
- [21] Z. Z. Fang *et al.*, "Powder metallurgy of titanium—past, present, and future," *Int. Mater. Rev.*, 2018.
- [22] J. F. Kahles, M. Field, D. Eylon, and F. H. Froes, "Machinability and Machining of Titanium Alloys: A Review," in *Machining of Titanium Alloys*, 2014.
- [23] R. Ramaswamy, P. Marimuthu, and B. Selvam, "An overview on mechanical properties of particulate reinforced Ti6Al4V metal matrix composites," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, 2016.
- [24] P. J. Andersen, V. M. Svoyatytsky, F. H. Froes, Y. Mahajan, and D. Eylon, "Fracture behavior of blended elemental P/M titanium alloys," *Mod. Dev. Powder Metall.*, 1981.
- [25] R. Vert, R. Pontone, R. Dolbec, L. Dionne, and M. I. Boulos, "Induction Plasma Technology Applied to Powder Manufacturing: Example of Titanium-Based Materials," *Key Eng. Mater.*, 2016.
- [26] D. J. Chronister, S. W. Scott, D. R. Stickle, D. Eylon, and F. H. Froes, "Induction Skull Melting of Titanium and Other Reactive Alloys," *JOM*, 1986.
- [27] M. Qian and F. H. Sam Froes, *Titanium powder metallurgy: Science, technology and applications*. 2015.
- [28] C. A. Kelto, B. A. Kosmal, D. Eylon, and F. H. Froes, "Titanium Powder Metallurgy — A Perspective," *JOM*, 1980.
- [29] K. Kondoh, T. Therujirapong, H. Imai, J. Umeda, and B. Fugetsu, "Characteristics of powder metallurgy pure titanium matrix composite reinforced with multi-wall carbon nanotubes," *Compos. Sci. Technol.*, 2009.
- [30] D. Eylon, P. Smith, S. Schwenker, and F. Froes, "Status of Titanium Powder Metallurgy," in *Industrial Applications of Titanium and Zirconium: Third Conference*, 2008.
- [31] I. M. Robertson and G. B. Schaffer, "Review of densification of titanium based powder systems in press and sinter processing," *Powder Metall.*, 2012.
- [32] C. Cui, B. M. Hu, L. Zhao, and S. Liu, "Titanium alloy production technology, market prospects and industry development," *Mater. Des.*, 2011.
- [33] T. Hussain, "Cold Spraying of Titanium: A Review of Bonding Mechanisms, Microstructure and

- Properties,” *Key Eng. Mater.*, 2012.
- [34] M. P. Licausi, A. Igual Muñoz, and V. Amigó Borrás, “Influence of the fabrication process and fluoride content on the tribocorrosion behaviour of Ti6Al4V biomedical alloy in artificial saliva,” *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, 2013.
- [35] A. Atasoy and B. Demir, “Zirkonyum Karbür Esaslı Aşırı Yüksek Sıcaklık Seramik Kompozit Tozların Metalotermik Yöntemle Üretimi,” *E-journal New World Sci. Acad.*, 2019.
- [36] K. Kothari, R. Radhakrishnan, and N. M. Wereley, “Advances in gamma titanium aluminides and their manufacturing techniques,” *Progress in Aerospace Sciences*. 2012.

**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE SİNERLENEN SERT METALLERİN ÜRETİMİ VE  
MEKANİK ÖZELLİKLERİ**  
**PRODUCTION AND MECHANICAL PROPERTIES OF SINTERED HARD METALS BY  
POWDER METALLURGY****Serhat ŞAP**Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü,  
(Sorumlu Yazar)**ÖZET**

Demir esaslı malzemeler arasında sert metallere, önemli fonksiyonel özelliklere sahiptir. Son yıllarda birçok endüstriyel alanda artan verimlilik koruyucu ve sert kaplamalara karşı önemli ve sürekli artan bir ilgiye neden olmuştur. Özellikle çelik malzemeler söz konusu olduğunda Toz Metalurjisi, geleneksel üretim prosedürleriyle gerçekleştirilemeyen özel veya geliştirilmiş özellikler elde etmeyi sağlar. Yüksek sertlikleri, iyi ısıl kararlılıkları ve oksidasyon dirençleri nedeniyle geniş bir uygulama yelpazesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sert kaplamalar 1970'lerde endüstriyel alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür uygulamalar için 1980'lerin ortalarında fiziksel buhar biriktirme teknolojileri (PVD) kullanılmaktaydı. Titanyum ve krom nitrürler, kesici takımlar veya kalıplar için kaplama alanında piyasadaki ilk malzemelerdir. Fiziksel buhar biriktirme teknolojilerinin evrimi bu konuda giderek daha aktif bir şekilde araştırılması, çok katmanlı mimariye sahip kaplamalara neden olmuştur. Sert metallere kullanırken genel fikir sertlik, tokluk, aşınma direnci ve kimyasal stabilite açısından mükemmel özelliklerinden yararlanmaktadır. Bu özellikler ana uygulama alanını oluşturan kesici alet olarak kullanım için ümit verici sert metallere üretmektedir. Özel kullanıma bağlı olarak önemli özelliklere ulaşılabilir. Örneğin tüm kompozisyonu oluşturan bileşenler uygun şekilde seçilebilir, fazların nispi kompozisyonu değiştirilebilir veya kesici takımın üstüne uygun bir sert metal uygulayarak kaplama yapılabilir. Bu çalışmada, farklı takım malzemeleriyle ilgili gerçek uygulamalara genel bir bakış amaçlanmaktadır, Toz metalurjisi yöntemiyle üretilen sert metallere üretim rotaları ve en önemli özelliklerinden bahsedilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sert Metaller, Toz Metalurji, Kesici Takımlar.**ABSTRACT**

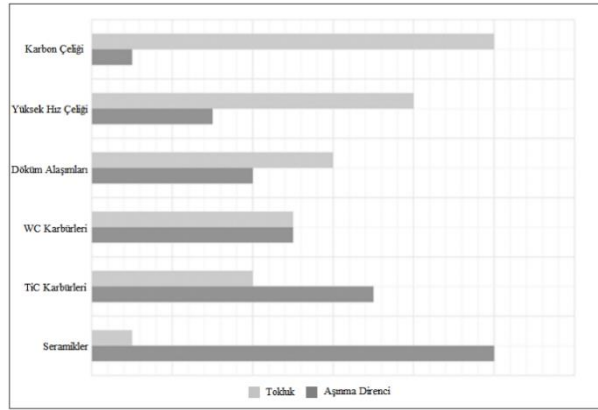
Among iron-based materials, hard metals have important functional properties. Increasing productivity in many industrial areas in recent years has led to a significant and ever increasing interest in protective and hard coatings. Especially in the case of steel materials, Powder Metallurgy provides special or improved properties that cannot be achieved by conventional manufacturing procedures. Hard coatings began to be used in industrial areas in the 1970s. Physical vapor deposition technologies (PVD) were used in the mid-1980s for such applications. Titanium and chromium nitrides are the first materials on the market in the field of coating for cutting tools or dies. The evolution of physical vapor deposition technologies has led to an increasingly active exploration of this issue, resulting in multi-layered architecture coatings. The general idea when using hard metals is to take advantage of their excellent properties in terms of hardness, toughness, abrasion resistance and chemical stability. These properties produce promising hard metals for use as the cutting tool which is the main application area. Important features can be achieved depending on the specific use. For example, the components that make up the entire composition may be suitably selected, the relative composition of the phases may be altered, or coating may be applied by applying a suitable hard metal to the cutting tool. In this study, it is aimed to give an overview of real applications related to different tool materials.

**Keywords:** Hard Metals, Powder Metallurgy, Cutting Tools.**1. GİRİŞ (INTRODUCTION)**

Endüstride farklı alanlarda ve uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış birçok kesici takım malzemeleri bulunmaktadır [1][2]. Kesici takımlar arasında önemli farklılıklar vardır ve sadece özelliklerinin iyi bir şekilde bilinmesi üreticiye belirli bir uygulama için doğru olanı seçmek ve farklı malzemeleri kesmek için rehberlik edebilmektedir [3]. Genellikle kesme işlemi kesilmesi gereken



malzemeden daha sert bir malzeme ile yapılmalı ve aynı zamanda kesme kenarı uygun şekilde etkileşime girebilecek şekilde tasarlanan boşluk açılarıyla belirli bir geometriye sahip olmalıdır. Etkili bir kesme aletinin çalışma sırasındaki erozyona karşı bütünlüğünü koruyabilmesi için iyi bir aşınma direnci, farklı yüklemeye kuvvetleri ve titreşimler tarafından uygulanan enerjiyi emebilecek yeterli bir tokluğa sahip olması gerekmektedir. Kesme sırasında şekil ve geometrideki sürekli değişikliklere karşı dayanabilmek için uygun bir sertlik gerekmektedir. Ancak aşırı sertlik, doğrudan kırılmalığa sebep olduğu için kesinlikle tercih edilen bir özellik değildir [4]. Sert parçaları işleme zor koşullarda yapıldığında sertlik daha belirgin hale gelir. Kesici takımlar yüksek sıcaklıklarda bütünlüğünü koruyamaz ve ısıl davranışlardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Endüstri alanında farklı kesici takım malzemeleri kullanılmakta ve sürekli olarak gelişmektedir. Malzemelerin belirli amaçlar için farklı parçalara ayrılması ve şekillendirilmesi, özellikle yüksek kesim hızı ve sıcaklık söz konusu olduğunda oldukça önemlidir. Bu sebeplerden dolayı malzeme, çalışma sırasında maruz kaldığı çok fazla aşınma ve kırılma gibi sorunları önlemek için üstün özellikler göstermek zorundadır. Bu zararlı koşullara dayanabilmek için kesici takımın yeterli sertlik ve mukavemet, enerjiyi absorbe etme tokluğu, aşınma direnci, kimyasal eylemsizlik ve termal iletkenlik gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir [5]. Genel olarak kesme aletleri, kesilmesi gereken malzemeye göre mekanik olarak daha sert bir malzeme kullanılarak üretilmelidir. Buna ek olarak kesici takımın belirli bir geometriye sahip olması, boşluk açısının kesici kenar ile kesilecek olan parça arasında kusursuz bir etkileşime izin verecek şekilde tasarlandığı durumlar tercih edilmektedir [6]. Şekil 1.'de farklı takım malzemeleri için tokluk ve aşınma direnci grafiği görülmektedir.



Şekil 1. Farklı takım malzemeleri için tokluk ve aşınma direnci grafiği

En eski takım malzemeleri karbon çelikleridir, ancak kullanım alanları sınırlıdır. Metal ve alaşım kesimlerinde nadiren kullanılır, çünkü orta derecede düşük kesme sıcaklığında hızlı bir şekilde aşırı temperlenirler [7]. Bu tür çelikler yaklaşık % 0.6-1.5 C ve az miktarda Si, Cr, Mn ve V içerir. 1868'de Robert Forester Mushet, çeliğin sertliğinin W (Volfram) ilavesiyle artırılabilirliğini keşfetmiştir. Bu, yüksek kesme hızlarında, yüksek sıcaklıkların keşfedilmesi için bir başlangıç noktası olmuştur [8]. Temel malzemeyi sertleştirmek, kuvvetlendirmek ve olumsuz koşullarda daha dirençli bir tane yapısı elde etmek için alaşım elementlerinin eklenmesi gereklidir [9]. Yüksek hız çelikleri uygun ısıl işlemlerle çeşitli derinliklerde sertleştirilebilir. Genellikle Mn, Cr, W, V, Mo, Co ve Nb yüksek hız çeliklerinin bileşiminde alaşım elementleri olarak kullanılmaktadır. Co daha yüksek sertlik sağlamak için anahtar bir elementtir ve soğuk sertlik olarak adlandırılır [10]. Yüksek hız çelikleri karmaşık geometri ve talaş oluşum mekaniği istendiği durumlarda kesici takım malzemeleri olarak kullanılırlar. Yüksek hız çelikleri sürekli kesim için uygundur ve matkaplar veya dişli kesiciler gibi karmaşık şekilli aletlerin geliştirilmesinde kullanılır. Kesme hızları yaklaşık 10-60 m/dak. aralığındadır. Yaygın olarak kullanılan yüksek hız çelikleri M (Mo'lu takım çelikleri) ve T tipleri (W'li takım çelikleri) olarak sınıflandırılır ve farklı derecelere sahiptir. Günümüze kadar yüksek hız çeliklerinin verimliliği, özellikleri ve yüzey koşulları farklı yöntemlerle değiştirilerek güçlendirilmiştir. Bu çeliklerin sertliklerini ve aşınma dirençlerini artırmak için toz metalurjisi kullanılarak yüksek seviyede Co ve V kullanılmaktadır. Bu prosedürleri kullanarak kesme hızlarını ve dolayısıyla da takım ömrünü yaklaşık üç kat arttırmak mümkün olmaktadır [10].

1920'lerin başında Stellite olarak bilinen manyetik olmayan, aşınmaya ve korozyona dirençli bir Co-Cr alaşımı yüksek hız çeliklerinden biraz daha yüksek hızlarda kullanılmaktadır [11]. Öğütülebilirliği ve sinterlenmiş karbürlerin gelişimi nedeniyle Stellite kullanımı çok geçmeden tercih sebebi olmuştur. Günümüzde en önemli takım malzemelerinin temelini sement karbür esaslı alaşımlar oluşturmaktadır. Geniş bir sıcaklık aralığında yüksek sertliğe sahip olmaları, yüksek ısı iletkenliği ve yüksek elastikiyet modülü ile birçok uygulamada kullanılabilir [12]. Yüksek hız çelikleri ile karşılaştırıldığında yaklaşık 3-5 kat daha yüksek bir kesme hızına ulaşabilmektedirler. Tungsten karbür (WC), titanyum karbür (TiC), tantal karbür (TaC) ve niyobiyum karbür (NbC/Nb<sub>2</sub>C) sinterleme prosedürü ile bir Co matrisi içinde gömülü olan en bilinen sert karbürlerdir. Karpit takımlarının performansı karbür tipinden ve Co içeriğinden önemli ölçüde etkilenir ve kompozisyonlarına göre farklı uygulamalarda kullanılabilir. Co ile yaklaşık % 3-6 arasında daha yüksek sertliğe ulaşılırken, daha yüksek seviyede bir Co (% 15'e kadar) üstün tokluk sağlar, ancak sertliği, aşınma direnci ve kuvveti azalır [13]. W seviyesi arttıkça aşınma direnci artar, ancak takım çeliğinin gücünü olumsuz yönde etkiler. TiC, malzemeye WC'den nispeten daha yüksek aşınma direnci ve daha düşük tokluk sağlar [14].

## **2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)**

### **2.1. Sert Metaller ve Bazı Özellikleri**

Sert metaller, metalik elementler ile birleştirilen sert malzemelerden oluşan kompozit malzemeler ailesine aittir [15]. Genellikle sert metal içeren bileşenlerin imalatında sinterleme veya sıcak presleme kullanılır ve bir kısmı içsel kırılma direncinin bir sonucu olarak bağlayıcı faz olmadan kullanılabilir [16]. Genel olarak altıgen WC en yaygın karbür olarak kabul edilir ve Co diğer malzemelere kıyasla daha fazla ıslanma özelliği nedeniyle çoğunlukla bağlayıcı bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda spesifik özellikler gerektiğinde, düşük miktarda V ve Cr ilavesi ile kübik TaC, TiC ve NbC kullanılır. Genellikle kullanılan karbürler toz metalurjisi yöntemiyle üretilir ve ardından bileşenler bir bağlayıcı madde kullanılarak karıştırılır ve öğütülür. Daha sonra püskürtülerek toprak haline getirilir ve ardından sinterlenmiş yeşil formları elde etmek için preslenir. Gri dökme demir gibi kısa işleme aşamaları oluşturan malzemeler söz konusuysa, ana önemli sert metal tipleri WC-Co'dur. Çelikler gibi uzun işleme aşamaları sağlayan malzemeler için ise WC-TiC-Co/ WC-TiC-TaC-Co kullanılır [17].

Sert metaller iki farklı aşamada üretilmektedir. Birincisi sıkıştırılmış tozları elde etmek, ikincisi ise tek parçacıkların bağlanması için sinterleme adı verilen bir pişirme işlemidir [18]. İlk adım tozların üretilmesiyle başlar. Bağlayıcı madde doğru karışımlar ile presleme ve ezilme işlemleriyle sonlandırılır. Sinterleme vakum sırasında yaklaşık 600 °C'de ardından elde edilecek sert metalin kompozisyonuna göre genellikle vakumda veya indirgeyici bir atmosferde yaklaşık 1350-1500 °C sıcaklık aralığında gerçek sinterleme işlemi takip edilir. Tozlar son hallerinde preslenemediğinden dolayı şekillendirme yaygın olarak kullanılır [19]. Bu işlemler preslenmiş bir boşluktan başlar ve presleme maddesinin çıkarılmasından sonra veya ön kontrolden sonra çevirerek ve ezerek gerçekleştirilir ve nihai şeklini almak için yeterli bir güç elde edilir. Genellikle, büyük derli toplu katıların elde edilmesi gerektiğinde basınç destekli işlem uygulanır ve bileşimine bağlı olarak soğuk izostatik veya sıcak izostatik presleme yapılabilir [20].

Yapı içerisindeki tanelerin büyüklüğü kullanılan hammadde ve bağlayıcı seviye içeriğine, uygulanan basınca, sinterleme süresine ve sıcaklığa bağlıdır. Sinterleme sırasında tanecik büyüklüğünün genişlemesi sertleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Aynı zamanda bazı tanelerin sayısı farklı şekilde artabilir ve olağanüstü boyutlara gelebilir [21]. Bu olumsuz durumlar malzemede çatlamaya ve mekanik özelliklerin düşmesine sebep olabilir. Sinterleme sırasında tane büyüklüğünü kontrol etmek, sınırlandırmak ve ince taneli karbürler elde etmek için inhibitörler kullanılabilir [22]. Çizelge 1.'de bazı seramiklerin mekanik özellikleri görülmektedir.

**Çizelge 1. Bazı seramiklerin mekanik özellikleri [13]**

Tür	Kimyasal Formül/ Malzeme	Kristal Yapı	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Ergime Der. (°C)	
Karbürler	TaC	Tantal karbür	Kübik	14.50	3800
	TiC	Titanyum karbür	Kübik	4.94	3100
	NbC	Niobyum karbür	Kübik	7.82	3500
	VC	Vanadyum karbür	Kübik	5.77	2810
	SiC	Silisyum karbür	Polimorf	3.21	2820
	HfC	Hafniyum karbür	YMK	12.76	3900
	ZrC	Zirkonyum karbür	YMK	5.56	3400
Nitrürler	TiN	Titanyum nitrür	YMK	5.4	2930
	HfN	Hafniyum nitrür	YMK	13.9	3385
	NbN	Niobyum nitrür	Kübik	8.47	2573
	VN	Vanadyum nitrür	Kübik	6.13	2050
	TaN	Tantalyum nitrür	Kübik	14.50	3800
	ZrN	Zirkonyum nitrür	YMK	7.29	2950
Borürler	ZrB <sub>2</sub>	Zirkonyum borür	Hekzagonal	6.10	3245
	TiB <sub>2</sub>	Titanyum borür	Hekzagonal	4.52	2970
	HfB <sub>2</sub>	Hafniyum borür	Hekzagonal	11.19	3380
	TaB <sub>2</sub>	Tantalyum borür	Hekzagonal	12.54	3040
	NbB <sub>2</sub>	Niobyum borür	Kübik	6.97	3050

Yüksek ve kararlı mekanik özelliklere sahip titanyum karbonitrür (Ti (C, N)) esaslı kesici takımlara endüstride büyük önem verilmiştir [23][24]. Bu kesme takımlarının yüksek sıcaklıklarındaki sertliği ve mekanik özelliklerini arttırmak için Mo, Ni-Co, WC, TaC, HfC ilavesi önerilmektedir. Malzemenin mekanik davranışına bağlı olarak mikro yapı incelenmektedir. Mo ilavesinin % 4'ünden fazlası mekanik özellikler üzerinde olumsuz bir etki gösterebilmektedir [25]. Literatürde yapılan araştırmalara göre az miktarda Ni-Co ve yaklaşık % 4-8 Mo ile elde edilen sert metallerin en iyi mekanik özelliklere ulaşabileceği varsayılmaktadır.

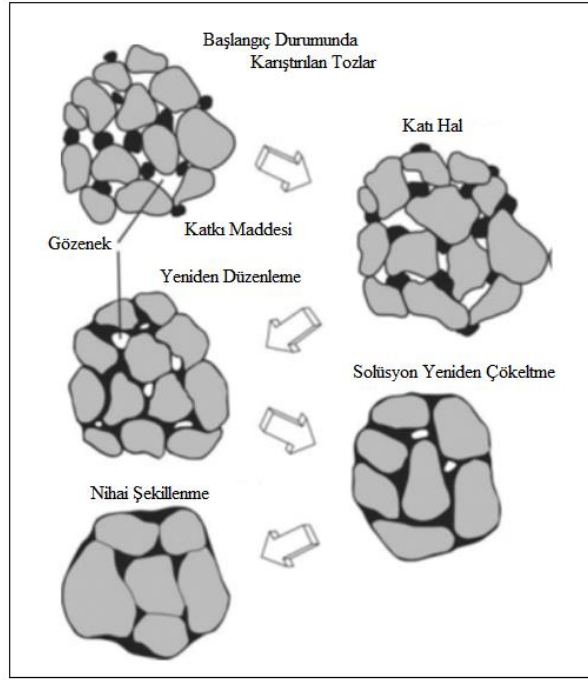
## 2.2. Kesici Takım Malzemelerinin Üretimi

Takım malzemelerinin artan kullanımı, güvenlik sorunlarından ödün vermeden mühendislik bileşenlerinin ömrünü ve güvenilirliğini artırmak için geçerli bir desteği temsil eden yüksek bütünlük ve iyileştirilmiş performanslar gerektirir [26]. Bahsedilen kesme malzemelerinin ekonomik etkisi, karmaşıklığı ve işlenebilirliği zaman içinde farklı uygulamalar geliştirilmesine neden olmuştur [23][25]. Elementlerin ayrışma olmadan homojen bir şekilde yayılmasıyla karakterize edilen bir izotropik mikro yapı elde etmek kesme malzemelerinin tatbikinde birincil öneme sahiptir.

Toz Metalurjisi yönteminin kullanılması çok yüksek performans elde edebilen ve erken arıza olmadan ağır hizmet koşullarına dayanabilen gelişmiş takım malzemelerinin elde edilmesini sağlamaktadır [27]. Toz Metalurjisinin tüm işlem fazlarını katı halde gerçekleştirme ve tozları doğrudan nihai veya yarı form halinde oluşturma kabiliyeti, bu teknolojinin ana avantajı olarak düşünülebilir. Bu teknoloji ile çok farklı yoğunluklara ve erime sıcaklıklarına sahip tozlar elde edilebilmektedir. Genel olarak elde edilen malzemeler ile toz metalurjisi ile üretilenler arasındaki fark yalnızca üretim rotasına bağlı değildir. Aynı zamanda özellikle karmaşık şekilli bileşenler söz konusu olduğunda ve yüksek hassasiyet gerektiren durumlarda avantajlara sahiptir.

Sıvı fazın sinterleme üzerindeki etkisi sinterleme süresini etkilediği için önemlidir. Sıvının sıvı fazda yüksek çözünürlüğü ile birlikte ideal sıvı seviyesi ve tanecikler arasında tam ıslanma sinterleme işlemini etkileyen en önemli parametrelerdir [27]. Şekil 2'de grafiksel olarak gösterilen sinterlemede yer alan ana fazlar şunlardır:

- Yeniden Düzenleme: Sıvının geliştirilmesi ve proseste yer alan katı elementlerin daha kompakt bir şekle dönüşmesi ile ıslanması
- Solüsyon yeniden çöktürme: Yapının yeniden düzenlenmesi yavaş yavaş gerçekleşir ve partiküllerin kabalaşması gerçekleşir
- Katı hal sinterlemesi: En son aşama olarak ürün sinterlenir.

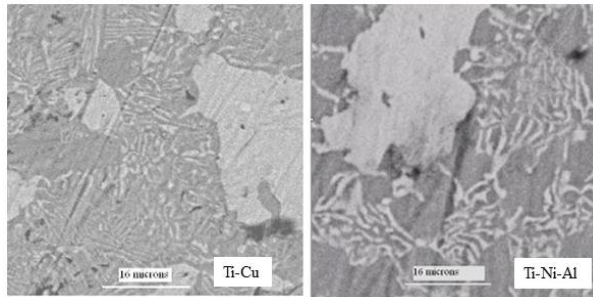


Şekil 2. Sıvı faz sinterlemede en önemli aşamalar

Yenilikçi sinterleme prosedürlerinden biri olan reaktif sinterleme farklı imalat süreçlerinde ekonomik olarak uygun bir rota ile gelişmiş özellikler elde etmeyi amaçlamaktadır [28][29]. Prosedürün kontrolüyle ilgili bazı problemler nedeniyle bu tür metotların yaygın olarak endüstriyel kullanımı hala sınırlıdır. Sinterleme için gerekli olan ısı, ana tozlar arasında ekzotermik bir reaksiyonla sağlanır ve sıkıştırılmış tozların katı bir malzemeye dönüştürülmesi için yeterli sonuç verir [30].

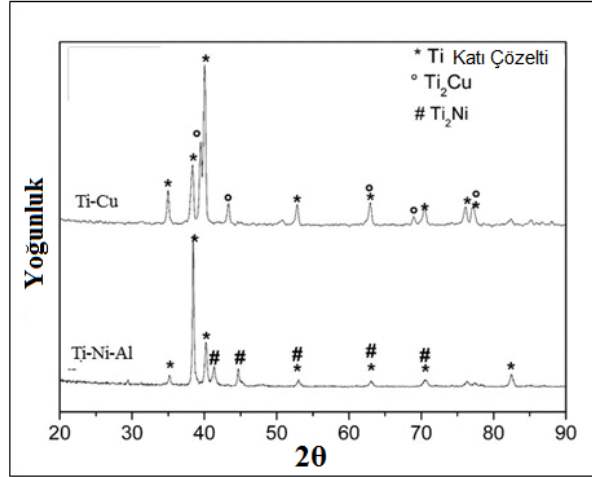
### 2.3. Metal Matris Karakterizasyonu

Bütün kompozit bileşimler için doğru şekilde karıştırılmış tozlar oda sıcaklığında tek eksenli olarak sıkıştırılır. Daha sonra yeterli vakum aralığında ve izotermal bir adımda yüksek vakum altında sinterleme, ardından yapısal, mikroyapısal ve mekanik karakterizasyon gerçekleştirilmektedir [31]. Şekil 3'te bazı metalik matrislerin mikroyapıları görülmektedir.



Şekil 3. Bazı metalik matrislerin optik mikroyapıları

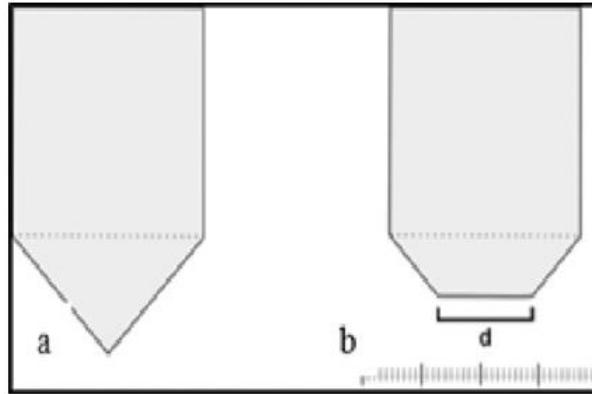
Şekil 3.'te görülen Ti-Cu ve Ti-Ni-Al alaşımları (mikrograflardaki açık gri alanlar) intermetalik partiküllerin varlığında benzer bir mikroyapısal davranış ortaya koymaktadır. Şekil 4.'te Reaktif sinterleme sonrasında bazı metalik alaşımların XRD görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4. Reaktif sinterleme sonrasında metalik alaşımların XRD görüntüleri

#### 2.4. Aşınma

Herhangi bir malzemenin aşındırılması takım malzemelerinin yıpranmasına önemli etkisi olan bir unsur olarak kabul edilmektedir [32]. Bu özellikleri belirlemek için farklı yöntemler vardır. En çok kullanılan yöntemlerden biri 1970'lerde kayalarda aşınma testi için Fransa'da tanıtılan Cerchar aşınma testidir. Yöntemin prensibi, iyi tanımlanmış geometriye ve düzensiz bir kaya numunesinin yüzeyini, 70 mm'lik bir statik yük altında 10 mm'lik bir mesafe üzerinde 10 mm'lik bir çelik pimi aşınmaya maruz bırakmaya dayanmaktadır. İlgili malzemenin aşındırıcılığı çelik pimin sonuçta ortaya çıkan aşınmasının ölçülmesiyle elde edilmektedir [33]. Şekil 5.'te pimin aşınma testinden önceki ve sonraki durumu görülmektedir.



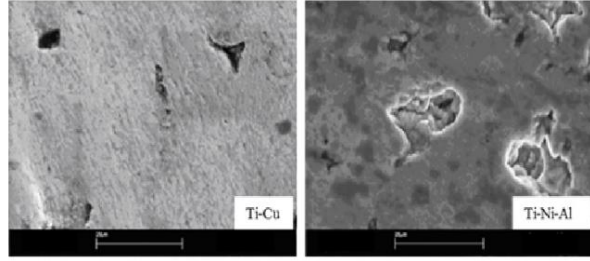
Şekil 5. (a) Testten önce ve (b) testten sonra aşınma düzleminde kullanılan pimin anahatları

Cerchar aşınma indeksine (CAI) göre pim üzerinde meydana gelen aşınma denklem kullanılarak hesaplanır. Şekil 6.'da Aşınma testinden sonra metal matrislerin SEM fotoğrafları görülmektedir.

CAI = Cerchar aşınma indeksi, d = düz aşınma çapı (mm)  
c = birim düzeltme faktörü ( c = 1 mm).

$$CAI = 10 \left( \frac{d}{c} \right) \quad (1)$$





Şekil 6. Aşınma testinden sonra metal matrislerin SEM fotoğrafları.

### 3. SONUÇ

Bu araştırmada farklı malzemelere ilişkin en önemli üretim yöntemlerinin ve önemli özelliklerinin bir göstergesinin yer aldığı genel bir bakış sunulmuştur. Bu alanda yıllar boyunca gerçekleştirilen deneysel olarak elde edilen bazı sonuçlar irdelenmiştir. Genellikle kesme işlemi kesilmesi gereken malzemeden daha sert bir malzeme kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Özellikle yüksek sıcaklıklar gibi zorlu koşullarda işleme yapıldığında kesme kenarı, kesilecek parça ile doğru bir şekilde ve sertlikte etkileşime girmelidir. Mekanik ve fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi için metal sinterler çeşitli yöntemlerle (soğuk yeniden presleme, sıcak yeniden presleme ve sıcak izostatik presleme gibi) birçok işleme tabi tutulabilir. Sinter, sertleştirme ve temperleme yüzey sertleşmesine ve karbürlenmeye neden olmaktadır. Düşük termal iletkenlik nedeniyle sinterleyicilerin ısıtma ve soğutma hızları geleneksel malzemelere göre daha küçük ve tavlama süreleri daha uzun olabilmektedir.

### KAYNAKLAR

- [1] Z. Li, Y. Jiang, R. Zhou, D. Lu, and R. Zhou, "Dry three-body abrasive wear behavior of WC reinforced iron matrix surface composites produced by V-EPC infiltration casting process," *Wear*, 2007.
- [2] D. Lou, J. Hellman, D. Luhulima, J. Liimatainen, and V. K. Lindroos, "Interactions between tungsten carbide (WC) particulates and metal matrix in WC-reinforced composites," *Mater. Sci. Eng. A*, 2003.
- [3] A. T. Alpas and J. Zhang, "Effect of microstructure (particulate size and volume fraction) and counterface material on the sliding wear resistance of particulate-reinforced aluminum matrix composites," *Metall. Mater. Trans. A*, 1994.
- [4] J. F. Flores, A. Neville, N. Kapur, and A. Gnanavelu, "Assessing the resistance of metal matrix composites and their microstructural integrity under erosion-corrosion," *Wear*, 2011.
- [5] L. Sun, T. Yang, C. Jia, and J. Xiong, "VC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> doped ultrafine WC-Co cemented carbides prepared by spark plasma sintering," *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, 2011.
- [6] W. Luo, Y. Liu, Y. Luo, and M. Wu, "Fabrication and characterization of WC-AlCoCrCuFeNi high-entropy alloy composites by spark plasma sintering," *J. Alloys Compd.*, 2018.
- [7] B. Uhrenius, H. Pastor, and E. Pauty, "On the composition of Fe-Ni-Co-WC-based cemented carbides," *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, 1997.
- [8] J. M. Sánchez, I. Azcona, and F. Castro, "Mechanical properties of titanium diboride based cermets," *J. Mater. Sci.*, 2000.
- [9] C. M. Fernandes and A. M. R. Senos, "Cemented carbide phase diagrams: A review," *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2011.
- [10] C. Hanyaloglu, B. Aksakal, and J. D. Bolton, "Production and indentation analysis of WC/Fe-Mn as an alternative to cobalt-bonded hardmetals," *Mater. Charact.*, 2001.
- [11] T. Kakeshita and C. M. Wayman, "Martensitic transformations in cermets with a metastable austenitic binder I: WC(FeNiC)," *Mater. Sci. Eng. A*, 1991.
- [12] Z. Z. Fang, X. Wang, T. Ryu, K. S. Hwang, and H. Y. Sohn, "Synthesis, sintering, and mechanical properties of nanocrystalline cemented tungsten carbide - A review," *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, 2009.
- [13] A. Atasoy and B. Demir, "Zirkonyum Karbür Esaslı Aşırı Yüksek Sıcaklık Seramik Kompozit Tozların Metalotermik Yöntemle Üretimi," *E-journal New World Sci. Acad.*, 2019.
- [14] I. L. Velo, F. J. Gotor, M. D. Alcalá, C. Real, and J. M. Córdoba, "Fabrication and characterization of WC-HEA cemented carbide based on the CoCrFeNiMn high entropy alloy,"

- J. Alloys Compd.*, 2018.
- [15] E. J. Wentzel and C. Allen, "The erosion-corrosion resistance of tungsten-carbide hard metals," *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.*, 1997.
- [16] S. Zhou, X. Dai, and T. Zhang, "Effect of binder metals on structure and properties of WC ceramic-metal composite coatings by laser-induction hybrid rapid cladding," *J. Compos. Mater.*, 2013.
- [17] S. Zhou, Y. Huang, X. Zeng, and Q. Hu, "Microstructure characteristics of Ni-based WC composite coatings by laser induction hybrid rapid cladding," *Mater. Sci. Eng. A*, 2008.
- [18] E. Ghasali, T. Ebadzadeh, M. Alizadeh, and M. Razavi, "Mechanical and microstructural properties of WC-based cermets: A comparative study on the effect of Ni and Mo binder phases," *Ceram. Int.*, 2018.
- [19] G. Abbas Gohar, T. Manzoor, and A. N. Shah, "Investigation of thermal and mechanical properties of Cu-Al alloys with silver addition prepared by powder metallurgy," *J. Alloys Compd.*, 2018.
- [20] C. M. Fernandes, V. Popovich, M. Matos, A. M. R. Senos, and M. T. Vieira, "Carbide phases formed in WC-M (M = Fe/Ni/Cr) systems," *Ceram. Int.*, 2009.
- [21] J. Liu, Y. Qin, J. Zheng, C. Chen, and P. Xiao, "New approach to achieve high strength powder metallurgy Ti-6Al-4V alloy through a simplified hydrogenation-dehydrogenation treatment," *J. Alloys Compd.*, 2018.
- [22] Y. F. Yang, S. F. Li, M. Qian, Q. S. Zhu, C. Q. Hu, and Y. Shi, "Enabling the development of ductile powder metallurgy titanium alloys by a unique scavenger of oxygen and chlorine," *J. Alloys Compd.*, 2018.
- [23] H. Peng, L. Hu, L. Li, L. Zhang, and X. Zhang, "Evolution of the microstructure and mechanical properties of powder metallurgical high-speed steel S390 after heat treatment," *J. Alloys Compd.*, 2018.
- [24] S. K. Bhaumik, G. S. Upadhyaya, and M. L. Vaidya, "Effect of TiN addition on sintering behaviour and mechanical properties of WC-10Co hard metals containing Mo<sub>2</sub>C and Ni," *J. Mater. Sci.*, 1992.
- [25] H. Y. Liu, Z. L. Song, Q. Cao, S. P. Chen, and Q. Sen Meng, "Microstructure and Properties of Fe-Cr-C Hardfacing Alloys Reinforced with TiC-NbC," *J. Iron Steel Res. Int.*, 2016.
- [26] R. Zhou, Y. Jiang, and D. Lu, "The effect of volume fraction of WC particles on erosion resistance of WC reinforced iron matrix surface composites," *Wear*, 2003.
- [27] S. Ala-Kleme, P. Kivikytö-Reponen, J. Liimatainen, J. Hellman, and S. P. Hannula, "Abrasive wear properties of tool steel matrix composites in rubber wheel abrasion test and laboratory cone crusher experiments," *Wear*, 2007.
- [28] J. Hashim, L. Looney, and M. S. J. Hashmi, "Particle distribution in cast metal matrix composites - Part I," *J. Mater. Process. Technol.*, 2002.
- [29] G. S. Upadhyaya and S. K. Bhaumik, "Sintering of submicron WC-10wt.%Co hard metals containing nickel and iron," *Mater. Sci. Eng.*, 1988.
- [30] K. Kambakas and P. Tsakiroopoulos, "Solidification of high-Cr white cast iron-WC particle reinforced composites," *Mater. Sci. Eng. A*, 2005.
- [31] O. N. Çelik, "Microstructure and wear properties of WC particle reinforced composite coating on Ti6Al4V alloy produced by the plasma transferred arc method," *Appl. Surf. Sci.*, 2013.
- [32] A. Liu, M. Guo, M. Zhao, and C. Wang, "Microstructures and wear resistance of large WC particles reinforced surface metal matrix composites produced by plasma melt injection," *Surf. Coatings Technol.*, 2007.
- [33] S. Zhou, X. Zeng, Q. Hu, and Y. Huang, "Analysis of crack behavior for Ni-based WC composite coatings by laser cladding and crack-free realization," *Appl. Surf. Sci.*, 2008.

**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA RÜZGÂR ENERJİSİ  
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**  
DETERMINATION OF WIND ENERGY POTENTIAL IN BITLİS EREN UNIVERSITY CAMPUS  
AREA

**Sabir RÜSTEMLİ**

Prof. Dr. Bitlis Eren Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh.  
Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Ömer GÜNTAŞ**

Yüksek Lisans Öğrencisi, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Müh.  
Anabilim Dalı

**Zeki İLCİHAN**

Öğr. Gör. Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü,

**ÖZET**

Teknolojinin gelişmesi ve dünya nüfusunun sürekli olarak artmasından dolayı, dünyada kullanılan elektrik enerjisi miktarı da sürekli olarak artmaktadır. Dünyada fosil yakıt rezervlerinin azalması ve çevreye verdiği olumsuz etkilerden dolayı, elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi atmosferde bolca ve serbest olarak bulunan bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerji kaynağı yalnız gelişmiş ülkelerin değil, gelişmekte olan ülkelerin de kullanmaya çalıştıkları bir enerji kaynağı olmuştur. Bundan dolayı, rüzgâr çiftlikleri ve rüzgâr santralleri kurularak bu enerjiden faydalanma fikri dünyada gittikçe yaygınlaşmıştır.

Bir bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli analizini yapabilmek için o bölge içerisine kurulacak ölçüm istasyonu ile saatlik yön bilgileri ve rüzgâr hızının minimum bir sene boyunca ölçülmesi gerekmektedir. Bu ölçümler genellikle 10-30 metre aralığında yapılmaktadır.

Yapılan çalışmada, Bitlis Eren Üniversitesi Rahva Yerleşkesindeki dokunmatik ekranlı hava istasyonu PCE-FWS 20 tipindeki rüzgâr enerji ölçüm istasyonu kurularak bir yıllık sürede beş saniyelik aralıklarla ölçülen rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem ve hava basıncı verilerinin yirmi dakikalık ortalamaları alınarak ölçümü yapılan bölgede rüzgâr enerjisi potansiyelinin uygun olup olmadığı tespit edilmiştir. Bitlis Eren Üniversitesi Rahva Yerleşkesinin rüzgâr enerjisi potansiyelinin analizinde Weibull dağılımı kullanılmıştır. Weibull dağılımının belirlenmesinde grafik yöntemleri kullanılmıştır. Bu bölgenin aylık rüzgâr enerjisi potansiyeli analizi yapılmış olup, 20 dakikalık aralıklarla ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğunun değerleri hesaplanıp grafikler ile sunulmuştur. Yapılan araştırma sonucunda bu bölgenin ölçüm yapılan konum gereği rüzgâr enerjisi potansiyelinin, elektrik enerjisi üretimi açısından uygun olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Rüzgâr Enerjisi, Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Yönü, Rüzgâr Santrali

**ABSTRACT**

The amount of electricity used in the world is constantly increasing due to the development of technology and the continuous increase of world population. Because of the reduction in fossil fuel reserves in the world and it is negative effects on the environment, the use of renewable energy sources (RES) in the production of electricity is increasing day after day.

As a kind of renewable energy , the wind energy is a source of energy that can abundantly and freely found in the atmosphere. Wind energy source has been an energy source not only for developed countries but also for developing countries. Therefore, the idea of utilizing this energy by establishing wind farms and wind power plants has become widespread throughout the world.

To analyze the wind energy potential of a region hourly direction information and wind speed should be measured with the measuring station to be installed in that area for a minimum of one year. These measurements are usually made in the range of 10-30 meters.

In this study, It has been determined whether the wind energy potential is suitable or not in the measured region by establishing wind energy measuring station in the type of PCE-FWS 20 with touch screen in Bitlis Eren University Rahva Campus by considering the measured datas like wind direction, wind speed, temperature, relative humidity and the air pressure with five second intervals by taking 20-minute averages for one year period. In the analysis of wind energy potential of Rahva Campus of Bitlis Eren University, the Weibull distribution was used. Graphical methods were used to determine the Weibull distribution. Monthly wind energy potential for this region was analyzed, the values of wind speed and power density calculated at 20 minute intervals and the graphics are presented.

As a result of the research it is seen that this region's wind power potential is suitable for electricity generation.

**Keywords:** Energy, Wind Power, Wind Speed, Wind direction, Wind Plant

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisi her geçen yıl yaklaşık olarak %4-%8 oranında artış göstermektedir. Artan elektrik enerjisi ihtiyaçlarının büyük bir bölümünü karşılayan fosil yakıt rezervleri ise çok hızlı bir şekilde azalmaktadır. Önümüzdeki yakın gelecekte bu rezervlerin tükeneceği ve ihtiyacı karşılayamayacağı yapılan araştırmalardan anlaşılmaktadır. Bundan dolayı araştırmacılar yeni enerji kaynaklarını araştırmaya yönelmişlerdir [1, 2].

Günümüzde fosil kökenli yakıtların en çok kullanılan enerji hammaddesi olması, bu yakıtlara olan ihtiyacı hızla artırmakta ve bu ihtiyaç sonucunda rezervleri gittikçe azalan fosil kökenli yakıtlar yerine alternatif oluşturabilecek enerji kaynaklarının aranmasına neden olmaktadır. Fosil yakıt kaynakların yakın bir zamanda ihtiyacı karşılamayacak derecede kısıtlı olması, asit yağmurları sonucu sera etkisi şeklinde ortaya çıkan çevresel sorunlar ve hava kirliliği gibi sebepler, mevcut enerji kaynaklarına alternatif oluşturacak şekilde önemli bir kaynak olarak görülen yenilenebilir enerji kaynaklarına giderek artan bir ilgi oluşturmuştur. İleride yaşanabilecek olan bu sorunları daha öncesinde fark eden ülkeler bu durumu sıkıntısız bir biçimde atlatmak amacıyla önümüzdeki 100 yılda enerji strateji ve politikalarını oluşturmuş ve ellerinde bulundurdukları tüm enerji alternatiflerini değerlendirmeye çalışmışlardır [3]. İnsanlığa ve çevreye zarar vermeyecek bir şekilde elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanması yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkündür. Yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içerisinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki en kullanışlı kaynaklardan biri rüzgâr enerjisidir [4,5]. Rüzgâr enerjisi atmosferde bolca ve serbest olarak bulunan, kaynağı güneş olan, güvenli ve sürekli bir enerji kaynağıdır. Yeryüzündeki farklı güneş radyasyonu dağılımının neden olduğu sıcaklık ve basınç farklılıkları rüzgârı meydana getirmektedir. Rüzgâr yüksek basınç alanından alçak basınç alanına yer değiştiren havanın, dünya yüzeyine göre bağıl olarak yaptığı harekettir. Rüzgâr enerji kaynağı yalnız gelişmiş ülkelerin değil, gelişmekte olan ülkelerin de kullanmaya çalıştıkları bir enerji kaynağı olmuştur. Bu sebeple, rüzgâr çiftlikleri ve rüzgâr santralleri kurularak bu enerjisinden faydalanma fikri dünyada gittikçe yaygınlaşmıştır. İlerleyen dönemler için de rüzgâr enerjisi santralleri projelerinin de sayısı gittikçe artmaktadır. Ülkemizin rüzgâr enerjisi kaynaklarına teorik olarak baktığımızda Türkiye'nin elektriğinin büyük bir kısmı bu enerji ile karşılanabilecek yeterliliktedir. Fakat bu enerjisinin sürekli hale getirilebilmesi için gerekli altyapı tasarımlarının biran önce yapılması gerekmektedir. Türkiye, Avrupa'da rüzgâr enerjisi potansiyeli en ümit verici olan ülkedir [6].

Rüzgâr enerjisini elde etmek için rüzgâr türbinleri veya santralleri, uygun koşulların oluşmasıyla, deniz kıyılarında, karalarda ve deniz üstünde kurulabilmektedirler. Kurulan deniz üstü rüzgâr santralleri, diğer rüzgâr santrallerine göre donanım inşası ve üretilen enerjinin nakledilmesi için çok daha fazla maliyetlerle birlikte farklı teknolojilerde gerektirmektedirler [7]. Rüzgâr türbinleri genel olarak düşey ve yatay eksenli olarak iki şekilde sınıflandırılırlar. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin ilk tasarımı 1930 ve sonrasındaki yıllarda Betz tarafından yapılmıştır. Bu rüzgâr türbinlerinin % 59 değerinde teorik verimi olup bu teorik verim literatürde Betz limiti olarak bilinir. Savonius ve Darrieus tarafından modern olarak bilinen düşey eksenli rüzgâr türbinleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu iki rüzgâr türbinin sakınca ve üstünlükleri göz önüne alınarak birleşik Savonius ve Darrieus rüzgâr türbinleri üzerinde

çalışmalar yapıp geliştirilmiştir. Düşey ve yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin çeşitli alt sınıflara ayrılabilir olması yapısal özelliklerine bakılarak anlaşılabilir [8].

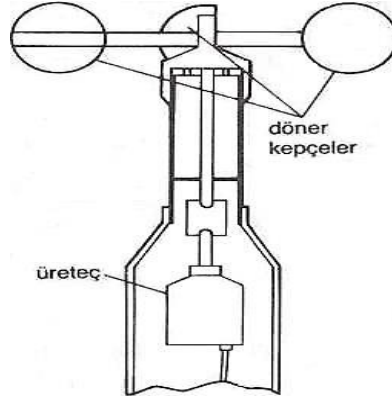
Bir bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli analizini yapabilmek için o bölge içerisine kurulacak ölçüm istasyonu ile saatlik yön bilgileri ve rüzgâr hızının minimum bir sene boyunca ölçülmesi gerekmektedir [9]. Bu ölçümler genellikle 10-30 metre aralığında yapılmaktadır. Yalnız günümüze baktığımızda büyük ölçekteki rüzgâr türbinlerinin göbek yükseklikleri belirtilen değerlerin çok üstündedir. Bu sebeple daha alt yüksekliklerde ölçülen rüzgâr verilerinin ölçülmesi istenilen yükseklikteki gerçek değerinin bulunabilmesi için rüzgâr güç profili kanunu kullanılır [10].

Havanın ısınması ile ısınan kütle genişler ve dolayısı ile ısınan bu hava harekete geçerek yükselir. Ancak atmosferin dışına çıkamayan yükselen hava kütlesi, önce dikey daha sonra ise yatay yönde hareket etmeye başlar. Oluşan bu hareketlenme yani havanın ısınıp kütsel olarak yer değiştirmesi sonucunda basıncın oluşumu meydana gelir. Dünyanın her yerinde atmosferin yaptığı basınç aynı değildir, çünkü basınç; sıcaklığa, yerçekimine ve bulunulan yerin yüksekliğine bağlı olarak değişiklik gösterir. Görülen bu değişikliklerle beraber, yüksek ve alçak basınç merkezleri oluşur. Rüzgâr, aslında güneş enerjisinin dönüşmüş bir biçimidir. Rüzgârlar, güneşin eşit olmayan biçimde atmosfer kütsesine yaymış olduğu ısı, dünyanın kendi etrafında dönmesi ve yeryüzünün amorfik coğrafi yapısı sonucu oluşurlar. Denizler karalar ve havaküre özgül ısılarla ve dolayısı ile farklı sıcaklık değerlerine sahip olurlar. Sıcaklık dağılımı, çevresel ve coğrafi koşullara bağlıdır. Rüzgâr yeryüzünde ortaya çıkan sıcaklık ve buna bağlı oluşan basınç farklılıkları ile oluşur. Ekvator ve çevresi, güneş ışınlarının yeryüzüne gelen açılarındaki farklılıklar sebebiyle diğer enlemlere göre daha çok ısıtılır. Farklı sıcaklık derecesi ve farklı ısınma nedeniyle hava dolaşimleri olur. Soğuk hava sıcak daha ağırdır. Bu sebeple ısınma sonucunda soğuk hava aşağı sıcak hava ise yukarıya doğru yükselir. Yaklaşık olarak 10 km yüksekliğe kadar bu yükseliş sürer. Bu yükseklikteki hava güneye ve kuzeye doğru ayrılır. Eğer yer kürenin dönme eylemi olamamış idi, bu yükselen hava kuzey ve güney kutuplara gider ve kutuplarda aşağılara çöker, tekrar ekvatora doğru hareket ederek sürekli çevrimine devam ederdi. Rüzgârın meydana gelişinde hava sıcaklığı ve nispi nem birinci derecede etkilidir.

## 2. Rüzgâr Ölçüm Cihazı

Anemometre, rüzgâr hızı ölçer veya yelölçer gazların en yaygın olarak da rüzgâr ve havanın hızını ölçmeye yarayan cihazların genel adıdır. Anemometreler, hava raporları ve tahminleri, rüzgâr tribünleri ve hava araçları, havalandırma sistemleri ve iklimlendirme, araştırma ve eğitim, kişisel amaçlı kullanımları kapsayan birçok alanda bilgi edinmek amacıyla sıkça kullanılmaktadır. Anemometrelerin farklı tercihler ve ihtiyaçlara yönelik olarak birçok çeşidi bulunur, çok düşük hızlı hava akımlarından başlayıp da ses hızını geçen şiddetli akımlara kadar hava hızını ölçmeye olanak sağlar. Gazların hızını bire bir ölçmek mümkün olmadığından gazların diğer maddeler üzerindeki etkileri gözlemlenerek sonuca varılır. Sıcak cisimlerin soğuma hızının ortamdaki gazın hızıyla ilişkili olması, sıcak cisimlerin soğuma hızının ortamdaki gazın hızıyla ilişkili olması, rüzgâr kuvveti sonucu üretilen enerji miktarının hıza bağlı olması, basınç ve hız değişikliğinin ses üzerinde etkili olması ile gazların hızının basınçta değişiklik meydana getirmesi gibi ilkeler kullanılarak rüzgâr hızı belirlenmektedir. Rüzgârın elektrik enerjisine dönüştürülmesi prensibiyle çalışan anemometreler pervaneli ve döner kepçeli olarak bilinirler. Pervaneli olanlar 1,6 ila 40 km arasındaki hız değerlerini ölçebilirken Şekil 1’de görülen döner kepçeli anemometreler 7 ila 160 km arasındaki hızları ölçebilmektedir.





Şekil 1. Anemometre ( Rüzgâr ölçüm cihazı )

Rüzgâr hızı ve ısı bağlantısıyla hız ölçebilen üç tip anemometre mevcuttur. Anemometre türlerinden birinde rüzgâr hızı basınç üzerinden hesaplanır. Bu tarz anemometrelerde bir ucu açık bir ucu kapalı ya da iki ucu açık boru şeklinde sistemler kullanılır. Bunlardan ikisinde ise kızdırılmış ince bir tel vasıtasıyla ölçüm yapılır. Isı kullanılan üçüncü anemometrede alkolün soğuma hızı üzerinden hesaplama yapılır. Bu anemometreler 8C°'den düşük sıcaklıkları ölçmede kullanılır. Bir ucu kapalı bir ucu açık boru kullanılan uygulamalarda rüzgârın borunun içinde yaptığı basıncın, dış basınçtan farkı üzerinden hesaplama yapılır. Çok hızlı ve güçlü hava akımlarını ölçen bu yapı rüzgâr tünellerinde ve uçuş alanında kullanılır. Bu anemometreler yapılacak belli düzenlemelerle birlikte ses hızının üstündeki gaz hızlarını da ölçümleyebilir.

### 3. Türkiye'nin ve Bitlis İli'nin Rüzgâr Enerji Potansiyeli

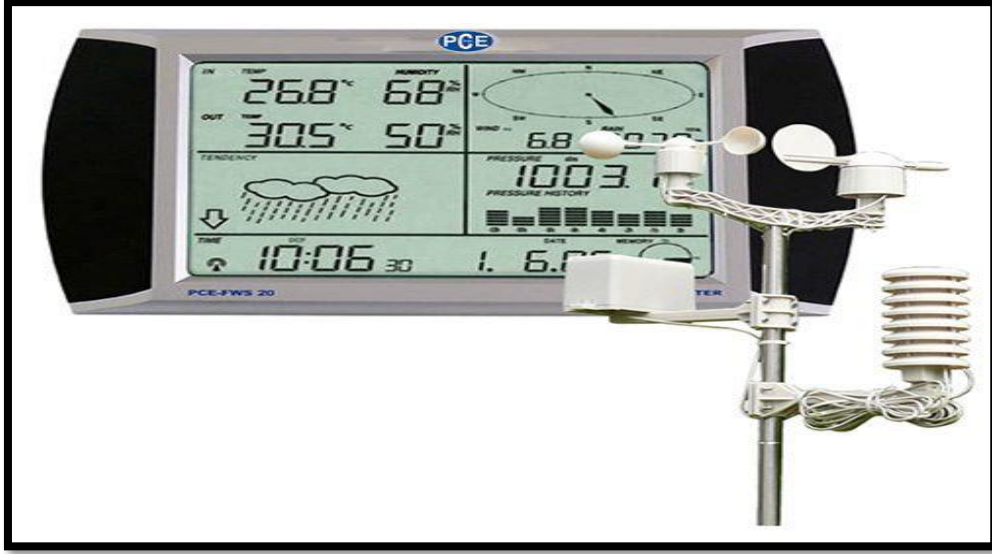
Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 2006 yılında Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (REPA), Türkiye rüzgâr kaynaklarının dağılımını ve karakteristiklerini belirlemek amacıyla üretilmiştir. Bu atlasta detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve verilen diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminin uygun olacağı bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir kaynak sağlamaktadır. Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları Yıllık ortalama değerler alındığında, yüksek bayırlar, kıyı şeritleri ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınlarında meydana gelen en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Marmara denizi çevresinde, Türkiye'nin batı kıyıları boyunca ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Türkiye'nin orta kesimleri boyunca ise orta şiddette rüzgâr hızına sahip bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu mevcuttur [11]. REPA, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası'dır.

Bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde 200 m x 200 m çözünürlüğünde;

- 30, 50, 70 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgâr hız ortalamaları,
  - 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç • yoğunlukları, Referans bir rüzgâr türbini için 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü,
  - 50 m yükseklikteki yıllık rüzgâr sınıfları,
  - 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri,
  - Deniz seviyesinde ve 50 m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri
- öğrenilebilmektedir. Şekil 2'de Türkiye'nin 50 m yükseklikteki rüzgâr güç yoğunluğu haritası verilmiştir.







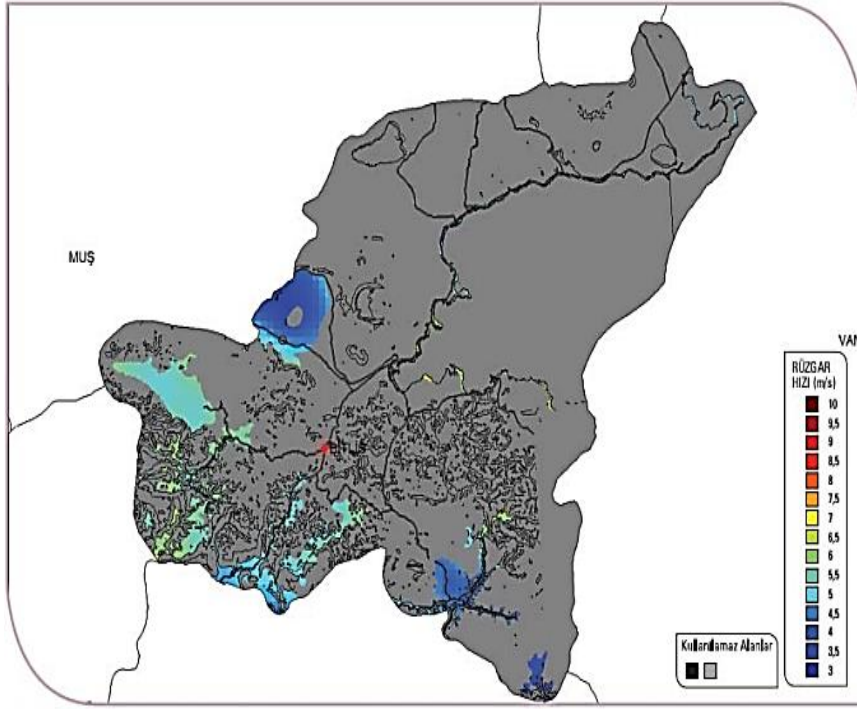
**Şekil 4.** Dokunmatik ekranlı hava istasyonu PCE-FWS 20

Bitlis Beş Minare Mahallesi Rahva Yerleşkesi Bitlis Eren Üniversitesi Kampüsünde 38°28'44,7" kuzey 42°09'39,9" doğu koordinatlarında, rakımı (deniz seviyesinden yüksekliği) 1663 metre yükseklikte kurulan bu ölçüm istasyonundan elde edilen rüzgâr yönü, rüzgâr hızı ve sıcaklık değerleri rüzgâr analizinde kullanılmıştır. Bu istasyonda 15 metredeki gerçek rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, basınç ve sıcaklık değerleri 20 dk aralıklarla periyodik olarak alınmaktadır. 50 m yükseklikteki rüzgâr hızı değerlerin bulunması için Hellman Bağıntısı kullanılmıştır. 01.05.2014 tarihinde saat 00.11'de başlayan ölçümler 30.04.2015 saat 23:51'de son bulmuştur. Bu çalışmada Bitlis Meteoroloji İl Müdürlüğünden alınan grafikler ve bilgilerden de faydalanılmış olup, 12 aylık süreçte rüzgâr hızı dağılımının belirlenmesinde iki parametreden oluşan Weibull dağılımı kullanılmıştır. Analizde, 2014 Mayıs-2015 Nisan tarihleri arasındaki rüzgâr ölçüm istasyonundan elde edilen rüzgâr verileri kullanılmıştır. Weibull dağılımında ölçek ve şekil parametrelerinin belirlenmesi için grafik yöntemi kullanılmıştır. MATLAB programından ise; rüzgâr verilerinin analizlerinin kullanılması üzerinden faydalanılmıştır. Bölgenin aylık ve bir yıllık (2014-2015) olarak istatistiksel rüzgâr enerji potansiyeli analizi yapılmıştır. Matlab programında Weibull dağılımlarının her ay için ayrı ayrı ve tüm ayları kapsayan yıllık grafikleri hazırlanmış olup ortalama rüzgâr hızı ile güç yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır. Şekil 5'de Kampüs alanında kurulan rüzgâr ölçüm istasyonunun kurulum yeri verilmiştir.



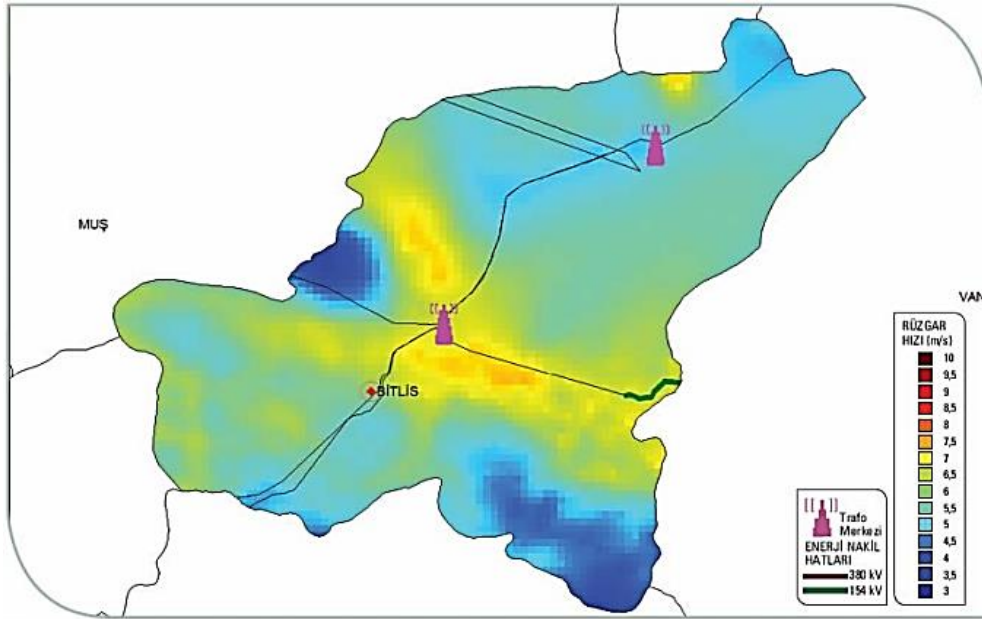
**Şekil 5.** Kampüs alanındaki rüzgâr ölçüm istasyonu kurulum yeri





Şekil 8. RES kurulabilir alanlar

Şekil 9'da Bitlis İli'nde kurulabilecek olan RES için trafo merkezleri ve enerji nakil hatlarına ait güzergâhlar gösterilmektedir [13].



Şekil 9. Trafo merkezleri ve enerji nakil hatlarına ait güzergâhları

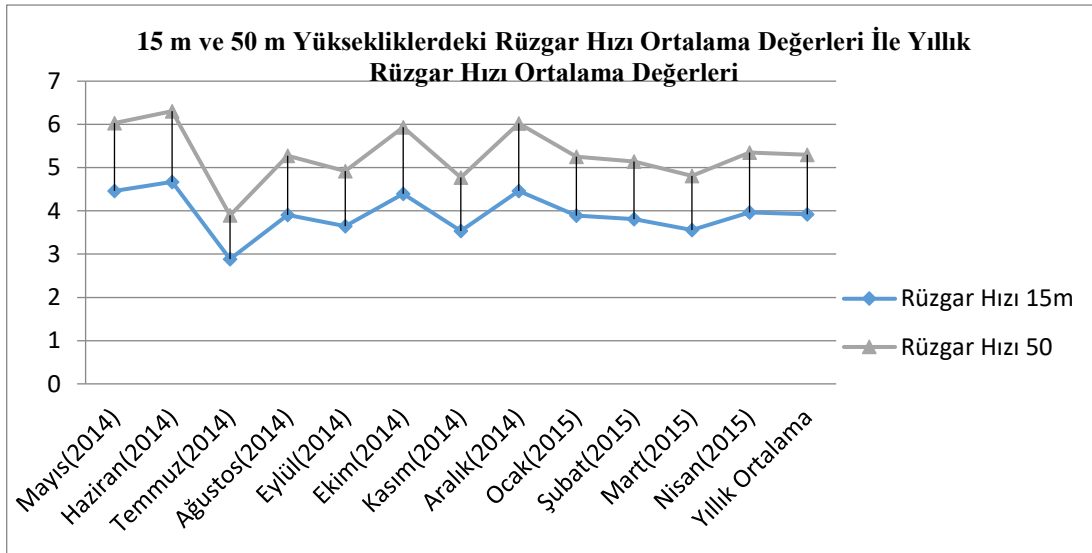
Kampüs yerleşkesinde bir yıla ait 15 m'de ölçülen rüzgâr hızı değerlerinin ortalamaları ile 50 m'de hesaplanan ortalama rüzgâr hızı değerleri ve yıllık oluşan ortalama rüzgâr hızı değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.



**Çizelge 1.** 15 m ve 50 m yüksekliklerdeki rüzgâr hızı değerlerinin aylık ortalama değerleri ile yıllık ortalama rüzgâr hızı değerleri

AYLAR	15m Yükseklikteki	50 m Yükseklikteki
	Aylık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Aylık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)
Mayıs(2014)	4,46481	6,02757
Haziran(2014)	4,67102	6,30587
Temmuz(2014)	2,88571	3,89571
Ağustos(2014)	3,90828	5,27618
Eylül(2014)	3,64395	4,91933
Ekim(2014)	4,39494	5,93317
Kasım(2014)	3,53612	4,77376
Aralık(2014)	4,46383	6,02617
Ocak(2015)	3,89351	5,25623
Şubat(2015)	3,80701	5,13946
Mart(2015)	3,56124	4,80768
Nisan(2015)	3,96562	5,35358
Yıllık Ortalama	3,92414	5,29759

Şekil 10'da 15 m ve 50 m yüksekliklerdeki rüzgâr hızı ortalama değerlerinin değişim grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 10.** 15 m ve 50 m yüksekliklerdeki rüzgâr hızı ortalama değerleri ile yıllık rüzgâr hızı ortalama değerlerinin değişim grafiği

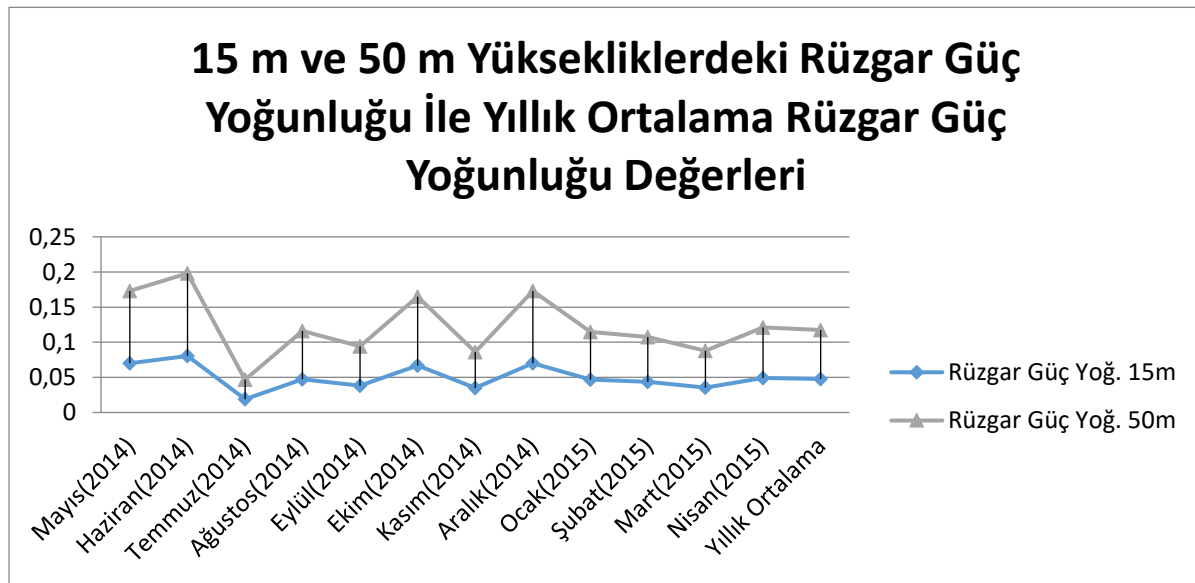
Bir RES proje maliyetini; yatırım giderleri ile işletme ve bakım giderleri oluşturmaktadır. Yatırım giderlerinde en büyük payı türbin maliyeti oluşturmaktadır. RES projesinin yatırım maliyetini; planlama ve proje geliştirme masrafları, inşaat masrafları ile elektrik ve mekanik teçhizat ve montaj masrafları oluşturmaktadır.

20 dakikada bir alınan veriler ile ortalama rüzgâr hızları Matlab programı kullanılarak hesaplanmış olup, 15 m ve 50 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızları değerleri ile aylık ve yıllık hesaplanan ortalama rüzgâr güç yoğunluğu da Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** 15 m ve 50 m yüksekliklerdeki rüzgâr güç yoğunluğunun aylık ortalama değerleri ile yıllık hesaplanan ortalama rüzgâr güç yoğunluğu değerleri

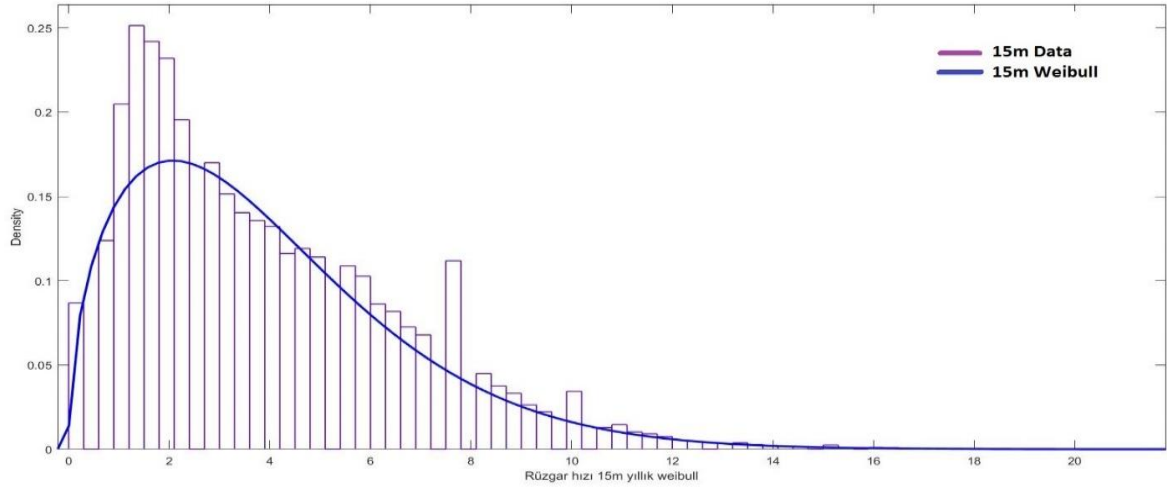
AYLAR	15 m Yükseklikteki Aylık Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	50 m Yükseklikteki Aylık Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Mayıs(2014)	0,017585213	0,043267866
Haziran(2014)	0,020136031	0,049542022
Temmuz(2014)	0,004747847	0,011681498
Ağustos(2014)	0,011794939	0,029020006
Eylül(2014)	0,009559957	0,023521042
Ekim(2014)	0,01677249	0,041266636
Kasım(2014)	0,008736142	0,021494158
Aralık(2014)	0,017573636	0,043237724
Ocak(2015)	0,011661719	0,028692063
Şubat(2015)	0,010901613	0,026822000
Mart(2015)	0,008923648	0,021955602
Nisan(2015)	0,012321738	0,030315978
Yıllık Ortalama	0,011939116	0,029374719

Şekil 11’de 15 m ve 50 m yüksekliklerdeki güç yoğunluğu ile yıllık ortalama güç yoğunluğu değişimleri verilmiştir.



**Şekil 11.** 15 m ve 50 m yüksekliklerdeki rüzgâr güç yoğunluğu ile yıllık ortalama rüzgâr güç yoğunluğu değerleri

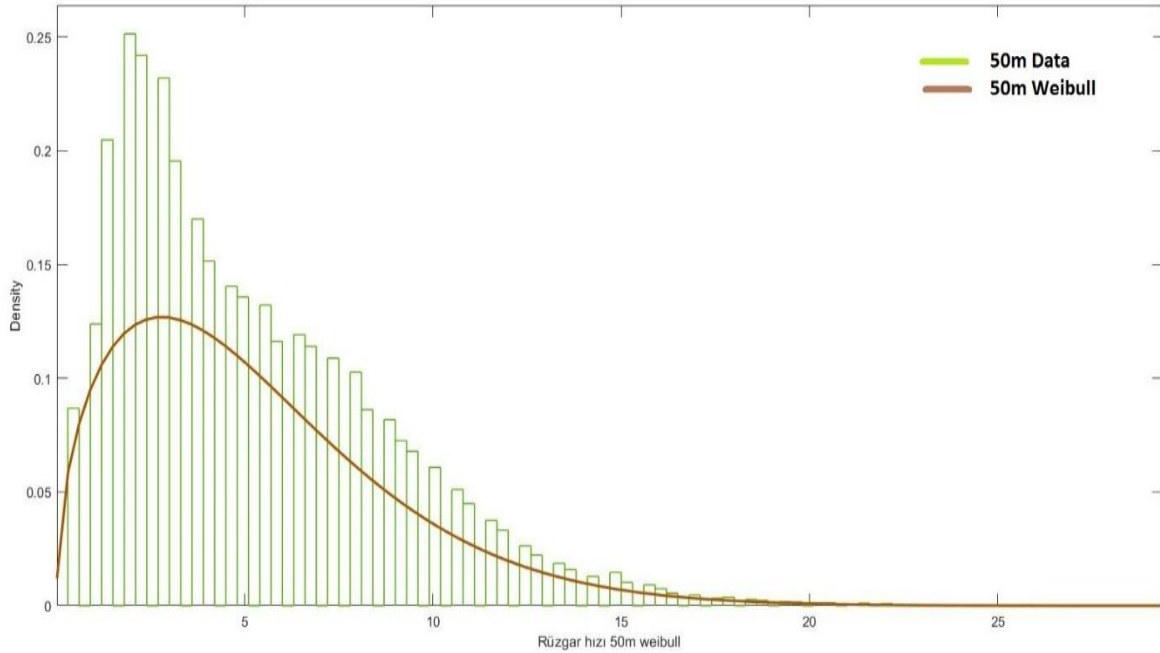
Yıl boyunca alınan rüzgâr hızı verileriyle Matlab Programını kullanılarak aylık ve bir yıllık olarak Weibull dağılımlarının grafikleri, standart sapmaları, varyans ve ortalamaları bulunmuştur. Elde edilen grafiklerde rüzgâr hızının 0 m/s olduğu değerler aylık ve yıllık toplam verilerden çıkarılmıştır. Bazı ayların 30 gün, bazılarının 31 gün, şubat ayının ise 28 gün olması ve rüzgârın hiç esmediği yani hızının 0 m/s olduğu anlık değerler aylık alınan toplam veri sayısında farklılıklar oluşturmuştur. Grafikler bu doğrultudaki toplam veri sayısına göre çizilmiştir. Şekil 12’de 15 m yükseklik için 2014 Mayıs-2015 Nisan aylarını kapsayan yıllık Weibull dağılımı verilmiştir.



**Şekil 12.** 15 m yükseklik için 2014 Mayıs-2015 Nisan aylarını kapsayan yıllık Weibull dağılımı

Distribution: Weibull  
Log likelihood (Olabilirlik logaritması): -55011.8  
Domain (Aralık) :  $0 < y < \text{Inf}$   
Mean (Ortalama) : 3.92414  
Variance (Varyans) : 7.15492

Şekil 13’de 50 m yükseklik için 2014 Mayıs-2015 Nisan aylarını kapsayan yıllık Weibull dağılımı verilmiştir.



**Şekil 13.** 50 m yükseklik için 2014 Mayıs-2015 Nisan aylarını kapsayan yıllık Weibull dağılımı

Distribution: Weibull  
Log likelihood (Olabilirlik logaritması): -62337.9  
Domain (Aralık) :  $0 < y < \text{Inf}$   
Mean (Ortalama) : 5.29759  
Variance (Varyans) : 13.0398

Şekil 14’de ölçüm noktası olarak gösterilen noktanın ekonomik şartların yetersiz olması ve dokunmatik ekranlı hava istasyonunun (PCE-FWS-20) bluetooth ile çalışıp maksimum 100 metreye kadar olan

mesafeyi algılaması sebebiyle RES ölçüm direği BEÜ Rektörlük Binasında bulunan çalışma odasına yakın bir yere kurulmuştur. Weibull dağılımı kullanılarak 15 m yükseklikte alınan verilerden aylık ve yıllık rüzgâr hızlarının ortalama değerlerine bakıldığında; aylık olarak en düşük rüzgâr hızı ortalamasının 2,88571 m/s ile Temmuz ayında, en yüksek rüzgâr hızı ortalamasının ise 4,67102 m/s ile Haziran ayında ölçüldüğü, yıllık rüzgâr hızı ortalamasının ise 3,92414 m/s olduğu görülmektedir. Helmann Bağıntısı kullanarak 50 m yükseklik için bulunan rüzgâr hızı değerlerinin Weibull dağılımı kullanarak bulunan aylık ve yıllık ortalama rüzgâr hızı değerleri ise; aylık olarak en düşük rüzgâr hızı ortalamasının 3,89571 m/s ile Temmuz ayında, en yüksek rüzgâr hızı ortalamasının ise 6,30587 m/s ile Haziran ayında ölçüldüğü, yıllık rüzgâr hızı ortalamasının ise 5,29759 m/s olduğu görülmektedir. RES ölçüm direğinin kurulmuş olduğu alan rüzgâr hızını olumsuz etkileyen yerleşim birimlerinin olduğu bir alan olmasına rağmen 50 m yükseklik için bulunan ortalama rüzgâr hızı değerinin 5,29759 m/s olması RES kurulabilmesi için seçilen alanın uygun bir alan olduğunu göstermektedir.



Şekil 14. Rüzgâr Ölçüm Noktası

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde elektrik enerjisi üretiminde alternatif enerji kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması büyük önem arz etmektedir. Alternatif enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi önemli bir yere sahiptir. Elektrik enerjisi ile ilgili üretim politikalarını oluştururken enerji, ekonomi ve çevre unsurları arasındaki denge dikkate alınmalıdır. Çevre faktörü önemli bir unsur olarak bütün plan ve projelere entegre edilmelidir.

Yapılan çalışmanın genelinde rüzgâr enerjisinin neden kullanılması gerektiği açıkça belirtilmiş olup gerek çevre temizliği açısından gerek ekonomik açıdan faydaları düşünüldüğünde rüzgâr enerjisinin kullanılması elektrik enerjisi üretimi açısından büyük önem arz etmektedir.

Yatırım projelerinin tamamında olduğu gibi yenilenebilir enerji projelerinde özellikle RES yatırımlarında proje geliştirme süreci önemlidir. İyi bir finansal modellemede yatırımın sonuçlarını etkileyecek olan girdi parametrelerinin, güncel, mantıklı ve mümkün olduğunca gerçeğe yakın olması gerekmektedir. Finansal modellemeden elde edilen sonuçlardan yararlanarak yatırımın geleceği doğru tahmin edilebilir. Bu da projelerin yatırıma değer olup olmadıkları, projelerin ne oranda verim sağladığı, projenin kendini ne kadar sürede geri ödediği ve projeden ne kadarlık bir net kar elde edilebileceği bilgisine ulaşmakta yardımcı olur.

Yapılan çalışmada, BEÜ Rahva yerleşkesinde 2014 yılında dokunmatik ekranlı hava istasyonu PCE-FWS 20 tipi rüzgâr enerjisi gözlem istasyonu kurularak 12 aylık süre içerisinde 20 dakikada bir alınan

rüzgâr yönü, rüzgâr hızının yanı sıra kullanılan sıcaklık, bağıl nem ve hava basıncı gibi verilere dayanılarak, rüzgâr enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ölçüm yapılan bölge için yapılmıştır.

Ortalama rüzgâr hızının, yatırım kapasitesinin kullanımı üzerindeki etkisi, nihai olarak yatırımları önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle bölgenin özelliklerinin türbin tasarım büyüklüklerine, enerji yatırıma ve enerji üretimine etkisi gösterilmiştir. Yapılan bu araştırma sonucunda söz konusu olan bölgenin ölçüm yapılan konum gereği rüzgâr enerji potansiyelinin, elektrik enerjisi üretimi açısından istatistiksel olarak uygun olduğu görülmektedir.

### 1. KAYNAKLAR

- [1] Rüstemli S., Cengiz M. S., Dinçer F., 2011 Van İli Elektrik Enerjisinin Dünü, Bugünü ve Yarını, Elektrik Kaynak Dergisi, 260, ss:108-115.
- [2] Rüstemli S., Dinçer F., 2012 Research On Effects Of Environmental Factors On Photovoltaic Panels and Modeling With Matlab/Simuling, Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), R.88 NR 7a/2012, pp:63-66.
- [3] Kapluhan E, 2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Rüzgâr Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi (The Journal of International Social Research) 7 (31): 813-825.
- [4] Rüstemli S., Dinçer F., Dinçadam F., 2011 Elektrik Enerjisi Üretiminde Güneş Enerjisinin Dünü, Bugünü ve Yarını, Elektrik Kaynak Dergisi, 261, ss:140-144.
- [5] Rüstemli S., Dinçadam F., 2008 Dünyada ve Türkiye'de Enerjiye Genel Bir Bakış, Elektrik Kaynak Dergisi, 228, ss:160-165.
- [6] Özcan İ, Şencan Şahin A, Dikmen E, Bayram G, 2013. Isparta İlinde Rüzgâr Hızı Değerlerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 17 (1): 109-112.
- [7] Hayli S, 2001. Rüzgâr Enerjisinin Önemi, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu. Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 11 (2): 1-26.
- [8] Elibüyük U, Yakut AK, Üçgül B, 2016. Süleyman Demirel Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Santrali Projesi, Isparta.
- [9] Kaplan YA, 2016. Rayleigh ve Weibull Dağılımları Kullanılarak Osmaniye Bölgesinde Rüzgâr Enerjisinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 20 (1): 62-71.
- [10] Yıldırım U, Gazibey Y, Güngör A, 2012. Niğde İli Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli. Niğde Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1 (2): 37-47.
- [11] Altuntaşoğlu ZT, 2011. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar. Mühendis ve Makine Dergisi, 52 (617): 56-63.
- [12] Rüstemli S., Oral F., Akdağ M., "Bitlis İli Elektrik Enerjisi Üretiminde Rüzgar Enerjisinin Önemi", 9. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Konya 2013.
- [13] YEGM (2012), Bitlis İli Rüzgar Kaynak Bilgileri, www.yegm.gov.tr/YEKrepa/BITLIS - REPA.pdf, (10.08.2018).



**GÜNEŞ ENERJİSİ, FOTOVOLTAİK PANELLER VE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ**  
**SOLAR ENERGY, PHOTOVOLTAIC PANELS AND SOLAR TRACKING SYSTEMS**

**Sabir RÜSTEMLİ**

Prof. Dr. Bitlis Eren Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi  
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

**Zeki İLÇİHAN**

Öğr. Gör. Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü  
(Sorumlu Yazar)

**ÖZET**

Dünya pazarında ülkemizin rekabet gücünü artırmak için ekonomiyi büyütecek ve yaşam standartlarını yükseltecek yeterli, sürekli ve temiz enerjinin temini şarttır. Elektrik enerjisi insan hayatı için en önemli yaşamsal ihtiyaçlardan biridir. Teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisi her geçen yıl yaklaşık olarak %4-%8 oranında artış göstermektedir.

Buna karşılık ihtiyaçların büyük bir bölümünü karşılayan fosil yakıt rezervleri ise her geçen yıl azalmaktadır. Önümüzdeki yakın gelecekte bu rezervlerin tükeneceği yapılan tahminlerden anlaşılmaktadır. İnsanlığa ve çevreye zarar vermeyecek bir şekilde elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanabilir. Ülkemizde önemli yenilenebilir enerji kaynakları; Hidrolik, Jeotermal, Rüzgâr ve Güneş enerjisi kaynakları şeklinde sıralanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki en kullanışlı kaynaklardan biri güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi fotovoltaik paneller ile üretilmektedir. Bir fotovoltaik panelin performansı verimiyle ölçülmektedir. Fotovoltaik panellerde belli dalga boylarındaki ışınlar elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Geri kalan büyük bir miktar ya fotovoltaik paneli oluşturan madde tarafından emilerek ısıya dönüştürülmekte ya da yansıtılmaktadır. Fotovoltaik panellerde elektrik enerjisi üretim kazançlarının artırılmasına yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar güneş takip sistemleri, soğutma sistemleri ve gölgelenme etkisinin azaltılması yöntemleri şeklinde sıralanabilir. Güneşlenme süresinin yüksek olması için fotovoltaik panelin güneşi takip etmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmada fotovoltaik panellerin enerji kazancını artırıcı çareler ele alınmış, değerlendirilmiş ve çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Fotovoltaik Paneller, Güneş Takip Sistemleri

**ABSTRACT**

To increase the competitiveness of our country in the world market and to raise living standards it is necessary to provide enough, continuous and clean energy. Electrical energy is one of the most important vital needs for human life. With the development of technology, electrical energy increases by approximately 4-8% each year. However the fossil fuel reserves that meet a large portion of the needs are decreasing each year. It is understood from the forecasts that these reserves will be exhausted in the near future.

To supply the need of electric energy in a way that does not harm humanity and the environment is to use the renewable energy sources. The important renewable energy sources are; hydrolic, geothermal, wind and solar energy. One of the most useful sources of renewable energies is solar energy. The production of electrical energy from solar energy is produced by photovoltaic panels. The performance of a photovoltaic panel is measured by its efficiency. In photovoltaic panels, rays of certain wavelengths can be converted to electrical energy. The remaining a large amount of these rays are either absorbed by the photovoltaic panel forming material and converted to heat or reflected. Various methods have been developed to increase the gains of electrical energy in photovoltaic panels. These can be listed as solar tracking systems, cooling systems and methods of reducing shading effect. The photovoltaic panel must trace the sun in order to increase the sun exposure time.

In this study some remedies handled, rated and various recommendations have been made to increase the energy gain of photovoltaic panels,

**Keywords:** Energy, Solar Energy, photovoltaic Panels, Sun Tracing Systems

## 1. GİRİŞ

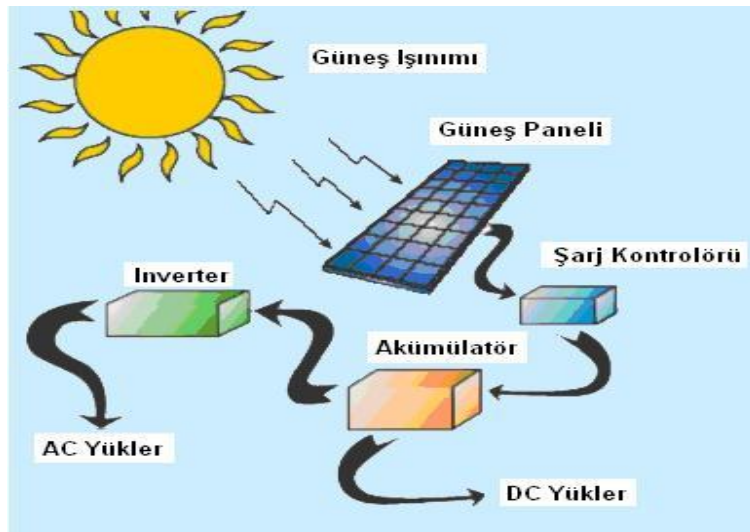
Teknolojinin gelişmesiyle elektrik enerjisi her geçen yıl yaklaşık olarak %4-%8 oranında artış göstermektedir. Artan elektrik enerjisi ihtiyaçlarının büyük bir bölümünü karşılayan fosil yakıt rezervleri ise çok hızlı bir şekilde azalmaktadır. Önümüzdeki yakın gelecekte bu rezervlerin tükeneceği ve ihtiyacı karşılayamayacağı yapılan araştırmalardan anlaşılmaktadır. Bundan dolayı araştırmacılar yeni enerji kaynaklarını araştırmaya yönelmişlerdir [1, 2].

İnsanlığa ve çevreye zarar vermeyecek bir şekilde elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanması yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkündür. Yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içerisinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki en kullanışlı kaynaklardan biri güneş enerjisidir [3,4].

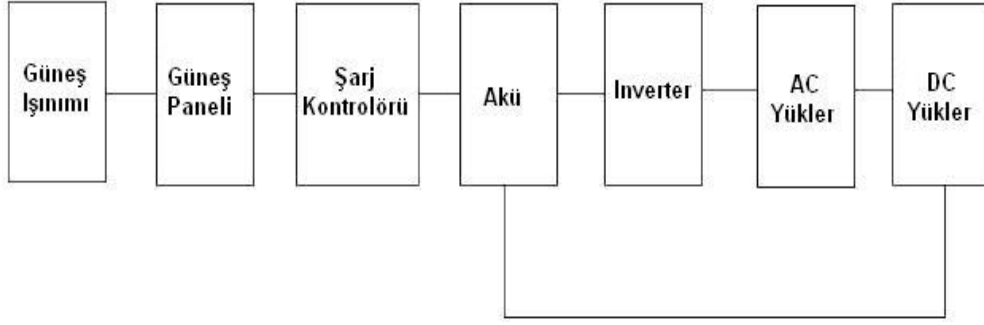
Güneş enerjisinden ilk başlarda sıcak su elde edilmesi amacıyla faydalanılmıştır. Güneş enerjisinden direk olarak elektrik enerjisi elde etme fotovoltaik hücre ile sağlanmaktadır. Fotovoltaik hücrelerin birleşmesinden modül, modüllerin birleşmesinden panel, panellerin birleşmesinden ise solar dizi elde edilmektedir. Fotovoltaik panellerde elektrik enerjisi kazancının artırılmasına yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar güneş takip sistemleri, soğutma sistemleri ve gölgelenme etkisinin azaltılması yöntemleri şeklinde sıralanabilir [5,6].

## 2. GÜNEŞ ENERJİSİ ve FOTOVOLTAİK PANELLER

Güneşin yaydığı ve Dünyamıza ulaşan enerji, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışınım enerjisidir. Güneş enerjisi, güneşten gelen ve dünya atmosferinin dışında sabit ve  $1370 \text{ W/m}^2$ , yer yüzünde ise  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinden ısı ve elektrik enerjisi şeklinde faydalanılır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi güneş panelleri ile sağlanmaktadır. Fotovoltaik paneller, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş paneli uygulamaya bağlı olarak, akümülatör, inverter, akü şarj denetim aykıtı ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş paneli sistemi oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim bölgelerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımının zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanıldığı zaman ekonomik olmaktadır. Fotovoltaik sistemin görünümü ve blok diyagramı Şekil 1’de verilmiştir [5].



(a)

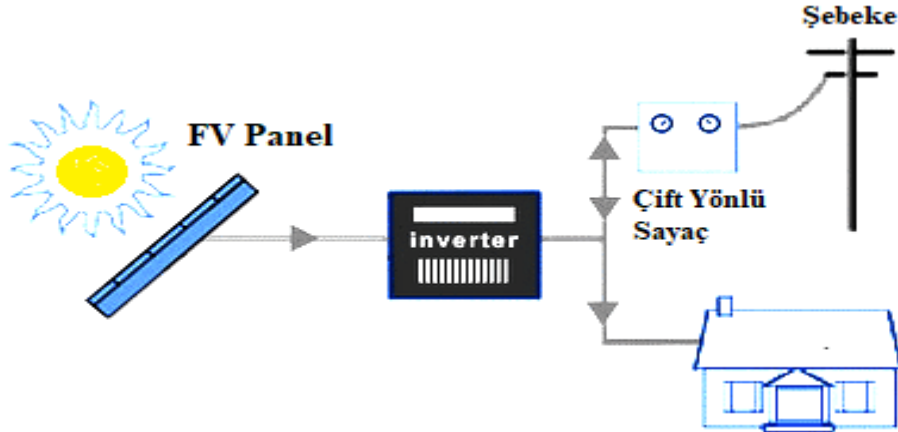


(b)

**Şekil 1.** (a) Fotovoltaik sistemin görünümü (b) blok diyagramı

Fotovoltaik paneller yardımı ile güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi kurulu gücü her geçen yıl hızla artmaktadır. Günümüzde bu kurulu güç gigawatlar seviyesini çoktan aşmıştır. Fotovoltaik sistemler; şebeke bağlantılı sistemler ve şebekeden bağımsız sistemler olmak üzere ikiye ayrılır.

Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler, mevcut elektrik şebekesinden faydalanan sistemlerdir. Gün boyunca üretilen elektrik enerjisi ya mülk sahibi tarafından tüketilir veya elektrik şebekesine geri yöneltilir. Şebekeye bağlı örnek fotovoltaik sistem Şekil 2’de verilmiştir [7].



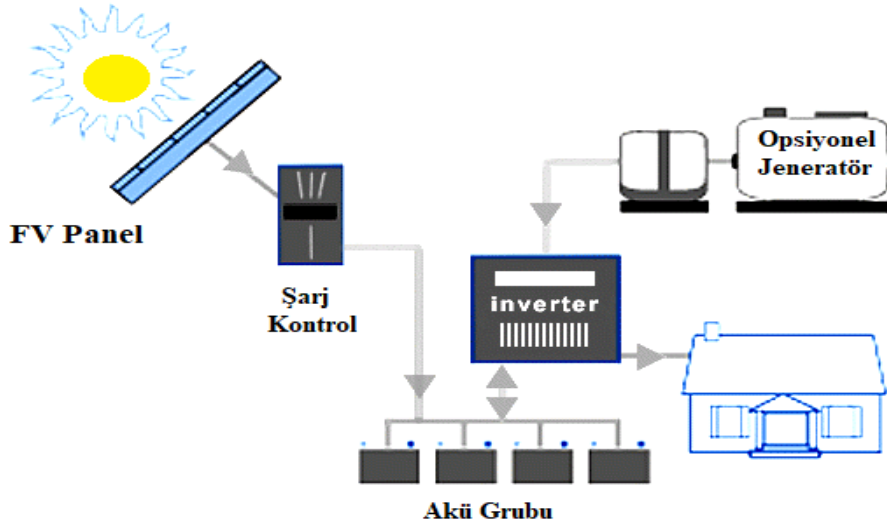
**Şekil 2.** Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem için örnek bağlantı düzeneği

Geceleri panellerin yeterli güç üretmediği dönemlerde, elektrik enerjisi şebekeden sağlanır. Şebekeden alınan ve verilen elektrik enerjisi iki ayrı sayaç veya çift yönlü sayaç ile belirlenir. Fotovoltaik sistemlerde oluşabilecek arızaların şebekenin diğer kısımlarını etkilememesi için, sistemi izole eden emniyet ve kontrol cihazları gereklidir. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerin en gelişmiş fotovoltaik elektrik santralleridir. Fotovoltaik elektrik santraline örnek Şekil 3’de verilmiştir.



**Şekil 3.** Adilcevaz Fotovoltaik Elektrik Santrali

Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler küçük güçlü sistemlerdir. Tüketici gündüz üretilen elektrik enerjisini akü vasıtasıyla depolar ve tüketici elektrik enerjisi ihtiyacını bu akülerden karşılar. Bu sistemlerde sistemin kapasitesi, güneş battıktan tekrar doğuncaya kadar olan süre içinde ihtiyaç duyacağı kapasiteye göre belirlenir. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem için örnek bağlantı düzeneği Şekil 4’de verilmiştir [7].



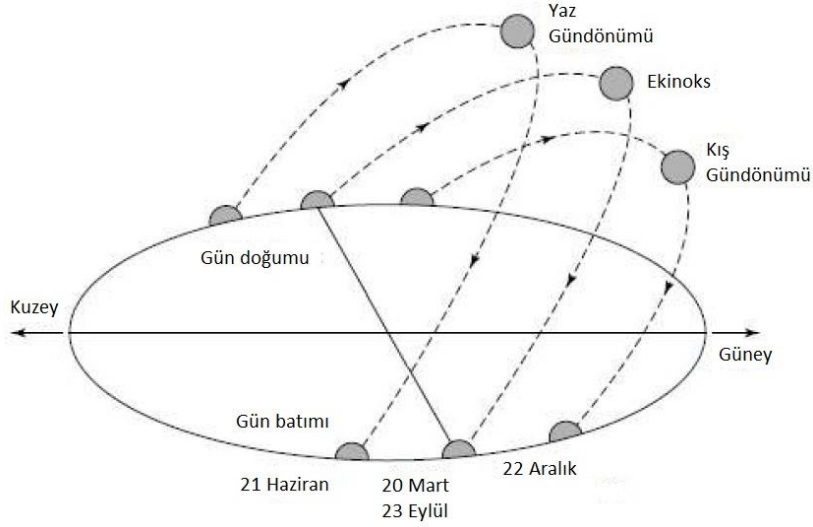
**Şekil 4.** Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem için örnek bağlantı düzeneği

Fotovoltaik sistemler herhangi bir sisteme bağımlı olmadan, elektrik enerjisi üretebilirler. Elektrik enerjisinin üretimi için ana girdi güneş olduğundan güneşin bol miktarda olduğu her yerde kurulabilir. Bu sistemlerde elektrik enerjisi üretim noktası ile tüketim noktası arasındaki mesafe çok kısa olduğundan oluşabilecek gerilim düşümü ve kayıplar oldukça az olacaktır. Bu sisteme sonradan ek fotovoltaik paneller eklenerek sistemin güç kapasitesi yükseltilebilir. Bu sistemler güneşlenmenin olmadığı zamanlarda elektrik enerjisi üretemezler.

### **3. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ**

Güneş panellerini oluşturan FV üzerine yapılan bütün çalışmalar, yatırım maliyetinin geri dönüş süresini azaltmaya yöneliktir. Bunu da ancak FV yapının kazancını artırarak sağlayabiliriz. FV yapının kazancını artırmak ise ancak üzerine düşen ışınım miktarının artırılması ile sağlanabilir. FV panellerin güneşe göre, normal ile üzerine düşen güneş ışığının, yaptığı açının kosinüs değeri ile FV panelin üzerine etki eden güneş ışığının radyasyon değeri belirlenmektedir. Bu radyasyon değeri FV panel üzerine ne kadar

uzun süre etki ederse, FV panelden maksimum kazanç sağlamış oluruz [8]. Diğer bir deyişle, Güneş ile FV panel yüzeyi arasındaki açı günün her saatinde dik ( $90^\circ$ ) olursa, FV panelde güneşlenme süresi en yüksek seviyede olur [5]. Bunu da FV panellerin güneşlenmenin olduğu her an güneşi takip etmesi ile gerçekleştirilebilir [9]. Şekil 5’de güneşin mevsimlere göre hareketi görülmektedir [6].



**Şekil 5.** Güneşin mevsimlere göre hareketi

Şekil 5’de görüldüğü gibi güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı iki etken ile değişmektedir. Bunların birincisi: dünyanın kendi ekseninde dönmesinden dolayı güneş ışınlarının gün içerisinde dünyaya geliş açılarının değişmesidir. İkincisi ise: dünyanın güneş etrafında dönmesinden dolayı yeryüzüne gelen güneş ışınlarının açılarıdır [9, 10].

İlk güneş takip sistemi, Finsher tarafından 1962 yılında tamamen mekanik olarak tasarlanmıştır. Daha sonra Saavedra elektronik kontrol yapısına sahip bir mekanizma geliştirmiştir [11]. Şekil 6’da panel yüzeyine düşen ışınım gösterilmiştir [8].



**Şekil 6.** FV panel yüzeyine düşen ışınım

Güneş takibi yapılırken teorik olarak kazanç çok yüksek gibi görünse de pratik uygulamalarda kazanç genellikle %20-40 seviyelerinde olmaktadır. Bu değerler güneş takibinin güneşi kaç eksende izleme yapılması ve sistemin izleme için ne kadar enerji harcadığına, meteorolojik şartlara, kullanılan FV panelin türüne, dünya üzerindeki konumuna göre farklılıklar göstermektedir. Güneş takibinin kararlılığı ve doğruluğu, güneş takip sistemlerinin tasarlanmasında en önemli önceliktir [8].

### 3.1. Güneş Takip Sistemlerinin Sınıflandırılması

Güneş takip sistemlerini aşağıdaki gibi iki ana başlık altında sınıflandırabiliriz.

- Eksen yapısına göre,
- Kontrol yapısına göre,



### 3.1.1. Eksen Yapısına Göre

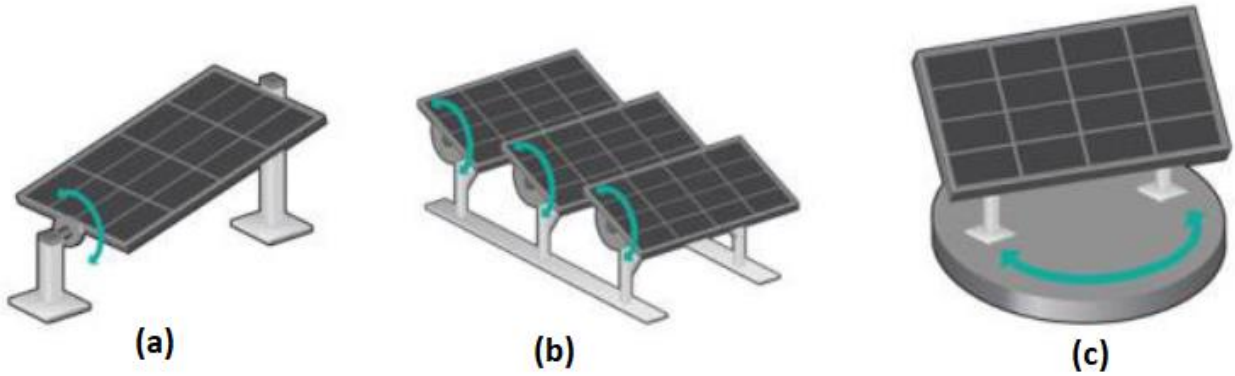
FV panellerin dönüş yönüne bağlı olarak GTS'ler iki ana tipte sınıflandırılabilir. Bunlar tek eksen ve çift eksen kontrollü olarak isimlendirilir.

#### 3.1.1.1. Tek Eksen Kontrollü

Tek eksenli takip sistemleri güneş enerjili sistemler için yatay ya da dikey yalnızca birini gerçekleştiren sistemlerdir. Türkiye göz önüne alındığında, tek eksenli hareket için eğer doğu batı yönünde takip yapılacaksa yaklaşık 240°, eğer takip kuzey güney doğrultuda yapılacaksa yaklaşık 75° 'e kadar hareket alanı oluşturulmuş olur [11]. Tek eksenli hareketin tercih sebebi sistemin kurulduğu alan ile ilgilidir. Örneğin parabolik sistemler yatay takip yaparken çoğu çatı uygulaması FV paneller için yer kısıtlılığı sebebiyle sadece dikey takip yapmaktadır [9]. Tek eksenli GTS uygulamaları;

- Eğik tek eksen takip, (Tilted single-axis tracker (TSAT))
- Yatay tek eksenli takip, (Horizontal single-axis tracker (HSAT))
- Dikey tek eksenli takip, (Vertical single-axis tracker (VSAT))

olmak üzere üç farklı hareket yönü ile yapılabilir. Farklı konfigürasyona sahip tek eksen güneş takip sistemleri şekil 7'de verilmiştir [12].



Şekil 7. Farklı konfigürasyona sahip tek eksen takip sistemleri,  
(a) TSAT, (b) HSAT, (c) VSAT

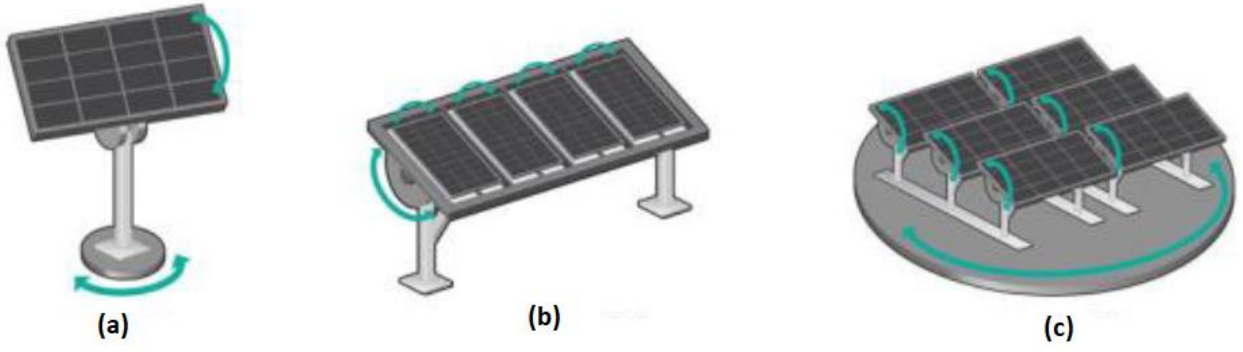
Eğik tek eksen takip sisteminde zemine göre yatay ve dikey hareket söz konusu değildir. Sistemin dönüş eksenini dünyanın dönüş eksenine paraleldir. Yatay tek eksenli takip sisteminde dönüş yönü, yatay olarak yere paraleldir. Bu sistem normalde eksen üzerinde paralel dönen FV panellere sahiptir. Dikey tek eksenli takip sistemlerinde dönüş hareketi gün boyunca doğudan batıya doğrudur. Bu sistemlerde FV paneller yatay olarak dik açıda monte edilmiştir, bu sayede yatay tek eksenli takip sistemlerine nazaran yüksek enlemlerde daha etkilidir.

#### 3.1.1.2. Çift Eksen Kontrollü

Çift eksenli takip sistemleri, hareket özgürlüğünün iki ayrı yöne uzatıldığı tek eksen takip sistemleri ile oluşturulur. Çift eksen takip sistemlerinde güneşin gökyüzündeki konumunu belirten iki açı değeri ile güneş takibi gerçekleştirilir. Bu açılar azimut ve zenit açılarıdır. Bu takip sistemi azimut açısına göre doğu batı yönünde, zenit açısına göre ise kuzey-güney yönünde hareket ederek güneşin gün boyunca takibi sağlanmış olur. Buradan da anlaşılacağı gibi çift eksen takip sistemleri, tek eksen takip sistemlerine göre çok daha geniş bir alan ile FV panel hareketine izin vermektedir. Çift eksen GTS uygulamaları;

- Kutup eğimli çift eksen takip, (Tip-tilt dual-axis tracker (TTDAT))
- Yatak çift eksen takip, (Horizontal dual-axis tracker (HDAT))
- Azimut yüksekli çift eksen takip, (Azimuth-altitude dual-axis tracker (AADAT))

olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilir. Farklı konfigürasyona sahip tek eksen güneş takip sistemleri şekil 8'de verilmiştir [12].



**Şekil 8.** Farklı konfigürasyona sahip çift eksen takip sistemleri,  
(a) TTDAT, (b) HDAT, (c) AADAT

Kutup eğimli çift eksen takip sistemlerini bir eksenini zemine yataydır, ikinci eksen ise birinci eksene diktir. Bu sistemin eksen yapısı esnek olmasına ve tercih edilen yönler yönleştirilmesine rağmen, bu takip sisteminin bir eksenini doğu-batı enlem çizgisine veya gerçek bir kuzey meridyenine hizalanır. Birbiri ardına yerleştirilen bu takip sistemlerinde, birbirlerine gölge düşürmemeleri için takip sisteminin düşük yoğunlukta kullanılması gerekmektedir.

Azimut yüksekli çift eksen takip sisteminde ana eksen yere dikey olarak hizalanır. Genelde sistem zeminde bulunan büyük bir daire üzerine monte edilir. FV panellerin ağırlıkları, zemin üzerinde bulunan daire şeklinde bir alan üzerine dağılmaktadır. FV paneller daire çapına göre uygun yoğunlukta kullanılarak gölgelenme ihtimali hesaplanmalıdır.

### 3.1.2. Kontrol Yapısına Göre

Kontrol yapısına göre güneş takip sistemleri genel olarak iki kategoriye ayırabiliriz. Bunlar pasif güneş takip sistemleri (mekanik, bu sınıftaki takipçiler yerçekimini kullanırlar) ve aktif güneş takip sistemleridir (elektriksel donanıma sahiptirler).

#### 3.1.2.1. Pasif Güneş Takip Sistemleri

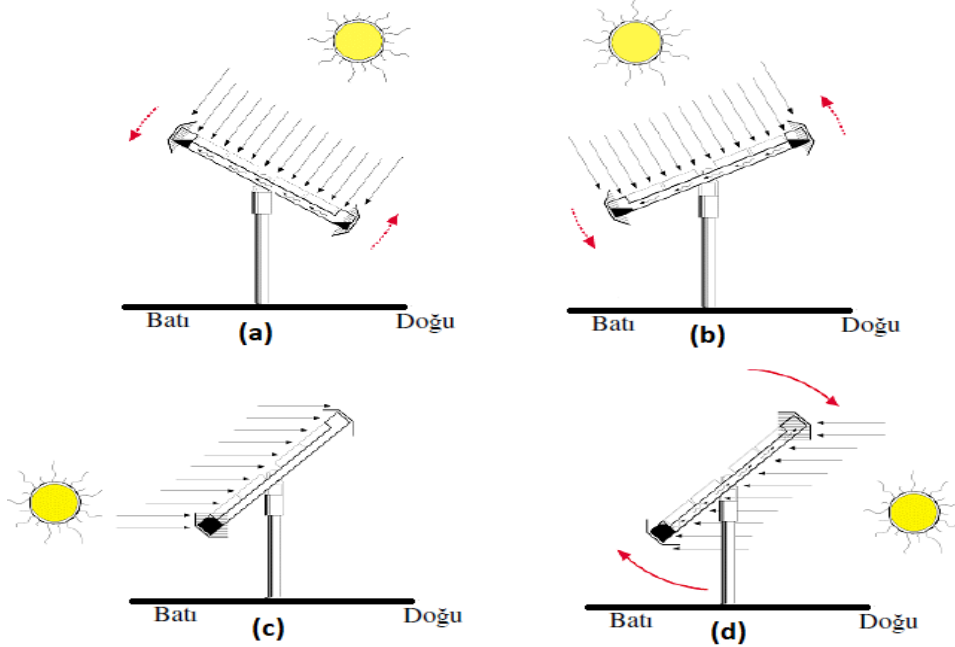
Pasif GTS sistemleri temel çalışma mantığı yer çekimine dayanmaktadır. Bu sistemlerde FV panelin yerleştirileceği mekanik aksamın sağ ve sol kenarlarına yerleştirilmiş ve içerisine özel bir sıvı bulunduran iki adet tüp bulunmaktadır [6,9]. Burada tüp içinde kullanılan sıvının, kullanılma mantığı maddenin termik genişlemesine (yaygın olarak freon) veya şekil hafızalı alaşımların kullanımına dayanır [13]. Güneş takibi için hiçbir elektriksel aksama ihtiyaç duymayan bu sistemler, güneş takibi genellikle tek eksenle yapılmaktadır. Şekil 9'da yer çekimi kullanılarak yapılan pasif güneş takip sistemi için örnek uygulamalar verilmiştir [14].



**Şekil 9.** Yer çekimi kullanan sistemlere örnek uygulama

FV panellere bağlı olan sağ ve soldaki tüpler, birbirleri ile FV panelin alt tarafından bağlantılı olup birbirleri arasında sıvı geçişine oluşmaktadır. Tüplerin içinde genişleme katsayısı yüksek ve ısıya karşı

hassas bir sıvı bulunmaktadır. Bu sistem kurulurken FV paneller ağırlık merkezine göre dengeli bir şekilde mekanik sistemin üzerine yerleştirilmelidir. Güneş ışınımı hangi taraftan geliyorsa o taraftaki tüpte bulunan sıvı genişerek karşı tüpe doğru hareket ederek mekanizmanın ağırlık merkezini değiştirir. Bu sayede FV panel güneşe doğru hareket eder ve güneş ışınları FV panele dik gelinceye kadar hareketini sürdürür. Şekil 10'da bu sistemin çalışma prensibi gösterilmektedir [9,14].



**Şekil 10.** Pasif takip sisteminin çalışma prensibi

Burada güneş ışınlarının, iki tüpe de eşit miktarda gelinceye kadar panelin dönmesi (a), güneş hareket ettikçe FV panelde belli bir açı ile güneşi takip etmektedir (b), FV panel bir önceki günden batıya doğru yönelmiş halde kalmıştır (c), güneş zemine yakın olan tüpe daha fazla güneş ışığı geldiğinden tüp içindeki sıvı genişerek aksi tarafa doğru hareket etmektedir (d). Bu sistemlerde takip tek eksenle yapıldığı için rüzgârın mekanik sistem üzerindeki etkisini azaltmak için hidrolik damper kullanılmaktadır. Diğer bütün GTS 'den çok daha basit ve sade bir yapıya sahip olan bu GTS sistemi en büyük dezavantajı ise FV panel kazancına etkisinin diğer GTS'lere göre çok düşük seviyede olmasıdır, hatta düşük sıcaklıklarda bu sistem hiç çalışmayabilir. Yapılan çalışmalar ile bu GTS sistemlerinin diğer GTS sistemleri ile kıyaslanabilir olduklarını göstermiştir. Bu sistemler daha ucuz olmalarına rağmen, kullanımları yaygınlaşmamıştır.

### 3.1.2.2. Aktif Güneş Takip Sistemleri

Aktif GTS sistemlerinde mekanik aksamın hareketi motorlarla sağlanır, motorların hareket ederek mekanik aksamı güneşe çevirebilmesi için güneşi yönünü algılayan optik algılayıcılar veya güneş açılarını kullanarak güneşin konumunu bulan algoritmaların kullanıldığı sistemlerdir. Tek ve çift eksen yapıları mevcuttur. Aktif GTS sistemlerini iki ana başlık altında inceleyebiliriz.

Bunlar;

- Aktif algılayıcı tabanlı sistemler
- Koordinat tabanlı sistemler.

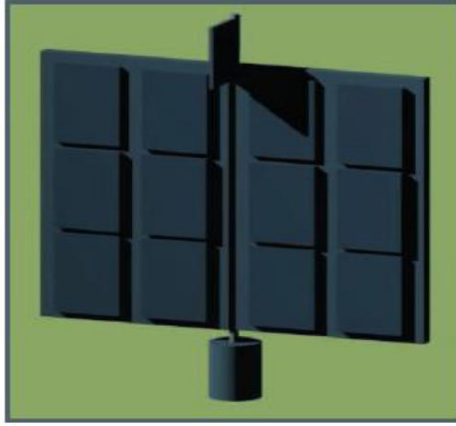
#### 3.1.2.2.1. Aktif Algılayıcı Tabanlı Sistemler

Aktif algılayıcı tabanlı GTS sistemlerini harici iki taraflı FV tabanlı ve Elektro-optik tabanlı sistemler olarak sınıflandırabiliriz.

##### 3.1.2.2.1.1. Harici İki Taraflı FV Tabanlı Sistemler

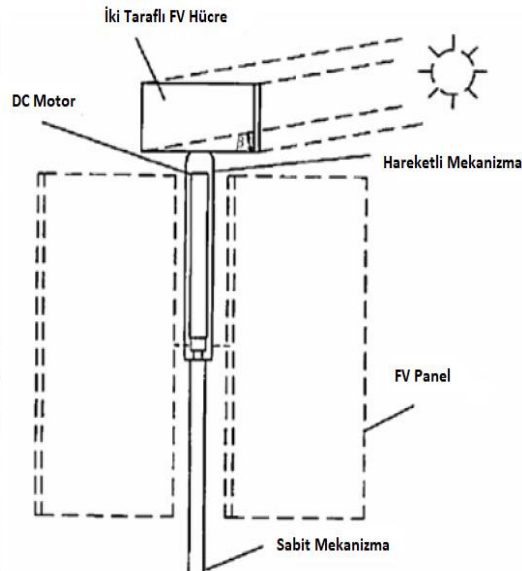
Aktif algılayıcı tabanlı sistemlerin en basiti olan harici iki taraflı FV sistemlerdir. Bu sistemde bulunan

iki taraflı FV yapı DC bir motora direk bağlanarak takip sisteminin döner mekanizmasına sabitlenir ve hem algılayıcı olarak çalışır hem de DC motor için gerekli enerjiyi üretir. Şekil 11’de iki taraflı FV yapı görülmektedir [9].



Şekil 11. Harici İki taraflı FV hücre

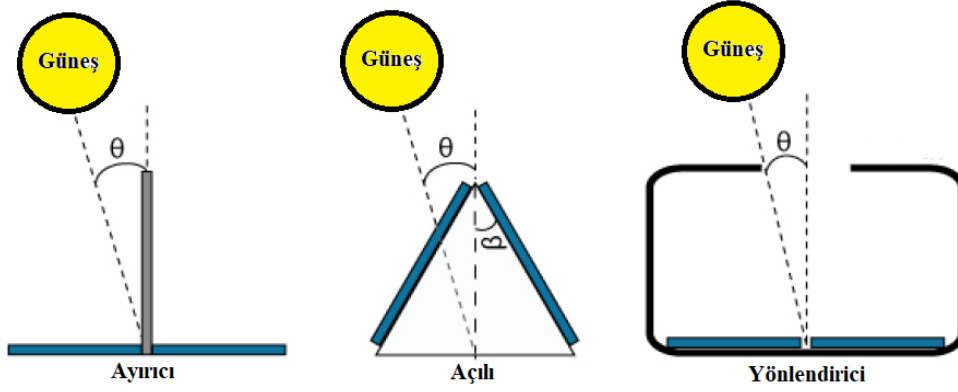
Yapılan bir çalışmada Poulek ve arkadaşları uzay ve yeryüzü uygulamalarında kullanılacak basit bir GTS tasarlamışlardır. Yaptıkları bu uygulama ile sürücü devreleri ve bataryalar gibi elemanlar tamamen ortadan kaldırılmıştır. Bu sistemde iki taraflı FV panelin yüzey alanı hareketi toplam FV panel yüzey alanının yaklaşık %1’i kadardır. Yapılan bu çalışmada kullanılan FV panellerde iki taraflı olarak kullanılmıştır. Bu sayede 360° izleme yapılabilmektedir. Sonuç olarak bu takip sisteminin güneşi artıksi 5° sapma ile takip işlemini gerçekleştirdiğini gözlemleyerek sistemin ideal bir takip sisteminin elde edeceği enerjinin %95’inden fazlasını topladığını saptamışlardır. Şekil 12’de yapılan uygulama görülmektedir [15].



Şekil 12. Tasarlanan harici iki taraflı FV tabanlı GTS

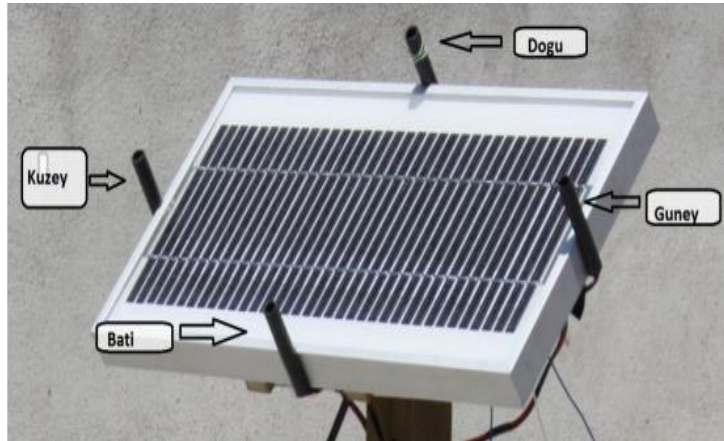
### 3.1.2.2.1.2. Elektro-Optik Tabanlı Sistemler

Bu sistemlerde güneş takibi için gerekli olan güneş konum bilgisi optik bir algılayıcı tarafından sağlanır. Güneş ışınımının yoğun olduğu yöne doğru FV panelleri yönelmesi prensibine göre çalışan bu sistemlerde kullanılan optik algılayıcı FV panelin yüzeyine paralel olarak veya üzerine en az iki tane olmak şartı ile uygun mesafe aralıklarıyla, hesaplanan açıyla eğik olarak konumlandırılabilir veya hizalayıcı kullanılarak yerleştirilir. Şekil 14’de Algılayıcı montaj çeşitleri görülmektedir [9].

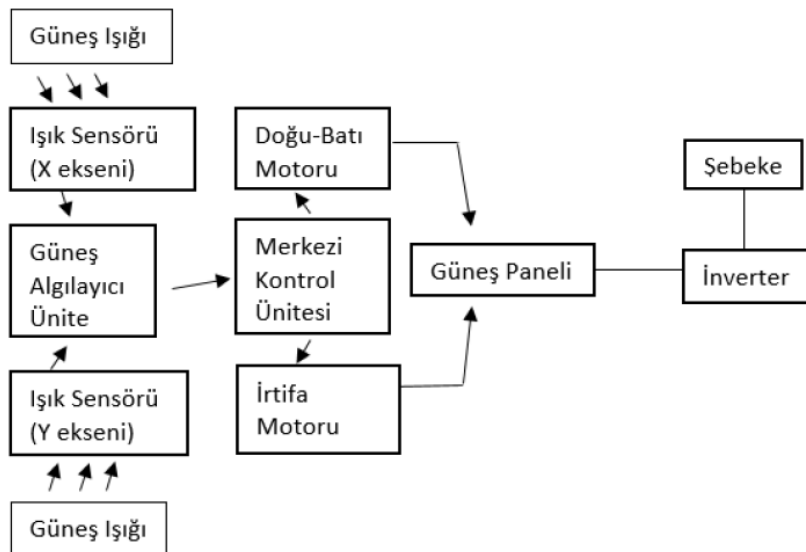


Şekil 13. Algılayıcı montaj çeşitleri

Yaygın olarak LDR (fotodirenç) kullanılan bu sistemlerde, iki LDR kullanımı ile tek eksen takip, dört LDR kullanımı ile iki eksen takip yapmak mümkün olabilmektedir. FV panele gelen güneş ışınımı FV panel üzerindeki her bir optik algılayıcı üzerlerinde akım ve gerilim değerleri oluşturur. Algılayıcılarda oluşan bu değerler bir kontrol ünitesi tarafından kayıt altına alınarak karşılaştırılır. FV panelin üzerine güneş ışınlarının dik bir şekilde gelmesi demek, panel üzerindeki bütün algılayıcılardan okunan değerlerin eşit olması anlamına gelir. Kontrol ünitesi FV panel üzerindeki bütün algılayıcıların değeri eşit oluncaya kadar mekanik sistemi güneşe doğru çevirir. Şekil 14’de Algılayıcıların FV panel üzerine yerleştirilmesi, Şekil 15’de Çift eksen algılayıcı sistemin blok şeması gösterilmektedir [16].



Şekil 14. FV panel üzerine yönlendirici montaj şeklinde yerleştirilen algılayıcı düzeneği



Şekil 15. Algılayıcı kullanılan çift eksen takip sistemi blok şeması



**3.1.2.2. Koordinat Tabanlı Sistemler**

Koordinat tabanlı GTS genel çalışma sistematığı, güneşin yıl içerisinde ve gün içindeki hareketine bağlıdır. Bu sistemler algılayıcı sistemler ile benzer prensipte çalışırlar ancak motorların hareketi için gerekli olan bilgi (sinyal), optik algılayıcılardan gelen bilgilerin kıyaslanması ile değil, bir algoritma tarafından üretilir. Bu algoritma güneş açıları hesabı ile coğrafi bölgenin enlem (paralel) ve boylam (meridyen) değerlerine göre oluşturulur [9].

Bu güneş takip sistemlerinde bu hesapları yapan bir kontrol ünitesi (mikrodenetleyici, PC, PLC vb.) bulunur. Kontrol ünitesine giriş bilgisi olarak, güneş takip sisteminin bulunduğu noktanın, sabit değerli olan enlem ve boylam bilgisi girilir. Değişken bilgi olarak ta tarih ve saat bilgisi RTC (real time clock) 'den alınır. Yılın tarih ve saatine göre güneşin konumunu hesaplayarak FV panelleri güneşe dik olacak şekilde yönlendirir [10].

Koordinat tabanlı sistemler en büyük artısı, doğrudan güneş ışınlarının soğurulması için istenilen hassasiyetle güneşi takip edebilmesidir. Bu takip sistemi için kullanılan program 0.01°'ye kadar hassasiyet ile doğrudan gelen ışınları, güneşi hiç görmeden güneş takip işleminin yapılmasını sağlar. En büyük eksisi ise, dolaylı ışınları algılamak mümkün olmadığı için, bu ışınları bilinçli olarak değerlendirmek bu sistemlerde mümkün değildir. Kısacası "Eye of Cloud" (bulutlanma) etkisi olduğu durumda, yani havanın kapalı olduğu durumlarda takip işlemine devam ederek enerji tüketmesidir. Bu durum algılayıcı sistemlere göre daha az kazanç sağlamaktadırlar. Ancak unutulmamalıdır ki "Eye of Cloud" etkisi kısa sürelidir [10].

**3.1.3. Güneş Takip Sistemlerinin Karşılaştırılması**

Çift eksen takibi yapan sistemler, tek eksen yapıları sistemlere göre, enerji kazancına ek avantaj sağlarken, bakım masrafları ve montaj zorlukları tek eksenli yapılara göre daha dezavantajlıdır. Tek eksenli sistemlere göre arıza çıkarabilecek hareketli parça sayısı daha fazladır. Ayrıca tek eksenli yapılar daha az profil yapısına sahiptirler [8].

Koordinat verileri ile yapılan güneş takip sistemlerinde oluşturulan bir yazılım ile sistemin kullanıldığı yerin koordinat bilgilerinin yazılıma eklenmesi güneş takip sisteminin çalışması için yeterlidir. Algılayıcı kullanılan güneş takip sistemleri her an güneşi algılayıcı vasıtası ile takip etmeye çalıştığından güneş takip sistemindeki motorları çok fazla çalıştırıp durdurur bu sebeple fazla enerji tüketimine sebep olur. Bu bakımdan koordinat verileri ile yapılan güneş takip sistemi algılayıcı güneş takip sistemlerine göre daha az enerji tüketimine sahiptirler [6]. Algılayıcı kullanan güneş takip sistemleri yağmurlu, bulutlu hava koşullarında algılayıcıların üzerindeki değerler eşit oluncaya kadar tarama yapmakta ve bu sayede fazladan enerji harcamaktadır. Güneş takip sistemlerinin kurulumları karşılaştırıldığında algılayıcı takip sistemlerinin kurulumları oldukça kolaydır. Koordinat verileri kullanan takip sistemleri ise eğer elektronik pusula kullanılmıyor ise güney değeri kurulum sırasında dikkatlice ayarlanmalıdır aynı zamanda GPS kullanılmıyor ise kurulum sırasında sisteme girilecek olan enlem boylam saat ve tarih bilgileri girilmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin yanlış girilmesi halinde sistem düzgün çalışmayacaktır. Algılayıcı kullanan güneşe takip sistemlerinde algılayıcıların dış ortamdan etkilenerek darbe alması sonucu bozulması halinde sistem düzgün çalışmayacaktır [9].

**4. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Ülkemizde nüfus artışı ve teknolojinin gelişmesiyle enerji tüketimi her geçen yıl artmaktadır. Artan enerji tüketimi ülkemizdeki enerji kaynaklarından karşılanamadığı için elektrik enerji üretimi ile enerji tüketimi arasındaki fark gittikçe artmaktadır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Bitlis İli'nin güneş enerjisi potansiyeli rüzgâr enerjisi potansiyeli ile mukayese edildiğinde güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir.

Güneş fotovoltaik sistemleri; trafik sinyalizasyonu, otoyollarda aydınlatma, orman kuleleri, deniz fenerleri, park ve bahçe aydınlatması, şebekelerden uzak kırsal ünitelerde elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanması gibi öncelikli uygulama alanları bulunabilir.

Fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi üretiminde maliyet-etkin yani ekonomik olabilmeleri için

fotovoltaik panel sistemlerine ek olarak çeşitli ek entegre sistemleri fotovoltaik panellerden elektrik enerji kazancının artırılarak panellerin daha az maliyete sahip olması gerçekleştirilebilir. Yapılan birçok çalışmada güneş takip sistemlerinin sabit sistemlere göre fotovoltaik panellerin elektrik enerjisi kazançlarını önemli oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı uygulanacak fotovoltaik panel sistemlerine entegre olarak durum şartlar göz önünde bulundurularak güneş takip sistemlerinin kullanımı tavsiye edilmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Rüstemli S., Cengiz M. S., Dinçer F., 2011 Van İli Elektrik Enerjisinin Dünü, Bugünü ve Yarını, Elektrik Kaynak Dergisi, 260, ss:108-115.
- [2] Rüstemli S., Dinçer F., 2012 Research On Effects Of Environmental Factors On Photovoltaic Panels and Modeling With Matlab/Simuling, Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), R.88 NR 7a/2012, pp:63-66.
- [3] Rüstemli S., Dinçer F., Dinçadam F., 2011 Elektrik Enerjisi Üretiminde Güneş Enerjisinin Dünü, Bugünü ve Yarını, Elektrik Kaynak Dergisi, 261, ss:140-144.
- [4] Rüstemli S., Dinçadam F., 2008 Dünyada ve Türkiye’de Enerjiye Genel Bir Bakış, Elektrik Kaynak Dergisi, 228, ss:160-165.
- [5] Rüstemli S, Dinçer F, Çelik M, Cengiz M.S, 2013. Fotovoltaik Paneller: Güneş Takip Sistemleri ve İklimlendirme Sistemleri. Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1): 141–147.
- [6] Rüstemli S, Akdağ M, İlcihan Z, 2017. Comparison of Solar Tracking System Mad Efor Increasing Efficiency of Photovoltaic System. International Conference on Sustainable Development (ICSD 2017), 19-23 April 2017, Sarajevo, s: 224-227
- [7] Ekinci M, 2015. Taşınabilir Güneş Takip Sistemli PV Panel Dizaynı ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [8] Mastar E, 2011. Güneş Takip Sistemleri için Güneş Takip Mekanizmasının Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [9] Rüstemli S, İlcihan Z, 2015. Güneş Takip Sistemlerinin Enerji Kazancına Etkisi. 8. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKSEM’15), 15-16 Ekim 2015, Adana.
- [10] Elcik E, 2010. Güneş İzleyen Sistemler ve Bileşenleri. Solar Future Conference, 11-12 Şubat 2010, İstanbul, s:75-81.
- [11] Roth P, Georgiev A, Boudinov H, 2005. Cheap Two-Axis Sun Following Device. Energy Conversion and Management, 46: 1179-1192.
- [12] <https://blog.pepperl-fuchs.us/blog/bid/253098/5-Ways-to-Track-Your-Solar-Tracker> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
- [13] A. Hassan F, 2011. Bilgisayar Kontrollü Güneş Takip Sistemi Tasarımı ve Kurulumu. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] Bilgin Z, 2006. Güneş Takip Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [15] Poulek V, Libra M, 2000. A Very Simple Solar Tracker for Space and Terrestrial Application. Solar Energy Materials and Solar Cell, 60: 99-103.
- [16] Varış Ç, 2017. Çift Eksen Güneş Takip Sisteminin Pilot Uygulaması Üretim Değerlendirilmesi ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

**MALATYA'DA RÜZGÂR ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ**  
**CAPACITY OF ELECTRICITY GENERATION WITH WIND ENERGY IN MALATYA**

**Tarkan KOCA**

Dr. Öğretim Üyesi, İnönü Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, tarkan.koca@inonu.edu.tr  
(Sorumlu Yazar)

**ÖZET**

Ülkemizde son yıllarda özellikle ağır sanayideki gelişmelerden dolayı enerji ihtiyacı artmaktadır. Enerji kullanımı açısından kendi kaynaklarıyla yetinemeyip dışa bağımlı olduğumuzdan, bütçemizde enerji giderleri önemli bir kalemdir. Ülkemizde potansiyeli yüksek olan yenilenebilir enerji kaynakları bu nedenle çok önem kazanmaktadır. Özellikle son yıllarda yerli ve milli kaynakların maksimum seviyede kullanılması ülkemizin önemli bir politikasıdır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yeni sayılabilecek teknolojiler ile mümkün olduğundan maliyetli olabilmektedir. İyi bir fizibilite çalışması, üreticiyi yüksek maliyetlerden kurtarıırken verimliliği de artırır.

Bu çalışmada rüzgâr hızı verilerine dayanarak Malatya ili rüzgâr enerjisi potansiyeli analiz edilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre gerekli fizibilite hesaplamaları yapılmıştır.

Malatya'nın rüzgâr enerjisi potansiyeli 1.395,04 MW ve kurulu güç santrali Ocak 2019 itibariyle 90 MW'tır. Bu iki veri değerlendirildiğinde, toplam potansiyelin yaklaşık % 6'sının gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır. Bu, Malatya ilini yatırımcılar için bir çekim bölgesi haline getirmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Rüzgâr enerjisi, Malatya ili, Elektrik.

**ABSTRACT**

Our country's energy needs increasing day by day due to developments in technology and industry. Our energy needs is depending on foreign countries. Therefore, energy expenditures constitute a sizable ratio of our budget. Because of this, renewable energy sources have high potential in our country is becoming very important. In addition, external conventional energy sources which we depend on foreign countries pollute and threat the environment. Therefore, it should encourage the use of renewable energy sources and should be disseminated. However, using the renewable energy sources possible by could be considered new technologies, can be costly. A good feasibility study, redeem the manufacturer from high costs and increases the efficiency. Considered to be Turkey is a developing country, day by day need for energy will be increased. This need can be met by establishing different types of power plants. To reduce dependence on foreign it must pass the condition as energy-producing country. Wind energy must be taken seriously cause of a renewable energy source. In recent years, the number of wind power plants has been increasing in Turkey.

Wind energy potential of Aegean Region in Turkey is suitable for product electricity. Especially, Malatya is one of the highest potential sources of Aegean region in terms of wind energy power plant construction.

In this study, wind energy potential of Malatya province were analyzed based on data from the wind speed and power. Necessary feasibility calculations were made according to the results of this analysis.

Wind energy potential of Malatya is 1.395,04 MW and installed power plant 90 MW as of January 2019. When these two data are evaluated, it can be understood that about 6% of the total potential can be passed on. This makes Malatya province a region of attraction for investors.

**Keywords:** Wind energy, Malatya, Electric.

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun diğer canlılardan ayrılan en önemli özelliklerinden biri doğal ortam ile etkileşiminde kendisine avantaj sağlayan enerji kaynaklarından yararlanabilmesidir. Ülkemizde ve dünyada gün geçtikçe enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Böylece insanoğlu yeni enerji kaynakları bulmaya yönelmiştir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları avantajlarından dolayı bilim insanlarının ilgisini çekmektedir. Mevcut tükenebilir enerji kaynaklarındaki azalmalar ki bunlar; kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlardır. Ayrıca fosil tabanlı enerji kaynaklarının küresel ısınma, çevre ve hava kirliliği, asit yağmurları gibi olumsuz sonuçları canlı yaşamını tehdit etmektedir. Bu problemlerden dolayı artan hassasiyet bu zararları en aza indirmeyi gerektirmektedir. Canlı sağlığını tehdit eden unsurların en aza indirilmesi için uygulanan teknolojilerin getirdiği maliyetler ve kullanılan kaynakların yenilenebilir olmayışı yenilenebilir enerjilerin önemini artırmıştır. Bunun sonucu olarak çevre dostu olan, yakıt maliyeti olmayan, kaynaklardan elektrik üretimi zorunlu hale gelmiştir. Bu kaynakların en önemlileri ve başta gelenleri rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjileridir. Türkiye'nin konvansiyonel enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelleri karşılaştırıldığında, özellikle rüzgâr enerjisi büyük bir önem arz etmektedir. Rüzgârın atmosferde doğal olarak oluşması, yakıt maliyetinin olmaması, kurulum sürecinin kolay olması ve maliyetinin de gün geçtikçe azalıyor olması rüzgâr enerjisinin hızlı bir şekilde gelişmesinin birçok nedenlerinden birkaçıdır. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretim sürecinde karbon oluşumunun gerçekleşmemesi, rüzgâr enerjisine temiz enerji denilmesinin en önemli nedenidir. Bu sayede çevre kirliliğine neden olmamaktadır [1, 14].

Rüzgâr hızına bağlı olarak elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı iyi analiz edilmelidir. Rüzgâr hızı ve güç yoğunluğuna bağlı olan rüzgâr kaynak derece ve sınıfları Tablo 1' de görülmektedir [2].

**Tablo 1. Rüzgâr hız - güç sınıflandırması [2]**

Rüzgâr Kaynak Derecesi	Rüzgâr Sınıfı	50 m. Yükseklikteki Rüzgâr Hızı (m/s)	50 m. Yükseklikteki Rüzgâr Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Zayıf	1	< 5,5	< 200
Düşük	2	5.5 – 6.5	200 – 300
Orta	3	6.5 – 7.0	300 – 400
İyi	4	7.0 – 7.5	400 – 500
Çok iyi	5	7.5 – 8.0	500 – 600
Mükemmel	6	8.0 – 9.0	600 – 800
Olağanüstü	7	> 9.0	> 800

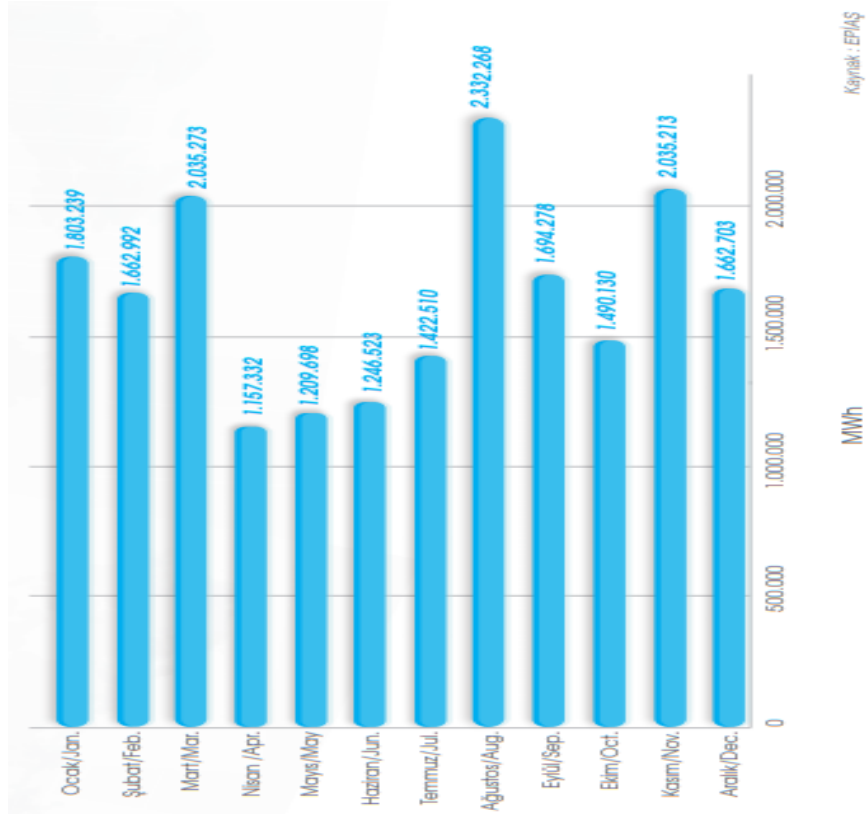
## 2. RÜZGÂR ENERJİSİNİN DÜNYA VE TÜRKİYEDEKİ DURUMU

2008 – 2018 GWEC raporuna göre dünyada 20 ülkede kurulu güç rüzgâr enerji santrali Tablo 2'de görülmektedir [3]. Görüldüğü üzere Çin bu alanda dünyada lider konumundadır. Türkiye'nin son 10 yıldaki gelişimi incelendiğinde 433 MW olan üretiminin yaklaşık 7,370 MW değerine ulaşması, ülke olarak rüzgâr enerjisine verilen öneminin arttığının açık bir göstergesidir.

**Tablo 2. Küresel kurulu rüzgâr enerjisi (MW) – Bölgesel dağılım [3]**

ÜLKELER	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Çin	12,210	25,104	44,733	62,733	75,564	91,412	114,763	145,104	168,690	188,602	211,638
2 Avrupa Birliği	65,255	74,919	84,278	93,957	106,454	117,384	128,752	141,579	153,730	162,506	171,328
3 Amerika	25,170	35,159	40,200	46,919	60,007	61,110	65,879	74,472	82,183	89,047	96,635
4 Almanya	23,903	25,777	27,214	29,060	31,332	34,250	39,165	44,947	50,019	56,190	59,560
5 Hindistan	9,587	10,925	13,064	16,084	18,421	20,150	22,465	27,151	28,665	32,938	35,129
6 İngiltere	3,288	4,070	5,203	6,540	8,445	10,711	12,440	13,603	14,542	19,063	20,964
7 Fransa	3,426	4,410	5,660	6,800	7,196	8,243	9,285	10,358	12,065	13,757	15,307
8 Kanada	2,369	3,319	4,008	5,265	6,200	7,823	9,694	11,205	11,898	12,240	12,816
9 Brezilya	339	606	932	1,509	2,508	3,466	5,939	8,715	10,740	12,769	14,707
10 İsveç	1,067	1,560	2,163	2,970	3,745	4,382	5,425	6,025	6,302	6,499	7,216
11 Türkiye	433	801	1,329	1,799	2,312	2,958	3,763	4,718	6,081	6,872	7,370
12 Meksika	85	520	733	873	1,370	1,859	2,551	3,073	3,527	4,006	4,935
13 Japonya	1,880	2,056	2,304	2,501	2,614	2,669	2,789	3,038	3,234	3,399	3,661

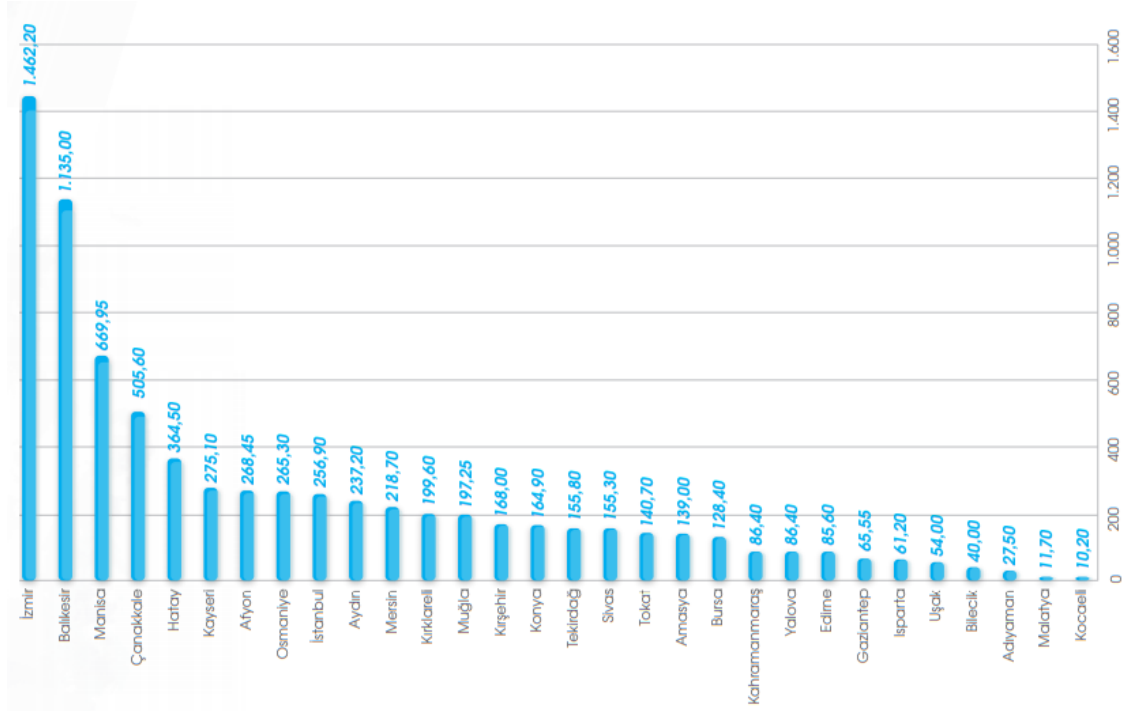
Türkiye rüzgâr kaynakları açısından oldukça zengindir. Yıllık olarak ortalama değerler baz alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ile dağların tepesi ve yakınında bulunmaktadır. 2018 yılı Aralık ayı itibariyle Türkiye'de Kurulu rüzgâr enerji santrali üretim değerleri Şekil 1'de görülmektedir [4]. Türkiye, 11 GW mevcut proje stoku ve ulusal hedefi 2023 yılında 20 GW olan rüzgâr enerjisi kapasitesi ile Avrupa'daki en önemli rüzgâr pazarıdır. Türkiye'nin kendi bölgesinde bir enerji üssü haline gelmiş olması, Türkiye'de yatırım fırsatları oluşturmaktadır. Rüzgâr enerjisi santralleri dışa bağımlı olmadığından ekonomik özgürlük de sağlamaktadır. Rüzgâr enerjisi ile üretilen elektrik enerjisi, yenilenebilir enerji grubu içerisinde yer alarak Kyoto Protokolü uyarınca elektrik enerjisi ihracına ortam yaratmıştır [4].



Şekil 1. Türkiye'de rüzgâr enerjisi aylık üretim değerleri (2018) (MW) [14]

Türkiye Rüzgâr enerjisi Potansiyel Atlasına göre; Malatya, Balıkesir, Manisa, Hatay İstanbul, Çanakkale, Sinop, Samsun, Mardin, Malatya, Erzurum, Karaman ve Afyon illeri Rüzgâr enerjisinden faydalanılabilir illerdir. Yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara, Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Türkiye'de 2019 yılı Ocak ayı itibariyle illere göre kurulu rüzgâr enerjisi gücü Şekil 2' de görülmektedir [4].





**Şekil 2.** İllere göre kurulu rüzgâr enerjisi (MW) [4]

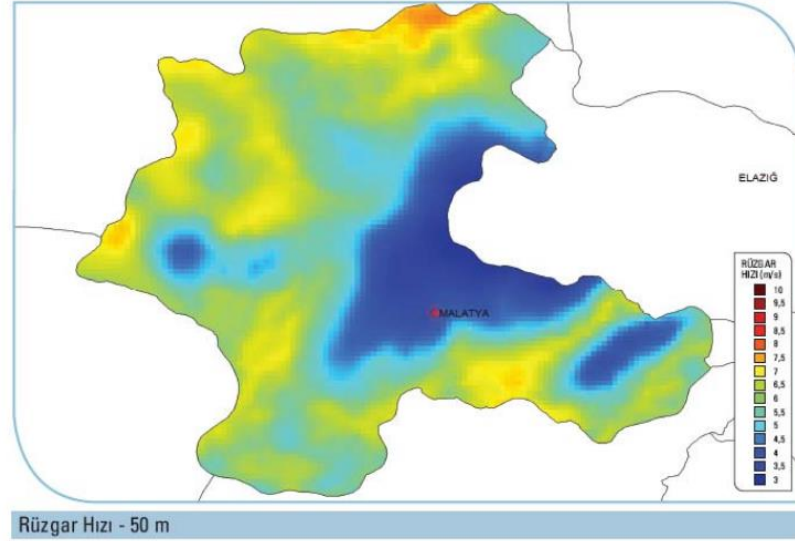
### 3. MALATYA İLİ RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye’de Doğu Anadolu bölgesinde rüzgâr enerjisi potansiyeli, elektrik üretimi için uygundur. Tablo 3’de Malatya ilinde kurulabilecek rüzgâr enerji santrali kapasitesi görülmektedir.

**Tablo 3.** Malatya iline kurulabilecek rüzgâr enerjisi santrali güç kapasitesi

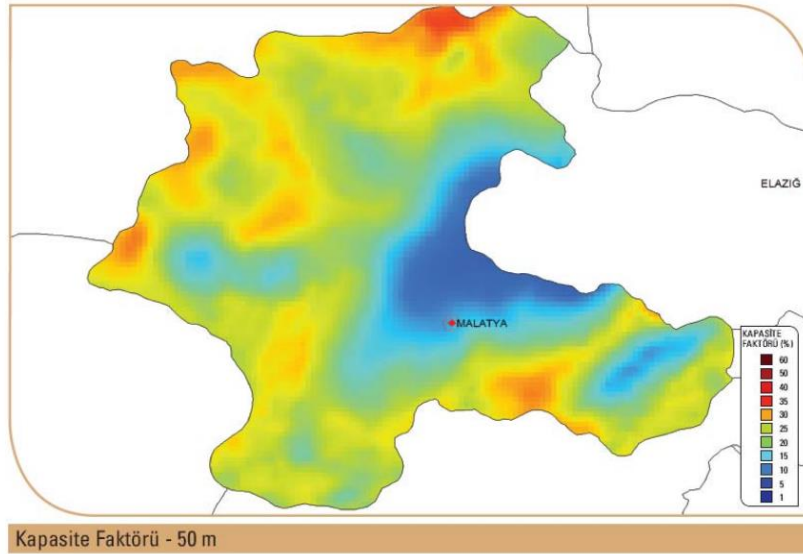
50 m’de Rüzgâr Gücü (W/m <sup>2</sup> )	50 m’de Rüzgâr Hızı (m/s)	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	253,70	1.268,48
400 – 500	7.5 – 8.1	24,10	120,48
500 – 600	8.1 – 8.6	1,22	6,08
600 – 800	8.6 - 9.5	0,00	0,00
> 800	> 9.5	0,00	0,00
		<b>279,01</b>	<b>1.395,04</b>

Şekil 3’de Malatya ilinin 50 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı değerleri görülmektedir. Şekilden de anlaşıldığı üzere rüzgâr hızın en yüksek değerleri Arapgir ilçesi civarında ölçülmüştür. Bu da Arapgir ilçesinin rüzgâr enerjisi ile elektrik üretim potansiyelinin iyi olduğunu göstermektedir [6].



**Şekil 3.** Malatya ili rüzgâr hız dağılımı (50 m) [6]

Şekil 4’ de Malatya ilinin kapasite faktörü dağılımı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere kapasite faktör değeri % 40 ve üzerindedir. Ekonomik rüzgâr enerji santrali yatırımı için Malatya’nın kuzey bölümü ve Sivas iline komşu ilçelerin kapasite faktörünün %30-35 olduğu düşünüldüğünde Malatya’nın bu bölümleri rüzgâr enerji santrali için yatırım yapılabilecek bir bölgelerdir [6].



**Şekil 4.** Malatya ili Kapasite Faktörü dağılımı (50 m) [6]

Şekil 5’de Malatya ilinde hâlihazırda üretimde ve inşa halinde olan rüzgâr enerji santralleri görülmektedir. Malatya’da yapılan ölçümler neticesinde elde edilen verilere dayanarak bölgenin kuzey ilçelerinde rüzgâr enerji santrali kurulumuna uygun olduğu tespit edilmiştir. [4].



**KAYNAKLAR**

1. Topçu, S., Menteş Ş. S., Yurdanur, S. Ü., Aslan Z., “Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin belirlenmesinde Yer Seçiminin Önemi: Sinop Örneği”, MMO, II. Çevre ve Enerji Kongresi, İstanbul, pp. 145-154, 2001.
2. <http://nukte.org/ruzgarenerji>, (Erişim Tarihi: 20.01.2019).
3. <http://www.gwec.net> (Erişim Tarihi: 14.10.2019).
4. <http://tureb.com.tr> (Erişim Tarihi: 10.09.2019).
5. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Bilgi
6. <http://www.yegm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 10.09.2019).
7. İlkılıç C., Aydın H., Behçet R. “The Current Status of Wind Energy in Turkey and in the World”, Energy Policy,39(2), pp.961-967, 2011.
8. Köksal N. S. “Manisa/Kırkağaç Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi”, Kırkağaç Meslek Yüksekokulu Sempozyumu, 2012.
9. İlkılıç C. “Wind Energy and Assessment of Wind Energy Potential in Turkey”, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 16(2), pp. 1165-1173, 2012.
10. Şahin B., Bilgili M. “Wind Characteristics and Energy Potential in Belen-Hatay, Turkey”, International Journal of Green Energy, 6, pp.157-172. 2009
11. Aktacir M. A., Yeşilata B., Işiker Y. “Fotovoltaik- Rüzgâr Hibrid Güç Sistemi Uygulaması”, Yeni Enerji. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, 3, 56-62,2008
12. Brian D. V., Byron A. “Neal Analysis of Off-Grid Hybrid Wind Turbine/Solar PV Water Pumping Systems”, Solar Energy, 86, pp.1197–1207, 2012.
13. <http://www.enerjiatlasi.com> 03.09.2019).
14. Koca, T., Aksungur, S. “Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi İle Elektrik Üretim Potansiyeli”, 23rd International Energy and Environment Fair and Conference, pp. 74-77, 2017.

**MALATYA'DA GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ**  
**POTENTIAL OF ELECTRICITY GENERATION WITH SOLAR ENERGY IN MALATYA****Tarkan KOCA**

Dr. Öğretim Üyesi, İnönü Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, tarkan.koca@inonu.edu.tr

**ÖZET**

Gelişen teknoloji ve artan nüfusa paralel olarak enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Türkiye'nin enerji kullanımında dışa bağımlılığı, enerji giderleri noktasında önemli bir bütçe oluşturmaktadır. Yerli üretimin teşviki ile kullanılan enerjinin de yerli olmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Enerji ithalatını asgariye indirmek için kendi enerjisini üreten ülke konumuna geçmek gerekmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'de potansiyeli yüksek olan yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynakları çevre kirliliğine sebep olmakta ve her geçen gün çevreyi ve insan sağlığını daha fazla tehdit etmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmeli, özendirilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. İyi bir enerji ihtiyaç analizi ile üretici maliyetleri düşürülerek verimlilik artırılmış olacaktır.

Bu çalışmada 2018 yılı itibariyle güneşli gün – sıcaklık ve geliş açısı verilerine dayanarak Malatya'daki güneş enerjisi potansiyeli analiz edilmiştir. Ayrıca 2018 ilk yarısının sonuna kadar gerçekleştirilen kurulu güç miktarı tespit edilerek bir önceki yıla göre artış miktarı analiz edilmiştir. 2018 yılı itibariyle Malatya'da Aktif Santral Sayısı 4 olup kurulu güç 9,77 MW'dır.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjisi, Malatya, Elektrik.**ABSTRACT**

Energy necessity increases depending on the development of technology. Our energy needs is depending on foreign countries. Therefore, energy expenditures constitute a sizable ratio of our budget. Because of this, renewable energy sources have high potential in our country is becoming very important. In addition, external conventional energy sources which we depend on foreign countries pollute and threat the environment. Therefore, it should encourage the use of renewable energy sources and should be disseminated. However, using the renewable energy sources possible by could be considered new technologies, can be costly. A good feasibility study, redeem the manufacturer from high costs and increases the efficiency. Considered to be Turkey is a developing country, day by day need for energy will be increased. This need can be met by establishing different types of power plants. To reduce dependence on foreign it must pass the condition as energy-producing country. Wind energy and solar energy must be taken seriously cause of a renewable energy source. In recent years, the number of solar field has been increasing in Turkey [15].

With a population reaching 80 million, Turkey's energy consumption based on primary energy resources is continuing to increase. Solar energy has an important place in Turkey's renewable energy road map. Solar Energy is the most important alternative clean energy resource which is still untapped in Turkey. The yearly average solar radiation is 1311 kWh/m<sup>2</sup> per year and 3,6 kWh/m<sup>2</sup> per day. The total yearly insulation period is approximately 2460 hours per year and 7,2 hours per day. The energy yield potential for a PV plant is 1300-1600 kWh/kWp [15].

As of June 2018, Malatya's grid-connected solar energy capacity has reached 9,77 MWe. The share of solar power plants in all power plants is still at is very low.

**Keywords:** Solar energy, Malatya, Electric.**1. GİRİŞ**

Dünyada gün geçtikçe enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Enerji kaynaklarının günümüz itibariyle büyük bir kısmını fosil tabanlı kaynaklar oluşturmaktadır. Fosil tabanlı enerji kaynaklarının rezervlerinin sınırlı olması ve çevreye verdiği zararlar bilim insanlarını farklı enerji kaynaklarını araştırmaya yönlendirmiştir. Böylelikle alternatif enerji kaynakları üzerinde çalışmalar gün geçtikçe



hızlanmış ve çoğalmıştır. Bu kaynakların en önemli ve kullanılabilir olanları güneş, rüzgâr, su, jeotermal ve biyokütle enerjileridir. Aslında dünyanın ve Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynaklarının potansiyelleri düşünüldüğünde rüzgâr enerjisi en başta gelmektedir. Konvansiyonel enerji kaynaklarına oranla yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir potansiyele sahiptir. Son yıllarda rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli enerji kaynağı olmasına rağmen, güneş enerjisi ile ilgili çalışmalarda oldukça önem kazanmıştır.

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ısıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşamaz, %30 kadarı atmosfer tarafından geriye yansıtılır. Güneş ışınımının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur. Güneşten gelen ışınımının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur. Yer yüzeyine gelen güneş ışınımının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır. Güneş, nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır [1].

## **2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE KULLANIM POTANSİYELİ**

Dünyada güneş tüm enerji kaynaklarının türediği önemli bir unsurdur. Enerji kaynaklarının başında gelen fosil yakıtlarda, yüzyıllar boyunca güneşten aldığı enerji sayesinde değişime uğrayarak kullanılır hale gelmişlerdir. Fosil yakıtlarının rezervlerinin çok büyük olmadığı düşünüldüğünde yakın gelecekte bitmeleri söz konusudur. Enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtların azaldığı düşünüldüğünde bilim insanları başka enerji kaynakları üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu yeni enerji kaynaklarının da bulunması ve kullanıma hazır hale getirilmesi için çok uzun bir süre yoktur. Yeni enerji kaynaklarının en önemlisi rüzgâr olmasına rağmen güneş enerjisi de oldukça önemlidir. Güneş enerjisinin kullanımı M.Ö. 400 li yıllara dayanmaktadır. Önce Sokrat sonra Arşimet güneş enerjisini aktif olarak kullanmışlardır. Ancak en önemli çalışmalar merceğin bulunmasıyla başlamıştır. 1725 yılında Belidor güneş enerjisi ile çalışan su pompası yapmıştır. 1860 da Fransız bilim adamı Monochok parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deney yapmıştır. Ancak bu çalışmaları petrolün önem kazanması sekteye uğratmıştır. Ancak 1960'lı yıllardan sonra petrol krizinin ortaya çıkması bilim adamlarını alternatif enerji kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiştir. H. Buchberg ve J.R. Roulet adlı bilim adamları güneşi kolektörü ve deposu komple bir sistem yaparak, maliyetleri azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Kurdukları sistemin fiziki olarak yeterliliklerini incelemişlerdir. Y. Jalurai ve S.K. Gupta adlı bilim adamları güneş enerjisi depolama teknikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

Güneş enerjisi konusundaki ilk ulusal kongre 1975 yılında İzmir'de gerçekleştirilmiştir. Yine ilk pasif güneş enerjisi uygulaması Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde 1975 yılında tesis edilmiştir. Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ağırlıklı olarak ODTÜ, İTÜ, Yıldız ve Ege Üniversiteleri tarafından yaygın olarak yürütülmekle beraber, Türkiye'deki tek Güneş Enerjisi Enstitüsü Ege Üniversitesi bünyesinde 1978 yılında kurulmuş ve o günden itibaren faaliyet göstermektedir. 1980'lerin sonunda bu konudaki çalışmaları devlet destekli TUBİTAK bünyesindeki Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (MBEAE) yürütmektedir. MBEAE, güneş enerjisi düşük sıcaklık uygulamaları ve Türk endüstrisinin ısı enerji ihtiyacının modellenmesi konusundaki projeleri 1977-1985 yılları arasında ağırlıklı olarak desteklemiştir. Yine TUBİTAK bünyesinde 1986 yılında kurulan Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü güneş pillerinin tasarımı ve üretimi konusundaki çalışmaları desteklemektedir. Güneş ışınımı, yaşamın

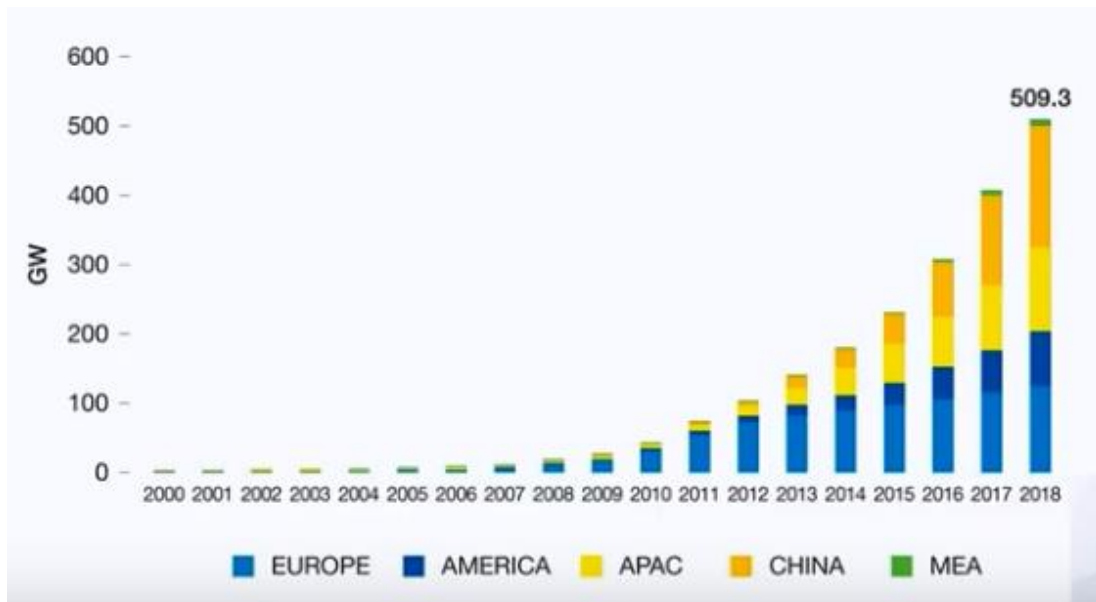
sürdüğü tüm alanlarda kullanılabilir durumdadır [2]. Dünya'daki güneş enerjisinin yoğunluğu, atmosferde metrekare başına 1,35 kW değerindedir. Güneş enerjisi yoğunluğu bakımından dünyanın ayak izi alanının ölçüsü 178x106MW. Dünya'nın tüm yüzeyine denk gelen güneş enerjisi, 1,22x10<sup>14</sup> TCE (ton kömür eşdeğeri) veya 0,814x10<sup>14</sup> TOE (ton petrol eşdeğeri) miktarına denk olmaktadır. Diğer taraftan, bir yılda güneş enerjisinden gelen miktar bilinen kömür rezervlerinin 50 katına, bilinen petrol rezervlerinin 800 katına denk gelmektedir [3]. Küresel enerji talebinde, güneş enerjisi kaynağı çok önemli bir yer teşkil etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı, 2050 yılında küresel elektrik enerjisi üretiminin %11 gibi önemli bir oranının güneş enerjisinden sağlanacağını öngörmektedir [4].

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ DURUMU

Son yıllarda güneş enerjisi kullanımı oldukça artmıştır. Şekil 1'de dünyada yıllara göre güneş enerjisi kurulu güç artışı görülmektedir. Özellikle 2018 yılında 102,4 GW artış dikkat çekmektedir. Şekil 2'de 2018 yılı sonu itibari ile dünyada ülke bazında güneş enerjisi üretimi tesisi kurulu güçleri görülmektedir [13].



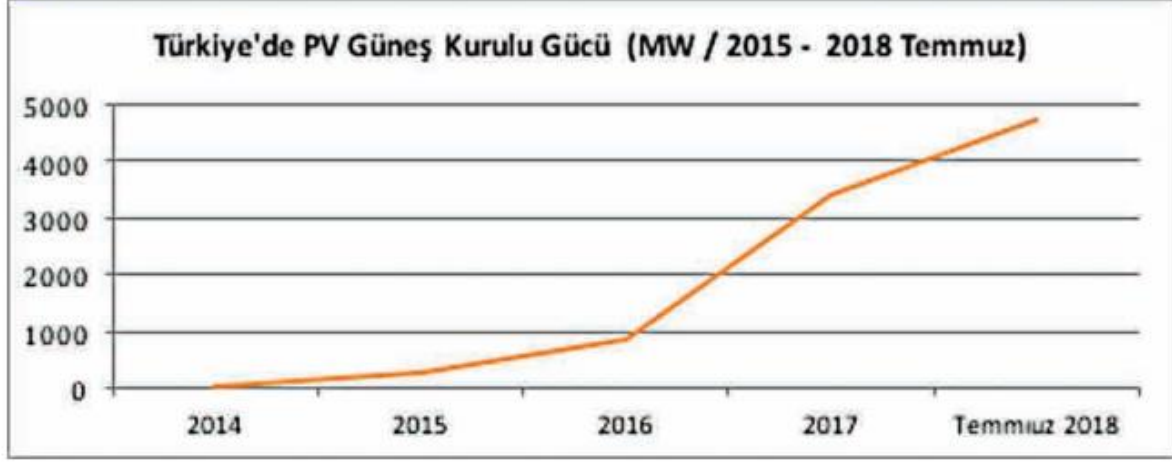
Şekil 1. Yıllara göre küresel güneş enerjisi kurulu güç artışı, 2000 – 2018 [13]



Şekil 2. Dünya güneş enerjisi kurulu gücü (2000 – 2018) [13]

**4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU**

Türkiye güneş enerji santralleri açısından dünyada çok gerilerdedir. Ancak son yıllarda bu alanda çalışmalar oldukça artmıştır. Şekil 3'de Türkiye'de 2018 yılı Temmuz ayı itibariyle kurulu güç artışı görülmektedir [6]. Tablo 1'de 2018 yılı itibariyle Türkiye'de güneş enerjisi kurulu gücü görülmektedir [14].



Şekil 3. Türkiye'de yıllara göre kurulu güç artışı [6]

Türkiye'nin güneş enerjisine dayalı elektrik üretim kapasitesi 2015 yılında 248 MW olan güneş enerjisi kurulu gücü 2018 yılı sonunda 5238,8 MW'a ulaşmıştır. Böylece Türkiye bu dönemde gerçekleşen kurulu güç artışında Almanya ve İngiltere'den sonra Avrupa'nın en büyük üçüncü pazarı olmuştur. Türkiye, özellikle son iki yılda güneş enerjisinde önemli büyüme sağlamıştır [6].

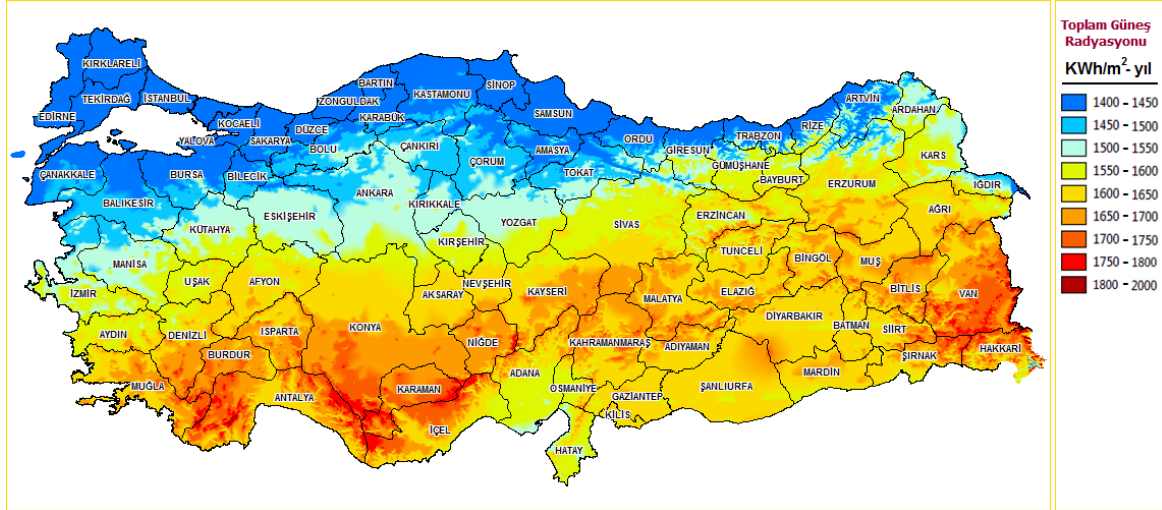
**Tablo 1.** Türkiye'de güneş enerjisi kurulu gücü (2018 yılı İtibariyle) [14]

Aktif Santral Sayısı:	6089
Kurulu Güç:	5238,8 MW

**Tablo 2.** Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri (Bölgelere göre) [1]

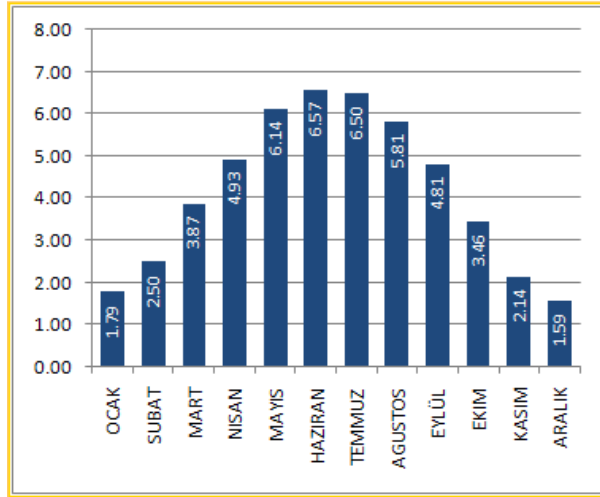
Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> - yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Tablo 2 ve Şekil 5'de Türkiye coğrafi bölgelerinin enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri görülmektedir.

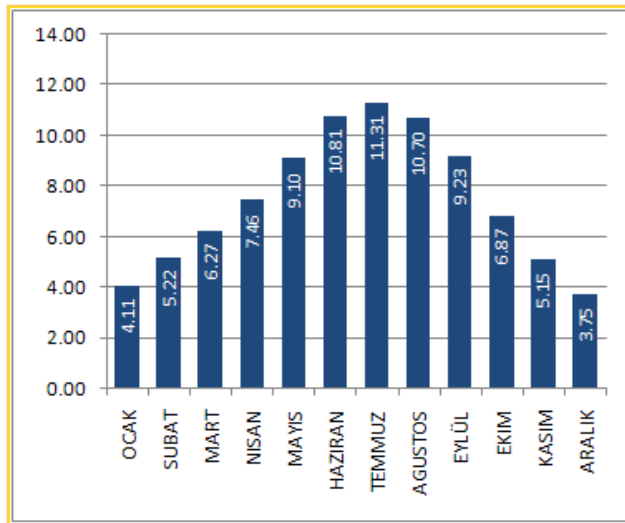


Şekil 4. Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyeli haritası [1]

Türkiye, coğrafi konumu itibariyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından çoğu ülkeye göre oldukça iyi durumdadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz bölgesi olup bunu Doğu Anadolu bölgesi takip etmektedir [1, 9].



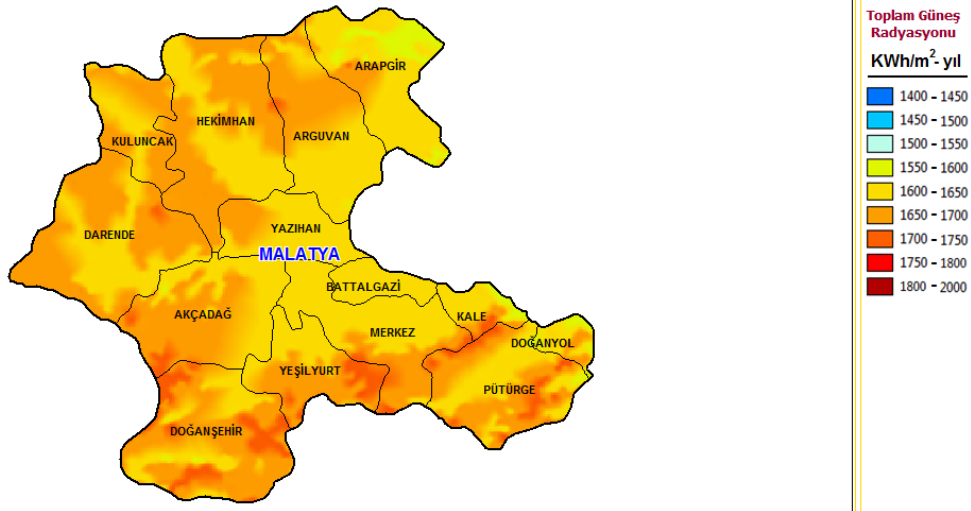
Şekil 5. Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün) [1]



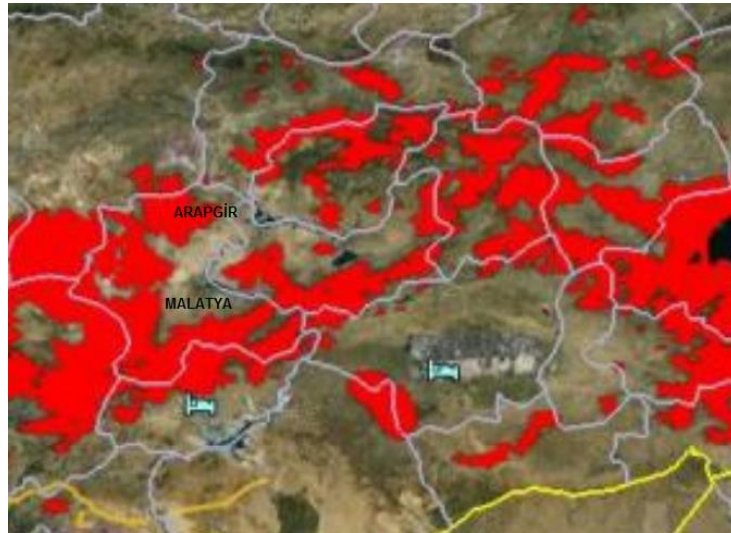
Şekil 6. Türkiye güneşlenme süreleri (saat) [1]

**5. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN MALATYA'DAKİ DURUMU**

Doğu Anadolu bölgesinin güneş enerji potansiyeli Şekil 3 incelendiğinde diğer bölgelere oranla oldukça iyi seviyededir. Doğu Anadolu bölgesi, Akdeniz bölgesi ve Güneydoğu Anadolu bölgesinden sonra güneş enerjisi ile elektrik üretimi açısından en uygun bölgedir.



Şekil 7. Malatya'nın yıllık güneş enerjisi potansiyeli haritası [1]



Şekil 8. Malatya ili ve çevre bölgeler güneş radyasyon haritası

Tablo 3'de Malatya ilinde güneş enerjisi ile elektrik üretimi kurulu gücü görülmektedir.

**Tablo 3.** Malatya 'da güneş enerjisi kurulu gücü (2018 yılı sonu itibariyle) [14]

Aktif Santral Sayısı:	4
Kurulu Güç:	9,77 MW

**6. SONUÇ**

Global düzeyde gelişen teknoloji ve artan nüfus bağlamında enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Enerji üretim yöntemlerinin küresel kirliliğe etkisi düşünüldüğünde alternatif ve çevre dostu üretim yöntemlerinin önemi artmaktadır. Güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak son çeyrek yüzyılda önemi oldukça artmıştır. Türkiye, jeopolitik konumu bakımından güneş enerjisinden faydalanama potansiyeline sahip bir ülkedir. Ancak küresel ölçekte, potansiyeli Türkiye'den daha düşük olan ülkelerin Türkiye'ye oranla güneş enerjisinden daha fazla faydalandıkları görülmektedir. Türkiye'nin öz kaynakları değerlendirilerek dışarıya olan enerji bağımlılığı asgariye indirilmelidir. Özellikle rüzgâr enerjisi santralleri ve güneş enerjisi santralleri bir an önce kurulmalı ve elektrik



üretimi miktarı artırılmalıdır. Rüzgâr enerjisi santralleri gelişimi çok hızlı olmaktadır ama güneş enerjisi santralleri gelişimi oldukça yavaş ilerlemektedir.

2018 yılı itibariyle Türkiye'nin şebeke bağlantılı güneş enerjisi kurulu gücü 5238,3MW kapasiteye ulaşmıştır. Toplam aktif santral sayısı 6089 'dur. Elektrik üretim kapasitesi 2015 yılında 248 MW olan güneş enerjisi kurulu gücü 2018 yılı sonunda 5238,8 MW'a ulaşmıştır. Böylece Türkiye bu dönemde gerçekleşen kurulu güç artışında Almanya ve İngiltere'den sonra Avrupa'nın en büyük üçüncü pazarı olmuştur. Türkiye, özellikle son iki yılda güneş enerjisinde önemli büyüme sağlamıştır. Malatya Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde bulunan bir ilidir. 2018 yılı itibariyle Malatya'da Aktif güneş enerjisi santral Sayısı 4 olup kurulu güç 9,77 MW'dır.

**KAYNAKLAR**

1. <http://www.yegm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 10.09.2019).
2. Akpınar, A., Kömürcü, M. İ., Kankal, M., Özölçer, İ. H., Kaygusuz, K.: "Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12, (8), , pp. 2013- 2039, October 2008.
3. Özgöçmen, A.: "Electricity Generation Using Solar Cells", Gazi University in Turkey, MSc Thesis, May 2007.
4. Research and Development on Renewable Energies: 'A Global Report on Photovoltaic and Wind Energy', International Science Panel on Renewable Energies, ISPRES (2009), Paris.
5. PVPS Report Snapshot of Global PV 1992-2013 Preliminary Trends Information from the IEA PVPS Programme, 2013.
6. <http://enerjienstitusu.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/> (15.08.2019)
7. Global Renewable Energy Report, 2016.
8. 6094 sayılı YEK kanun ve bu kanun çerçevesinde yayımlanan 28022 sayı ve 11 Ağustos 2011 tarihli Bakanlık tebliği, Ankara, 2011.
9. Demircan N., Alakavuk Z., Fotovoltaik Prensipleriyle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık 2008, İstanbul, UTES' 2008.
10. Altıntop, N., Erdemir, D., "Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 69-77, 2013.
11. <http://www.ren21.net> (Erişim tarihi: 11.07.2019)
12. <http://www.altungroup.com/> (Erişim tarihi: 11.12.2017)
13. SolarPower Webinar: Market report and solar developments in Europe (Erişim tarihi: 11.06.2019)
14. <http://www.enerjiatlası.com/gunes> (Erişim tarihi: 14.06.2019)
15. Koca, T., Aksungur, S. "Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretim Potansiyeli", 23rd International Energy and Environment Fair and Conference, pp. 69-73, 2017.
16. [tuba.gov.tr](http://tuba.gov.tr) (Erişim tarihi: 14.07.2019)

**ELAZIĞ İLİNİN YENİLENEBİLİR KAYNAKLI ENERJİ SANTRALLERİ  
RENEWABLE SOURCE POWER PLANTS OF ELAZIG PROVINCE****Rasim Behçet**

Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Bu çalışmada, yerel enerji kaynakları bakımından önemli bir yere sahip olan Elazığ ilinin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve bu potansiyelin ilin elektrik enerjisi üretimine katkısı araştırılmıştır. Elazığ ili hem nüfus ve enerji tüketimi bakımından hem de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından Doğu Anadolu Bölgesindeki iller arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Elazığ ilinde, ilin sosyal ve ekonomik kalkınmasında etkili olan 10 adedi lisanslı ve 6 adedi lisansız olmak üzere toplamda 16 adet enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin 15 adedi yenilenebilir enerji kaynaklı ve bir tanesi de fosil kaynaklı olup bunların toplam kurulu gücü ise 2284 MW'tır. İlde bulunan enerji santrallerinden hidroelektrik santraller (HES) 2244,73 MW kurulu gücü ile birinci sırada, 32,75 MW kurulu gücü ile Güneş enerji santralleri(GES) ikinci sırada, 3,6 MW kurulu gücü ile fosil kaynaklı enerji santralleri üçüncü sırada ve 2,83 MW kurulu gücü ile biyokütle kaynaklı enerji santralleri dördüncü sırada yer almaktadır. İlde bulunan enerji santrallerinden yıllık olarak üretilen elektrik enerjisi miktarı ise yaklaşık 7795 GWh'tır. Yapım aşamasında olup ve yakın bir gelecekte üretime geçecek olan enerji santralleri de dikkate alındığında Elazığ ilinin toplam kurulu gücü 2302 MW'a olacaktır. Ayrıca üretim lisansları alınmış ve çalışmaları devam eden ilin yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik santrallerinin kurulu gücü ise 483 MW civarında olup bu santrallerin de faaliyete geçmesi ilin yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim santrallerinin toplam kurulu gücü 2781 MW'a ulaşmış olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Elazığ, Yenilenebilir enerji, Potansiyel, Enerji santrali**ABSTRACT**

In this study, the renewable energy potential of Elazığ province, which has an important place in terms of local energy resources, and the contribution of this potential to the electricity generation of the province were investigated. Elazığ province ranks first among the provinces in Eastern Anatolia Region in terms of population and energy consumption and renewable energy potential. There are a total of 16 power plants in Elazığ province, of which 10 are licensed and 6 are unlicensed, which have an impact on the social and economic development of the province. 15 of these power plants are from renewable energy and one is from fossil and their total installed capacity is 2284 MW. Among the power plants in the province, hydroelectric power plants (HEPP) rank first with an installed capacity of 2244.73 MW, solar power plants (GES) with an installed capacity of 32.75 MW, and fossil-based power plants with an installed capacity of 3.6 MW and third place. With an installed capacity of 83 MW, biomass-based power plants rank fourth. The annual amount of electricity generated from the power plants in the province is approximately 7795 GWh. The total installed capacity of Elazığ province will be 2302 MW, considering the power plants that are under construction and will be commissioned in the near future. In addition, the generation capacity of renewable energy-based power plants of the province, which has production licenses obtained and is currently in operation, is around 483 MW, and the commissioning of these power plants will increase the total installed power of the province's renewable energy-based power plants to 2781 MW.

**Keywords:** Elazığ, Renewable energy, Potential, Power plant,**1. GİRİŞ**

Ekonomik ve sosyal kalkınma açısından önemli olan enerji ihtiyacı endüstri devrimi ile birlikte daha da artmış ve insanlığın enerji kaynaklarına olan talebindeki bu artış günümüzde de devam etmektedir. Türkiye de ihtiyaç duyulan ve kullanılan enerji enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklı olup dışardan ithal edilmektedir[1] Türkiye de kullanılan mevcut enerjinin yüzde 75'lik kısmı dış kaynaklıdır. Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte, mevcut enerji kaynaklarının ihtiyacı karşılamada yetersiz kalması sonucunda yeni kaynak arayışları başlamıştır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak, yeni ve farklı kaynaklardan enerji elde etme arayışlarını gündeme getirmiş ve mevcut kaynakları daha iyi

değerlendirmek amacıyla yeni teknolojiler geliştirilmiştir[2], Yerel ve yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik verilip bölgenin mevcut potansiyel değerlendirilmesi ile daha ucuz ve verimli enerji üretimi sağlanabilir. Sürdürülebilir bir enerji üretimi, yerel kaynakların bölgenin çıkarları doğrultusunda maksimum faydayı sağlayacak biçimde kullanılması ile mümkündür[3].

Bir bölgenin enerji üretiminde kullanılacak yerel enerji kaynakları tükenebilir(yenilenemeyen) ve tükenmeyen(yenilenebilir) şeklinde iki başlık altında toplanabilir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarına fosil kökenli yakıtlar(kömür, petrol, doğalgaz) ve nükleer enerji örnek olarak gösterilirken yenilenebilir enerji kaynaklarına ise; güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, dalga ve biyokütle örnek olarak verilebilir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli çok yüksek olmasına rağmen bu potansiyelin çok az miktarından faydalanmaktadır. Yenilenemeyen fosil tabanlı yakıtlar küresel ısınmaya, asit yağmurlarına, hava, su ve toprak kirliliğine neden olma gibi dezavantajları bulunurken yenilenebilir enerji kaynakları dışa bağımlı olmayan yerel, temiz ekonomik olma avantajlarına sahiptirler. Enerji kaynaklarını verimli ve ekonomik olarak kullanabilmek enerji dönüşüm sistemleri ile mümkündür. Enerji dönüşüm sistemleri tek bir makine olacağı gibi birkaç kısımdan meydana gelen bir tesis şeklinde olabilir. Enerji santrali olarak da isimlendirilen bir tesis, enerji üretecek bir fabrikayı meydana getiren kısımların tamamıdır. Enerji santralleri, jeotermal, hidrolik, nükleer, termik, rüzgâr ve gelgit gibi değişik doğal enerjileri kullanarak önce mekanik daha sonrada alternatiflerle elektrik üretirler. Termik santrallerdeki enerji dönüşümü de termik motorlarda olduğu gibi yakıt kazan gibi bir sistemde yakılarak yakıtın kimyasal enerjisi termal enerjiye, termal enerji kinetik enerjiye, kinetik enerji, türbinde mekanik enerjiye, türbinin mekanik enerjisi de jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür[4,5].

Son yıllarda gerek enerji kaynaklarının temin edilmesinde yaşanan problemler gerekse bu kaynakların kullanımında meydana gelen çevresel tehditler Türkiye gibi enerji ihtiyacının çoğu fosil yakıtlara bağımlı ve ithalat yolu ile karşılanan ülkeler için enerjinin temini problem olmaya başlamıştır. Bu problemi azaltmanın bir yolu da yerel ve alternatif enerji kaynaklarını kullanmaktır. Dünyanın sahip olduğu enerji kaynakları ve potansiyelleri incelendiğinde tükenen enerji kaynaklarına kıyasla yenilenebilir enerji kaynaklarının hem temiz ve ekonomik olması hem de yerel olması ülkelerin enerji ihtiyacının karşılanmasında oldukça önem arz etmektedir. Yerel ve yenilenebilir kaynakların enerji üretimindeki payı arttırıldığı oranda dışa bağımlılık azalarak daha güvenli ve temiz enerji sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, yerleşim yerlerinin enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir etkiye sahip yerel enerji kaynaklarını incelemek, bu kaynakların verimli şekilde kullanımını sağlayan enerji dönüşüm sistemlerini tanıtmak ve Elazığ ilinin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve bu potansiyelin ilin ekonomisine katkısı araştırmaktır.

## 1. TÜRKİYE'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI POTANSİYELİ

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli oldukça iyi bir konumda olup bu potansiyelin **kullanım oranı**, birçok ülkeye göre çok daha avantajlı durumdadır. Başta hidrolik enerji olmak üzere rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjilerin potansiyeli oldukça yüksektir. Birçok farklı ülkede bulunması mümkün olmayan jeotermal enerji kaynağından dünya potansiyelinin % 8'ine sahiptir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli kaynaklardan yararlanma bakımından da son yıllarda hızlı bir gelişme göstererek iyi bir konuma gelmiştir[4]. 2016 yılsonu itibarıyla Türkiye'nin yenilenebilir enerji toplam kurulu gücü yaklaşık 35 GW olup bu potansiyelin elektrik üretimindeki payı ise % 35'tir. [4,5]. Kaynakları bakımından Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli incelendiğinde hidrolik, rüzgar, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjisi şeklinde olup bu kaynakların mevcut kurulu güç miktarlar sırasıyla 26.694,92 MW; 5.789,39 MW, 1.028,00 MW, 467,37 MW ve 1.362,60 MW'tır.

## 2. ELAZIĞ İLİNİN ENERJİ POTANSİYELİ VE İLDEKİ ENERJİ SANTRALLERİ

Tablo 1 ve Tablo 2 de verildiği gibi Elazığ ilinde farklı enerji kaynaklı ve elektrik enerjisi üreten dört çeşit enerji santrali bulunmaktadır. Bunlardan 2244,73 MW güç ile birinci sırada HES'ler yer alırken ikinci sırada 32,75 MW güç ile Güneş enerji santralleri, üçüncü sırada 3,6 MW güç ile doğalgaz enerji santralleri ve 2,83 MW güç ile biyokütle santralleri yer almaktadır. Ayrıca Tablo 3 yer alan ve yapım aşamasında bulunan toplam kurulu güçleri 17,86 MW olan 5 adet enerji santrali bulunmaktadır.

**Tablo 1. Kurulu güç ve enerji kaynağı bazında Elazığ ilinin faaliyette olan enerji santralleri**

SANRAL TİPİ	KURULU GÜÇ	İLİN KURULU GÜCÜNE KATKISI
GÜNEŞ	32,75 MW	% 1,4
BİYOĞAZ	2,83 MW	% 0,1
HES	2244,73 MW	% 98,3
DİĞER	3,6 MW	% 0,2

**2.1. ELAZIĞ İLİNDEKİ HİDROELEKTRİK ENERJİ SANTRALLERİ**

Hidroelektrik santraller (HES) akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı tayin eder. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Bu enerjiyi başka bir enerjiye dönüştürmek için akarsuyun önü kesilir ve bir baraj gölü oluşturulur. Böylece suyun yüksekliği artırılarak potansiyel enerji kazanması sağlanır. Suyun potansiyel enerjisinden yararlanmak amacıyla kanal yada borular içine alınan su, türbinlere doğru akar, elektrik üretimi için türbinlerin dönmesini sağlayarak mekanik enerji oluşturulur. Türbinler jeneratörlere bağlı olup mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Dünya enerjisinin yaklaşık olarak % 20 si hidroelektrik santrallerde üretilmektedir[6-8]. Hidroelektrik enerji ve santrallerinin Elazığ ilinin enerji üretiminde önemli bir etkisi vardır. Hidroelektrik kurulu gücü bakımından Elazığ ili Doğu Anadolu Bölgesindeki iller arasında ilk sırada bulunmaktadır. Tablo 2 de Elazığ ilinde yapım aşamasında olan ve Tablo 3 de de aktif olarak çalışan enerji santralleri verilmiştir. Farklı enerji kaynaklı ve elektrik enerjisi üreten Elazığ ilindeki doğal kaynaklardan hidroelektrik enerji elde amacıyla yapılan tesisler ile toplamda 2244,73 MW 'lık enerji üretimi potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyelin kaynaklara göre dağılımına bakıldığında; 1330 MW'ı Keban Barajı ve HES HES, Beyhan Barajı ve HES HES 582 MW, Tatar Barajı ve HES 128 MW , Pembelik Barajı ve HES 127 MW , Seyrantepe Barajı ve HES 57 MW , Çardaklı HES 15 MW, Keban Deresi HES 5,33 MW'ı işletmeye açılmış olup ilin ekonomisine önemli oranda katkı sağlamaktadırlar.

**Tablo 2. Elazığ ilinin yapım aşamasındaki enerji Santralleri[7]**

S.	SANTRAL ADI	TESİS TÜRÜ	KURULU GÜÇ
1	Karabeyli Güneş Enerjisi Santrali	Güneş	7,00 MW
2	Eti Krom Proses Atık Isı Santrali	Atık Isı	5,50 MW
3	Hisar Regülatörü ve HES	Hidroelektrik	4,86 MW
4	Yasin Mobilya GES	Güneş	0,36 MW
5	Elazığ EMT Tarım Güneş Enerji Santrali	Güneş	0,14 MW

**Tablo 3. Elazığ ilinin faaliyette olan yenilenebilir kaynaklı enerji santrallerinin kurulu gücü [7]**

S.	SANTRAL ADI	TESİS TÜRÜ	KURULU GÜÇ
1	<u>Keban Barajı ve HES</u>	Hidroelektrik	1.330 MW
2	<u>Beyhan Barajı ve HES</u>	Hidroelektrik	582 MW
3	<u>Tatar Barajı ve HES</u>	Hidroelektrik	128 MW
4	<u>Pembelik Barajı ve HES</u>	Hidroelektrik	127 MW
5	<u>Seyrantepe Barajı ve HES</u>	Hidroelektrik	57 MW
6	Elazığ Kovancılar Güneş Enerji Santr.	Güneş	15 MW
7	Çardaklı HES	Hidroelektrik	15 MW
8	<u>Solentegre GES</u>	Güneş	8,00 MW
9	T. Ray Solar Elazığ Güneş Enerji Sant.	Güneş	7,00 MW
10	<u>Keban Deresi HES</u>	Hidroelektrik	5,33 MW
11	ITC-KA Elazığ Çöp Gazı Santrali	Biyogaz	2,83 MW
12	Hayran Enerji GES	Güneş	1,00 MW
13	Tahir Yüce GES	Güneş	0,85 MW
14	Solentegre ve Karine Lisanssız GES	Güneş	0,50 MW
15	Sivrice Arıtma Güneş Enerji Santrali	Güneş	0,40 MW



**2.1.1. KEBAN BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ (HES)**

Keban Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) Elazığ'ın Keban ilçesinde olup Fırat Nehri üzerinde kurulmuştur. dir. **Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ)** tarafından işletilen santral 1.330 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 10. Elazığ'ın ise en büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 3. büyük Hidroelektrik Santrali'dir. Keban Barajı ve HES ortalama 5.794.927.279 kWh elektrik üretimi ile 1.750.733 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilme kapasitesindedir[6,7].



Şekil 1. Keban Barajı ve Hidroelektrik Santrali



Şekil 2. Beyhan Barajı ve Hidroelektrik Santrali

**2.1.2. BEYHAN BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ**

Şekil 3. Tatar Barajı ve Hidroelektrik Santrali



Şekil 4. Pembelik Hidroelektrik Santrali

Beyhan Barajı ve Hidroelektrik Santrali Elazığ'ın Palu ilçesinde bulunan Muarat Nehri üzerinde kurulan Beyhan Barajı ve HES, Kalehan Beyhan Enerji Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olup 582,10 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 38. Elazığ'ın ise 2. büyük enerji santralidir. Beyhan Hidroelektrik santrali yıllık ortalama 1.100.518.930 kilovatsaat elektrik üretimi ile 332.483 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Beyhan Barajı ve HES sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 349.371 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır[7].



**2.1.3. TATAR BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ**

Tatar Hidroelektrik santrali Elazığ'ın Kovancılar ilçesi Tatarköy mevkiinde, Perisu Çayı üzerinde kurulmuş olup tesis 128,22 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 115. Elazığ'ın ise 3. büyük enerji santralidir. Tatar HES i ortalama 295.467.608 kilovatsaat elektrik üretimi ile 89.265 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Yalnızca konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise Tatar HES 93.799 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilme kapasitesine sahiptir[6,7].

**2.1.4. PEMBELİK BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ**

Pembelik Barajı ve Hidroelektrik Santrali Elazığ'ın Karakoçan ilçesinde Perisuyu çayı üzerindedir. Pembelik Barajı ve HES, Daranhes Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olup 127,34 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 118. Elazığ'ın ise 4. büyük enerji santralidir.. Pembelik Barajı ve HES ortalama 335.311.900 kilovatsaat elektrik üretimi ile 101.303 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Pembelik Barajı'nın 63,67 MWe güçteki ilk ünitesi 18 Şubat 2015 tarihinde, aynı güce sahip ikinci ünitesi 13 Mart 2015 tarihinde elektrik üretimine başlamıştır[7].



Şekil 5. Seyrantepe Hidroelektrik Santrali



Şekil 6. Keban Deresi Hidroelektrik Santrali

**2.1.5. SEYRANTEPE BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALİ**

Seyrantepe Barajı ve Hidroelektrik santrali Elazığ'ın Karakoçan ilçesinde Perisuyu Çayı üzerindedir. Limak Enerji (% 50) ve Bilgin Enerji (% 50) ortaklığında kurulan Seyrantepe Barajı ve HES, Seyrantepe HES Elektrik Üretim A.Ş. tarafından işletilmekte olup 56,84 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 217. Elazığ'ın ise 5. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 93. büyük Hidroelektrik Santrali'dir. Seyrantepe Barajı ve HES ortalama 145.039.205 kilovatsaat elektrik üretimi ile 43.818 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Seyrantepe Barajı ve HES sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 46.044 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır[6-9].

**2.1.6. KEBAN DERESİ HİDROELEKTRİK SANTRALİ (HES)**

Keban Deresi HES Elazığ'ın Keban ilçesinde Keban deresi üzerinde olup 5,33 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 1004. Elazığ'ın ise 10. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 476. büyük Hidroelektrik Santrali'dir. Keban Deresi HES ortalama 34.490.611 kilovatsaat elektrik üretimi ile 10.420 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir.

**2.2. ELAZIĞ İLİNDEKİ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ**

Doğu Anadolu Bölgesindeki iller arasında Elazığ ili güneş enerjisi santralleri için oldukça uygun bir şehirdir. Elazığ ilinin aylara göre güneş değerleri incelendiğinde, Haziran, Temmuz ve Ağustos

aylarında oldukça yüksek bir güneş ışınması mevcut olup bu ışınma değerleri Ocak ve Aralık aylarında düşük seviyelerde seyretmektedir. Türkiye'nin günlük toplam güneşlenme süresi ortalama 7,5 saat ve yıllık ortalama 2.737 saat olup yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m<sup>2</sup>. yıl iken Elazığ ilinde yıllık ortalama güneşlenme oranına ise 1.564 kWh/m<sup>2</sup> dir. Elazığ ilinde yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak günde 6,9 saat olup ilin en az güneş alan ayı ise 2,3 saatle Aralık ayı iken, en çok güneş alan ay 11,7 saatle Temmuz ayıdır. Elazığ ili Doğu Anadolu Bölgesinde iller arasında güneş enerjisi potansiyeli bakımından dördüncü sırada bulunmaktadır. Elazığ ilinde 7 adet aktif halde olan GES olup bunların toplam kurulu gücü yaklaşık 32,75 MW'tır. Yapım aşamasında olan GES'lerin faaliyete geçmesi ile bu güç 40,25 MW 'ta yükselmiş olacaktır. Elazığ ilinde aktif olarak çalışan ve yapım aşamasında olan toplamda 40,25'lik 10 adet Güneş enerjisi santrali Tablo 4 de verilmiştir. [7,10]

### **2.2.1. ELAZIĞ KOVANCILAR GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ**

**15.830,64 kWp gücünde Elazığ ili Kovancılar ilçesine kurulumu gerçekleştirilen arazi tipi güneş enerjisi santrali (GES) 2018** yılının başında faaliyete geçmiş olup yılda ortalama 13 bin 125 hanenin elektriği yenilenebilir enerji ile karşılanabilmekte ve yılda ortalama 17,445 ton CO<sub>2</sub>, 52,5 ton SO<sub>2</sub> ve 19,5 ton NO<sub>x</sub> gazı emisyonu azaltılabilmektedir. 15.830,64 kWp gücündeki GES'de günde ortalama 67.22 kWp, yılda ortalama 24.537,492 kWp elektrik enerjisi üretilmesi planlanıyor. Yatırımcının arazisine yaptırmış olduğu güneş enerjisi santralinin ortalama 6 yıl içerisinde kendisini amorti etmesi öngörülmektedir[7].



**Şekil 7.** Elazığ Kovancılar güneş enerjisi santrali

### **2.2.2. ELAZIĞ İL ÖZEL İDARESİ SIVRICE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ**

Elazığ ilindeki Sivrice Güneş Enerji Santrali Türkiye'nin 1661. Elazığ'ın ise 16. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 394. büyük Güneş Enerji Santrali'dir. Sivrice Enerji Santrali ortalama 584.000 kilovatsaat elektrik üretimi ile 176 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilme kapasitesine sahip olup Santralin sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 185 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek kapasitededir.

### **2.2.3. SOLENTEGRE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ**

14 Ekim 2016 tarihinde faaliyete geçip elektrik üretimine başlayan Solentegre Güneş Enerjisi Santrali Elazığ'ın Merkez ilçesinde olup 8 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 830. Elazığ'ın ise 8. büyük enerji santralidir. Solentegre GES ortalama 15.281.359 kilovatsaat elektrik üretimi ile 4.617 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilme kapasitesine sahiptir. Yalnızca konut elektrik tüketimi dikkate alındığında, Solentegre GES 4.851 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. [7]





Şekil 8. Solentegre Güneş Enerji Santrali

### 2.2.4. ELAZIĞ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ,

Elazığ ilinin Yemişlik mevkiinde 60 bin metrekarelik alana kurulan santralin toplam kapasitesi 7.410 kWp'dir. 2017 yılında bitirilip devreye alınan Elazığ Güneş Enerjisi Santrali, yıllık olarak toplam 10.181.243 kWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Ayrıca Elazığ GES devreye girmesi ile 18.226 ağacın kesilmeden kurtarılması ile 7.356 ton CO<sub>2</sub> salınımının engellenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 9. Elazığ Güneş Enerji Santrali

### 2.3. ELAZIĞ BİYOKÜTLE(ÇÖP GAZI) SANTRALİ

Hem çevre ve insan sağlığını korumak hem de yerel bir kaynak olan çöplerden enerji üretmek amacıyla Elazığ Belediyesi tarafından gerçekleştirilen ve 132 hektar yüz ölçümüne sahip Çötelı Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında şehrin çöpleri toplanarak enerjiye dönüştürülmektedir. Bu amaca yönelik olarak katı atık sahasına gelen çöpler tartılıp kayıt altına alındıktan sonra çöpler boşaltma platformu üzerinden depolama sahasına alınmaktadır. Katı atık depolama sahasına alınan atıklar sıkıştırılarak çöp deposu oluşturulmakta ve depoda oksijensiz ortamda çöplerin çürümesi ve metan gazının oluşturulması sağlanmaktadır. Oluşan metan gazı delikli borular aracılığıyla toplanmakta ve ana boru üzerinden bin 400 kilovat saat kapasiteli içten yanmalı 20 silindri motorlarda yakılarak bertaraf edilmektedir. Motorların çalışması ile meydana gelen mekanik enerji, alternatör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülerek Elazığ ilinde önemli oranda enerji ihtiyacına katkı sağlamaktadır. 2017 yılında hizmete giren ve çöpten enerji üreten tesisin kurulu gücü 2,8 MW olup 10 bin konutun enerji ihtiyacını karşılayacak kapasitededir[7,11-13].



**Şekil 10.** Elazığ biyokütle enerji santrali (BES) [15]

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de bulunan Enerji santrallerin kurulu gücü 81356 MW olup Elazığ ili Türkiye’nin illeri arasında enerji üretimine katkısı bakımından 2284 MW kurulu gücü ile 15. Sırada bulunmaktadır. Toplam 16 adet elektrik enerji santrali bulunan Elazığ ilinin elektrik santrali kurulu gücü yaklaşık olarak 2284 MW olup bu santrallerde yıllık olarak 7.795 GWh civarında elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır. Elazığ ilinde bulunan ve elektrik enerjisi üretimine katkıda bulunan 16 adet enerji santralinin biri fosil kaynaklı (doğal gazlı) ve 15 adedi ise yenilenebilir enerji kaynaklıdır. İlde farklı yenilenebilir enerji kaynaklı üç çeşit elektrik enerjisi üreten enerji santrali bulunmaktadır. Bunlardan 2244,73 MW’lık güç ile birinci sırada HES’ler yer alırken ikinci sırada 32,75 MW’lık güç ile Güneş enerji santralleri ikinci sırada ve 2,83 MW güç ile üçüncü sırada yer alan biyokütle santrali bulunmaktadır. Elazığ ilinde ön lisansı alınan diğer bir yenilenebilir enerji kaynaklı enerji santrali ise 40 MW gücündeki Buca Rüzgar enerjisi santralidir. Ayrıca üç adedi ön lisansı alınan, bir adedi üretim lisansı alınan ve beş adedi de yapım aşamasında bulunan ve ileri5eki yıllarda açılması planlanan toplamda yaklaşık 559 MW’lık enerji santrallerinin devreye girmesi ile Elazığ ilinin ekonomisine önemli bir katkı sağlanmış olacaktır.

### KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz M., Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54 (2012)
- [2] Yenilmez F. Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Üretimi, *Fırat Üniv. Sağ. Bil. Vet. Derg.* 2015; 29(3): 205-212.
- [3] <http://www.ekolojist.net/turkiyede-yenilenebilir-enerjikaynaklari-potansiyelleri/>.
- [4] Karagöl, T.E., Kavaz İ., Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, Nisan 2017, Sayı 197.
- [5] <http://www.setav.org>
- [6] Behçet R., Gönel E. Oral F., Malatya İlinin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, 1st International Engineering And Technology Symposium (1st IETS) 03–05 May, 2018, Batman.
- [7] <http://www.enerjiatlasi.com/haber/>,
- [8] Behçet R., Oral F., Gönel E., Water-Energy Nexus and Energy Generation Systems Using Water, 1st International Engineering And Technology Symposium (1st IETS) 03–05 May, 2018, Batman.
- [9] Oral F., Behçet R., Aykut K., Hidroelektrik Santral Rezervuar Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 6(2), 29-38, 2017
- [10] Behçet R., Oral H., Gül H., Adıyaman İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı , *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* Cilt 3, Sayı 2 (2013)
- [11] <http://www.enerji.gov.tr/Biyokutle>,
- [12] Karayılmazlar S., Saraçoğlu N., Çabuk Y., Kurt R., Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 2011, Cilt: 13, Sayı: 19, 63-75
- [13] <https://www.enerjiportali.com/elaziga-yeni-bir-biyokutle-enerjisi-santrali>

**ENERJİ ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLEBİLECEK RİZE İLİNİN BİYOKÜTLE  
POTANSİYELİ**

**BIOMASS POTENTIAL OF RIZE PROVINCE FOR ENERGY PRODUCTION**

**Rasim Behçet**

Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü,  
(Sorumlu yazar)

**Ferdi Yavuz Şahin**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı,

**ÖZET**

Enerji bakımından dışa bağımlı olan toplumlar için yerel kaynakların enerji üretiminde değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Enerji üretiminde değerlendirilebilecek yerel kaynaklardan biride atık kaynaklı biyokütledir. Biyokütle; bitkisel ve hayvansal kaynaklı atık maddeler başta olmak üzere tarımsal, evsel, endüstriyel vb. gibi birçok kaynaktan elde edilebilmektedir. Atıkların geri dönüşümü sağlanarak enerjiye dönüştürülüp ekonomiye kazandırılması önemli bir yerel kaynaktır. Çevreye bilinçsizce atılan atıklar, insan sağlığını tehdit ederek çevrede hoş olmayan görüntüler oluşturmaktadır. Çevre ve insan sağlığını tehdit eden bu atıkların toplanarak değerlendirilebilecek alanlardan biride enerji üretimidir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için enerji üretiminde değerlendirilebilecek en önemli yerel kaynak, bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyokütledir. Tarım ve hayvancılık potansiyeli bakımında önemli bir değere sahip olan ülkemizde bitkisel ve hayvansal atık maddeler, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta ya da tarım alanlarında gübre olarak değerlendirilmektedir. Tarımsal ve hayvansal kaynaklı biyokütle, ilk zamanlarda kurutulmuş ya ısıtma ve pişirme işlemlerinde katı yakıt olarak ya da gübre olarak tarımsal alanlarda ürünlerin daha verimli olmasına yardımcı olmak için kullanılırken son zamanlarda bu atıklar daha modern yöntemlerle belirli aşamalardan geçirilerek gaz ve sıvı şeklinde daha temiz bir enerjiye dönüştürülerek evlerde ısıtma ve aydınlatma, motorlu araçlarda biyoyakıt, endüstride ise ısıtma ve elektrik üretim amaçlı değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada, Rize ilinin atık kaynaklı biyokütle potansiyeli ve bu potansiyelin değerlendirilme şekilleri üzerinde durularak enerji üretimindeki katkısı araştırılmıştır

**Anahtar Kelimeler:** Rize, Atıklar, Biyokütle, Potansiyel, Enerji üretimi

**ABSTRACT**

For societies that are dependent on foreign sources in terms of energy, it is very important to evaluate local resources in energy production. One of the local sources that can be evaluated in energy generation is waste biomass. Biomass; waste of plant and animal origin, especially agricultural, domestic, industrial and so on. It can be obtained from many sources such as. Recycling of wastes is an important local resource to be converted into energy and brought into the economy. Unconsciously disposed of wastes in the environment threatens human health and creates unpleasant images in the environment. One of the areas where these wastes threatening the environment and human health can be collected and evaluated is energy production. The most important local resources for energy production could be evaluated in developing countries such as Turkey, biomass is plant and animal origin. In our country, which has an important value in terms of agriculture and animal husbandry potential, plant and animal residues are mostly burned directly or used as fertilizer in agricultural fields. Biomass of agricultural and animal origin is first used for drying or heating and cooking as a solid fuel or as fertilizer to help the crops become more productive in agricultural fields. heating and lighting, biofuels in motor vehicles and heating and electricity generation in industry. In this study, waste biomass potential of Rize province and its contribution to energy production were investigated by focusing on the ways of evaluating this potential.

**Keywords:** Rize, Wastes, Biomass, Potential, Energy production



## 1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesi ile enerji tüketimindeki artış her geçen gün artmaktadır. Her türlü üretim, taşıma ve hareket için etkisi gözlemlenebilen ve yaşantımızın her aşamasında gerekli olan enerji günlük yaşantımız için olmazsa olmazlardandır [1]. Ekonomik gelişmenin en önemli faktörlerinden biri olan enerjinin neredeyse kullanılmadığı alan yoktur. Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar yenilenemeyen ve yenilenebilir olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Fosil kaynakların tükenebilir olması, yenilenebilir (alternatif, sürdürülebilir) enerji kaynaklarına yönelik araştırmalarda önemli oranda artışa sebep olmuştur [2], Yenilenebilir enerji kaynakları, her zaman doğada var olabilen, çevreye zarar vermeden kullanılabilen, sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır. Bilim insanları, çevreye olumlu katkısı olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik önemli çalışmalar yapmayı hedeflemişlerdir [3,4]. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri olan biyokütle enerjisi, geliştirilmesi gereken ve gelecek zaman diliminde de enerji ihtiyacına önemli derecede katkı sağlayacak bir enerji kaynağıdır. Yeşil renge sahip olan bitkilerin güneş enerjisinin fotosentez aracılığıyla kimyasal enerjiye dönüşmesi sonucu depolanarak oluşan ve canlı organizmaların ilk oluşumu olarak ortaya çıkan, bir miktarı enerji üretimi için kullanılan, organik karbon ve biyolojik kökenli olarak isimlendirilen maddeye biyokütle (biyomas) denir [5-6]. Biyokütlenin, enerji kaynağı olarak iklim ve çevreye karşı olumlu etkisi, ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi ve akaryakıt olarak da taşıtlarda ve evlerde kullanılabilir özelliği olması stratejik bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir[7]. Biyokütle, bir yandan bilinen ilkel yöntemle yakılmak suretiyle enerjiye dönüştürülürken diğer taraftan modern yöntemlerle, hidrojen, metanol, etanol vb enerji türlerine dönüşümü gerçekleştirilerek ülke ekonomisine önemli faydalar sağlamaktadır [8].Yenilenebilir enerji kaynakları ile dünyada enerji açığının önemli kısmını karşılamak için ciddi çalışmalar yapılmakta olduğu tahmin edilmektedir. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli katkılar sunması, biyoenerjinin önemi her geçen gün artarak devam etmektedir. Dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağı olan biyoenerji, gelecekte en sık kullanılan enerji kaynağı olacağı tahmin edilmektedir [9,10].

Türkiye’de yılda yaklaşık olarak 60 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) tarımsal atık ve 11 MTEP hayvansal atık üretilmesine rağmen, üretilen bu atıkların sadece % 60’ı enerji üretimi için kullanılabilir niteliktedir. Bu tarımsal ve hayvansal atıklardan elde edilecek enerjinin Türkiye’nin yıllık enerji tüketiminin yaklaşık olarak %25’ine denk gelmektedir. [11]. Üretim kaynakları bakımından kendi arasında bitkisel, hayvansal belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle enerji üretimi için önemli bir yerel kaynaktır. Birçok araştırmacı Türkiye’nin farklı illerini baz alarak illerin biyokütle potansiyellerini araştırmış ve incelemişler. Kurt ve Koçer tarafında yapılan çalışmada da [12], Malatya ilindeki tahıllar, endüstriyel bitkiler, yağlı tohumlu bitkiler gibi bitkisel kaynaklı ürünler dikkate alınarak yaklaşık olarak 145162 hektarlık alandan bir yılda elde edilebilecek kuru biyokütle miktarının 3.991.966 ton olduğu hesaplanmış ve bu miktarın ortalama ısıl değeri 1.596.786,4 TEP olabileceği belirtilmiştirler. Demir ve arkadaşları[13], Mersin ili ile ilgili 2005-2014 yılları arasında tarım kaynaklı biyokütlenin enerji eşdeğer potansiyeli ile ilgili yaptıkları çalışmada ilin biyokütle enerji potansiyelini Akdeniz Bölgesi ve Türkiye potansiyelleri ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Kuş ve arkadaşları [14], yaptıkları çalışmada ise Iğdır ilinde yetiştirilen bitkisel kaynaklı tarım ürünlerinin TÜİK verileri dikkate alınarak 2009-2013 yılları arasındaki beş yıllık biyokütle enerji potansiyeli hesaplanmış ve birim alandan elde edilen ortalama kuru biyokütle miktarı hektar başına 27.5 ton olduğu belirtilmiştir. Iğdır ilinin mevcut biyokütle enerji potansiyelinin 639 bin TEP(ton eşdeğer petrol) /yıl olduğu ve bu değer 220 milyon TEP olan Türkiye biyokütle enerji potansiyelinin yaklaşık %0.3’üne denk geldiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada, 2012-2016 yılları arasında Rize ilinin bitkisel, hayvansal, belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle potansiyeli araştırılmış ve hesaplanmıştır. Hesaplamalarda baz alınan kaynaklar; saman ve ot (yem bitkileri), şeker yapımında kullanılan bitkiler (seker pancarı), tahıllar, tekstilde boya ve diğer işlemler için kullanılan olgunlaşmamış bitkiler, yağlı tohumlar, sebze, meyve gibi ürünlerden kaynaklanan atıklar, evsel atıklar, hayvansal atıklar, ormansal atıklar dikkate alınarak Rize ili için ayrı ayrı biyokütle potansiyelleri ekilen alanlardan yola çıkarak kuru biyokütle miktarı (ton), ısıl değer

(kcal/kg), ton petrol eş değeri (tep) ve üretilebilecek enerji miktarı (MWh) belirlenerek ilin biyokütle potansiyeli ve bu potansiyelin Rize ilinin ekonomisine katkısının incelenmesi amaçlanmıştır.

## **2. RİZE İLİNİN ATIK KAYNAKLI BİYOKÜTLE POTANSİYELİ**

Rize ili; Doğu Karadeniz kıyı şeridinin doğusunda, 40°-22' ve 41°-28' doğu meridyenleri ile 40°-20' ve 41°-20' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Batıdan Trabzon'un Of, güneyden Erzurum'un İspir, güneybatıda Bayburt, Doğudan Artvin'in Yusufeli ve Arhavi ilçeleri ile Kuzeyden Karadeniz tarafından çevrili olan Rize'nin göller hariç yüzölçümü 3.922 km<sup>2</sup> olup 2018 yılı Adrese Dayalı Nüfus verilerine göre Rize ilinin Nüfusu 348.608'dir. Bunun 206.088'lik kısmı il merkezi ve ilçelerde 142.520 kişisi de belde ve köylerde yaşamaktadır[15]. Rize ili Karadeniz Bölgesinin coğrafi özelliklerinden dolayı farklı türdeki tarımsal verim açısından iyi olmamakla birlikte ekim yapılan mevcut arazinin % 92'sinde çay tarımı yapılmaktadır. Rize ilinin tarım arazilerinin büyük bir kısmı çay ve fındık tarımı amaçlı kullanıldığı için ilin en önemli tarımsal biyokütle kaynakları çay ve fındık atıklarıdır. İlde en yoğun yetiştirilen tarımsal ürün çay olup Türkiye'deki çay ihtiyacının %60'ı Rize ilinden karşılanmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde üretimi yapılan çay yapraklarının standartlara uymayan hasadı sonucunda çay işleme fabrikalarında her yıl yaklaşık olarak 860 bin ton yaş çay elde edilmekte olup 40.000 ton da çay bitkisi kaynaklı biyokütle oluşmaktadır. Biyokütle için önemli bir hammadde olan çay atıkları değerlendirilmeden çevreye bırakılması veya çöp depolama alanına dökülmesi nedeniyle önemli oranda çevre sorunlarına neden olmaktadır. Çay atıkları karbon, azot, potasyum bakımından önemli bir değere sahip olup kompost üretimi uygulamaları için iyi bir hammadde. Ancak çay atığı kompostlama için gerekli olan nem, pH, fosfor ve mikroorganizma bakımından uygun olmadığından dolayı bu atığın doğrudan kompost hammaddesi olarak kullanmak mümkün değil. Çay fabrikalarında oluşan çay atıkları yaklaşık olarak %94 oranında kuru atıklar olup bu atığın kükürt ve diğer zararlı kirleticileri içermediğinden dolayı yakıt olarak kullanılması çevre için oldukça önemlidir. Isıtma işlemlerinde yakıt olarak kullanılan çay atığının yanma sonucu hava kirliliği yapmaması, yanma esnasında oluşan kül oranının düşük olması, baca gazında uçucu madde oluşumunun minimum seviyede olması gibi avantajlarından dolayı enerji üretimi için iyi bir biyokütle hammaddesidir. Çay atığının yakma işlemlerinde yakıt olarak değerlendirilmesi için Şekil 1'de belirtildiği gibi 300–800 MPa basınçta sıkıştırılarak pellet haline dönüştürülerek katı yakıt kullanımı daha verimli olmaktadır. Pellet haline getirilen çay atığı ham çay atığına göre 6 kat daha yoğun hale getirilerek taşınması hem kolay hem de ekonomik olmaktadır. Sıkıştırılarak pellet haline getirilen çay ve fındık atığı kaynaklı biyokütle çevre dostu yenilenebilir bir enerji kaynağı olup temiz, yenilenebilir ve yerel bir yakıttır. Çay atığı ve fındık atığı ve bu atıklardan üretilmiş olan pellet yakıt Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Atık kaynaklı kaynaklı pellet yakıt çay fabrikalarında veya Karadeniz bölgesinin yerleşim yerlerinde kış aylarında yakıt olarak kullanılarak yaklaşık olarak 4 nüfuslu 20 bin ailenin ekonomisine katkı sağlayabilmektedir. Rize ilinde tarımsal biyokütlerde değerlendirilebilecek diğer tarım ürünleri ise kivi, armut gibi meyve atıklarıdır. Rize ilinde enerji üretiminde değerlendirilebilecek ikinci tür biyokütle çeşidi hayvansal atıklar, üçüncü tür biyokütle potansiyeli çeşidi ormansal atık kaynaklı biyokütle ve dördüncü çeşit biyokütle potansiyeli ise belediye ve çöp atıklarıdır. Rize ilinde yaklaşık olarak 180 bin hektarlık ormanlık alan olup bu alanda atık hale gelen ve enerji üretiminde değerlendirilebilecek ormansal atık kaynaklı biyokütle miktarı 4.9 milyon tondur. Rize ili ve ilçelerinde oluşan yaklaşık 90 bin ton evsel atık enerjiye dönüştürülmek amacıyla Trabzon-Rize illeri arasında bulunan Trabrikab çöp santraline gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.



**Şekil 1.** Çay atığı kaynaklı biyokütle

2012-2016 yılları arasında yıllar bazında Rize ilinin tarımsal, hayvansal, ormansal ve evsel ve toplamdaki atık kaynaklı biyokütle potansiyelleri 1 ile 5 arasındaki çizelgelerde verilmiştir. Çizelge 1’ de verilen Rize ilinin atık kaynaklı biyokütle potansiyelleri yıllara göre neredeyse aynı olup yılların ortalaması 19,8 milyon tondur. 19,8 milyon tonluk biyokütle miktarından üretilebilecek enerji miktarı ise 20.476 MWh’tır. 2016 yılı TÜİK verilerine göre Rize ilinde kişi başına düşen ortalama atık miktarı 1,15 kg/kişi-gün olup yıllık belediye atık miktarı ise 97.617 tondur. Atık kaynaklı bu potansiyelin %75’lik kısmını tarımsal , %24’lük kısmını ormansal, geriye kalan %1’lik kısmını ise hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır.





Şekil 2. Fındık atığı kaynaklı biyokütle

Çizelge 1. Rize ilinin toplam biyokütle potansiyeli

Yıllar	TAM(milyon ton)	AÜEE(MWh)
2012	19.7	19.171
2013	19.9	19.728
2014	19.9	19.691
2015	20.0	23.835
2016	19.7	19.954

Çizelge 2. Rize ili tarımsal atık kaynaklı biyokütle potansiyeli

Yıllar	TEA (Ha)	EAEBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	545.090	14.989.975	6.070	7.06
2013	549.802	15.119.555	6.120	7.11
2014	545.850	15.010.875	6.080	7.07
2015	544.015	14.960.413	6.060	7.05
2016	534.817	14.407.468	5.830	6.78

Çizelge 3. Rize ili ormansal atık kaynaklı biyokütle potansiyeli

Yıllar	TOA (Ha)	OAKBM (ton/yıl)	BÜED (TEP)	BÜEM (MWh)
2012	169.965	4.674.038	1.890	2.20
2013	172.960	4.756.400	1.930	2.24
2014	175.955	4.838.763	1.960	2.28
2015	178.949	4.921.098	1.990	2.31
2016	181.944	5.278.460	2.130	2.48

**Çizelge 4.** Rize ili hayvansal atık kaynaklı biyokütle potansiyeli

Yıllar	THAM (ton/yıl)	AÜBM (m <sup>3</sup> /yıl)	BÜEM (MWh)
2012	100.157	3.668.537	17.242
2013	102.425	3.787.121	17.799
2014	98.197	3.683.337	17.312
2015	122.532	4.565.144	21.456
2016	94.623	3.618.011	17.005

**Çizelge 5.** Rize ili belediye ve evsel atık kaynaklı biyokütle potansiyeli

Yıllar	TAM (ton/yıl)	AEMM (m <sup>3</sup> /yıl)	MÜEM (MWh)
2012	64.000	192.000	1.920
2014	79.000	237.000	2.370
2016	98.000	294.000	2.940

## SONUÇ

Türkiye’de elektrik enerjisi ve ısı üretiminde kullanılabilecek yerel kaynaklardan biride atık kaynaklı biyokütledir. Coğrafi bölgelere ve yerleşim yerlerine bağlı olarak enerji üretim sistemlerinde atık kaynaklı biyokütlenin kullanılması özellikle gelişmekte olan toplumlar ve kırsal bölgeler için oldukça önemlidir. Atık kaynaklı biyokütle grubunda başta bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıklar olmak üzere orman ve tarım ürünleri atıkları, sert meyve kabukları, zeytin çekirdeği ve posası vb. gibi maddelerin enerjiye dönüştürülmesi yenilenebilir ve yerel enerji üretimini artırarak sosyal ve ekonomik kalkınmaya katkı sağlayacaktır. Bitkisel ve hayvansal atık kaynaklı biyokütlenin enerji üretim santrallerinde enerji üretiminde değerlendirilmesi küçük yerleşim yerleri ve bölgeler için sürdürülebilir, temiz ve yerel bir kaynaktır. Rize ilinde enerji üretiminde değerlendirilebilecek atık kaynaklı biyokütle arasında bitkisel kaynaklı çay ve fındık atıkları, ormansal atıklar, hayvansal atıklar ve evsel atıklar olmak üzere dört grupta toplamak mümkündür. 2012-2016 yılları arasındaki Rize ilinin atık kaynaklı biyokütle potansiyelleri yıllara göre neredeyse aynı olup yılların ortalaması 19,8 milyon tondur. 19,8 milyon tonluk biyokütle miktarından üretilebilecek enerji miktarı ise 20.476 MWh’tır. 2016 yılı TÜİK verilerine göre Rize ilinde kişi başına düşen ortalama atık miktarı 1,15 kg/kişi-gün olup yıllık belediye atık miktarı ise 97.617 tondur. Atık kaynaklı bu potansiyelin %75’lik kısmını tarımsal, %24’lük kısmını ormansal, geriye kalan %1’lik kısmını ise hayvansal ve belediye atık kaynaklı biyokütle oluşturmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1], Tuğrul, B., 2008: Enerji Ekonomisi ve Politikaları Bahar Yarıyılı Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü
- [2] Külcü N, 1985. Alternatif enerji kaynağı olarak biyogaz. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1: 126-135.)
- [3] Topal, M., Arslan Topal, E.I., 2012. Ürün Bitkilerinden Yenilenebilir Enerji Kaynağı Biyokütle Enerjisi potansiyelinin Belirlenmesi: Afyonkarahisar ili Örneği (2006-2010). Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 12 (2012) 025401 (1-11).
- [4] Erel, F.P., Erbay, E.R., 2014. Biyodizel Üretiminde Ters Lojistik Uygulamaları. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, Samsun.
- [5] Shepherd W, Shepherd DW, 1998. Energy studies. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore. <http://dx.doi.org/10.1142/p034>, (Erişim tarihi: 10.03.2018).
- [6] Koçer, Ü.; Nacar, A., 2007. “Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi,” Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ. 175-181.
- [7] Ergüneş G, 2009. Tarım Makinaları. Nobel Yayınları, Ankara. S:544
- [8] Ünal, H. ve Alibaş, K., 2002. Biyokütle Enerji Kaynağı Olarak Ayçiçeği Sapının Yakılması ve Baca Gazı Emisyonlarının Belirlenmesi, Uludağ Üniv., Zir.Fak.Derg., 16 (2), S:113-128.
- [9] Üçgül, İ., Akgül, G., 2010. Biyokütle teknolojisi, Yekarum dergi, 1(1), 2010, 3-11 / Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi



- [10] Anonim 2011a. “Youth for Habitat Türkiye, Sürdürülebilir Enerji Eğitimi Kitapları”,BiyokütleEnerjisi,<http://www.habitaticingenclik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/BiyoKutle.pdf> (E.T: 17.03.2017)
- [11] United States Department of Agriculture-USDA. (2007). “Rural Development” [KırsalKalkınma]. 2007 Farm Bill Theme Papers, pp. 1-4, [http://www.usda.gov/documents/FarmBill07\\_rural\\_developmentsum.pdf](http://www.usda.gov/documents/FarmBill07_rural_developmentsum.pdf). Erişim Tarihi: 20 Mart 2017
- [12] Doğan, M., 2000. Enerji Kaynakları, Çevre Sorunları ve Çevre Dostu Alternatif Enerji Kaynakları, Standard Dergisi, 39/468 s.28-36.
- [13] Kurt, G., Koçer,N,N.,2010. Malatya ilinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Fırat Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(1): 65-73.
- [14] Demir,B., Kuş , Z, A., İrik ,H, A., Çetin ,N.,,2015.Mersin İli Tarımsal Biyokütle Enerji Eşdeğer Potansiyeli.Alınları 29 (B) – 2015 12-18 ISSN:1307-3311 / Erciyes Univ. J. Inst. Sci. & Tech
- [15] Kuş, E., Yıldırım,Y., Kuş,Ç,A., Demir,B.,2016. Iğdır İli Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Eşdeğeri Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 6(1): 65-73.
- [16] Rize İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu.

**REYHAN BİTKİSİNİN KURUMA SÜRESİ VE ANALİZİ**  
**DRYING TIME AND ANALYSIS OF BASİL PLANT****Tarkan KOCA**

Dr. Öğretim Üyesi, İnönü Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Merve Nur POLAT**Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**ÖZET**

Gıdaların bozulmadan uzun süre muhafazasını sağlamak için geçici ve kalıcı koruma yöntemleri uygulanmaktadır. Geçici koruma, gıdanın soğutulması veya soğutucuda saklanarak, nem ve hava ile temasını keserek sağlanabilir. Uzun süreli koruma için en iyi yöntem gıdanın kurutulmasıdır. Gıdayı uzun süreli koruyabilmek için gıdanın içerisindeki mikroorganizmaların gelişimini engellemek gerekmektedir bu da gıdanın içerdiği nemi uygun yöntemlerle uzaklaştırarak sağlanabilir. Ülkemiz ihracatının büyük bir kısmı kurutulmuş gıdalara dayanmaktadır. Tıbbi ve aromatik bir bitki olan reyhan da kurutulmuş ihraç edilen ürünler arasında yer almaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin hassas olmaları sebebiyle ürüne uygun kurutma yöntemi ve koşullarının tercih edilmesi önem arz etmektedir. Gıda kurutma deneylerinde reyhan bitkisinin farklı yöntemler kullanılarak ve farklı şartlar oluşturularak kurutulduğu gözlemlenmiştir. Reyhan; güneşte kurutma, gölgede kurutma, konvektif kurutma, mikrodalga fırınında kurutma, dondurarak kurutma, CO<sub>2</sub> kurutma yöntemiyle kurutma, etüvde kurutma gibi farklı kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuştur. Bitkinin kuruma süresinin, kullanılan kurutma yöntemine ve seçilen kurutma koşuluna göre değiştiği gözlemlenmiştir. Güneşte kurutma yönteminde 28 ile 58 saat arasında kuruma gerçekleşmiştir. Gölgede kurutma yönteminde reyhan bitkisinin % 27,69 son nem oranıyla 58 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir. Mikrodalga fırınında farklı güç seviyelerinde kurutma deneyleri yapılmış ve diğer kurutma yöntemlerine kıyasla kurumunun çok hızlı gerçekleştiği görülmüştür. Reyhan bitkisi 3,2 kW, 1 kW ve 0,5 kW mikrodalga güçlerinde %7,1 son nem içeriğiyle 12 dk, 6 dk ve 1dk sürelerde kurutulmuştur. Bu çalışma İnönü Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından FLY-2019-1500 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Bu çalışmada farklı yöntemler kullanılarak kurutulan reyhanların kuruma süreleri analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Reyhan, Kurutma, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler**ABSTRACT**

Temporary and permanent preservation methods are applied to ensure long-term preservation of food. Temporary protection can be achieved by cooling the food or by storing it in the cooler, cutting off contact with moisture and air. The best method for long-term preservation is to maintain food by drying. In order to protect the food for a long time, it is necessary to prevent the growth of microorganisms within the food, which can be achieved by removing the moisture contained in the food by suitable methods. Most of our country's exports are based on dried foods. Basil, which is a medicinal and aromatic plant, is among the products that are dried and exported. Due to the sensitive nature of medicinal and aromatic plants, it is important to choose suitable drying methods and conditions for the product. In food drying experiments, it was observed that basil plant was dried by using different methods and by creating different conditions. sun drying, shade drying, convective drying, microwave oven drying, freeze drying, drying with CO<sub>2</sub> drying method, oven drying. It was observed that the drying time of the plant changed according to the drying method used and the selected drying condition. Drying took place between 28 and 58 hours in the sun drying method. In the shade drying method, basil was dried in 58 hours with a final moisture content of 27,69 %. Drying experiments were carried out in microwave oven at different power levels and it was observed that drying took place very fast compared to other drying methods. Basil plants were dried at 3,2 kW, 1 kW and 0,5 kW microwave powers with a final moisture content of 7,1% for 12 min, 6 min and 1 min. In this study, the drying time of the dried basils using different methods were analyzed.

**Keywords:** Basil, Drying, Medicinal and Aromatic Plants

## 1. GİRİŞ

Kurutma ilk çağlardan beri gıdaları korumak için kullanılan bir yöntemdir. Kurutma işlemiyle gıda içeriğindeki nem seviyesinin mikroorganizmaların gelişimini engelleyecek düzeye getirilmesi amaçlanmaktadır. Kurutma genel anlamda maddenin içerdiği nemin alınmasını ifade etmektedir. Teknik anlamda ise katının içerdiği nemin, bir gaz akımı içinde buharlaştırılarak gaza geçirilmesiyle alınmasıdır (1).

Kurutma işlemi; tıbbi ve aromatik bitkilerin içerdikleri yüksek nem (%70-85, yb) seviyesini güvenli depolama sağlamak için uygun nem seviyesine (%10-15, yb) düşürerek uzun süre dayanmasını sağlama işlemidir. Ancak yapılan kurutma işlemi sırasında ürünün tadı, görünüşü, rengi, besin değeri gibi kalite özellikleri minimum seviyede değişmeli, ayrıca ürüne su ilave edildiğinde kurutma işleminden önce içerdiği miktara yakın su alabilmelidir (2).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin sahip oldukları hassas yapılarından dolayı uygun kurutma yöntemi tercih edilmelidir. Reyhan tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde reyhan bitkisinin fiziksel ve kimyasal yapısının en az değişime uğradığı ve kurumanın mümkün olan en kısa sürede gerçekleştiği yöntemler araştırılmıştır. Bu çalışmada farklı yöntemler kullanılarak kurutulan reyhan bitkisinin kuruma süreleri araştırılmıştır.

## 2. REYHAN BİTKİSİ

Reyhan, tek yıllık bir bitkidir. Reyhan, 20-60 cm boylarında, beyaz-mor çiçeklere sahip, tüylü, gövdesi çatallı, ince dallanmış kökleri olan bir bitkidir. Reyhan bitkisinin yaprakları 1-5 cm uzunlukta ve 1-3 cm genişlikte yumuşak bir yapıya sahiptir (3).

Orta Amerika, Asya ve Afrika'da doğal yayılış gösteren reyhan bitkisi, dünya üzerinde 65'den fazla türe sahiptir. Güney Asya ve özelde Hindistan kökenli olan reyhan bitkisi, genel olarak tropik ve ılıman iklimlerde yetiştirilmektedir. Bu bitkinin Fransa, İspanya ve İtalya'da da kültürü yapılmaktadır (4). Ülkemizde Ocimum türleri, fesleğen veya reyhan olarak adlandırılmaktadır. Reyhan bitkisi, Türkiyede doğal olarak bulunmayıp kültür formları yetiştirilmektedir (5). Şekil 1'de reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin coğrafi dağılımı verilmiştir.



Şekil 1. *Ocimum basilicum* L. türünün coğrafi dağılımı (6).

**3. REYHAN BİTKİSİNİ KURUTMADA KULLANILAN YÖNTEMLER VE KURUMA SÜRESİ**

Reyhan bitkisinin farklı kurutma yöntemleri ve koşulları kullanılarak kurutulduğu birçok deney yapılmıştır. Farklı kurutma yöntemleriyle yapılan kurutma sonucunda reyhanların kuruma sürelerinin ciddi oranda değiştiği gözlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde reyhan bitkisinin döner tamburlu kurutucuda kurutma, doğrudan değmeli kurutucuda kurutma, etüvde kurutma, mikrodalga fırınında kurutma, gölgede kurutma, güneşte kurutma, dondurarak kurutma, fırında (konvektif) kurutma, CO<sub>2</sub> kurutma yöntemiyle kurutma, havalı kolektörler yardımıyla kurutma gibi farklı kurutma yöntemleriyle kurutulduğu görülmüştür.

45 °C’ de doğrudan değmeli kurutucuda reyhan bitkisi kurutulmuş ve 15 dakikada bir, 30 dakikada bir karıştırılarak kuruma süreleri araştırılmıştır. Bu karıştırma sıklıklarında kurumanın sırasıyla 63 ve 66 saatte gerçekleştiği gözlemlenmiştir (7). Geliştirilen yeni tip doğrudan değmeli bir kurutucuda reyhan bitkisinin kurutulması gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi; sabit sıcaklıkta, kademeli sıcaklıkta, dalgalı sıcaklıkta ve havalandırma/ karıştırmanın olmadığı kurutma olarak dört farklı programda gerçekleştirilmiştir. Sabit sıcaklıkta karıştırmanın yapılmadığı deneylerde kurumanın ortalama 31,5 saatte tamamlandığı gözlemlenirken kademeli ve dalgalı sıcaklıklarda ortalama 25,5 saatte tamamlandığı gözlemlenmiştir (8).

Reyhan bitkisi etüvde 45 ve 55 °C sıcaklıklarda kurutulmuş ve kurumanın sırasıyla 50 ve 34 saatte gerçekleştiği gözlemlenmiştir (7).

Reyhanın gölgede kurutma yöntemiyle 58 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (7). Konvansiyonel açık hava koşulları altında ortalama 30-35 °C’ de kütle sabit olana kadar yaklaşık 3 gün boyunca gölgede kurutma yapılmıştır (9). Reyhan yaprakları, çevre sıcaklığının ortalama 29 °C ve bağıl nemin %38 olduğu koşullarda 15 günde kurutulmuştur ve son nem içeriğinin %9,4 olduğu gözlemlenmiştir (10).

Reyhan bitkisinin güneşte kurutma yöntemiyle 58 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (7). Güneşte kurutma yöntemiyle 30-35 °C arasındaki sıcaklıklarda reyhanların yaklaşık 28 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (11). Güneşte kurutma yönteminde ortam havasının 30 °C ile 36,5 °C arasında olduğu deneylerde kurumanın yaklaşık olarak 6 saatte gerçekleştiği görülmüştür (12). Reyhan yaprakları, toprak ile teması engellemek için yerden 10 cm yüksekliğinde taş blokların üzerine konulan metal bir tepsi üzerine yerleştirilen kâğıt üzerine ince bir tabaka şeklinde serilmiştir ve açık havada güneş altında kuruma sağlanmıştır. Bu yöntemle 10 saatte kurumanın gerçekleştiği gözlemlenmiştir (3). Açık havada üç gün boyunca sabit ağırlığa ulaşana kadar ortalama sıcaklığın 30-35 °C olduğu güneşte kurutulmuştur (9).

Mikrodalga kurutma yöntemiyle 280 W ve 595 W olmak üzere farklı iki güç seviyesinde reyhan bitkisi kurutulmuş ve kurumanın 22 dk, 9 dk gibi kısa sürelerde gerçekleştiği gözlemlenmiştir (7). Mikrodalga fırınında kurutma yönteminde güç 180 W’ dan 900 W’ a çıkarılmış ve kuruma süresinin 28 dakikadan 6,5 dakikaya düştüğü gözlenmiştir. Aynı çalışmada kütlenin 25 gramdan 100 grama çıkarılmasıyla kuruma süresinin değişimi gözlenmiş ve sürenin 16 dakikadan 44 dakikaya yükseldiği not edilmiştir (13). Bir diğer çalışmada 240 W, 360 W, 480 W mikrodalga güçlerinde reyhan bitkisinin sırasıyla 28 dk, 21 dk, 14 dk sürelerde kurutulduğu gözlemlenmiştir (14). 0,5 kW, 1 kW ve 3,2 kW mikrodalga gücü ile sırasıyla 1 dk, 6 dk ve 12 dk süreyle kurutulmuşlardır. Mikrodalgada kurutulmuş ürünlerin nem içeriği %7,1 yb, 48°C sıcak hava ile kurutulmuş ürünlerin nem içeriği 7,8 yb olarak bulunmuştur (15). Reyhan yaprakları 350W, 460W ve 600W güçlerinde mikrodalgada kurutulmuştur. Kurutmanın sırasıyla 8; 6 ve 4,5 dakika sürdüğü gözlemlenmiştir (3).

İmal edilen bir döner tamburlu kurutucuda reyhan (*Ocimum Basilicum L.*) bitkisi farklı kurutma şartlarında kurutulmuştur. Kurutma işlemi; sabit sıcaklıkta kurutma, kademeli sıcaklıkta kurutma, dalgalı sıcaklıkta kurutma, azalan hava debisinde kurutma olmak üzere dört farklı kurutma programında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kademeli sıcaklıkta kurutma denemeleri ortalama 25,5 saatte tamamlanırken sabit sıcaklıkta kurutma denemeleri ortalama 39 saatte tamamlanmıştır. Kuruma süresinin kuruma sıcaklığıyla ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir (16).

Yeni tasarlanan havalı kolektörler yardımıyla bir kurutma düzeneği oluşturulmuştur. Kurutma deneyleri farklı hava debilerinde gerçekleştirilmiştir. Kurumanın, 0,012 kg/s hava debisinde 480 dakikada, 0,026 kg/s hava debisinde 390 dakikada, 0,033 kg/s hava debisinde yaklaşık 300 dakikada gerçekleştiği gözlemlenmiştir (17).

Dondurarak kurutma yöntemiyle reyhan yaprakları, -53,2 °C kondansatör sıcaklığında 24 saat boyunca vakum altında kurutulmuş ve son nem içeriğinin %3,5 olduğu gözlemlenmiştir (10). Diğer bir çalışmada dondurarak kurutma yöntemiyle reyhan bitkisinin 0.005 bar basınç, -20 °C sıcaklıkta 4 günde kurutulduğu gözlemlenmiştir (18). Reyhan yaprakları sap ve çiçeklerinden ayrılarak petrilere konulmuştur. Petrillerdeki reyhan yaprakları -18 °C' de 2 saat boyunca dondurucuda tutulmuştur. Dondurulan reyhan yaprakları 9 saat boyunca -45 °C' de 13.33 Pa mutlak basınçlı vakumlu dondurarak kurutucuda kurutulmuştur (3).

Fırında (konvektif) kurutma yöntemiyle kurutulan reyhanların 50 °C' de 15 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (11). Bir yığın taze reyhan yaprağı 45 °C' de fırında kurutulmuştur. Kuruma süresinin 15 saat olduğu belirtilmiştir (10). Bir yığın reyhanın 45 °C' de fırında 12 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (19). Yapılan çalışmada reyhan bitkisi 40 °C' de fırında kurutma yöntemiyle 26 saatte kurutulmuştur (18). Reyhanın sabit bir ağırlığa ulaşana kadar 40 °C ve 60 °C sıcaklıkta sırasıyla 16 saat ve 12 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (9). 40 °C, 50 °C ve 60 °C sıcaklıklarda yapılan bir konvektif kurutmada reyhan bitkisinin kuruma süresinin sırasıyla 1744 dk, 465 dk, 255 dk olduğu gözlemlenmiştir (14). Ocimum basilicum L. bitkisinin sıcak hava yardımıyla 48 °C sıcaklık, 2,3 m/s hava hızı, % 25 bağıl nemde 11,5 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (15). Reyhan yaprakları 45, 50 ve 55 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızı ile sırasıyla 6, 5 ve 4 saat süre ile kurutulmuştur. Tepsili kurutucuda sıcaklık arttırıldığı zaman kuruma süresinin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir (3).

Yapılan çalışmada CO<sub>2</sub> kurutma yöntemiyle 40°C sıcaklık, 80 ve 100 bar basınç değerlerinde reyhanların 2, 3 ve 4 saatte kuruduğu gözlemlenmiştir (18).

#### **4. SONUÇLAR**

Kurutma gıdaların uzun süre korunması amacıyla eski çağlardan beri bir muhafaza yöntemi olarak kullanılmıştır. Ülkemizde kurutma büyük öneme sahiptir. Meyve ve sebze gibi gıdaların kurutulması tüketilmesi ve ihracatının yapılmasının yanında, tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutulmasıyla bu bitkilerin ilaç yapımında kullanılması sağlanmaktadır. Reyhan bitkisinin de içerisinde bulunduğu tıbbi ve aromatik bitkilerin kendilerine has hassas yapılarından dolayı uygun yöntemlerle kurutulması gerekmektedir. Reyhan kurutulması üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

İncelenen çalışmalar sonucunda reyhan bitkisinin, doğrudan değmeli kurutucuda kurutma yöntemiyle 25,5 ile 66 saat aralığında, etüvde kurutma yöntemiyle 34 ile 50 saat aralığında, gölgede kurutma yöntemiyle 58 saat ile 15 gün aralığında, güneşte kurutma yöntemiyle 6 saat ile 3 gün aralığında kurutulmasının gerçekleştiği görülmüştür. Reyhanın mikrodalga kurutma yöntemiyle 1 dk ile 28 dk aralığında, yeni tasarlanan havalı kolektörler yardımıyla 300 dakika ile 480 dakika aralığında, dondurarak kurutma yöntemiyle 9 saat ile 4 gün aralığında, fırında (konvektif) kurutma yöntemiyle 4 saat ile 1744 dakika aralığında, CO<sub>2</sub> kurutma yöntemiyle 2 ile 4 saat aralığında kuruduğu görülmüştür.

Reyhan bitkisinin kuruma sürelerinin bu kadar farklılık göstermesi; kurutmada kullanılan yöntemlerin farklı oluşu, çalışmalarda farklı tür reyhanların kullanılması, reyhan bitkisinin kimi çalışmalarda sap ve yapraklarından ayrılması kimi çalışmalarda bir bütün olarak kurutulması, farklı güç seviyeleri, sıcaklıkları, hava hızları, karıştırma sıklıkları gibi değişkenlerin oluşundan kaynaklanmaktadır.



**5. KAYNAKLAR**

1. *Hot-air and Frezee-drying of High Value Foods: A Review.* **C., Ratti.** 2001, Journal of Food Engineering, Cilt 49, s. 311 - 319.
2. *Reyhan Kurutma Yöntemleri ve Karşılaştırma.* **Koca, Tarkan ve Polat, Merve Nur.** Ankara , 2019. International Conference on Engineering & Natural Science-4. s. 106 - 112. ISBN: 978-605-7811-34-9.
3. *Altay, Kadriye.* Farklı Yöntemlerle Kurutulan Arapgir Mor Reyhanının (Ocimum Basilicum) Kuruma Davranışlarının İncelenmesi Ve Kuru Ürünün Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. [Doktora Tezi]. İzmir : Ege Üniversitesi, 2019.
4. *Ermışler, A.* Altın Otu (Helichrysum arenarium) ve Fesleğen (Ocimum basilicum) Bitkilerinin Sinek Kovucu (repellent) Özelliklerinin Karşılaştırılması. [Yüksek Lisans Tezi]. Konya : Selçuk Üniversitesi, 2017.
5. *Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Reyhan (Ocimum basilicum L.) Genotiplerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi.* **Günay, E. ve Telci, İ.** 2, 2017, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 12, s. 100-109.
6. **Anonymous.** [Çevrimiçi] 2019. [Alıntı Tarihi: 15 Aralık 2019.] <https://eol.org/pages/579364>.
7. *Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (Ocimum Basilicum) Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi.* **Polatçı, Hakan ve Tarhan, Sefa.** 26, Tokat : GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2009, Cilt 1, s. 61-70.
8. **İnan, Emel.** Yeni Tip Doğrudan Değmeli Kurutucunun Geliştirilmesi ve Reyhan ( Ocimum Basilicum L.) Bitkisini Kurutma Performansının Belirlenmesi. *Y. Lisans Tezi.* Tokat : Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 2010.
9. *Drying methods affects essential oil content and composition of basil (Ocimum basilicum L.).* **Hassanpouraghdam, M. B., et al., et al.** 6, 2010, Journal of Esserential Oil Bearing Plants, Cilt 13, s. 759-766.
10. *Changes produced in the aroma compounds and structural integrity of basil (Ocimum basilicum L) during drying.* **Diaz-Maroto, M. C., et al., et al.** 15, 2004, Journal of the Science of Food and Agriculture, Cilt 84, s. 2070–2076.
11. *Effect of drying methods on the mineral content of basil (Ocimum basilicum L.).* **Özcan, Musa, Arslan, Derya ve Ünver, Ahmet.** 3, s.l. : Journal of Food Engineering, 2005, Cilt 69, s. 375-379.
12. *Mathematical modelling of thin layer drying process under open sun of some aromatic plants.* **Kavak Akpınar, Ebru.** 4, s.l. : Journal of Food Engineering, 2006, Cilt 77, s. 864-870.
13. *Microwave-Drying Characteristics of Basil.* **Demirhan, Elçin ve Özbek, Belma.** 3, Haziran 2010, Journal of Food Processing and Preservation, Cilt 34, s. 476-494.
14. *Volatile composition of sweet basil essential oil (Ocimum basilicum L.) as affected by drying method.* **Calín-Sánchez, A., et al., et al.** 1, 2012, Cilt 48, s. 217-225.
15. *Flavor volatiles and physical properties of vacuum-microwave and air dried sweet basil (Ocimum basilicum L.).* **Yousif, A. L., et al., et al.** 11, 1999, Cilt 47, s. 4777–4781.
16. **Korucu, Bülent.** Yeni Tip Döner Tamburlu Kurutucunun Geliştirilmesi ve Reyhan (Ocimum Basilicum L.) Bitkisi Kurutma Performansının Belirlenmesi. *Y. Lisans Tezi.* Tokat : Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 2009.
17. **Gülçimen, Fevzi.** Yeni Tasarlanan Havalı Kollektörler Yardımı ile Reyhan ve Nane Kurutulması. *Doktora Tezi.* Elazığ : Fırat Üniversitesi, 2008.
18. *Comparative evaluation of CO2 drying as an alternative drying technique of basil (Ocimum basilicum L.)—The effect on bioactive and sensory properties.* **Bušić, A., et al., et al.** 64, 2014, Food Research International, s. 34-42.
19. *Effects of drying and storage of herbs and spices on the essential oil. Part I. Basil, ocimum basilicum L.* **Baritoux, O., et al., et al.** 5, 1992, Flavour and Fragrance Journal, Cilt 7, s. 267-271.

**SEBZE KURUTMA YÖNTEMLERİ VE ANALİZİ**  
**VEGETABLE DRYING METHODS AND ANALYSIS**

**Tarkan KOCA**

Dr. Öğretim Üyesi, İnönü Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, (Sorumlu Yazar)

**Merve Nur POLAT**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı,

**ÖZET**

Katının içerdiği nemin, bir gaz akımı içinde buharlaştırılarak gaza geçirilmesiyle alınması olarak tanımlanabilecek kurutma işlemiyle; ürünün ekonomik olarak işlenmesi, taşıma kolaylığı sağlayabilmek için kütle azaltılması, daha uzun raf ömrüne sahip ve besin değeri yoğun ürünlerin elde edilmesi sağlanmaktadır. Farklı ülkelerde ve ülkemizde kurutma, özellikle gıda sektöründe sıklıkla uygulanan bir ürün muhafaza metodudur. Kurutma işleminin geleneksel olarak ürünün açık havada kurutma yöntemiyle gerçekleştirilmesi, gıda içeriğinde farklı zararlıların oluşmasına ve gıdanın içeriğindeki vitamin ve minerallerin büyük oranda zarar görmesine sebep olmaktadır. Bu gibi dezavantajların önüne geçebilmek için ve kurutulacak malzemenin fiziksel özellikleri, kurutulacak ürünün içerdiği nem miktarı, işlenecek malzeme miktarı gibi özellikler dikkate alınarak kaliteli bir kurutma sağlayabilmek için farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen ürün kurutucularının amacı, ürün içeriğine zarar vermeden, minimum enerji tüketerek mümkün olan maksimum kurutma hızına ulaşmaktır. Yapılan çalışmalarda yüksek nem içeriğine sahip sebzelerin de farklı yöntemler kullanılarak kurutuldukları gözlemlenmiştir. En yaygın kullanılan tünel tip kurutucular, bantlı konveyörlü kurutucular, akışkan yataklı kurutucular, kompartıman kurutucular, mikrodalga kurutucular gibi kurutma sistemlerine ek olarak deneysel olarak araştırılmış farklı kurutma yöntemlerinin de bulunduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sebze, Kurutma, Kurutma Yöntemleri

**ABSTRACT**

The drying process, which can be defined as the absorption of the moisture contained in the solid by evaporation into the gas by evaporation in a gas stream; economical processing of the product, reduction of mass to provide ease of transport, longer shelf life and nutrient-intensive products are obtained. Drying in different countries and in our country is a product preservation method which is frequently applied especially in food sector. Traditional drying of the product by outdoor drying results in the formation of different pests in the food content and the vitamins and minerals in the food content are greatly damaged. Different drying methods have been developed in order to prevent such disadvantages and to provide a quality drying by taking into consideration the physical properties of the material to be dried, the moisture content of the product to be dried, the amount of material to be processed. The purpose of the developed product dryers is to reach the maximum possible drying speed by consuming minimum energy without damaging the product content. In studies, it was observed that vegetables with high moisture content were dried by using different methods. In addition to drying systems such as tunnel type dryers, belt conveyor dryers, fluid bed dryers, compartment dryers and microwave dryers, experimental drying methods have been observed.

**Keywords:** Vegetables, Drying, Drying Methods

**1. GİRİŞ**

Kurutma; kurutulmak istenen üründen nemin uzaklaştırılması işlemidir. Gıda kurutmada amaç; kurutulacak gıdanın içerdiği yüksek nem seviyesini, mikroorganizmaların üremesini engelleyecek nem seviyesine düşürmektir. Kurutma işlemi yaygın olarak gıda, kimya, deri, tekstil gibi alanlarda uygulanmaktadır (1).

Sebzelerde muhafaza yöntemi olarak kurutmanın yapılmasıyla;

- ✓ Nem içeriğinin düşürülmesine bağlı olarak hacmin azaltılmasıyla paketleme, depolama ve taşıma işlemlerinin maliyetleri azaltılır.
- ✓ Mikroorganizma etkinliği minimuma düşürüldüğünden sebzelerin raf ömrü arttırılır.
- ✓ Sebzelerin dört mevsim tüketilmesine olanak sağlanabilir (2).

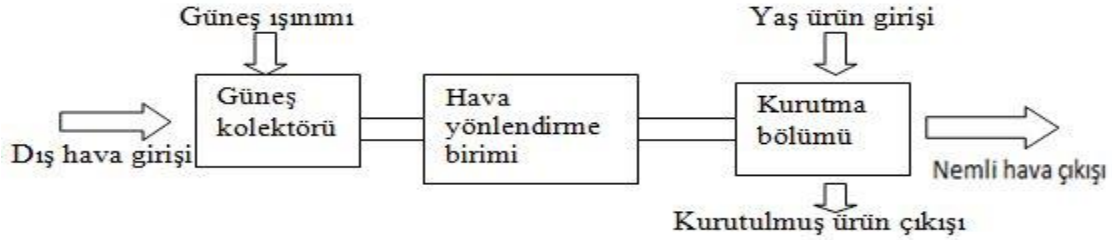
Gıda ürünlerinin kurutulmasında birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en eski ve ilkel olanı ürünün güneş altında yere serilerek kurutulmasıdır. Bu yöntem düşük maliyetli olmakla birlikte, ürünlerin açık alanda oluşu kurutulacak ürünlerin toz, yağmur, rüzgâr, böcekler gibi birçok olumsuzluklara maruz kalmasına sebep olur (3). Bu olumsuzlukları minimuma indirmek için pek çok farklı kurutma sistemi geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde domates, biber, patlıcan gibi çeşitli sebzelerin kurutulması için farklı kurutma sistemlerinin geliştirildiği görülmüştür.

## 2. SEBZE KURUTMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

Genel olarak kurutmayı güneşte kurutma ve yapay kurutma olarak iki ana başlığa ayırabiliriz. Güneşte kurutma; ürünün direk açık havada güneşte bırakılarak kurutulması işlemidir. Yapay kurutma ise farklı tekniklerin kullanılması sonucu ısıtılan hava yardımıyla yapılan kurutma işlemidir.

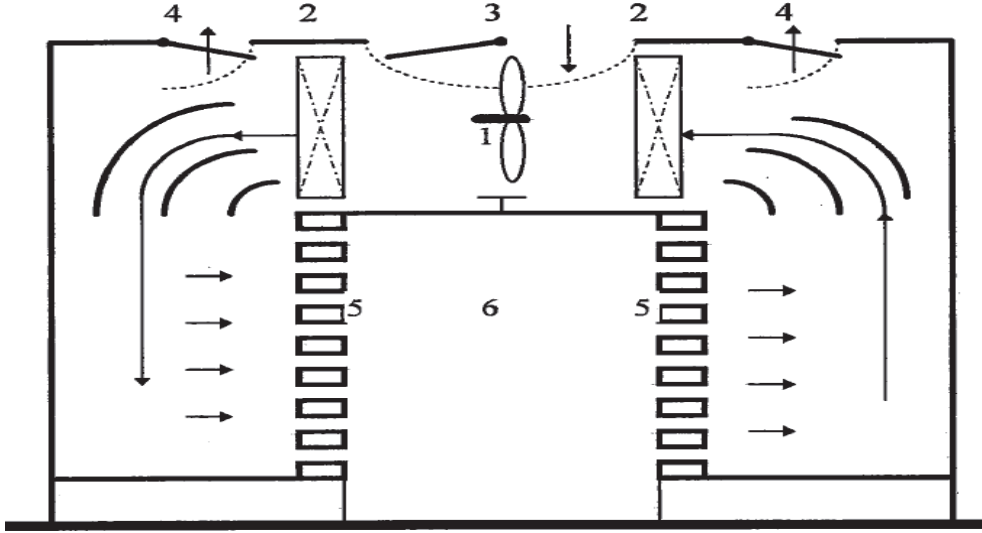
Kurutma sistemi, kurutulacak ürüne göre seçilmektedir. Kurutulacak ürünün fiziksel özelliklerine ve ürün kuruması için en uygun şartların olgunlaşmasını sağlayan sisteme göre farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir.

Güneş enerjili kurutma sistemlerinde elektrik enerjisinin yerine doğrudan güneş enerjisi kullanılmaktadır. Bu sistemde kurutulacak üründeki nemi uzaklaştırmak için havanın ısıtılması, güneş enerjisiyle sağlanmaktadır. Güneşte kurutmadan farklı olarak sebzeler, direk güneş ışığına maruz kalmadığından güneşin çeşitli zararlı etkilerinden korunmaktadırlar (4). Şekil 1’de kolektörlü bir kurutma sisteminin diyagramı gösterilmiştir.



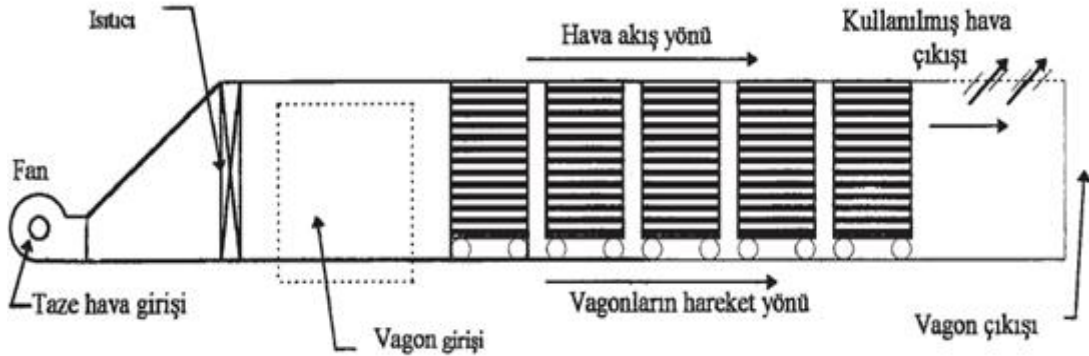
Şekil 1. Kurutma sistemleri diyagramı (5)

Kabin tipi kurutucular; fındık, ceviz, mantar, erik, elma gibi taneli veya dilimlenmiş ürünler için uygundur. Ürünler kabin içerisindeki raflara serilerek kurutulur. Bu tip kurutucularda hava hızı ürünün türüne göre uygulanmaktadır. Ürün kısa kuruma süresine sahiptir (6). Şekil 2’de kabin kurutucunun şematik resmi verilmiştir.

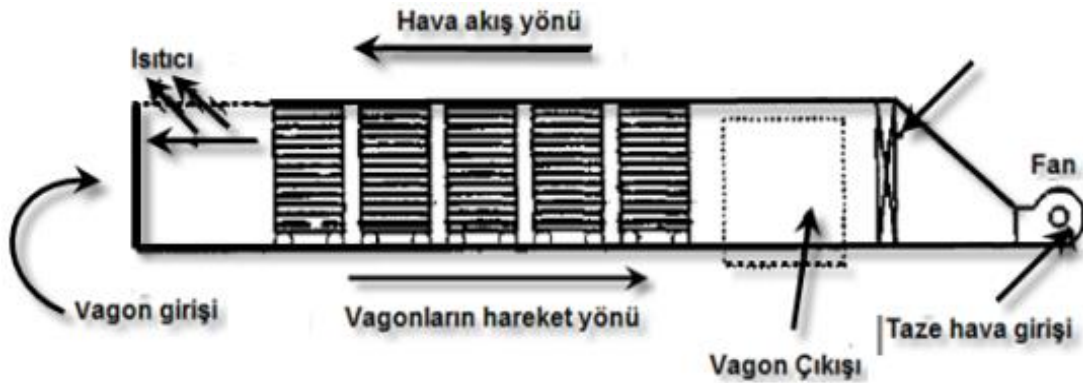


Şekil 2. Kabin kurutucu (7)  
1-Sirkülasyon fanı, 2-Isıtıcı, 3-Taze hava girişi, 4- Kullanılmış hava çıkış kapısı,  
5-Aralıkları ayarlanabilen panjur tipi yan duvarlar, 6-Vagon boşluğu.

Sebzelerin kurutulmasında kullanılan bir diğer kurutma sistemi tünel kurutuculardır. Tünel kurutucularda kurutulacak madde tepsilere konarak uzun olan tünelin içerisinden geçirilir. Bu tip kurutucularda hava akımı vagona paralel, zıt veya dik olarak uygulanabilir. Tünel içerisindeki sıcak hava fanlar yardımıyla dolaştırılır. Sebzelerin kurutulmasında genellikle en yaygın kullanılan sistem paralel ve zıt akış tünelleridir (7). Şekil 3'te paralel akış tüneli, Şekil 4'te zıt akış tüneli gösterilmiştir.



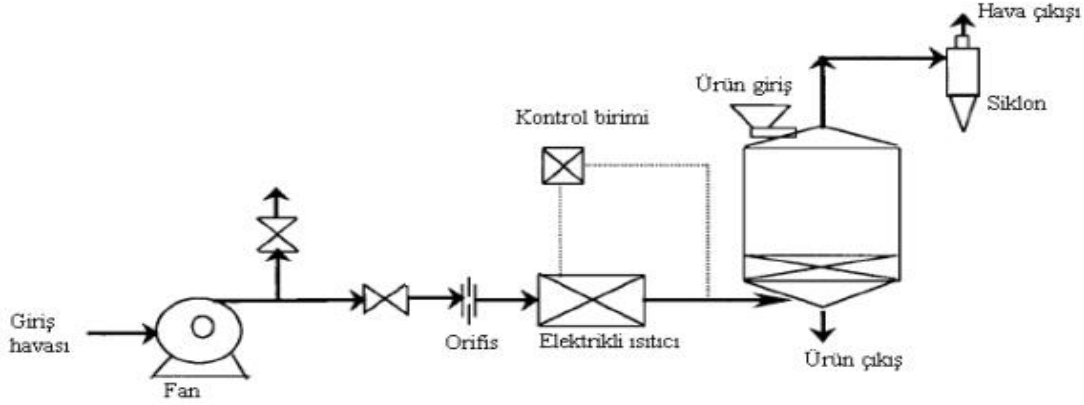
Şekil 3.Paralel akış tüneli (7)



Şekil 4. Zıt akış tüneli (7)

Konveyör kurutucular kurutulacak belli ürünü büyük miktarda kurutmaya elverişlidir. Havuç, soğan ve fasulye gibi gıdaların kurutulması için uygundur (2).

Akışkan yataklı kurutucularda kurutulacak ürün aşağıdan gönderilen sıcak hava yardımıyla askıya alınır ve akışkan bir yatak halinde bulunur. Akışkan yataklı kurutucularda bezelye, havuç, et, kahve, kakao, tuz gibi ürünler kurutulmaktadır (8). Şekil 5'te akışkan yataklı kurutucunun şematik resmi gösterilmiştir.



Şekil 5. Akışkan yataklı kurutucu (9)

Mikrodalga kurutmanın temel prensibi; üründeki polar molekülleri uyarak elektromanyetik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesinin sağlanmasıdır (10). Sanayide mikrodalga ile vakumun birleştirilerek oluşturulduğu sistemde diğer metotlara kıyasla daha kısa sürede kurutma gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir (11). Başlangıç nemi yüksek ürünlerin kurutulmasında oldukça elverişli bir yöntemdir. Bu yöntem genellikle meyve ve sebze, tekstil, ağaç, seramik sanayinde yaygın olarak kullanılır. Tablo 1.' de bazı sebzeler kurutulması için gerekli ön işlemler ve kurutma süreleri verilmiştir.

Tablo 1. Sebzeler için kurutma hazırlıkları ve kuruma süreleri (12)

Sebze	Hazırlık	Daldırma süresi (dakika)	Kurutma süresi (saat)	Kuruluk testi
Havuç	Ürün yıkanır. Üst kısımları ve kökleri kesilir, soyulur. 1/8" kalınlığında dilimlenir.	4	6-10	Sert kırılğan
Patates	Yıkanır, soyulur ve 1/8" kalınlığında dilimlenir.	7	6-10	Kırılğan
Kabak	Yıkanır ve 1/4" kalınlığında dilimlenir	4	10-16	Sert kırılğan
Biber	Yıkanır, sapları ayıklanır. Çekirdekleri ve tohumları çıkarılır. 1/2-1/4 " kalınlığında halkalar veya şeritler halinde kesilir.	4	8-12	Sert kırılğan
Maydanoz ve diğer tıbbi bitkiler	Yıkanır. Kümelere ayrılır. Sert olan gövdeleri atılır.	4	4-6	Kolayca dağılır
Soğan	Yıkanır. Kabukları soyulur. Üst ve kökleri kesilir. 1/4"-1/8" kalınlığında dilimlenir	4	6-10	Çok kırılğan
Kereviz	Sapları ayıklanır ve iyice yıkanır	4	10-16	Çok kırılğan
Bezelye	Kabukları ayıklanır ve yıkanır.	4	8-10	Sert, buruşuk ve yeşil

Meyve ve sebzeler genellikle yukarıda anlatılan sistemlerde kurutulmaktadır. Ancak meyve ve sebzelerden elde edilen domates suyu, meyve suyu ve patates püresi gibi sıvı ve yarı sıvı ürünlerin kurutulmasında başka yöntemlerden yararlanılmaktadır (2). Bu yöntemler arasında;



- ✓ Püskürtme sistemli kurutucular,
- ✓ Valsli kurutucular,
- ✓ Vakumlu kurutucular,
- ✓ Puf kurutucular,
- ✓ Köpük kurutucular gibi değişik sistemler sayılabilir (2).

Tablo 2.' de ise bazı gıda ürünlerinin başlangıç ve son nem değerleri ile izin verilen en yüksek kurutma sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 2. Bazı gıda ürünlerinin nem değerleri ve kurutma sıcaklıkları (13)

Ürün adı	Başlangıç nemi (yaş baza göre) (%)	Son nem miktarı (yaş baza göre) (%)	İzin verilen en yüksek kurutma sıcaklığı (°C)
Mısır	35	15	60
Buğday	20	16	45
Tahıl	24	14	50
Pirinç	24	11	50
Bakliyat	20-22	9-10	40-60
Yağlı tohumlar	20-25	7-9	40-60
Yeşil bezelye	80	5	65
Karnabahar	80	6	65
Havuç	70	5	75
Yeşil fasulye	70	5	75
Soğan	80	4	55
Sarımsak	80	4	55
Lahana	80	4	55
Tatlı patates	75	7	75
Patates	75	13	75
Biber	80	5	65
Bamya	80	20	65
Domates	96	10	60

Sebzelerin kurutulmasında genellikle kabin kurutucular, tünel kurutucular, bant(konveyör) sistemleri uygun olmaktadır (2).

### 3. SONUÇLAR

Sebzelerde kurutma işlemi insanoğlunun her zaman ilgilendiği ve uyguladığı bir yöntemdir. Sebzelerin üretildiği mevsim dışında da kullanabilmesi yani sebzenin uzun süre saklanabilmesi için en uygun yöntemlerden biri kurutma işlemidir.

Sebzelerde kurutma oldukça önemlidir. Günümüzde oldukça farklı yöntemlerle kuruma işlemleri yapılmaktadır. Kurutma yapılırken en önemli hususlardan biri nemin sebzedden atılma hızının ideal değerlere yakın olmasını sağlamaktır. Sebzenin tadını, aromasını, vitamin değerlerini bozmadan kurutma yapılmalıdır. Bu sebeple kurulacak ürüne uygun en iyi kurutma yöntemi seçilmelidir. Aksi takdirde ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerine zarar verilebilecektir.

Yapılan çalışmalara göre sebzelerin kurutulmasında; kuruma için uygun sıcaklığın bulunması, sebzelerin kurutulmadan önceki nemi ve kurutulduktan sonraki neminin bilinmesi, ideal kuruma süresinin tespiti ve nemin sebzedden atılma hızı en önemli hususlardır.

Dünyada her alanda olduğu gibi kurutma alanında da enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Kullanılan birçok yöntemde yenilenebilir olmayan enerji kullanılmaktadır. Bu da hem ülke ekonomisine hem de çevreye zarar vermektedir. Alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı sistemlerin geliştirilmesine ağırlık verilmelidir.

**KAYNAKLAR**

1. **Ceylan, İ.** Programlanabilir (PLC) Isı Pompalı Kurutucunun Tasarımı, İmalatı ve Kereste Kurutma İşleminde Deneysel İncelenmesi. [Doktora Tezi]. Ankara : Gazi Üniversitesi, 2007.
2. [Çevrimiçi] [Alıntı Tarihi: 18 Aralık 2019.]  
[http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Sebzeleri%20Kurutma.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sebzeleri%20Kurutma.pdf).
3. *Meyve ve Sebzelerin Kurutma Parametrelerinin İncelenmesi.* **Gürel, Ali Etem, Ceylan, İlhan ve Aktaş, Mustafa.** 4, Ankara : s.n., 2016, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 4, s. 267-273.
4. *Testing of the Performance of a Fruit and Vegetable Solar Drying System in Iraq.* **Al-Juamily KIJ, Khalifa AJN, Yassen TA.** 1-3, 2007, Desalination, Cilt 209, s. 163-170.
5. *Güneş Enerjisi Destekli Kurutma Sistemleri ve Tarımda Kullanımı.* **Çay, V., et al.** 2017. International Engineering Conference (IEC2017).
6. *Fındığın Üç Farklı Sistemde Güneş Enerjisi ile Kurutulması.* **Olgun, H. ve Rzayev, P.** 2000, Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, Cilt 24, s. 1-14.
7. **Sarsılmaz, C.** Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi. [Doktora Tezi]. Elazığ : Fırat Üniversitesi, 1998.
8. **Gürsel, Ö. L.** *Gıda İşleme Mühendisliği-II.* Ankara : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1986.
9. **Kurtuluş, O.** Akışkan Yatakta Kurutma Prosesinin İncelenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007.
10. *Changes in Quality of Microwave-Treated Agricultural Products: A review.* **Vadivambal R., Jayas DS.** 1, 2007, Biosystems Engineering, Cilt 98, s. 1-16.
11. **Erbay, B. ve Küçüköner, E.** Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. Erzurum : Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008.
12. *Drying Vegetables.* **Kendall, P., DiPersio, P. ve Sofos, J.** no. 9. 308, 2012, CSU Extension Fact Sheet.
13. **Güngör, A.** Sebze ve meyve kurutmada. *11.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.* İzmir : s.n., 2013. s. 43-63.

**ARAÇLARDA ATIK ISININ ELEKTRİKSEL OLARAK GERİ KAZANIMI  
ELECTRICAL RECOVERY OF WASTE HEAT IN VEHICLES****Filiz ÖZGEN**

Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

**Berkan ERİŞİK**

Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

**Cem Burak NERGİZ**

Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

**ÖZET**

Bu çalışmada araç egzozlarında kullanılmayan ısıyı, yüksek sıcaklık ve soğutucu akışkan ile termoelektrik jeneratörü yardımıyla elektriksel bir enerji elde edilmiştir. Yakıt tasarrufu ve enerji kazanımı amacıyla yapılmıştır. Yapmış olduğumuz deneysel düzenek, sıcak hava giriş manifoldu, kondüksiyon boruları, sıcak hava deposu, termoelektrik jeneratörü, termal macun, sıcak hava çıkış manifoldu, soğutucu akışkan rezidansı ve soğutucu akışkan rezidans deposundan oluşmaktadır. Egzoz manifoldundan çıkan gaz ile egzoz hattı boyunca sıcaklık açığa çıkar, bu sıcaklıktan ve atmosferdeki havadan yararlanılarak belirli bir sıcaklık farkı oluşur. Bu sıcaklık farkı ve termoelektrik jeneratörü ile elektrik elde edilir. Deneysel düzeneğini oluşturan elemanların ve kullanılan cihazların özellikleri ve fotoğrafları çalışmada ayrıntılı olarak verilmiş ve tasarımı anlatılmıştır. Sıcak hava giriş manifoldu dikdörtgen prizma şeklinde ST 37 çelik sacdan imal edilmiştir. Bakır kondüksiyon boruları kullanılmıştır. Sıcak hava deposu ST 37 sac malzemesinden imal edilmiş olup içerisinde hava akışını yönlendirmesi için alüminyum malzeme seçilmiştir. Termoelektrik jeneratörünün üzerine soğutucu akışkan deposu imal edilmiştir ve içerisine bükülmüş soğutucu akışkan borusu yerleştirilmiştir. Tasarımdan elde edilen enerji ile motora bağlı pervane sistemi çalışmaktadır. Isıtılmalı ve soğutulmalı koltukların, direksiyonların kullanmış olduğu elektrik enerjisini karşılanması düşünülmüştür. Bu sayede daha az yakıt tüketilmiş olup yakıttan tasarruf edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Termoelektrik jeneratörü, ısı kazanımı, elektrik, ısı dönüşümü**ABSTRACT**

In this study, the heat being wasted in the exhaust of vehicles has been obtained as electric energy by converting it by high temperature and coolant fluid with the help of thermoelectric generator. This study has been made for the purpose of saving fuel and saving energy. Our experimental setup has consisted of hot air inlet manifold, conduction pipes, hot air container, thermoelectric generator, thermal paste, hot air outlet manifold, refrigerant residence and refrigerant tank. As a result of gas that has arisen from exhaust manifold, temperature appears during the exhaust line. Through benefiting from this temperature and air in atmosphere, specific temperature difference occurs. Electricity has been obtained with the help of this temperature difference and thermoelectric generator. Features and photographs of devices used in study and elements which has composed experimental setup have been provided in detail at study and its design has been described. Hot air inlet manifold has been made of ST 37 steel sheet in the shape of rectangular prism. Copper conduction pipes have been used hot air container has been made of ST 37 steel sheet, at the same time aluminum material has been selected and used for direction of air flow. Refrigerant container has been produced on thermoelectric generator and twisted refrigerant pipe has been placed inside it. Thanks to energy that has been obtained from design, propeller system that connected to the motor has worked. It has been intended that heated and cooling seat would supply electric energy being used in directions.

**Keywords:** Thermoelectric generator, heat recovery, electricity, heat conversion**1. GİRİŞ**

Dünyada, enerji güvenliğinin sağlanması ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında karşımıza çıkan en büyük zorluk, yenilenebilir enerji kaynakları için gerekli olan kurulum maliyetlerinin yüksek oluşudur [1]. Günümüzde küresel ısınma, artan nüfusla beraber gelen enerji

talebinin artması, fosil yakıtlara bağlı olarak artan ekonomik sorunlar ve fosil yakıtların gün geçtikçe azalması gibi sebeplerden dolayı insanoğlu enerji üretiminde farklı yollar aramaya başlamıştır. Özellikle yenilenebilir enerji ve kullanılmadan ortama bırakılan enerjinin geri kazanımı büyük önem kazanmıştır. Örneğin içten yanmalı motorların egzoz yoluyla doğaya bıraktığı egzoz gazının ısı enerjisi kullanılarak verimli bir enerji elde edilebilmektedir. Böylece boşa giden enerji miktarı azaltılarak hem maliyetlerden kazanç sağlayarak enerji ihtiyacı karşılanmış olacak hem de çevreye zarar veren fosil yakıtlara ihtiyaç azaltılmış olacaktır [2].

Egzozdan atılarak atmosfere salınan enerji oranının, otomobili hareket ettirmek için kullanılan enerjinin etkili kullanım oranından fazla olduğu görülmektedir. Dışarıya atılan böylesine önemli ve büyük orandaki enerjinin kullanımını açısından önemli bir kayıp olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca bu oranın artması, içten yanmalı motorlarda fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan ve çevre için fazlası zararlı olan CO<sub>2</sub> gazının egzozdan atmosfere atılan oranının da arttığını göstermektedir. Egzozdan dışarıya salınan bu ısı enerjisini tekrar kazanmak günümüz teknolojisi ile mümkündür. [3].

Son yıllarda atık ısı enerjisinin geri kazanımı üzerine yapılan otomobil egzoz atık ısısından elektrik enerjisi elde etme çalışmaları önem kazanmıştır [4-6]. Kunt [7], içten yanmalı motor atık ısılarının geri kazanımında termoelektrik jeneratörlerin kullanımı ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada içten yanmalı motorların atık ısılarının geri kazanımında kullanılan TEJ modüllerin yapısı, egzoz ve soğutma suyundan atılan ısının geri kazanımı konusunda yapılan uygulamalar anlatılmıştır. Ahıska ve diğerleri [1], yaptıkları çalışmada, Matlab/Simulink benzetim programıyla Termoelektrik Modülün (TEM) Termoelektrik Jeneratör (TEJ) olarak kullanılması için, matematiksel modelinin benzetimini yaparak, farklı iki sıcaklık aralıkları için benzetim sonuçlarını deneylerle teyit etmişlerdir. Temizer ve diğerleri [8], dizel motor egzoz sistemi için termoelektrik jeneratör uygulaması ve akış analizini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, termoelektrik jeneratörlerin çalışma prensiplerine uygun bir prototip geliştirilmişler ve ısıtılacak yüzey için bir dizel motorunun egzoz sistemini kullanarak, motorun çalışması sonucu açığa çıkan egzoz gazlarının ısı enerjisinden faydalanmışlardır. Atik ve Kayabaşı [9], jeotermal enerji ile çalışan termoelektrik jeneratör imalatı yapmışlardır. 8 adet TEC1-12706T125 termoelektrik modülün kullanıldığı sistem laboratuvar şartlarında denenmiştir. Termoelektrik modüllerin bir yüzeyi sıcak su ile ısıtılmış diğer yüzeyi şebeke suyu ile soğutulurken elde edilen sıcaklık farkı ile elektrik enerjisi üretilmiştir.

Ülkelerin birçoğu için enerji ihtiyacının karşılanmasının yanında çevre bilincinin sağlanması, var olan verimliliğin artırılması, kullanılan kaynak çeşitliliğinin ve sürekliliğinin sağlanması da hayati derecede önem arz etmektedir. Bu çalışmada analizler yapılmış olup deney ortamında motorun farklı çalışma şartları altında ne kadarlık güç ürettiği incelenmiştir. Daha sonra bir prototip üretilerek analiz sonuçları ve sürdürülebilirliği denenmiştir.

Araba egzoz çıkışı planlanarak yapılmıştır. Farklı ebatlardaki ve sınıflardaki özellikle yüksek tonajlı arabalar üzerinde daha verimli sonuç alınmaktadır. Projenin temel ilkesi egzozdan çıkan sıcak hava ile soğutucu akışkan arasındaki sıcaklık farkına dayalı olarak termoelektrik jeneratöründen elektrik üretimidir. Araç egzoz sistemindeki katalitik konvertör veya susturucu düzeneğince tasarlanabilir. Böylece ağırlık dengesi sağlanmış olur. Araç egzoz çıkışındaki sıcaklığı, sıcak hava deposuna yönlendirerek deponun içerisindeki tasarım ile verimli ısıtma sağlanmaktadır. Elde edilen bu ısı termal macun ile termoelektrik jeneratörüne teması sağlanır. Soğuk hava depomuzun içerisindeki U büküm kılcal borulardan geçen soğutucu akışkan ile termoelektrik jeneratörümüzün diğer yüzeyi soğumaktadır. Sıcaklık farkından kaynaklı olarak elde ettiğimiz elektrik kullanım alanına yönlendirilebilir. Voltaj regülatörü ile istenirse elde edilen voltaj, kullanım alanına göre yükseltilebilir.

## 2. TEORİK ANALİZ

### 2.1. Egzoz Gazından Termoelektrik Jeneratöre Aktarılan Isı

Güç üretimini gerçekleştirmek amacıyla tasarlanan bu modelde kullanılan her bir parçanın boyutlarının ve tasarım parametrelerine uygun bir şekilde seçilen malzeme özelliklerinin belirlenmesinde ideal termoelektrik denklemler kullanılmıştır ve temel ısı geçişi formüllerinden yararlanılmıştır. Egzoz gazından termoelektrik jeneratöre aktarılan ısı,

$$Q = m c \Delta T \text{ (W)} \quad (1)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Bu formülde kullanılan egzoz gazının termofiziksel özellikleri Tablo 1'deki gibidir [10].

**Tablo 1 :** Egzoz gazının termofiziksel özellikleri [10]

Sıcaklık (K)	Özgül Isı ( $c_p$ ) (kJ/kgK)	Yoğunluk ( $\rho$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	Isıl İletkenlik (W/mK)
400	1,106	0,912	23,6
450	1,114	0,810	29,1
500	1,126	0,729	35
550	1,140	0,662	36,6
600	1,070	0,607	48

Tablo 1' de görüldüğü gibi kelvin cinsinden sıcaklık değişimlerinde; özgül ısı, yoğunluk ve ısıl iletkenlik parametreleri verilmiştir.

## 2.2. Isı İletim Katsayısı

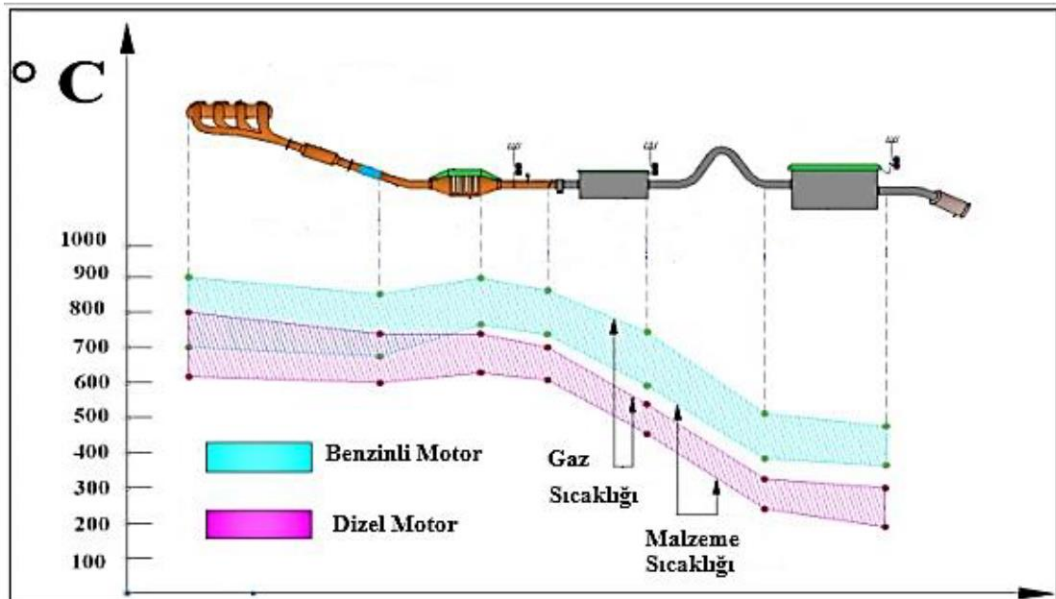
Hesaplanan ısı miktarına göre tasarımın boyutunu ve kullanılacak malzemenin ısı iletim katsayısını bulabilmek için aşağıdaki formül kullanılmaktadır [2].

$$Q = K \Delta T \text{ (W)} \quad [2]$$

Buradaki K toplam ısı iletim katsayısıdır, birimi W/K'dir. K aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$K = k \frac{A}{L} \text{ (W/K)} \quad [3]$$

Egzoz manifoldundan, egzoz gaz çıkış noktasına kadar olan benzinli ve dizel motor sıcaklık değerleri Şekil 1' de verilmiştir.



**Şekil 1.** Egzoz manifoldundan, egzoz gaz çıkış noktasına kadar olan benzinli ve dizel motor sıcaklık değerleri [11]



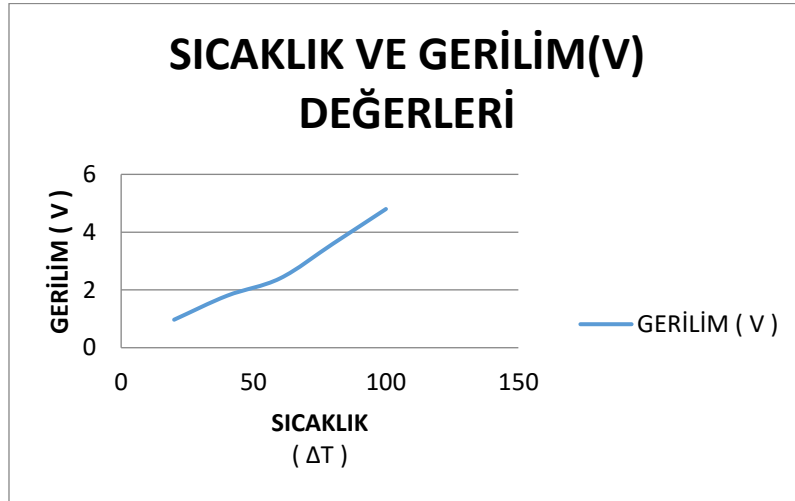
Şekil 1’ de görüldüğü gibi dikkat edilmesi gereken en önemli husus termoelektrik jeneratörünün çalışma sıcaklık aralığıdır. Bu sıcaklık aralığı, hazır olarak alınan termoelektrik jeneratörünün maksimum dayanım sıcaklığını aşmamaktadır. Bu kriter planlanarak ve sıcaklık kayıpları hesaplanarak yer seçimi yapılmalıdır. Yaptığımız prototipte egzoz çıkış ucu referans alınmıştır.

Termoelektrik jeneratöründen elde edilen akımın sıcaklık ile değişimi Şekil 2’ de, gerilimin sıcaklık ile değişimi ise Şekil 3’ de verilmiştir.



Şekil 2. Termoelektrik jeneratöründen elde edilen akımın sıcaklık ile değişimi

Şekil 2’de görüldüğü üzere sıcaklık farkıyla termoelektrik jeneratöründen elde edilen akım değeri miliamper cinsinden ifade edilmiştir. Sıcaklık farkı arttıkça akım değeri de artmıştır. Buna göre akım değerleri; 20 °C de yaklaşık olarak 200 mA, 60 °C de 450 mA ve 100 °C de 650 mA olarak gözlemlenmiştir.

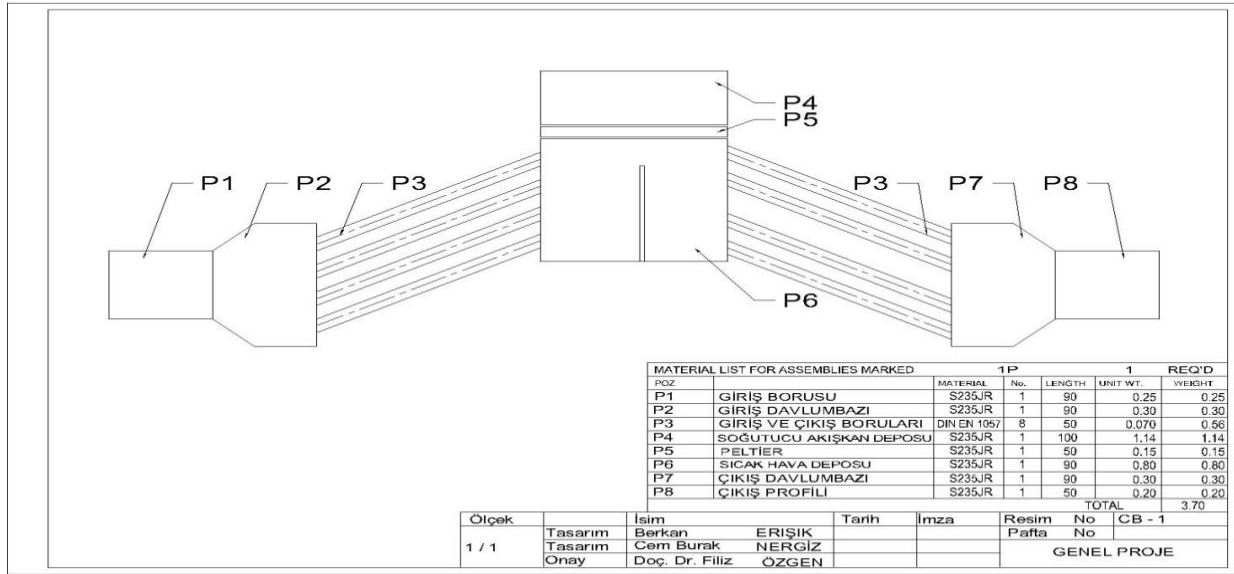


Şekil 3. Termoelektrik jeneratöründen elde edilen gerilimin sıcaklık ile değişimi

Şekil 3’de görüldüğü gibi sıcaklık farkıyla termoelektrik jeneratöründen elde edilen gerilim değeri volt cinsinden ifade edilmiştir. Buna göre gerilim değerleri; 20 °C de yaklaşık olarak 1 V, 60 °C de yaklaşık olarak 2,5 V ve 100 °C de yaklaşık olarak 4,5 V olarak gözlemlenmiştir.

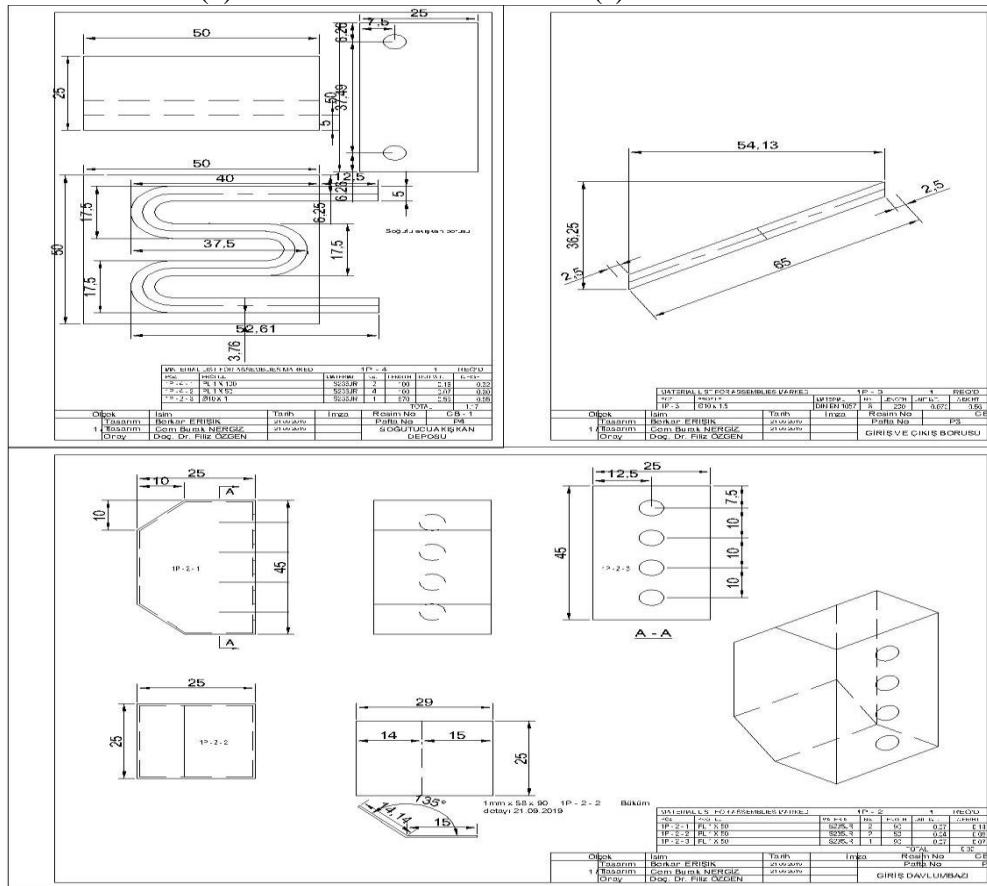
**3. TASARIM VE ÜRETİM**

(a)



(b)

(c)

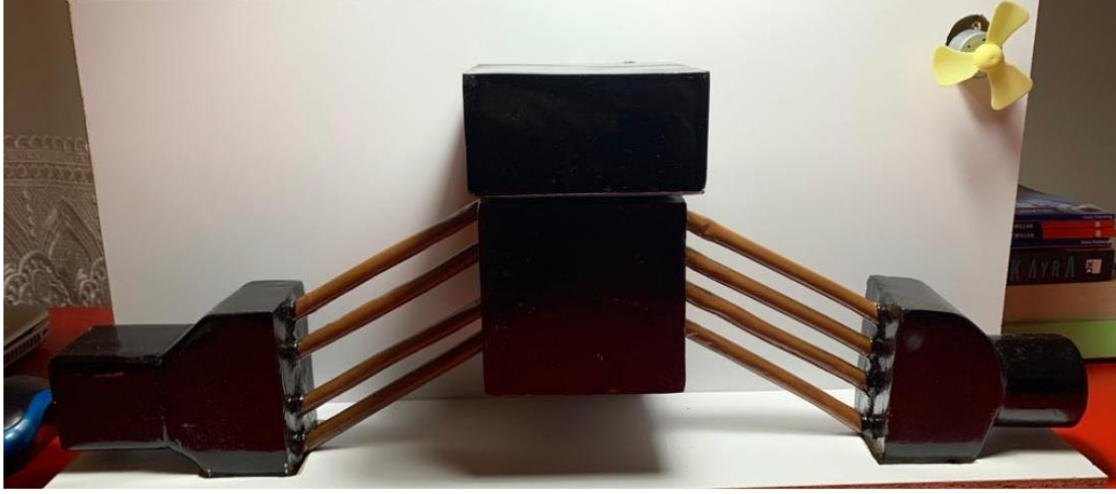


(d)

**Şekil 4. Üretilen malzemelerin teknik resimleri**

Şekil 4' de görülen çizimler, tasarım aşamasında üretilen malzemelerin teknik resimleridir. Teknik resim incelendiğinde tasarımın boyutları daha net olarak anlaşılacaktır. Yapılan tasarımların fotoğrafları da Şekil 5' de görülmektedir.

(a)



(b)



(c)



(d)

**Şekil 5.** Tasarımın fotoğrafları

### **3.1. Tasarımda Kullanılan Parçalar**

Tasarımda kullanılan ve Şekil 4’de teknik resimleri verilen malzemelerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

#### **3.1. 1 - Sıcak Hava Giriş Manifoldu**

Şekil 4 – (d)’de teknik resmi verilen sıcak hava giriş manifoldu, 50 mm boru çapı ile başlayıp 50 mm derinliğinde, 50 mm genişliğinde, 90 mm yüksekliğinde dikdörtgenel prizma şeklinde olup, 2 mm kalınlığında ST 37 çelik sacdan imal edilmiştir.

#### **3.1. 2 – Hava İletimini Sağlayan Borular**

Şekil 4 - (c)’de teknik resmi verilen borular, 10 mm çapında, 120 mm uzunluğunda ve DIN EN 1057 bakır malzemeden yapılmış borulardır. Bu borular yardımıyla sıcak hava çıkışı sağlanmaktadır.

#### **3.1. 3 - Sıcak Hava Deposu**

Şekil 4 – (a)’da görülen P-6 numaralı parçadır. Sıcak hava deposu, 90 mm genişliğinde, 90 mm derinliğinde, 90 mm yüksekliğinde olup 2mm kalınlığında ST 37 çelik sacdan imal edilmiştir. Sıcak

hava deposunun içerisinde, hava akışının yönlendirilmesi için 70 mm genişliğinde, 70 mm yüksekliğinde, 2 mm kalınlığında alüminyum levha bulunmaktadır ve küp şeklinde imal edilmiştir.

### **3.1. 4 – Sıcak Hava Çıkış Davlumbazı**

Şekil 4 – (a)’da görülen P-7 numaralı parça, çıkış davlumbazıdır ve 2mm x 50 mm x 50mm kutu profil ile başlayıp 50 mm derinliğinde, 50 mm genişliğinde, 90 mm yüksekliğinde dikdörtgen prizma şeklinde olup 2mm ST 37 çelik sacdan imal edilmiştir.

### **3.1. 5 – Peltier**

Şekil 4 – (a)’da görülen P-5 numaralı parça, bir tarafı soğuk ve bir tarafı sıcak olan iki seramik tabaka içerisinde N tipi yarıiletken ve P tipi yarıiletken maddeler bulunan dikdörtgen bir malzemedir.

### **3.1. 6 – Soğutucu Akışkan Deposu**

Şekil 5 – (c)’de görülen soğutucu akışkan deposu, 100 mm genişliğinde, 100 mm derinliğinde, 50 mm yüksekliğindedir ve 2 mm ST 37 SACDAN imal edilmiştir. İçerisinden soğutucu akışkan geçebilmesi için, 10 mm çapındaki bakır boru büküm yapılarak yerleştirilmiştir.

İmalatı yapılan parçalar montaj aşamasına getirildikten sonra, ilk olarak sıcak hava giriş manifolduna ve sıcak hava çıkış manifolduna, ölçülere göre kesimi yapılmış olan bakır borular 30° açı olacak şekilde kaynak yapılmıştır. Sıcak hava deposu boruların bittiği yere yerleştirilerek, boruların kaynak işlemi tamamlanmıştır. Sıcak hava deposunun üst yüzeyine jeotermal macun yardımıyla peltier yerleştirilmiş ve peltierin üst yüzeyine de jeotermal macun kullanılarak soğutucu akışkan deposu koyulmuştur. Sıcak hava giriş manifoldundan girişi sağlanan hava, bakır borular ile sıcak hava deposuna aktarılmıştır. Sıcak hava deposunda dolaşım yapan hava ile üst tarafta bulunan soğutucu akışkan deposu içerisinden geçen soğutucu akışkan peltiere ısı vermektedir. Peltier, belirli bir ısıyı aldıktan sonra elektrik üretimine başlamıştır.

## **4. SONUÇLAR**

Bu çalışmada, konvektif tip bir dönüştürücü tasarlanarak, taşıtların egzoz hattı boyunca ortaya çıkan ısının kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Tasarımı yapılan dönüştürücünün, araştırmalar neticesinde uygulanabilirliği test edilmiştir. Yapılan ölçümler ve analizler sonucunda elde edilen verilere dayanılarak prototip üretilmiş olup, üretilen prototip sonucu elektrik elde edilmiştir. Bu elde edilen elektrik ile DC motor çalıştırılmış ve kullanılabilirliği kanıtlanmıştır.
- Deneysel incelemeler sonucunda, sıcaklık farkı ve devire göre elde edilen elektrik üretiminin arttığı gözlemlenmiştir.
- İçten yanmalı motorların, motor hacimleri ile elde edilen elektrik doğru orantılı olarak artmaktadır.
- Elektrik üretim için gerekli ortalama verimde çalışmasını sağlayacak sıcaklık 80°C olarak ölçülmüştür.

## **KAYNAKLAR**

1. Ahıska, R., Mamur, H., Ulaş, M. (2011), “Termoelektrik modülün jeneratör olarak modellenmesi ve deneysel çalışması”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 26(4): 889-896.
2. Şahin, U., Coşkun, G., Soyhan, H.S. (2018), “Traktör egzozundan atılan ısı enerjisinin elektrik enerjisi olarak kazanımını sağlayan termoelektrik jeneratör”, Uluslararası Yakıtlar, Yanma ve Yangın Dergisi, 6: 10-19.
3. Karabektaş, M., Bolatlı, G. (2018), “Egzoz Atık Isısından Termoelektrik Modülle Enerji Üreten Sistem Tasarımı ve Optimizasyonu”, 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, (ISITES2018 Alanya – Antalya - Turkey).
4. Zhang Y., Cleary M., Wang X., Kempf, N., Schoensee, L., Yang, J., Joshi, G., Meda, L. (2015), “High Temperature and High-power-density Nanostructured Thermoelectric Generator For Automotive Waste Heat Recovery”, Energy Conversion and Management, 105: 946-950.
5. Özkaymak, M., Baş, Ş., Aca, r B., Yavuz, C., Boran, K. , Tabak, S. , Variyenli, İ. , Asal, Ö. (2004), “Atık Baca Gazı Kullanımı ile Termoelektrik Jeneratörlerde Elektrik Üretiminin Faydalı Kullanımının Deneysel İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(4):289-298.

6. İslamoğlu, Y. (2017), “Termoelektrik Jeneratörünün Sayısal İncelemesi”, Conference ULIBTK’17 21. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi.
7. Kunt, A. (2016), “İçten Yanmalı Motor Atık Isılarının Geri Kazanımında Termoelektrik Jeneratörlerin Kullanımı”, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 3(2):192-203.
8. Temizer, İ., İlkılıç, C., Öner, C. (2016), “ Dizel Motor Egzoz Sistemi için Termoelektrik Jeneratör Uygulaması ve Akış Analizi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 025901(431-445).
9. Atik, K., Kayabaşı, R. (2009), “Jeotermal Enerji Kullanılarak Termoelektrik Jeneratör İle Elektrik Enerjisi Üretimi”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(3): 59-64.
10. Karabulut Kavaklı, A. (2005), “Egzoz gazı ile çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminin otobüslerde kullanımı,” Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
11. Rajadurai, S., Afnas, M., Ananth, M., Surendhar, S. (2014), “Materials for automotive exhaust system”, International Journal of Recent Development in Engineering and Technology, 2(3): 82-89.



**АГРАРНЫЕ И ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕФОРМЫ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ:  
РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Озодбек КАРАМАТОВ**

доц. д.э.н., Университет Кастамону, факультет «Экономики и административных наук»,  
кафедры Экономики.

**Шерзод РАХМАНОВ**

доктор экономики, Начальник международного отдела Ташкентского института инженеров  
иригации и механизации сельского хозяйства

**Абдулатив ХАЛДАРОВ**

Эксперт по производству органического хлопка

**Абстракт:** В странах СНГ с 1991 года начались аграрные и земельные реформы. В Кыргызской Республике за последние 27 лет продолжают аграрные и земельные реформы. На первом этапе реформы в республике новым формам хозяйствования выдавались земельные участки колхозов и совхозов в аренду сроком 49 лет. С другой стороны, в сельскохозяйственном производстве приняли участие хозяйства, основанные на государственную собственность и арендные коллективные хозяйства. На этом этапе реформы начался первый этап рынка земли – рыночный оборот земли через аренду и в результате этого появились новые формы хозяйствования в аграрном секторе. Целью исследования является количественный и качественный анализ новых форм хозяйствования, формировавшихся на землях бывших колхозов и совхозов, также влияние размеров земельных наделов на другие факторы производства.

Принятием частной собственности на землю в 1998 году новой Конституцией в республике заложена правовая основа для рыночного оборота земли. Формирование рынка земли предшествовало началу второго этапа реформы. Принятые нормативно-правовые акты способствовали формированию первичного и вторичного рынка земли через купли-продажи.

В ходе проведения реформ с ростом количества новых форм хозяйствования, уменьшились размеры земельных участков. К тому же, либерализацией рынка, цены на сельскохозяйственной продукции определялись рынком и эти обстоятельства стали причиной появления некоторых проблем в аграрном секторе.

В исследовании изучены влияние рынков земли и сельскохозяйственной продукции на структуру посевных площадей, на эффективность использования земли также предложены рекомендации по решению назревших проблем. Кроме того, произведен статистический анализ динамики основных показателей аграрного сектора и фермерских хозяйств.

**Ключевые слова:** Аграрные и земельные реформы, рынок земли, земельная собственность, структура посевных площадей, эффективность использования земли.

**Abstract:** Since 1991, agricultural and land reforms have begun in the CIS countries. In the Kyrgyz Republic, agricultural and land reforms have been ongoing over the past 27 years. At the first stage of reform in the republic, land plots were given to new forms of management such as collective and state farms for a period of 49 years. On the other hand, enterprises based on state ownership and rental collective farms took part in agricultural production. At this stage of the reform, the first stage of the land market began - the market circulation of land through rent, and as a result of this, new forms of farming in the agricultural sector appeared. The purpose of the study is a quantitative and qualitative analysis of new forms of management formed on the lands of former collective farms and state farms, as well as the influence of the size of land allotments on other factors of production.

The adoption of private ownership on land in 1998 by the new Constitution, legal basis for the market circulation of land was enabled. The formation of the land market preceded the beginning of the second

stage of reform. The adopted legal acts contributed to the formation of the primary and secondary land market through sales.

In the course of the reforms, with the increase in the number of new forms of management, the size of land plots decreased. In addition, market liberalization, agricultural prices were determined by the market, and these circumstances caused some problems in the agricultural sector.

The study examined the impact of land markets and agricultural products on the structure of sown areas, and on land use efficiency, recommendations are also proposed for solving urgent problems. In addition, a statistical analysis of the dynamics of the main indicators of the agricultural sector and farms was made.

**Key words:** Agrarian and land reforms, land market, land ownership, crop area structure, land use efficiency.