



ISSN : 2458-7494  
E-ISSN: 2458-7613

# KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

KIRKLARELİ UNIVERSITY  
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

---

Cilt / Volume: 5

Sayı / Number: 1

Haziran / June 2019

---

Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

e-mail:fbedergi@klu.edu.tr

editor@klu.edu.tr



**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**

**Sahibi / Owner**

**Kırklareli Üniversitesi Rektörlüğü Adına / Owner on Behalf of Kırklareli Rectorship**  
Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR (Rektör)

**Baş Editör / Editor in Chief**

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ

**Editörler / Editors**

Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN  
Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR  
Prof. Dr. A. Sabih ATADAN  
Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ  
Doç. Dr. Meryem ÇAMUR  
Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN  
Dr. Öğr. Üyesi Burak ÖZŞAHİN  
Dr. Öğr. Üyesi Erdiç KESKİN  
Dr. Öğr. Üyesi Sencer Süreyya KARABEYOĞLU

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editing Manager**

Sedat KEÇELİ

**İnternet Adresi / Web Address**

<http://fbedergi.klu.edu.tr>

**Yazışma Adresi / Correspondence Address**

Kırklareli Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü  
Rektörlük Kültür Merkezi B Blok Merkez/ Kırklareli  
e-mail: fbedergi@klu.edu.tr  
Tel: 0 (288) 246 15 16  
Fax: 0 (288) 246 16 02

**Baskı / Publisher**

Kırklareli Üniversitesi Matbaası / Kırklareli University Publishing Centre

**Yayın Türü / Publication Type**

Yaygın Süreli Yayın / International Periodical

Yılda iki kez yayınlanır: Haziran, Aralık / Twice a year: June, December

Bu sayı 100 adet basılmıştır / This issue published as 100 copies

Basım Tarihi / Publication Date: 30.06.2019



**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY**  
**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

Abdurrahman GÜNER, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul  
A. Fevzi BABA, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
A. Sabih ATADAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Aleksandar GEORGIEV, Sofya Teknik Üniversitesi, Bulgaristan  
Asım KURTOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Bilal BALKAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Bülent AKBAŞ, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli  
Bülent ŞENGÖRÜR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Deris STIAWAN, Sriwijaya University, Endonezya  
Emrah DOĞAN, Sakarya Üniversitesi, Sakarya  
Erhan BUDAK, Sabancı Üniversitesi, İstanbul  
Erol TÜRKEŞ, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Fahri VATANSEVER, Uludağ Üniversitesi, Bursa  
F.Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar  
Gökhan GÖKMEN, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Göksel DEMİR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Hasan DEMİR, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ  
Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
İsmail KIYAK, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Kadir GÜLER, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul  
Kanat Burak BOZDOĞAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale  
Kamil KAHVECİ, Trakya Üniversitesi, Edirne  
Lambros EKONOMOU, Hellenic American University, Yunanistan  
M. Hakan HOCAOĞLU, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli  
Meryem ÇAMUR, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
M.S. Bhaskar RANJANA, Marathwada Institute of Technology, Hindistan  
Murat BOSTANCIOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas  
Murat KARAHAN, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya  
Mustafa BİRİNCİ, İnönü Üniversitesi, Malatya  
Nadide SEÇKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Oğuzhan ERBAŞ, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya  
Osman KILIÇ, Marmara Üniversitesi, İstanbul  
Osman Nuri UÇAN, İstanbul Kemerburgaz Üniversitesi, İstanbul  
Özlem AYTEKİN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Ramazan ÇAĞLAR, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul  
Sarp ERTÜRK, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli  
Serpil AKÖZCAN, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli  
Sezai TAŞKIN, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa  
Veselina Nedeva, Trakia Üniversitesi, Bulgaristan  
Yılmaz ÇAN, Trakya Üniversitesi, Edirne  
Youcef Soufi, University of Tébessa, Cezayir  
Yunus BİÇEN, Düzce Üniversitesi, Düzce  
Yüksel OĞUZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar  
Zafer AĞDELEN, Girne Amerikan Üniversitesi, KKTC  
Witold Charatonik, University of Wroclaw, Polonya



KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ / KIRKLARELİ UNIVERSITY  
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ / JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE

### İçindekiler / Contents

<i>Sena Esen BAYER KESKİN, Cem GÜLER, Rukiye B.AYMAZ, Gürtay Sezay GÜR SOY, Elif ÖZBEY; 2.4 GHz GENİŞ BANT MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI (Araştırma).....</i>	<b>1-14</b>
<i>Kanat Burak BOZDOĞAN, Farshid KHOSRAVI MALEKI; AN APPLICATION OF THE MODIFIED FINITE ELEMENT TRANSFER MATRIX METHOD FOR A HEAT TRANSFER PROBLEM (Araştırma).....</i>	<b>15-28</b>
<i>Osman GÜNAY, Canel EKE; İSTANBUL-SARIYER İLÇESİNDEKİ BAZI TOPRAK ÖRNEKLERİNDE Cs-137 KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ (Araştırma).....</i>	<b>29-39</b>
<i>Bekir Adem ÇAKMAKÇI, Engin HÜNER; KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ KAYALI KAMPÜSÜNÜN DÖNEMSEL RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BULUNMASI (Araştırma).....</i>	<b>40-57</b>
<i>Özge ÖZCAN, Burçak TUNÇAKIN, Figen ERTAN; AGARICUS CAMPESTRIS, PLEUROTUS ERYNGII VE LACTARIUS DELICIOSUS MANTARLARININ ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ (Araştırma).....</i>	<b>58-67</b>
<i>Zerrin ARISOY, Zübeyde ÖNER; ULTRAFİLTRASYON TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN BEYAZ PEYNİRLERİN FİZİKO-KİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE FARKLI PIHTILAŞTIRICI ENZİMLERİN ETKİSİ (Araştırma).....</i>	<b>68-86</b>



## **2.4 GHz GENİŞ BANT MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI**

Sena Esen BAYER KESKİN\*, Cem GÜLER, Rukiye B.AYMAZ, Görtay Sezay GÜRSOY,  
Elif ÖZBEY

*Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü*

### **ÖZET**

Son yıllarda kablosuz ve mobil iletişimin gelişimi, kablosuz ağ haberleşmesinde aktarılacak verinin hacminin büyütülmesi, veri trafiğinin artması, kesintisiz ve hızlı olması için özellikle geri dönüş kaybı düşük, bant genişliği yüksek ve minyatür boyutlu uygun antenlerin tasarımının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Uygulamaların çoğu ISM 2.4 GHz bandını (2400-2485 MHz) kullanmaktadır. Literatür incelendiğinde, 2.4 GHz rezonans frekansında çalışan, kazancı 2.4 dB ve 10 dB bant genişliği 85 MHz olan antenlerin bulunduğu gözlenmiştir. Bu çalışma kapsamında, antenin optimizasyonu yapılarak, antenin kazanç ve bant genişliğinin artırıldığı yeni bir anten tasarımı sunulmuştur. Önerilen geniş bant mikroşerit yama antenin 2.4 GHz rezonans frekansında kazancı 2.97 dB ve 10 dB bant genişliği 301 MHz olarak elde edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının simülasyon sonuçlarıyla tutarlı olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroşerit yama anten, geniş bant, CST Microwave Studio, yansıma katsayısı, anten kazancı.

\*Sorumlu Yazar: [senakeskin@klu.edu.tr](mailto:senakeskin@klu.edu.tr)



## **2.4 GHz WIDEBAND MICROSTRIP PATCH ANTENNA DESIGN**

### **ABSTRACT**

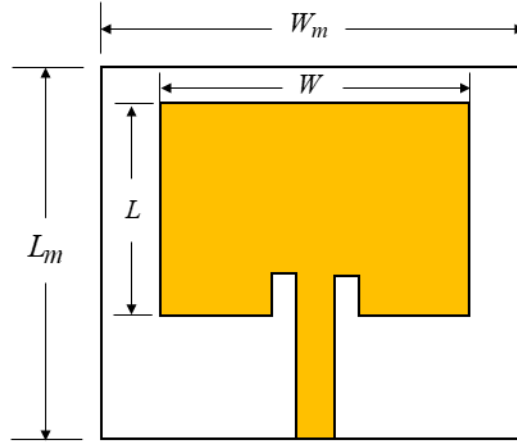
In recent years, the development of wireless and mobile communication has necessitated the development of the design suitable antennas with miniature size, especially with low return loss and high bandwidth, in order to increase the data volume and to ensure the data transmission is continuous and fast. The ISM (Industrial, Scientific and Medical) band covering 2400-2485 MHz is the most widely used. In the literature, it is observed that there are antennas operating at 2.4 GHz resonance frequency with a gain of 2.4 dB and 10 dB bandwidth of 85 MHz. In this study, a new antenna design was presented by optimizing the antenna and increasing the gain and bandwidth of the antenna. The gain of the proposed broadband microstrip patch antenna at 2.4 GHz resonance frequency is 2.97 dB and 10 dB bandwidth is 301 MHz. It has been observed the measurement results are consistent with the simulation results.

**Keywords:** Microstrip patch antenna, wideband, CST Microwave Studio, reflection coefficients, antenna gain.

## GİRİŞ

Son yıllarda kablosuz ve mobil iletişimin gelişimi, bant genişliği yüksek ve minyatür boyutlu uygun antenlerin tasarımının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Mikroşerit yama antenlerin üretiminin kolay, küçük hacimli ve hafif olması, düşük üretim maliyeti gibi avantajları bulunduğundan tercih sebebi olmaktadır [1]. Mikroşerit yama antenlerde ev, ofis ve endüstri uygulamalarında kullanılan mobil sistemlerde birçok bant arasında; 2400-2485 MHz arasını kapsayan ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandı en yaygın kullanılandır. Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), tarafından geliştirilmeye başlanılan kablosuz ağ, WLAN(Wireless Local Area Network) standardın genel adı IEEE 802.11'dir ve ISM 2.4 GHz bandında çalışan kablosuz yerel ağ standardı IEEE 802.11b ve IEEE 802.11g olarak tanımlanmıştır. Arada farklar olmasına rağmen temel olarak 802.11 ailesi aynı iletişim kurallarını kullanır. Literatürde, mikroşerit yama antenlerin bant genişliğinin ve kazancının artırılması amacıyla yapılmış birçok çalışma yer almaktadır [2,3]. [2] numaralı çalışmada yama antenler karşılaştırıldıklarında, açıklığa sahip mikroşerit hat beslemeli olanların daha geniş bant genişliği, düşük iletim kaybı ve daha yüksek ışılan eleman ve besleme arasında daha yüksek yalıtım karakteristiğine sahip olduğu gözlenmiştir. Daha büyük bant genişliğine ulaşmak için çok-katmanlı anten kavramı ilk kez Hall ve diğerleri tarafından ortaya atılmıştır. Standart bir yama antenden 16 kat daha geniş bant genişliği sağlayan bu antenler artırılmış yüksekliğe sahip alüminyum alt katmanlardan imal edilmiştir [4]. (Lee ve ark 1997)'de koaksiyel proba beslenen dikdörtgen yama üzerine U şekilli yarıklı yüklemesiyle %20 ila %30 civarında bir empedans bant genişliği elde etmişlerdir [5]. Geleneksel geometrilerin yanında yüzey alanı ve kutuplama gibi avantajlarından dolayı farklı şekillerde yamalar da tasarımlarda tercih edilmektedir [6]. Literatürde yaygın kullanılan bant genişliğini artırma yöntemlerinden bir diğeri de yama üzerine çeşitli şekillerde yarıklar açmaktır [7-9]. Prajapati ve ark. yarıkların yama yüzeyine açılabilceği gibi toprak düzlemi üzerine de çeşitli şekillerde açılmasıyla bant genişliğinin artırılması ve diğeri anten parametrelerinin iyileştirildiğini göstermişlerdir [10]. Bu çalışma kapsamında ISM bant uygulamaları için toprak üzerinde yarıklar açılarak bant genişliğinin artırıldığı yeni bir anten tasarımı önerilmiştir. CST Microwave Studio programı ile yansıma katsayıları, güç kazancı ve yönlendiricilik analizleri yapılmıştır. Ölçülen yansıma katsayılarının, simülasyon sonuçlarıyla tutarlı olduğu gözlenmiştir.

Mikroşerit yama antenler, ışımayı sağlayan düzlemin, dielektrik alt tabaka üzerine istenilen geometride yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Yama ve toprak düzlemi, genellikle düzgün geometrilere sahiptirler. Işımayı sağlayan yama geometrisi genellikle düzlemsel olmakla birlikte, düzlemsel olmayan geometriler de kullanılmaktadır. Çok sayıda yama anten için ışıma karakteristikleri hesaplanmıştır. Boyutları, çalıştıkları frekans ile ters orantılıdır ve göreceli olarak büyüktürler. Geleneksel mikroşerit yama antenin geometrisi Şekil 1’de verilmiştir. Burada yamanın genişliği  $W$  , yamanın uzunluğu  $L$  , dielektrik malzemenin boyutları ise  $W_m$  ve  $L_m$  ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Geleneksel mikroşerit yama anten geometrisi.

Dikdörtgenel yamanın genişliği  $w$  ;

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

denklemlerle hesaplanabilir. Burada  $c$  ışık hızı,  $f_r$  rezonans frekansı,  $\epsilon_0$  boşluğun dielektrik sabiti,  $\mu_0$  boşluğun manyetik geçirgenliğidir. Dikdörtgenel yamanın gerçek uzunluğu  $L$  ise

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$



denklemlerle bulunabilir. Burada  $\epsilon_{eff}$  efektif dielektrik sabitidir. Denklem (3)' de  $\epsilon_{eff}$  ve denklem (4)'de  $\Delta L$  verilmiştir.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

Denklem (5) ve denklem (6)'da dielektrik malzemenin boyutları verilmiştir.

$$W_m = 6h + W \quad (5)$$

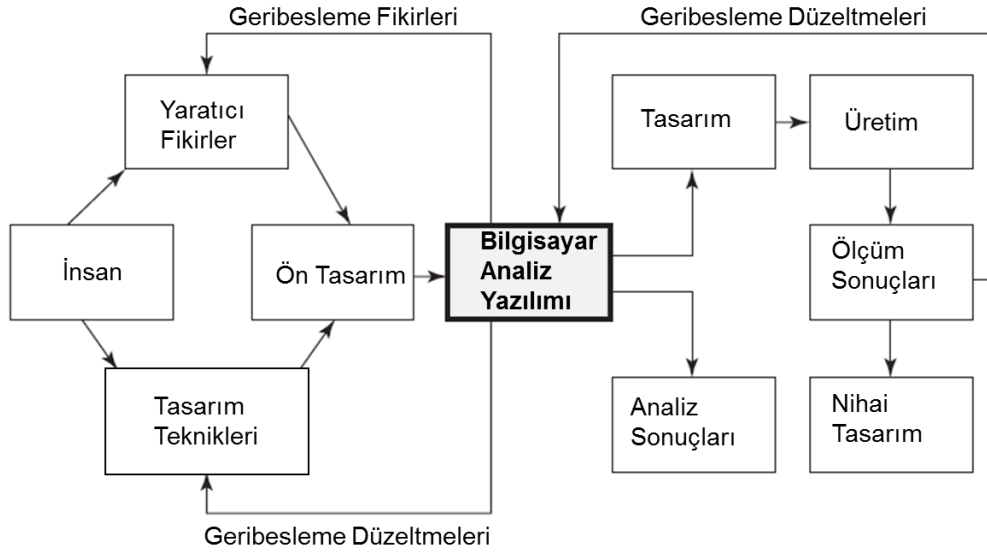
$$L_m = 6h + L \quad (6)$$

Anten, mikroşerit hat beslemesi kullanılarak uyarılmıştır. Besleyici hat ve anten arasında giriş empedansına ( $50 \Omega$ ) uyumlaştırma yapmak amacıyla denklem 7'de gösterildiği gibi besleme girintili olarak kullanılmıştır. Giriş beslemesinin yanındaki fiziksel yarıklar giriş kapasitansı oluşturmaktadır ve bu kapasitans değeri rezonans frekansını %1 civarında etkileyebilir. Girintinin uzunluğu  $y_0$ ,

$$\begin{aligned} R_{in}(y = y_0) &= \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) \\ &= R_{in}(y = 0) \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) = \frac{1}{2G_1} \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) \end{aligned} \quad (7)$$

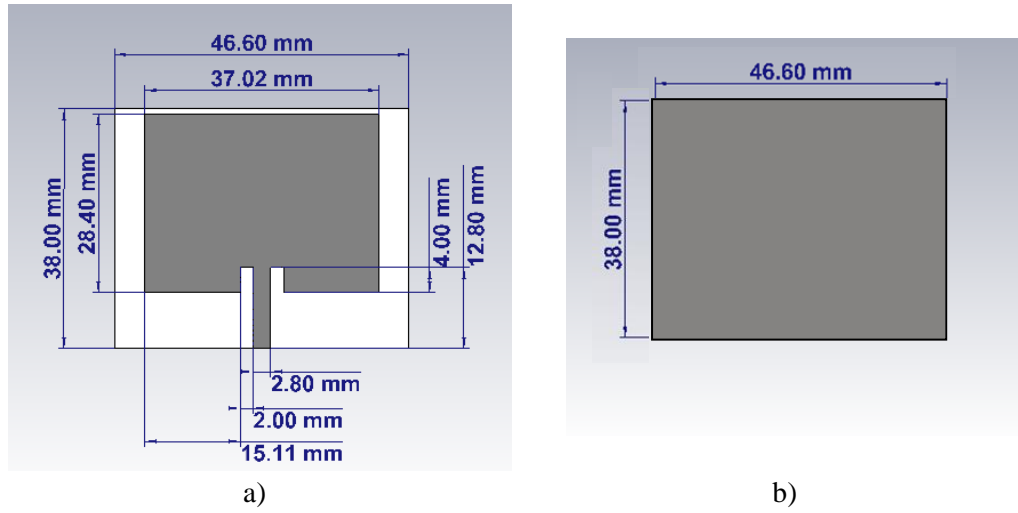
denklemlerle hesaplanabilir. Şekil 2' de mikroşerit yama anten tasarım prosedürü gösterilmiştir. “Bilgisayar Analiz Yazılımı” isimli blok, içine araştırmacının tasarım sürecini başlatmak için uygun tasarım verilerini girmesi gerektiğinden, aslında tasarım sürecinin merkezini oluşturmaktadır. İstenilen rezonans frekansında bant genişliğine sahip ve bant geçiren ya da bant durduran karakteristiği gösteren mikroşerit yama anten tasarlarken, ölçüm sonuçlarına göre

mikroşerit yama antende yapılması gereken her değişiklik için yeni bir antenin ürettirilip, yansıma/iletim ölçümlerinin yapılması zaman kaybına neden olduğu gibi yüksek maliyetli de olmaktadır. Bu nedenle anten tasarımın yapılarak, iletim/yansıma karakteristiklerinin elde edilebileceği ve ihtiyaçlar doğrultusunda antenin tasarım geometrisinde değişikliklerin yapılabileceği bir yazılım kullanılması maliyeti düşürmesinin yanında zamandan tasarruf da sağlamaktadır. Proje kapsamında mikroşerit yama anten tasarımında CST Microwave Studio isimli yazılım kullanılmıştır.



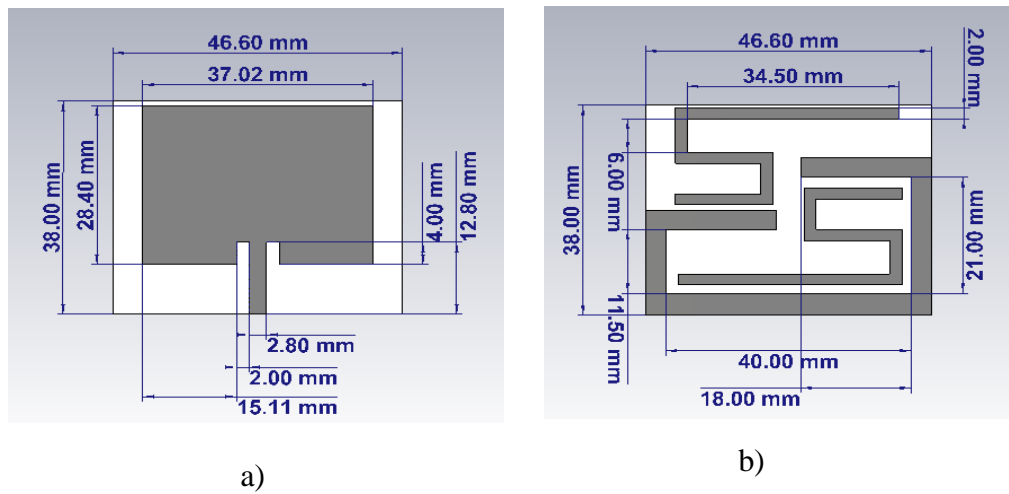
Şekil 2. Mikroşerit Yama Anten Tasarım Prosedürü.

Tasarlanan antenin düşük maliyetli olması için uygun alt tabaka malzemesi olarak, bağıl dielektrik sabiti  $\epsilon_r = 4.3$ , kayıp tanjantı  $\tan \delta = 0.019 \cong 0.02$  olan FR-4 tercih edilmiş ve dielektrik malzeme kalınlığı  $h = 1.6$  mm olarak belirlenmiştir. Şekil 3'te verilen geleneksel antenin besleme hattının uzunluğu dikdörtgen yamanın boyutları ve diğer parametreler iletim hattı modeliyle matematiksel hesaplamalarla bulunmuştur. MATLAB yazılımı kullanılarak hesaplamaları gerçekleştiren bir bilgisayar kodu yazılmıştır. Hesaplanan ölçülere göre geleneksel antenin tasarımı CST yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Geleneksel mikroşerit yama antenin ön yüzündeki yamanın boyutları Şekil 3-a)'da, arka yüzündeki toprak düzleminin boyutları ise Şekil 3-b)'de verilmiştir.



**Şekil 3.** Geleneksel mikroşerit yama antenin boyutları, a) ön yüz, b) arka yüz.

Geleneksel antenin tasarımı yapıldıktan sonra, CST Microwave Studio yazılımı ile edilen yansıma katsayıları optimize edilerek antenin toprak kısmı Şekil 4-b)'de gösterildiği gibi değiştirilmiştir. Proje kapsamında önerilen yeni mikroşerit yama antenin bant genişliği 301 MHz olarak elde edilmiştir. Tasarımı yapılan antenin ön yüzündeki yamanın ve arka yüzündeki toprak düzleminin boyutları Şekil 4'te ve Tablo 1'de verilmiştir.

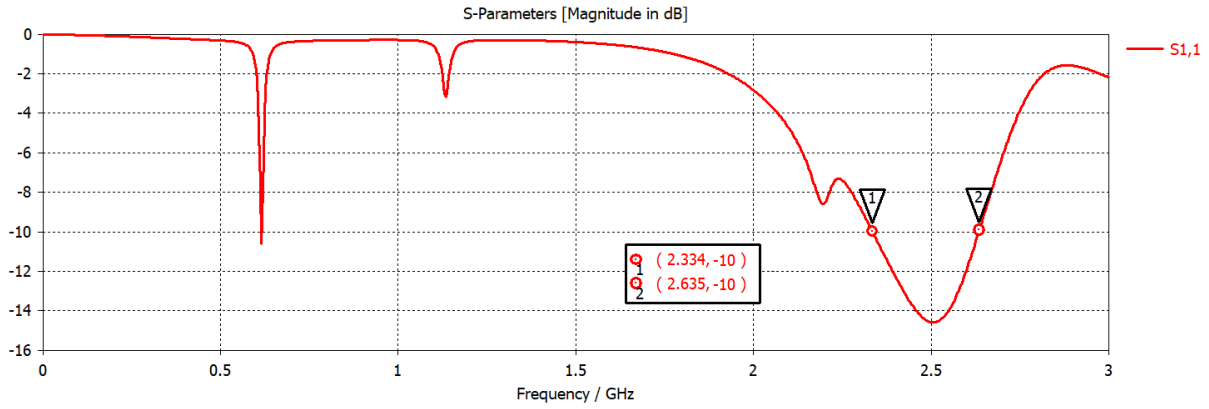


**Şekil 4.** Tasarımı Yapılan Antenin Boyutları, a) ön yüz, b) arka yüz.

**Tablo 1:** Tasarlanın Antenin Boyutları.

Katsayı	Boyutlar(mm)
Yama genişliği,	37.02
Yama uzunluğu,	28.4
Malzeme genişliği,	46.6
Malzeme uzunluğu,	38
Besleme uzunluğu,	8.8
Girinti uzunluğu,	4
Girinti genişliği,	2

Önerilen antenin yansıma katsayıları Şekil 5 ile verilmiştir. Antenin 10 dB bant genişliği 2.334 – 2.635 GHz arasında 301 MHz olarak bulunmuştur.

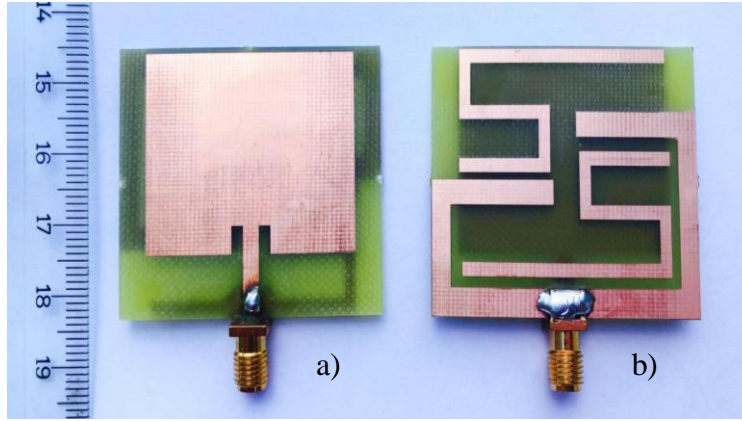
**Şekil 5.** Tasarlanan Antenin  $S_{11}$  Grafiği.

Tasarım tamamlandıktan sonraki aşama üretim aşamasıdır. Baskı devre kazıma makinası olarak Şekil 6'da verilen LKPF S63 cihazı kullanılmıştır. Dielektrik malzeme olarak FR-4 malzemesi seçilmiştir. Dielektrik tabakanın kalınlığı  $h = 1.6$  mm, topraklamanın kalınlığı 0.035 mm olarak kullanılmıştır.



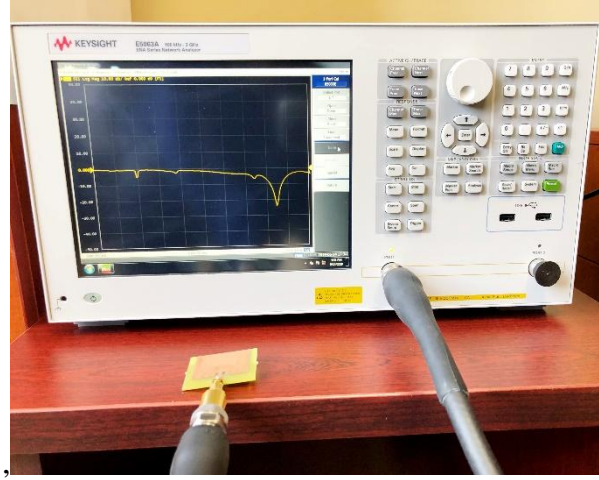
**Şekil 6.** Baskı Devre Kazıma Cihazı.

Üretilen antenin ön ve arka yüzleri sırasıyla Şekil 7a) ve Şekil 7b)'de gösterilmiştir.



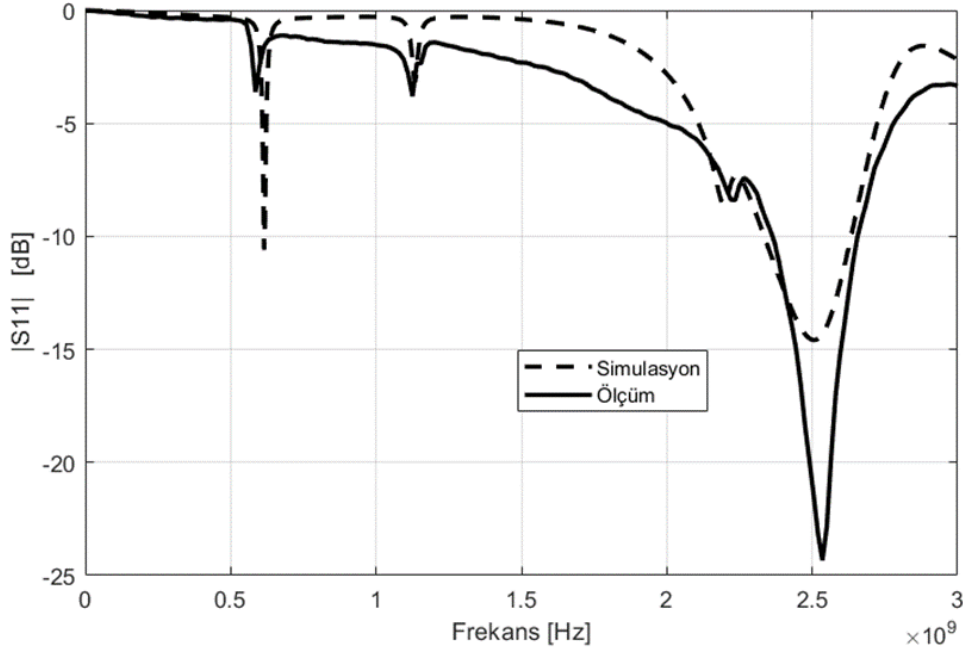
**Şekil 7.** Üretilen antenin görüntüsü, a) ön yüz, b) arka yüz

En son aşamada ise antenin yansımaya katsayıları E5063A Network Analizör cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm düzeneği Şekil 8'de gösterilmiştir.



**Şekil 8.** E5063A Network Analizör.

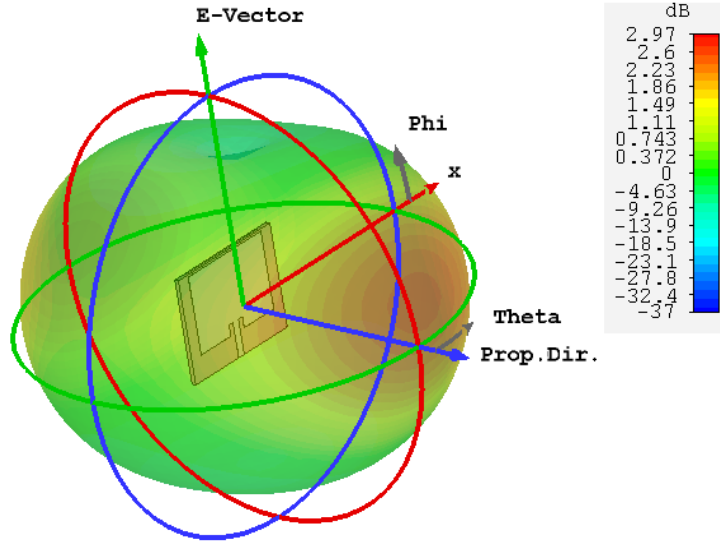
Yansıma katsayılarının ölçüm sonuçları ile karşılaştırması Şekil 9’da verilmiştir ve sonuçların birbiriyle tutarlı olduğu gözlenmiştir.



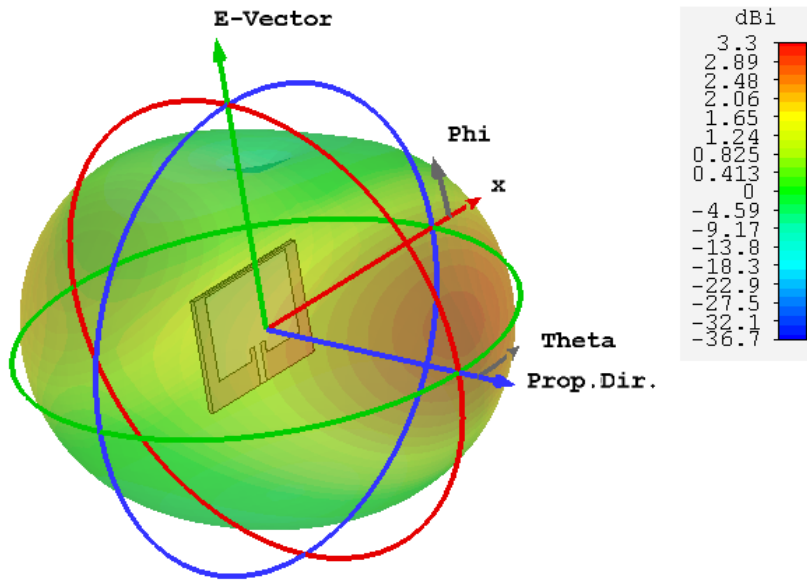
**Şekil 9.** Önerilen Antenin Yansıma Katsayılarının Ölçüm Sonuçları ile karşılaştırılması.

Antenin kazanç ve yönlendiricilik diyagramları Şekil 10 ve Şekil 11 ile verilmiştir. 2.5 GHz rezonans frekansında anten; 3.3 dB’lik maksimum yönlendiriciliğe, aynı yönde 2.97 dB

maksimum kazanca sahiptir.



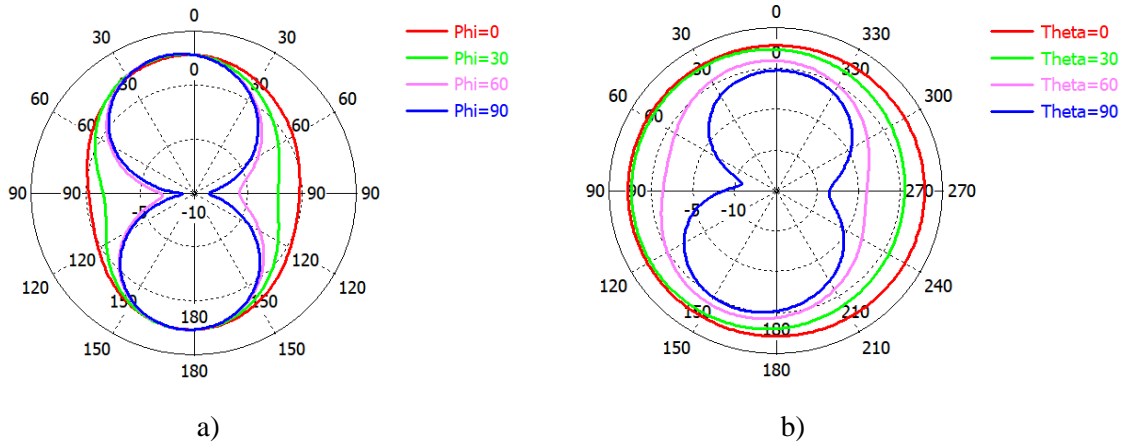
**Şekil 10.** 2.4 GHz frekansında dikdörtgenel mikroşerit yama antenin kazanç diyagramı.



**Şekil 11.** 2.4 GHz frekansında dikdörtgenel mikroşerit yama antenin yönlendiricilik diyagramı.

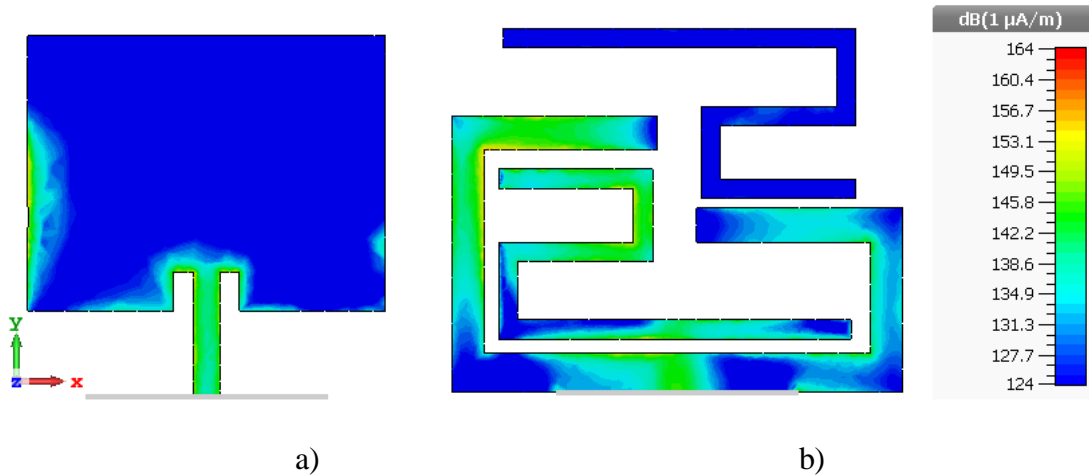
Güç kazancı ışıma diyagramları ise Şekil 12’de gösterilmiştir. Işıma diyagramı, antenin yaydığı gücün (elektromanyetik alan şiddetinin), antenin belirli uzak alanında oluşturmuş olduğu, sabit

bir uzaklıktaki açılal değişimini gösteren bir grafikdir. 2.5 GHz’de  $\phi=90$  için ana lobun genliği(maksimum kazanç) 2.97 dB ve 3dB açılal bant genliğliği (HPBW)  $85.5^\circ$  ve  $\theta = 90$  için ana lobun genliği(maksimum kazanç) 0.16 dB ve ve 3dB açılal bant genliğliği (HPBW)  $100.3^\circ$ ’dir.



Şekil 12. a) Güç Kazancı Işıma Diyagramı ( $\Phi=0/30/60/90^\circ$ ), b) Güç Kazancı Işıma Diyagramı ( $\Theta=0/30/60/90^\circ$ ).

Tasarımı yapılan antenin yüzey akım dağılımı Şekil 13’te verilmiştir. Maximum yüzey akım genliğliği  $164 \mu A/m$  olarak bulunmuştur.



Şekil 13. Tasarlanan antenin yüzey akım dağılımı a) ön yüz, b)arka yüz.



## SONUÇLAR

Mikroşerit antenler; baskı devre teknolojisi kullanılarak tasarlandığından üretimleri kolay, düşük maliyetli ve küçük hacimli antenler olduğundan haberleşme sistemlerinde tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, kablosuz haberleşme sistemlerinde yaygın olarak kullanılan ISM bandında, gelişen teknolojiyle beraber veri aktarım hızının artırılması, veri aktarımının kesintisiz olması gibi nedenlerden doğan geniş bantlı mikroşerit filtre yama anten tasarımlarına duyulan ihtiyacı karşılayacak yeni bir anten tasarımı yapılmıştır. Mikroşerit yama antenin tasarımı CST Microwave Studio programı ile yapılmıştır. CST'den alınan sonuçlara göre 10dB bant genişliğinin 301 MHz olduğu ve bant genişliğinin %12.5 arttığı görülmektedir. Ölçüm sonuçlarının simülasyon sonuçlarıyla tutarlı olduğu gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] R. Gupta and N. Gupta, “Two compact microstrip patch antennas for 2.4 GHz band – A comparison”, *Microwave Review*, vol. 12, no.2, pp. 29-31, Nov, 2006.
- [2] H. G. Akhavan and D. M. Syahkal, “Study of coupled slot antennas fed by microstrip lines”, 10th International Conference on Antennas and Propagation, Edinburgh, UK, vol. 1, pp. 1290–1292, 1997.
- [3] R. Vaughan and J. B. Anderson, Channels, “Propagation and Antennas for Mobile Communications”, IEEE, London, 2003.
- [4] P. S. Hall, C. Wood, and C. Garrett, “Wide bandwidth microstrip antennas for circuit integration,” *Electron. Lett.*, vol. 15, no. 15, pp. 458–459, July 19, 1979.
- [5] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. Q. Lee, “Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna,” in *Proc. Inst. Elect. Eng.—Microw. Antennas Propagat.*, vol. 144, 1997, pp. 354–358.
- [6] Patre, S.R., Singh, S.P.: ‘CPW-fed flower-shaped patch antenna for broadband applications’, *Microw. Opt. Technol. Lett.*, 2015, 57, (12), pp. 2909–2913.
- [7] PratapN.Shinde, Jayashree P. Shinde, ‘Design of compact pentagonal slot antenna with bandwidth enhancement for multiband wireless applications’, *International Journal of Electronics and Communications (AEU)*, ELSVIER, 2015
- [8] N. Ojaroudi and M. Ojaroudi, “Bandwidth Enhancement of an Ultra-Wideband Printed Slot Antenna with WLAN Band-Notched Function,” *Microwave and Optical Technology Letters*, 55, 7, July 2013, pp. 1448-1451.



- [9] Sze, J.Y., and Wong, K.L.: ‘Bandwidth enhancement of a microstrip line-fed printed wide-slot antenna’, IEEE Trans. Antennas Propag., 2001, 49, (7), pp. 1020–1024
- [10] P. R. Prajapati G. G. K. Murthy, A. Patnaik, and M. V. Kartikeyan, “Design and testing of a compact circularly polarized microstrip antenna with fractal defected ground structure for L-band applications,” IET Microw., Antennas and Propag., vol. 9, no. 11, pp. 1179-1185, 2015.



## **AN APPLICATION OF THE MODIFIED FINITE ELEMENT TRANSFER MATRIX METHOD FOR A HEAT TRANSFER PROBLEM**

Kanat Burak BOZDOĞAN<sup>\*1</sup>, Farshid KHOSRAVI MALEKI<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup> *Çanakkale Onsekiz Mart University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Çanakkale.*

<sup>2</sup> *Bartın University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, Bartın.*

### **Abstract**

The Transfer Matrix Method is an effective method which is used in mechanics and provides a great advantage especially in solving some mechanical problems. The most important advantage of the Transfer Matrix Method is reducing the dimensions of the matrix used in the analysis. The most important consequence of this is the saving the time.

In this study, firstly studies in recent years in relation with the Transfer Matrix Method have been briefly summarized. Then the Modified Finite Element Transfer Matrix Method is explained briefly. At the end of the study, the application of the Modified Finite Element Transfer Matrix Method to the heat transfer problem has been demonstrated.

**Key Words:** Modified Finite Element Transfer Matrix Method, Mechanics, Heat Transfer Problem

---

*\*corresponding author: kbbozdogan@comu.edu.tr*

## DEĞİŞTİRİLMİŞ SONLU ELEMANLAR TAŞIMA MATRİSİ YÖNTEMİNİN ISI TRANSFERİ PROBLEMİNE UYGULANMASI

### Özet

Taşıma matrisi Yöntemi, mekanikte kullanılan ve özellikle bazı mekanik problemlerin çözümünde büyük avantaj sağlayan etkili bir yöntemdir. Taşıma matrisi yönteminin en önemli avantajı analizde kullanılan matrisin boyutlarını azaltmasıdır. Bunun en önemli sonucu ise zaman dan tasarruftur. Bu çalışmada ilk olarak Taşıma matrisi yöntemi ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar kısaca özetlenmiştir. Daha sonra Değiştirilmiş Sonlu Elemanlar Taşıma matrisi yöntemi kısaca açıklanmıştır. Çalışmanın sonunda, Değiştirilmiş Sonlu Elemanlar Taşıma matrisi yönteminin ısı transfer problemine uygulanması gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Değiştirilmiş Sonlu Elemanlar Taşıma Matrisi Yöntemi, Mekanik, Isı Transferi Problemi

## 1. INTRODUCTION

The transfer Matrix Method is an effective method which is used in mechanics. Firstly, Transfer Matrix Method (TMM) was developed by Holzer (1921) for torsion vibrations of rods [1]. Myklestad (1945) applied TMM for bending –torsion vibrations of beams [2]. Thomson used TMM for the analysis of non- uniform beams [3].

Thompson (1950) and Haskel (1953) applied TMM for the wave propagation analysis in elastic media [4-5]. Pestel and Leckie (1963) applied the TMM method in various elastomechanics problems [6]. Inan (1968) wrote a book which introduce a Carry Over Matrix Method (TMM) [7]. Hoerner (1975) suggested Ricatti Transfer Matrix Method for elimination of the classical TMM errors (propagation and round- off errors) [8].

In cases where the Transfer Matrix cannot be obtained directly, the Transfer Matrix can be obtained by means of the Finite Element Matrix.

There is a series of studies in the literature about Combined Finite Element-Transfer Matrix Method [9-18]. Fan and Barber (2002) used the transfer matrix method for the periodic heating problems [19].Choi (2003) developed Finite Element-Transfer Stiffness Coefficient method for plate analysis [20]. Rui, Wang, and Lu (2008) adapted the TMM for multibody system analysis [21].

Rong, Rui, and Wang (2011) suggested Modified Finite Element-Transfer Matrix Method [22].

He, Rui and Zhang (2012) applied Transfer Matrix Method for natural vibration analysis for tree systems [23].Ozturk, Bozdogan, and Nuhuğlu (2012) applied Modified Finite Element-Transfer Matrix Method for Static analysis of systems [24]. Ozturk and Bozdogan (2017) proposed A Modidified Finite element Transfer matrix method for determination of the Fundemantal perios of layered soil profiles [25].Demirkan and Artan applied the transfer matrix method to the stability analysis of Nanobeams based on nonlocal timoshenko beam model [26].

Xu and Jiang (2019) used the transfer matrix method for the free vibration analysis of retaining wall [27]. Kang et al. (2019) Based on the transfer matrix method, they suggested modeling for periodic graphene structures [28].

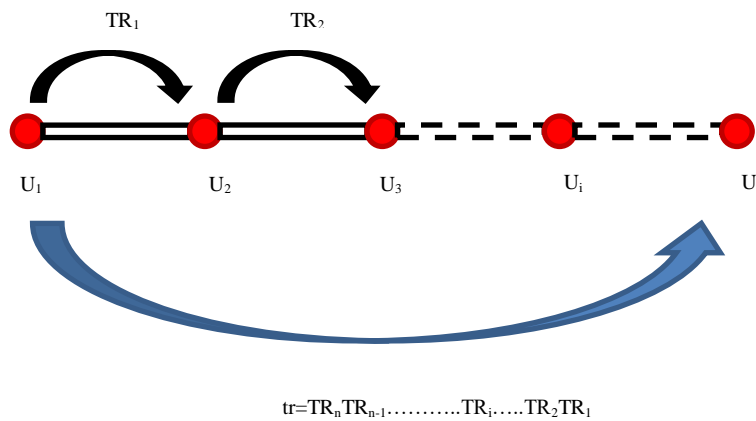
In this paper, firstly, Transfer Matrix Method is explained briefly than the application of the Modified Finite element transfer matrix Method to the heat transfer problem has been demonstrated.

## 2. Material and Method

### 2.1. TRANSFER MATRIX METHOD

The main idea of the TMM is to convert the boundary problem to the initial value problem (Figure 1).

In the TMM, the all unknowns can be written by the means of initial values.

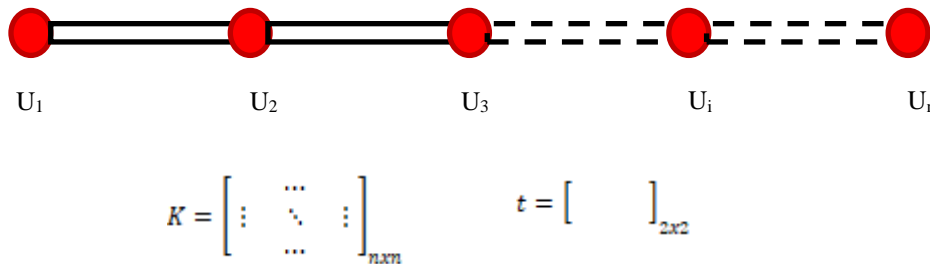


**Figure 1.** Transfer matrix scheme

The method has some advantages over the finite element method:

1. The size of the system matrix in the TMM is smaller than the conventional Finite Element Method.
2. Provides a fast and practical solution.
3. In TMM, the size of the system matrix is independent of the number of elements

The matrix size advantage of the TMM is shown in Figure 2 in comparison with the conventional Finite Element Method. In the given system (Figure 2), there is only one unknown at each node.



**Figure 2.** Comparison of system matrix dimension of Finite Element and Transfer Matrix Method.

## 2.2. ORDINARY FINITE ELEMENT-TRANSFER MATRIX METHOD

In cases where the Transfer Matrix cannot be obtained directly, the Transfer Matrix can be obtained by the help of the finite element matrix [22].

The finite element matrix for element  $i$  can be written as

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{i-1} \\ U_i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_{i-1} \\ Q_i \end{Bmatrix} \quad (1)$$

where  $k_{11}$ ,  $k_{12}$ ,  $k_{21}$ ,  $k_{22}$  are the submatrices of element matrix.

For  $i$ .th element, Transfer Matrix is written as

$$\begin{bmatrix} TR_{11} & TR_{12} \\ TR_{21} & TR_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{i-1} \\ Q_{i-1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -U_i \\ Q_i \end{Bmatrix} \quad (2)$$

where  $TR_{11}$ ,  $TR_{12}$ ,  $TR_{21}$ ,  $TR_{22}$  are the submatrices of element Transfer Matrix.

By using equations (1) and (2), equations (3), (4), (5) and (6) can be written.

$$TR_{11} = -k_{12}^{-1}k_{11} \quad (3)$$

$$TR_{12} = -k_{12}^{-1} \quad (4)$$

$$TR_{21} = k_{21} - k_{22}k_{12}^{-1}k_{11} \quad (5)$$

$$TR_{22} = -k_{22}k_{12}^{-1} \quad (6)$$

## 2.3. MODIFIED FINITE ELEMENT-TRANSFER MATRIX METHOD

Modified Finite Element-Transfer Matrix (MFETM) method was first developed in 2011 by Rong, Rui and Wang [22].

Using the MFETM, the size of the matrix used in the conventional TMM is reduced by half.

The method is briefly summarized below.

The main idea of the method is to use the following transformations.

$$Q_{i-1} = S_{i-1}U_{i-1} \quad (7)$$

$$Q_i = S_iU_i \quad (8)$$

If the transformations given in equation (7) and equation (8) are written in equation (1) and if the necessary arrangements are made, equation (9) is obtained.

$$S_i = -k_{21}k_{12} / (k_{11} + S_{i-1}) + k_{22} \quad (9)$$

The equation (9) is the main equation of the Modified Finite-Element Transfer Matrix Method.

#### 2.4. HEAT TRANSFER IN COMPOSITE WALL

In a composite wall in case of heat transfer the governing differential equation can be written as [29].

$$k \frac{d^2T}{dx^2} = 0 \quad (10)$$

where  $k$  is the thermal conductivity of the material and  $T$  is the temperature.

The boundary conditions of equation (10) are given as follows:

$$T(0) = T_0 \quad (11)$$

$$x = x_{end} \quad k \frac{dT}{dx} + \beta(T - T_\infty) = 0 \quad (12)$$

where  $\beta$  is a film coefficient and  $T_\infty$  is air temperature.

#### 2.5. ELEMENT TRANSFER MATRIX FOR HEAT TRANSFER PROBLEM

The solution of the second order homogenous differential equation is given below:

$$T(x) = c_1 + c_2x \quad (13)$$

The heat is calculated by the following equation.

$$kA \frac{dT}{dx} = kc_2 \quad (14)$$

In the starting position the equations (13) and (14) can be written as

$$x = 0 \quad T(0) = c_1 \quad (15)$$

$$x = 0 \quad \frac{dT}{dx} = kc_2 \quad (16)$$

Equations (15) and (16) can be written in matrix form as

$$\begin{Bmatrix} T(0) \\ Q(0) \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & kA \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{Bmatrix} = A \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{Bmatrix} \quad (17)$$

Equations (13) and (14) can be written at the end of the element as

$$x = h \quad T(h) = c_1 + c_2h \quad (18)$$

$$x = h \quad \frac{dT}{dx} = kAc_2 \quad (19)$$



Equations (18) and (19) can be written in matrix form as

$$\begin{Bmatrix} T(h) \\ Q(h) \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & h \\ 0 & kA \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{Bmatrix} = B \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{Bmatrix} \quad (20)$$

Using matrix equations (17) and (20) can be obtained matrix equation (21).

$$\begin{Bmatrix} T(h) \\ Q(h) \end{Bmatrix} = B^* A^{-1} \begin{Bmatrix} T(0) \\ Q(0) \end{Bmatrix} = TR \begin{Bmatrix} T(0) \\ Q(0) \end{Bmatrix} \quad (21)$$

where  $TR$  is the element Transfer Matrix and is calculated by the following matrix.

$$TR_i = \begin{bmatrix} 1 & \frac{h_i}{k_i A_i} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (22)$$

## 2.6. MODIFIED FINITE ELEMENT TRANSFER MATRIX METHOD FOR HEAT TRANSFER PROBLEM

For  $i$ .th element the finite element matrix for the composite wall is written as

$$\frac{k_i A_i}{h_i} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_{i-1} \\ T_i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_{i-1} \\ Q_i \end{Bmatrix} \quad (23)$$

In equation (23), the following transformations can be applied in accordance with the MFETM.

$$Q_{i-1} = S_{i-1} T_{i-1} + P_{i-1} \quad (24)$$

$$Q_i = S_i T_i + P_i \quad (25)$$

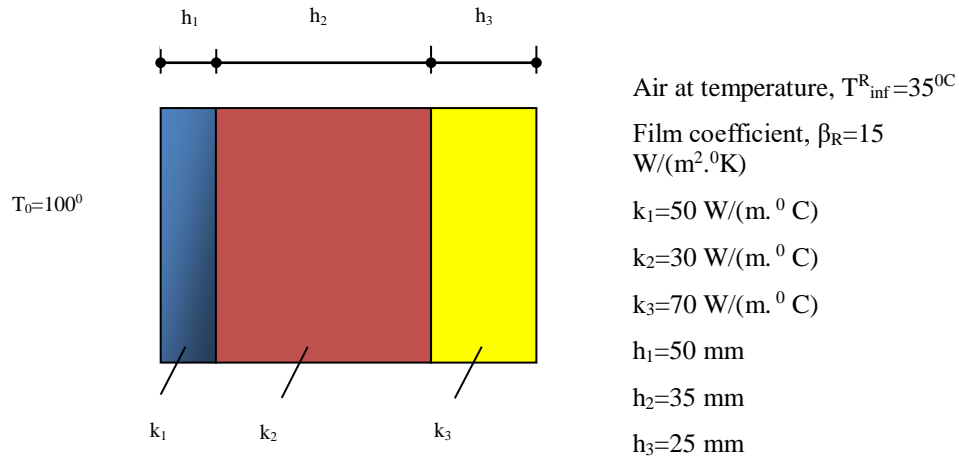
Using equations (24) and (25), equations (26) and (27) are obtained.

$$S_i = -\frac{(k_i^2 A_i^2 / h_i^2)}{(\frac{k_i A_i}{h_i} + S_{i-1})} + \frac{k_i A_i}{h_i} \quad (26)$$

$$P_i = \frac{\frac{k_i A_i}{h_i} P_{i-1}}{(\frac{k_i A_i}{h_i} + S_{i-1})} \quad (27)$$

## 2.7 NUMERICAL EXAMPLE

In the composite wall shown in the Figure 3. [30], the temperatures at the nodes are calculated.



**Figure 3.** A composite wall

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 SOLUTION USING THE TRANSFER MATRIX METHOD

By using equation (22), element transfer matrices for each element are calculated as follows, respectively:

$$TR_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad TR_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.1167 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad TR_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0.0357 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

The system transfer matrix is calculated by multiplying the element transfer matrices as follows:

$$tr = TR_3 * TR_2 * TR_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.25247 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

In this case, the solution equation is written as follows:

$$\begin{Bmatrix} T_4 \\ Q_4 \end{Bmatrix} = tr \begin{Bmatrix} T_1 \\ Q_1 \end{Bmatrix}$$

If boundary conditions are applied in this equation,  $T_4$  and  $Q_1$  are obtained as follows:

$$\begin{Bmatrix} T_4 \\ 525 - 15T_4 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.25247 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 100 \\ Q_1 \end{Bmatrix}$$

$$T_4 = 48.58^{\circ}C \quad Q_1 = -203.66 W$$

The other unknowns can be calculated as follows using element transfer matrices and  $Q_1$ .

$$\begin{Bmatrix} T_2 \\ Q_2 \end{Bmatrix} = TR_1 \begin{Bmatrix} T_1 \\ Q_1 \end{Bmatrix}$$

$$T_2 = 79.634^\circ C \quad Q_2 = -203.66 W$$

$$\begin{Bmatrix} T_3 \\ Q_3 \end{Bmatrix} = tr \begin{Bmatrix} T_2 \\ Q_2 \end{Bmatrix}$$

$$T_3 = 55.866^\circ C \quad Q_3 = -203.66 W$$

### 3.2 SOLUTION USING THE MODIFIED FINITE ELEMENT -TRANSFER MATRIX METHOD

Using the equations (23), (26) and (27), the following expressions can be written.

$$\begin{bmatrix} 10 & -10 \\ -10 & 10 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 100 \\ T_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_1 \\ Q_2 \end{Bmatrix}$$

$$S_2 = 10$$

$$P_2 = -k_{21}100 = -1000$$

$$\begin{bmatrix} 8.5714 & -8.5714 \\ -8.5714 & 8.5714 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_2 \\ T_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_2 \\ Q_3 \end{Bmatrix}$$

$$S_3 = 4.6154 \quad P_3 = -461.385$$

$$\begin{bmatrix} 28 & -28 \\ -28 & 28 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_3 \\ T_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_3 \\ Q_4 \end{Bmatrix}$$

$$S_4 = 3.9623 \quad P_4 = -396.2264$$

If boundary conditions are applied in this equation  $T_4$  is obtained as follows:

$$Q_4 = 525 - 15T_4$$

$$525 - 15T_4 = 3.9623T_4 - 396.2264$$

$$18.9623T_4 = 921.2264$$

$$T_4 = 48.582^\circ C$$

Other unknowns are obtained as follows:

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_3 \\ T_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_3 \\ Q_4 \end{Bmatrix}$$

$$Q_4 = S_4 T_4 + P_4$$

$$k_{21} T_3 + k_{22} T_4 = S_4 T_4 + P_4$$

$$T_3 = k_{21}^{-1} (-k_{22} T_4 + S_4 T_4 + P_4)$$

$$T_3 = \frac{-(-28 * 48.582 + 3.9623 * 48.582 - 396.2264)}{28} = 55.86^\circ\text{C}$$

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} T_2 \\ T_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -Q_2 \\ Q_3 \end{Bmatrix}$$

$$Q_3 = S_3 T_3 + P_3$$

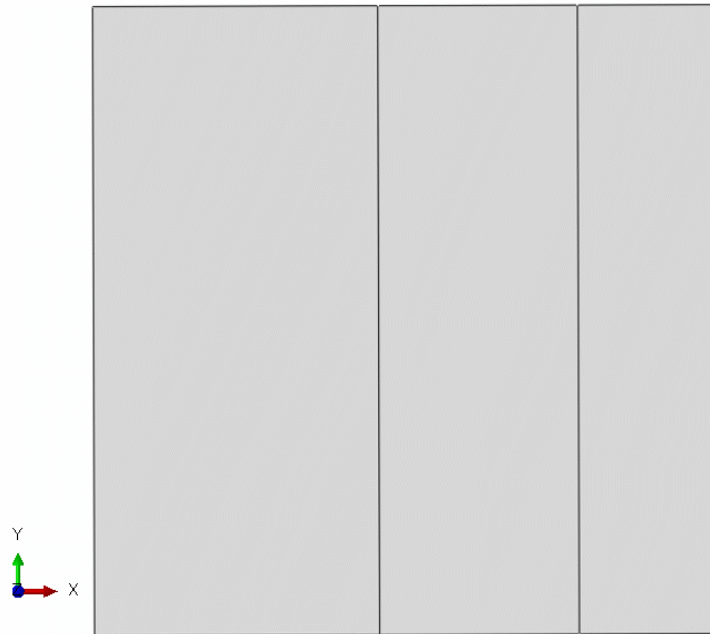
$$k_{21} T_2 + k_{22} T_3 = S_3 T_3 + P_3$$

$$T_2 = k_{21}^{-1} (-k_{22} T_3 + S_3 T_3 + P_3)$$

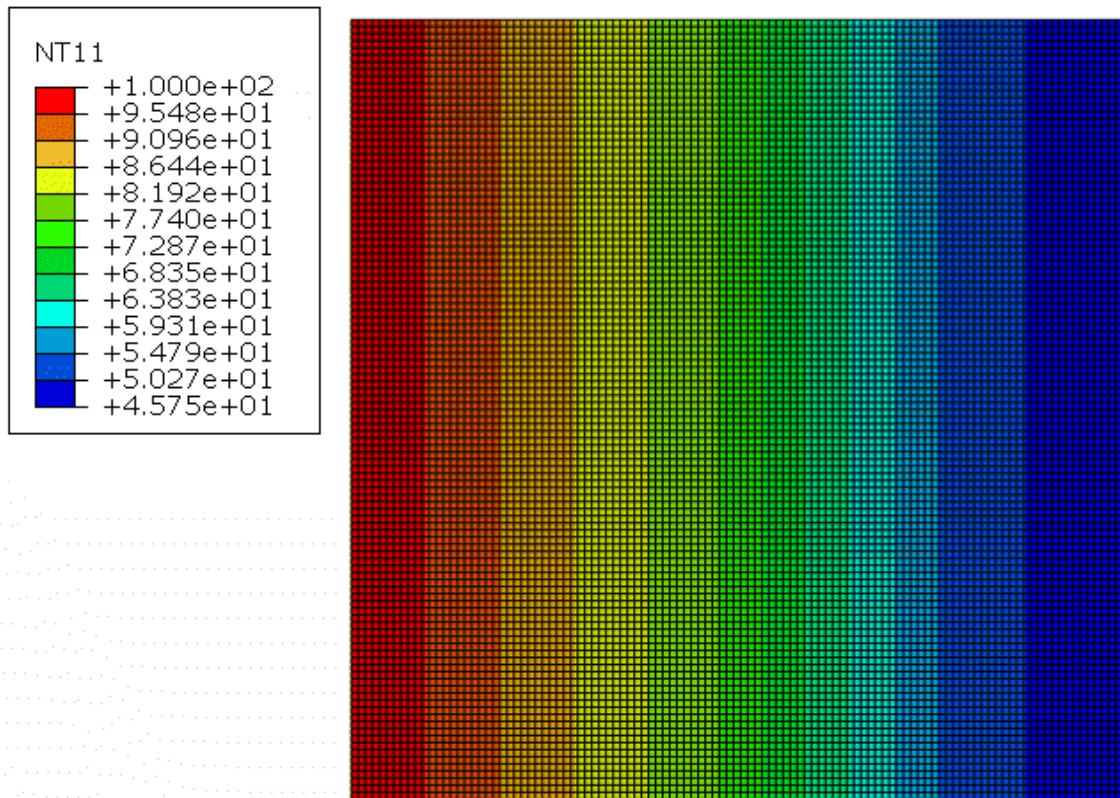
$$T_2 = \frac{-(-8.5714 * 55.86 + 4.6154 * 55.86 - 461.385)}{8.5714} = 79.61^\circ\text{C}$$

### 3.3 SIMULATION RESULTS

Heat transfer analyses of composite wall were conducted with the finite element modeling software Abaqus CAE/2014 [30]. Two-dimensional model was analyzed to obtain the temperature distributions (Figure 4). 4-node linear heat transfer quadrilateral elements with a specified element size of 5×5 mm was used to mesh the model and for solid section, a three dimensional deformable homogeneous was used. The initial temperature (100 °C) was applied on the left surface of model and Film coefficient,  $\beta_R=15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  was applied on the right surface where the heat transfer occurs. The distribution of temperature in the composite wall was shown in Figure 5.



**Figure 4.** Two-dimensional model



**Figure 5.** Distribution of temperature in the composite wall

The results obtained from three methods were given in Table 1. The results of the simulation are in good agreement with the transfer matrix method and the modified finite element -transfer matrix method.

**Table 1.** Results obtained from three methods ( $C^0$ )

	<b>TMM</b>	<b>MFETM</b>	<b>Abaqus</b>
$T_2$	79.63	79.61	78.50
$T_3$	55.86	55.86	53.42
$T_4$	48.58	48.58	45.74

#### **4. CONCLUSION**

TMM is an effective method which is used in mechanics and provides a great advantage especially in solving some mechanical problems. In this study, various versions of the TMM are briefly introduced. At the end of the work, the MFETM was applied to the heat transfer problem. As a result, because of the reduced matrix size, the Transfer Matrix Method and especially the MFETM are less time consuming than the conventional Finite Element method. The results of the simulation (Abaqus) are in good agreement with the transfer matrix method and the modified finite element -transfer matrix method. The method presented in this study was applied on a heat transfer in composite wall problem. MFETM can be easily applied to other heat transfer problems.

#### **REFERENCES**

- [1] Holzer, H. Analysis of Torsional Vibration, Springer, Berlin, 1921.
- [2] Myklestad, N.O. New Method of Calculating Natural Modes of Coupled Bending-Torsion Vibration of Beams. Trans. ASME., 61-67.
- [3] Thompson, W. T. Matrix Solution for the Vibration of Non-Uniform Beams. J. App. Mech. 17(1950), 337–339.
- [4] Thompson, W. T. Transmission of Elastic Waves Through a Stratified Solid Media, J. Appl. Phys. 21(1950), 89-93
- [5] Haskel, N.A. The Dispersion of Surface Waves on Multilayered Media. Bull. seism. Soc. Am. 43 (1953), 17-34.

- [6] Pestel, E.C., Leckie, F. A. Matrix Methods in Elastomechanics. New York: McGraw-Hill, 1963.
- [7] İnan, M. The Method of Initial Values and the Carry-over Matrix in Elastomechanics, Middle East Technical University, 1968.
- [8] Hoerner, G.C. The Riccati Transfer Matrix Method. Ph.D. Thesis, University of Virginia, Charlottesville, VA., 1975.
- [9] Dokanish, M.A. A New Approach for Plate Vibration: Combination of Transfer Matrix and Finite Element Technique. Trans. ASME J. Eng. Ind. 94(1972), 526-530.
- [10] Mcdaniel, T. J., Eversole, K. B. A Combined Finite Element-Transfer Matrix Structural Analysis Method. J. Sound Vibr. 51(1977), 157-169.
- [11] Ghiatti, G., Sestieri, A. Analysis of Static and Dynamic Structural Problems by a Combined Finite Element-Transfer Matrix Method. J. Sound Vibr. 67 (1979), 35-42.
- [12] Ohga, M., Shigematsu, T., Hara, T. (1984) A Combined Finite Element-Transfer Matrix Method. J. Engng Mech.Div., Am. Sot. Ciu. Engrs 110 (1984), 1335-1349.
- [13] Degen, E.E., Shephard, M.S., Loewy, R.G. Combined Finite Element-Transfer Matrix Method Based on a Finite Mixed Formulation. Comput. Struct., 20(1985), 173-180.
- [14] Chen, Y. H., Xue, H. Y. Dynamic Large Deflection Analysis of Structures by a Combined Finite Element Riccati Transfer Matrix Method on a Microcomputer. Compt. Struct. 39 (1991), No 6., 699–703.
- [15] Xue, H.Y. A Combined Dynamic Finite Element-Ricatti Transfer Matrix Method for Solving Non-Linear Eigenproblems of Vibrations. Comp. Struct., 53 (1994), No.6, 1257-1261.
- [16] Yuhua, C. Large Deflection Analysis of Structures by an Improved Combined Finite Element-Transfer Matrix Method. Comput Struct 55 (1995), 167–171.
- [17] Bhutani, N., Loewy, R.G. Combined Finite Element-Transfer Matrix Method. J. Sound Vib., 226 (1999), No.5,1048-1052.
- [18] Alimonti, L.,Atalla,N.,Sgard,F. Assessment of a hybrid finite element-transfer matrix model for flat structures with homogeneous acoustic treatments. J Acoust Soc Am. 135 (2014), No.5, 2694-2705.
- [19] Fan, S., Barber, J.R. Solution of Periodic Heating Problems by the Transfer Matrix Method.Heat and Mass Trans. 45 (2002),1155-1158.



- [20] Choi, M.S. Free Vibration Analysis of Plate Structures Using Finite Element Transfer Stiffness Coefficient Method. *J. Mech. Sci. Tech.*, 17 (2003), No. (6), 805-815.
- [21] RUI, X., WANG, G., LU, Y. Transfer Matrix Method for Linear Multibody System. *Multibody Syst. Dyn.* 19 (2008), No.3, 179-207.
- [22] Rong, B., Rui, X.T., Wang, G.P. Modified Finite Element Transfer Matrix Method for Eigenvalue Problem of Flexible Structures. *J. Appl. Mech., ASCE*, 78 (2011), No.2, 021016.
- [23] He, B., Rui, X., Zhang, H. Transfer Matrix Method for Natural Vibration Analysis of Tree System. *Math. Prob. Eng*, Article ID 393204, 19 pages, 2012.
- [24] Öztürk, D., Bozdoğan, K., Nuhoglu, A. Modified Finite Element-Transfer Matrix Method for The Static Analysis of Structures. *Struct. Eng. Mech.*, 43 (2012), No.6, 761-769.
- [25] Öztürk, D., Bozdoğan, K. B. A Method for Determination of the Fundamental Period of Layered Soil Profiles. *J Appl.Comp.Mech.* 3 (2017), No.4, 267-273.
- [26] Demirkan, E., Artan R. Buckling Analysis of Nanobeams Based on Nonlocal Timoshenko Beam Model by the Method of Initial Values, *Int J Struct Stab Dy*, 19 (2019), No. 3, 17 p.
- [27] Xu, P., Jiang, G. Calculation of Natural Frequencies of Retaining Walls Using the Transfer Matrix Method. *Adv. Civ Eng.*(2019), Article ID 2156475, 8 pages.
- [28] Kang, S., Nanfang, J., Han, K., Shen, X., Wang, W. Theoretical modelling of periodic graphene structures. *Physica B Condens Matter.* 563 (2019), No.15, 36-40.
- [29] Reddy, J.N. *An Introduction to The Finite Element Method*, 3, McGraw-Hill, New York, 2005.
- [30] Abaqus, Dassault Systemes Simulia Corp, Providence (2014)



## İSTANBUL-SARIYER İLÇESİNDEKİ BAZI TOPRAK ÖRNEKLERİNDE Cs-137 KONSANTRASYONUN BELİRLENMESİ

Osman GÜNAY<sup>\*1</sup>, Canel EKE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, 34969, İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü, 07058, Antalya, Türkiye*

### Özet

Çevresel radyoaktivite genellikle doğal radyasyon ve yapay radyasyon olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Yapay radyasyon; nükleer silah denemeleri, nükleer kazalar, nükleer tıp uygulamaları ve parçacık hızlandırıcılar sonucunda meydana gelmektedir. 2011 yılında Fukushima Daiichive 1986 yılında Çernobil’de meydana gelen nükleer santral kazaları sebebiyle çevreye yoğun miktarda yapay radyoaktif nükleotitler saçılmıştır. Çernobil nükleer kazası İstanbul’ a yakın olduğu için, radyoaktif serpintiden etkilenme olasılığı yüksektir. Bu çalışma İstanbul’un Sarıyer ilçesinde bazı toprak örneklerinde yapay radyoaktif madde olan Cs-137 konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma bölgesinde 12 örnekleme noktası belirlenmiş, spektroskopik ölçümler, yüksek saflıkta germanyum detektör (HPGe) ile yapılmıştır. Cs-137 radyoaktivite konsantrasyonları  $1.70 \pm 0,72 \text{ Bqkg}^{-1}$  ile  $16.43 \pm 1.26 \text{ Bqkg}^{-1}$  arasında değiştiği bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Cs-137, Toprak, Sarıyer

\*Sorumlu Yazar: [osman.gunay@okan.edu.tr](mailto:osman.gunay@okan.edu.tr)



## **DETERMINATION OF Cs-137 CONCENTRATION OF SOME SOIL SAMPLES IN SARIYER DISTRICT FROM ISTANBUL**

### **Abstract**

Environmental radioactivity generally consists of two parts: natural radiation and artificial radiation. Artificial radiation is caused by nuclear weapons trials, nuclear accidents, nuclear medicine applications and particle accelerators. In 2011 Fukushima Daiichi and in 1986 in Chernobyl, nuclear power plant accidents caused massive artificial radioactive nucleotides. Since the Chernobyl nuclear accident is close to Istanbul, it is likely to be affected by radioactive fallout. This study was carried out to determine the artificial radioactive Cs-137 concentration of some soil samples in Sarıyer district of İstanbul. 12 sampling points were determined in the study area and gamma-ray spectroscopic measurements were made with high purity germanium detector (HPGe). Cs-137 radioactivity concentrations were found to range from  $1.70 \pm 0.72 \text{ Bqkg}^{-1}$  to  $16.43 \pm 1.26 \text{ Bqkg}^{-1}$ .

**Key words:** Cs-137, Soil, Sarıyer

## 1. Giriş

Çevre kirliliği, doğal olmayan yöntemlerle çevrenin insan eliyle bozulması olarak tanımlanabilmektedir. Çevre kirliliğinin birçok çeşitleri vardır. Bunlardan en önemlileri, hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği ve radyoaktif kirliliktir [1,2]. Çevre kirliliğinin etkileri sadece meydana geldiği yerde gözlemlenemeyebilir. Birçok farklı taşıyıcılar vasıtasıyla Dünya'nın bir yerinden başka bir yerine taşınarak farklı bölgelerde çevresel kirliliğe neden olabilmektedir. Çevresel kirlilik düzeyinin belirlenmesi veya alınması gereken önlemlerin düzeyinin tespiti ile çok sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır [3-5].

Çevresel radyoaktivite genellikle doğal radyasyon ve yapay radyasyondan oluşmaktadır. Doğal radyasyon, karasal ve kozmik radyasyon olarak iki başlık altında toplanmıştır ve Dünya'nın oluşumundan itibaren etkisini göstermektedir [6-11]. Doğal radyasyon insan eliyle üretilmediği için çevre kirliliği olarak tanımlanmamaktadır fakat yapay radyasyon çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yapay radyasyon, nükleer silah denemeleri, nükleer kazalar, nükleer tıp uygulamaları ve parçacık hızlandırıcılar sonucunda meydana gelmektedir [12-14]. 2011 yılında Fukushima Daiichive 1986 yılında Çernobil' de meydana gelen nükleer santral kazaları sebebiyle çevreye yoğun miktarda yapay radyoaktif nükleotitler saçılmıştır.

Çevresel ortama saçılan bazı uzun ömürlü radyoaktif nükleotitler hem denize hem de karasal ortama yayılmıştır. Ülkemiz, Çernobil nükleer santralının Türkiye'ye yakın olması sebebiyle bu kirlilikten en çok etkilenen ülkelerden birisidir. Bu sebepten dolayı 1986 yılından itibaren hem ülkemizde hem de kazanın meydana geldiği ülkenin komşu ülkelerinde yapay radyoaktif nükleotitlerin düzeyinin belirlenmesine yönelik oldukça çok sayıda çalışma yapılmıştır [15-18]. En son, 11 Mart 2011 tarihinde Fukushima Daiichinükleer santral kazası meydana gelmiştir. Kaza bölgesi Türkiye'ye oldukça uzak olmasına rağmen atmosferik olaylar aracılığıyla Dünya'nın her bölgesine ve ülkemize de yapay radyoaktif nükleotitler taşınmış olabilir. Bundan dolayı Dünya'nın her noktasında yapay radyoaktif nükleotitlerin konsantrasyonunun sürekli olarak ölçülüp literatüre katkı sağlanması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, yarı ömrü yaklaşık 30 yıl olan yapay radyoaktif nükleotit Sezyum ( $Cs-137$ )'nin İstanbul'un Sarıyer ilçesindeki konsantrasyonu gama spektroskopisi kullanılarak araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Çalışma bölgesi

Bu çalışma İstanbul Sarıyer ilçesindeki 12 farklı noktadan toplanan toprak örnekleri kullanılarak yürütülmüştür. İstanbul Türkiye'nin en kalabalık şehridir. İstanbul'un ilçesi olan Sarıyer'in nüfusu ise yaklaşık 350000 civarındadır [19]. Sarıyer'in komşuları, güneyde Beşiktaş ve Şişli; doğuda Eyüpsultan; batıda İstanbul Boğazı; Kuzeyde ise Marmara Denizidir. Sarıyer 41°06' 01" ile 41°15'27" Kuzey paralelleri ile 8°57'01" ile 29°04'38" doğu meridyenleri arasındadır.

### 2.2 Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada 12 örnekleme noktası belirlenmiş ve bu noktaların her birinden yaklaşık 1kg toprak toplanmıştır. Toprak numuneleri toplanırken 1 m<sup>2</sup> yöntemi kullanılmıştır. 1 m<sup>2</sup> lik alan belirlenmiş ve bu alanın 4 köşesinden 250 gram toplanarak birleştirilmiştir. Önce toprak numuneleri makro kirlilikten arındırılması amacıyla elenmiştir. Toprak örnekleri 105 °C sıcaklığında kurutulmuş daha sonra 2 mm'lik eleklerden geçirilerek elenmiştir. Kurutulmuş toprak örnekleri 250 ml lik polietilenden üretilmiş kaplara konulmuştur. Bu kapların ağzı hiç hava almayacak biçimde kapatılmıştır. Kaplardaki toprak numunelerinin radon ve bozunum ürünleriyle radyoaktif dengeye ulaşması için 5 hafta bekletilmiştir. 5 haftadan sonra gama spektroskopisi kullanılarak sayımlar alınmıştır.

### 2.3 Gama Spektroskopisi Ölçüm Sistemi

Çalışmadaki toprak örneklerinin Cs-137 ve background radyoaktivite konsantrasyon ölçümleri, elektriksel olarak soğutulmuş, bağıl verimi %40, p tipi koaksiyel yapıda olan yüksek saflıkta germanyum (HPGe) detektör[20] kullanılarak yapılmıştır. Gama ışını spektrumları Maestro-32[21] yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Her bir numune yaklaşık olarak 24 saat sayıldı. Arkaplan (Background) radyoaktivite konsantrasyonunun belirlenmesi, toprak numunelerin ölçüm standartlarıyla yapılmıştır. Ölçülen her bir toprak numunesinin Cs-137 konsantrasyonundan background radyoaktivite konsantrasyonu çıkartılarak net sayım sayısı elde edilmiştir. Daha sonra spektrumlar Gamma-W yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Cs-137 konsantrasyonu 661,66 keV enerji değerindeki sayımlar kullanılarak hesaplanmıştır. Cs-137 nükleotinin aktivite

konsantrasyonu ( $Bqkg^{-1}$ ), aşağıdaki bağlantı[22] kullanılarak hesaplandı.

$$A=N/(m.t.\varepsilon.I\gamma) \quad (1)$$

Burada

- A : Cs-137 aktivite konsantrasyonu;  
N : arka plan çıkarma işleminden sonra sayım sayısı;  
M : numunenin kütlesi;  
t : sayım süresi;  
 $\varepsilon$  : ilgilenilen gama ışını enerjisinin detektör verimliliği;  
I $\gamma$  : gama ışını yayma olasılığıdır.

Cs-137 radyonüklinin aktivite konsantrasyonunun belirsizliği, ISO-GUM [23] standardı kullanılarak aşağıdaki bağlantıyla hesaplandı,

$$\Delta A = A \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I\gamma}{I\gamma}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2} \quad (2)$$

Burada

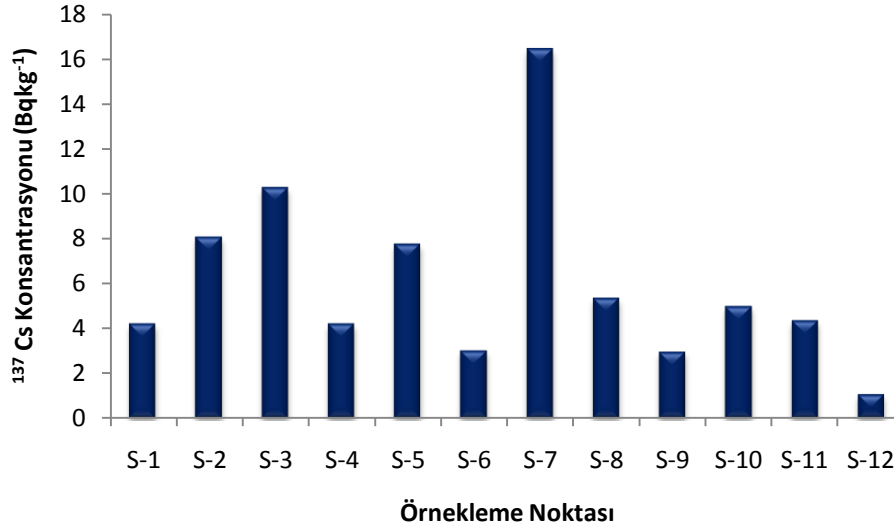
- $\Delta N$  : Sayım sayısındaki belirsizliği;  
 $\Delta t$  : Sayım süresindeki belirsizliği;  
 $\Delta \varepsilon$  : Dedektör verimindeki belirsizliği;  
 $\Delta I\gamma$  : Gama ışını yayılım belirsizliği;  
 $\Delta m$  : Örnek kütlesinin belirsizliğini göstermektedir.

### 3. Bulgular

Yapılan ölçümlerin sonucunda hesaplanan Cs-137 radyoaktivite konsantrasyonları, toprak numunelerin alındığı coğrafi koordinatları ve numunelerin yoğunlukları Tablo-1'de gösterilmiştir. Coğrafi koordinatlar GPS sistemiyle belirlenmiştir. Toprak numunelerinin yoğunluğu 0.95 ile 1.64 gcm<sup>-3</sup> arasında değişmektedir. Cs-137 radyoaktivite konsantrasyonunun en küçük değeri 12. numunede olup 1.70 ± 0,72 Bqkg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. En yüksek Cs-137 radyoaktivite konsantrasyonu ise 7.numunede gözlenmiş olup değeri 16.43±1.26 Bqkg<sup>-1</sup>(Şekil 1). Yapılan çalışmada Cs-137 radyonükleotinin ortalama aktivite konsantrasyonu 6.05±0.95 Bqkg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 1.** Toprak numunelerinin coğrafi koordinatları, yoğunluğu ve Cs-137 radyoaktivite konsantrasyonları

Örnekleme Numarası	Enlem (N)	Boylam(E)	Yoğunluk (g/cm <sup>-3</sup> )	<sup>137</sup> Cs (Bqkg <sup>-1</sup> )
S-1	41°07'38"	29° 02'15"	1.45	4.21±0.82
S-2	41° 07'19"	29° 02'48"	1.30	8.07±0.99
S-3	41° 07'10"	29° 03'41"	1.30	10.27±1.05
S-4	41° 07'33"	29° 04'07"	1.25	4.22±0.94
S-5	41° 10'30"	29° 03'16"	1.35	7.75±0.95
S-6	41° 11'15"	29° 02'57"	0.95	3.02±1.21
S-7	41° 10'07"	29° 03'17"	1.33	16.43±1.26
S-8	41° 11'10"	29° 02'47"	1.46	5.34±0.83
S-9	41° 12'02"	29° 02'02"	1.21	2.96±0.95
S-10	41° 13'12"	29° 01'58"	1.29	4.98±0.92
S-11	41° 14'39"	29° 01'05"	1.64	4.35±0.73
S-12	41° 14'32"	29° 01'35"	1.58	1.70±0.72
<b>Ortalama</b>				6.05±0.95



**Şekil 1.** Cs-137 radyonükleotinin aktivite konsantrasyonunun değişimi

Cs-137 nükleotinin radyoaktivite konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla hem Türkiye’de hem de Dünya genelinde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Türkiye’de Karataşlı vd. 2016 yılında Mersin’de yaptığı çalışmada Cs-137 konsantrasyonunu  $18.6 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir [24]. Dizman vd. 2016 yılında, Rize’de yaptıkları çalışmada ise Cs-137 konsantrasyonunu  $236 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak hesaplamışlardır [25]. Cengiz vd. 2014 yılında Kars ve çevresinde yaptıkları çalışmada Cs-137 konsantrasyonunu  $18 \text{ Bqkg}^{-1}$ , Taşkın vd. 2009 yılında Kırklareli’de yaptıkları çalışmada  $8 \text{ Bqkg}^{-1}$ , Kapdan vd. 2009 yılında Yalova’da yaptıkları çalışmada  $2,3 \text{ Bqkg}^{-1}$ , Değerlier vd. 2008 yılında Adana’da yaptıkları çalışmada  $6,8 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak bulmuşlardır [26-29]. Korkulu ve Özkan’ın 2013 yılında yaptıkları çalışmada  $0,56 \text{ Bqkg}^{-1}$  ile  $5,43 \text{ Bqkg}^{-1}$  arasında değiştiği, Örgün vd. 2007 yılında Çanakkale’de yaptıkları çalışmada ise  $0.6 \text{ Bqkg}^{-1}$  ile  $5.9 \text{ Bqkg}^{-1}$  arasında değiştiğini bulmuşlardır [30,31].

Dünya’daki yapılan çalışmalar incelendiğinde ise Cs-137 konsantrasyonlarını, Abu Samreh vd. 2014 yılında Filistin’de yaptıkları çalışmada  $2.8 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak ve Rafique vd. 2014 yılında Pakistan’da yaptıkları çalışmada,  $15.04 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak bulmuşlardır [32,33]. Harb’ın 2008 yılında Mısır’da yaptığı çalışmada ise Cs-137 konsantrasyonunun  $0.45 \text{ Bqkg}^{-1}$  ile  $2.3 \text{ Bqkg}^{-1}$  arasında değiştiği bulunmuştur [34]. Bu çalışmadaki sonuçları Türkiye ve Dünya da yapılan benzer çalışmaların sonuçları ile uyumlu çıkmıştır.

#### 4. Sonuç ve Yorum

Bu çalışma İstanbul'un Sarıyer ilçesinin yapay radyoaktif madde olan Cs-137 konsantrasyonun belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma bölgesinde 12 örnekleme noktası belirlenmiş, spektroskopik ölçümler, yüksek saflıkta germanyum detektör (HPGe) ile yapılmıştır. Cs-137 radyoaktivite konsantrasyonları  $1.70 \pm 0,72 \text{ Bqkg}^{-1}$  ile  $16.43 \pm 1.26 \text{ Bqkg}^{-1}$  arasında değiştiği bulunmuştur. Tüm örnekleme noktalarının ortalaması ise  $6.05 \pm 0.95 \text{ Bqkg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin ortalama Cs-137 aktivite konsantrasyonu  $11.6 \text{ Bqkg}^{-1}$  ile karşılaştırıldığında [35], bu çalışmadaki ortalama Cs-137 konsantrasyonun Türkiye ortalamasından düşük olduğu bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucu ülkemizdeki Cs-137 konsantrasyon verilerine bir katkı sağlayacaktır. İleri zamanlarda yapılacak olan başka çalışmalar ile çalışma bölgesindeki Cs-137 konsantrasyon değişimleri belirlenecektir. Bu çalışma farklı bölgelerde yapılmaya devam edilecek olup Türkiye'nin Cs-137 aktivite konsantrasyon haritasının çıkarılması hedeflenmektedir.

#### Teşekkür

Yazarlar, radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlendiği, Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümüne teşekkür eder.

#### Kaynakça

- [1] O. Yazar, E. Temizsoy and O. Günay, "Noise pollution level in a pediatric hospital," Int. J. of Env. Sci. Tech., 1-6, 2018.
- [2] H. Toros, H. Erdun, O. Capraz, B. Ozer, E. Bozyazı Daylan, A. İ. Öztürk, "Air Pollution and Quality Levels in Metropolitans of Turkey for Sustainable life," Euro. J. of Sci. Tech., 1, 2, 28-38, 2014.
- [3] S. Aközcan, "Annual effective dose of naturally occurring radionuclides in soil and sediment," Tox. Env. Chem., 96.3, 379-386, 2014.
- [4] S. Aközcan, M. Yılmaz and F.Külahcı, "Dose rate and seasonal variations of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radionuclides in soils along Thrace, Turkey," J Radional. Nucl. Chem. 299:95-101, 2014.



- [5] O. Günay, "Determination of Natural Radioactivity and Radiological Effects in some Soil Samples in Beykoz-Istanbul," *Euro. J. of Sci. Tech*, No. 12, pp. 9-14, 2018.
- [6] B. Çetin, F.Öner and I. Akkurt, "Determination of Natural Radioactivity and Associated Radiological Hazard in Excavation Field in Turkey (Oluz Höyük)," *Act. Phys. Pol. A*, Vol 130, 2016.
- [7] B. Mavi and I.Akkurt, "Natural radioactivity and radiation hazards in some building materials used in Isparta, Turkey," *Rad. Phys. Chem.*, 79-9, 933-937, 2010.
- [8] O. Günay, M. M. Saç, M.İçhedef and C. Taşköprü, "Natural radioactivity analysis of soil samples from Ganos fault (GF)," *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 1-4, 2018.
- [9] S. Seçkiner, I.Akkurt and K.Günoglu, "Determination of  $^{40}\text{K}$  concentration in gravel samples from Konyaaltı Beach, Antalya," *Act. Phys. Pol. A.*, Vol 132 (3-II), 1095-1097, 2017.
- [10] N. A. Uyanık, I. Akkurt and O. Uyanık, "A ground radiometric study of uranium, thorium and potassium in Isparta, Turkey," *Ann. of Geophys.* . 53, 5-6(2010)25-30, 2010.
- [11] O. Günay, M. M. Saç, M. İçhedef and C. Taşköprü, "Soil gas radon concentrations along the Ganos Fault (GF)," *Arabian J. of Geosci.*, 11:213, 2018.
- [12] M. W. Yü, A. Zaharudin, and M. Norfaizal, "Concentration of Radio cesium  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{134}\text{Cs}$  in Sediments of the Malaysian Marine Environment," *App. Rad. Isotop.*, 65, 1389-1395, 2007.
- [13] S. Topçuoğlu, "Sources and Distribution of Anthropogenic Radionuclides in Marmara Sea Environment," *Turk. J. Marine Sci.*, 7: 143-152, 2001.
- [14] S. Aközcan, F. Külahcı and Y. Mercan, "A Suggestion to Radiological Hazards Characterization of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$ : Spatial Distribution Modelling," *J. Hazard. Materials*, 353: 476-489, 2018.
- [15] M. R. M. Akram, N. Qureshi, T. J. Ahmad, A. Solaija, M. A. Mashiatullah, and S. Irshad, "Determination of Natural and Artificial Radionuclides in Sea Water and Sediments off Gwadar Coast, Arabian Sea," *The Nucleus* 41: 19-25, 2004.
- [16] A. M. Nouredine, R. Benkrid, M. Maoui and R. Boudjenoun, "Distribution of Natural Radioactivity,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , and Plutonium Isotopes in a Water Column and Sediment Core along the Algerian Coast," *New York, NY: Hindawi P. Cor. Sci. Tech. Nuc. Ins.*, Project Report, 2007.
- [17] A. Rantavaara, "Ingestion Doses in Finland Due to  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  from Nuclear Weapons Testing and the Chernobyl Accident," *App. Rad. Isot.*, 66: 1768-1774, 2008.
- [18] H. Florou, G. Nicolaou and N. Evangelioi, "The Concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the Surface of the Greek Marine Environmen," *J. Env. Radio.*, 101: 654-657, 2010.
- [19] TUIK, (2012, December 26) "Address Based Population Registration System, Turkish Statistical Institute", [Online]. Available <http://www.tuik.gov.tr>

- [20] C. Eke, I. Boztosun I, “Determination of activity concentration of natural and artificial radionuclides in sand samples from Mediterranean coast of Antalya in Turkey,” *J. Kerntechnik*, 80: 280-290, 2015.
- [21] Maestro-32, (2018 Jan 02). Multi-channel analyser software, A65- B32 model, Ortec (2008)”, [Online]. Available <http://www.ortec-online.com/-/media/ametektortec/manuals/a65-mnl.pdf>
- [22] M. Ismail, M. A. Zia and H. M. Khan. “Investigation of Cs-137 in the environmental soil segments of the Peshawar and Nowshera districts of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan,” *Int.J. Rad. Res.*, 15(4), 407-412, 2017.
- [23] ISO-GUM, (2018 Jan 02). “International Organization for Standardization-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”, [Online]. Available <https://www.bipm.org/en/publications/guides/>
- [24] M. Karataslı, S. Turhan, A. Varinlioglu and Z.Yegingil, “Natural and fallout radioactivity levels and radiation hazard evaluation in soil samples,” *Env. Earth. Sci*, 75:424, 2016.
- [25] S. Dizman, F. K. Görür and R. Keser, “Determination of radioactivity levels of soil samples and the excess of lifetime cancer risk in Rize province, Turkey,” *I. J. Rad. Res.*, 14(3): 237-244, 2016.
- [26] B. G. Cengiz and S. Reşitoğlu, “Determination of natural radioactivity levels in Kars City center, Turkey,” *J. Nuc. Sci.*, 1, 32-37, 2014.
- [27] H. Taskin, M.Karavus, P. Ay, Topuzoglu A., Hidiroglu S. and Karahan G., “Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey,” *J. Env. Rad.*, 100, 49- 53, 2009.
- [28] E. Kapdan, A.Varinlioglu and G.Karahan, “Radioactivity Levels and Health Risks due to Radionuclides in the Soil of Yalova”, *Northwestern Turkey Int. J. Env. Res.*, 5(4):837-846, 2011.
- [29] M. Değerlier, G. Karahan and G. Ozger, Radioactivity concentrations and dose assessment for soil samples around Adana, Turkey,” *J. Env. Rad.*, 99(7), 1018–1025, 2008.
- [30] Z. Korkulu and N. Özkan, “Determination of natural radioactivity levels of beach sand samples in the black sea coast of Kocaeli (Turkey),” *Rad. Phy. Chem.*, Volume 88, 2013, Pages 27-31, 2013.
- [31] Y. Örgün, N. Altınsoy, S. Y. Şahin, Y. Güngör, A. H. Gültekin, G. Karahan and Z. Karacık, “Natural and antropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Çanakkale) WesternAnatolia, Turkey,” *Appl. Radiat. Isot.*, 65, 739–747, 2007.
- [32] M. M. Abu Samreh, K. M. Thabayneh and F.W. Khrais, “Measurement of activity concentration levels of radionuclides in soil samples collected from Bethlehem Province, West Bank, Palestine,” *Turkish J. Eng. Env. Sci*, 38: 113-125, 2014.
- [33] M. Rafique, S. Ur Rahman, M. Basharat, W. Aziz, I. Ahmad, K. A. Lone, K. Ahmad and M.



Matiullah, “Evaluation of excess life time cancer risk from gamma dose rates in Jhelum valley,” *J. Radiat. Res. App. Sci.s*, 7 29-35, 2014.

[34] S. Harb, “Natural radioactivity and external gamma radiation exposure at the coastal Red Seain Egypt,” *Radiat. Prot. Dosimetry*, 130,376–384, 2008.

[35] TAEA, “*En.l Radio. Monitoring in Turkey, Tech. Report*”, Ankara 9-14, 2010.

## KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ KAYALI KAMPÜSÜNÜN DÖNEMSEL RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BULUNMASI

Bekir Adem ÇAKMAKÇI\*<sup>1</sup>, Engin HÜNER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Kırklareli

<sup>2</sup> Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Kırklareli

### ÖZET

Bu çalışmada, Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü'nün dönemsel rüzgar enerjisi potansiyeli, 2018 yılı sonbahar dönemi (Eylül, Ekim ve Kasım ayları) için 5 dakika aralıklarla ölçülen rüzgar hızı verilerine dayanarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli tahmininde Weibull, Rayleigh ve Gamma dağılımları kullanılmıştır. Dağılımların parametreleri, Moment ve Maksimum Olabilirlik (MLE) yöntemleri ile hesaplanmıştır. Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE), Ki-Kare Testi ( $\chi^2$ ) ve Korelasyon Katsayısı ( $R^2$ ) yaklaşım metodları, hangi dağılımın daha iyi modelleme yaptığını ve uygun yaklaşım getirdiğini belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Analiz sonucunda dağılımlardan elde edilen en yüksek aylık ortalama güç yoğunluğu değerleri; Eylül ayı için moment metodu ile hesaplanan Weibull dağılımında  $176.179 W/m^2$ , Ekim ayı için MLE metodu ile hesaplanan Weibull dağılımında  $130.969 W/m^2$  ve Kasım ayı için moment metodu ile hesaplanan Weibull dağılımında  $322.550 W/m^2$  olarak tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Rüzgar Enerjisi, Moment, MLE Metodu, Dağılım Fonksiyonları, Hata Analizleri

### ABSTRACT

In this study, seasonal wind energy potential in Kayalı Campus of Kırklareli University, based on the wind speed data measured at 5 minute intervals for the 2018 autumn period (September, October and November) was statistically analyzed. Weibull, Rayleigh and Gamma distributions were used estimate the wind energy potential of the region. The parameters of these distributions were calculated with Moment and Maximum Likelihood (MLE) methods. Root Mean Square Error (RMSE), Chi-Square Test ( $\chi^2$ ) and Correlation Coefficient ( $R^2$ ) approach methods are applied to determine which distribution makes better modeling and proper approach. As a result of the analysis, the highest monthly power density values by estimated; Weibull distribution calculated by the moment method for September month is  $176.179 W/m^2$ , Weibull distribution calculated by the MLE method for October month is  $130.969 W/m^2$  and Weibull distribution calculated by the moment method for November month is  $322.550 W/m^2$ , as follows.

**Keywords:** Wind Energy, Moment, MLE Method, Distribution Functions, Error Analysis

\* Sorumlu Yazar: bcakmakci@klu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Günümüzde her geçen gün gelişmekte olan teknoloji ve insan nüfusundaki sürekli artış ile birlikte insanoğlunun enerjiye olan ihtiyacı katlanarak artmaktadır [1]. Enerji talebinin mevcut kaynaklarla karşılanamamasından dolayı oluşan enerji açığı, ülkelerin mevcut enerji programlarını revize etmesi, alternatif enerji kaynakları üzerinde daha fazla çalışılması ve acilen gerekli önlemlerin alınması zorunluluğunu getirmiştir. Alınacak önlemlerin başında, toplam enerji talebinde petrolün payının giderek düşürülmesi, enerji tasarrufunun sıkı bir şekilde yapılması, enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğu kadar yararlanmaya yönelik stratejilerin hızla geliştirilip uygulamaya konulması gelmektedir [2].

Yeryüzünde karbon bazlı (fosil) yakıtların yakılması sonucunda oluşan sera gazlarının atmosferde birikerek küresel ısınma etkisiyle sert iklim değişikliklerine sebep olması, ekolojik sistemi olumsuz etkileyerek dünya üzerindeki canlı yaşamını tehdit etmesi, tarım alanlarında çöleşmeye sebep olması vb. ciddi sorunlar ülkelerin enerji kaynaklarını daha etkin biçimde kullanmasının önemini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga enerjisi gibi doğal kaynaklar yenilenebilir enerji kaynağı olarak sayılmaktadır. Ancak bu kaynakların tamamı tek bir coğrafi bölgede bulunmamaktadır. Türkiye uygun coğrafi yapısı nedeniyle rüzgâr enerjisinden yararlanabilen şanslı ülkelerden biridir.

Alternatif enerji kaynaklarından birisi olan rüzgar enerjisi; doğal bir atmosferik dönüşüm sonucunda oluşması, doğada sürekli ve tükenmeyen bir formda olması, asit yağmurlarına ve küresel ısınmaya yol açmaması, atmosfere  $CO_2$  emisyon salınımının olmaması, doğal bitki örtüsü ve insan sağlığına olumsuz etkisinin bulunmaması, fosil yakıt tasarrufu sağlaması, herhangi bir radyoaktif etkisinin bulunmaması gibi özellikleri ile çevre dostu bir enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Atmosferde bol ve serbest halde bulunması, teknolojik gelişiminin hızlı olması, enerjinin yönetiminde yüksek bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaması, kısa sürede devreye alınabilmesi ve gerekli durumlarda kısa sürede devreden çıkartılabilmesi, düşük maliyetli olması, sık bakım gerektirmemesi, çevre kirliliği yaratmaması gibi özellikleri rüzgar enerjisinin temel avantajları arasındadır [3]. Bu enerji türünün dezavantajları ise; rüzgâr hızının değişken olması, rüzgâr türbini kurulum ve ekipman maliyetinin yüksek olması, gürültü ve ses kirliliği olarak sayılabilir [4]. Yeryüzünün aldığı toplam güneş enerjisinin yaklaşık olarak % 2'sinin rüzgârın kinetik enerjisine dönüştüğü tahmin edilmektedir.

Bu miktarın toplam dünya enerji tüketiminin yüzlerce katı olduğu düşünülürse, rüzgâr enerjisinin

önemi anlaşılmaktadır [5]. Dünya rüzgar enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, dünya teknik rüzgar potansiyeli 53.000.000 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü 2017 yılı itibarıyla yaklaşık 539 GW'dır. 2016 yılı verilerine göre (487 GW) rüzgar enerji santrallerinin güç kapasitesinde %10.67'lik bir kapasite artışı tespit edilmiştir [6]. Rüzgar enerjisine yönelik uygulanan teşvikler neticesinde, rüzgar enerjisi kurulu gücünde 2017 yılı sonunda ortalama %10'un üzerinde bir büyüme gerçekleşmiştir. Bu büyüme oranıyla rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en hızlı büyüyen enerji kaynaklarından birisi olmuştur [7].

Rüzgar enerjisi, Türkiye'de 2018 yılı Haziran ayı itibari ile elektrik üretiminin birincil enerji kaynakları arasında yaklaşık %3 oran ile altıncı sırada yer almaktadır [8]. Ülkemizde özellikle Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu kıyılarında ortalama 4.5-10 m/s rüzgar hızları ile önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir [9]. Rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücü ülkemizde her yıl artmakta olup, 2015 yılında toplam kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi 4.71 GW iken, 2016 yılında kurulu gücümüz 6.10 GW, 2017 yılı Temmuz ayı itibariyle ise toplam kurulu güç 6.87 GW olarak gerçekleşmiştir. 2015-2017 yılları arasında rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücündeki artış 2.1 GW'tan fazladır. Ocak 2018 tarihi itibariyle inşaa halindeki santrallerin toplam gücü 0.552 GW ve lisanslı olan rüzgar enerji santrallerinin toplam gücü ise 2.7 GW'tır [10]. Bu durum, rüzgar enerji santrallerine yönelik yapılan yatırımların yıllar bazında önemli miktarda arttığını göstermektedir.

Ülkemiz, rüzgar enerjisi uygulamaları bakımından son derece uygun yerleşim bölgelerine sahiptir. Ülkemizin bazı üniversitelerinin kampüslerinde ve şehirlerinin yerleşim bölgelerinde rüzgar potansiyeli tahmini ile ilgili literatürde birçok araştırma yapılmıştır. Bunlardan; Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü [11-12], Akhisar, Bababurnu, Belen, Datça, Foça, Gelendost, Gelibolu, Gökçeada ve Söke [13], Denizli ili Tavas ilçesi [14], İzmir ili Menemen ilçesi [15], Gökçeada, Bozcaada, Çanakkale, Edremit, Ayvalık, Dikili, Bornova, Bodrum, Kütahya [16], Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi [17], Niğde [18], Antakya Bölgesi [19], Bodrum, Menteşe, Milas, Yatağan bölgeleri [20], Osmaniye [21], Bandırma [22], Tokat [23], Kumköy, Şile, Akçakoca, Zonguldak, Amasra, Cide, İnebolu [24], Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi [25], Antalya ilinin [26] rüzgâr enerjisi potansiyeli iki parametrelili Weibull, tek parametrelili Rayleigh dağılımları kullanılarak araştırılmış ve istatistiksel analizleri yapılmıştır.

Ülkemizin bazı bölgelerinde [19, 23, 25] rüzgar enerji potansiyelinin tahmininde Gamma

dağılımından da faydalanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsünün dönemsel rüzgâr enerji potansiyelinin Weibull, Rayleigh ve Gamma dağılımlarını kullanarak istatistiksel olarak analizini yapmaktır. 2018 yılı sonbahar dönemi rüzgâr hızı verileri; kampüs içerisinde en uygun yer olarak belirlenen 25 metre uzunluğundaki aydınlatma direğine monte edilen rüzgar ölçüm istasyonundan elde edilmiştir. Dağılımların performansını değerlendirmek için, Kök ortalama karesel hata, Ki-Kare ve Korelasyon Katsayısı uyum iyiliği testlerinden faydalanılmıştır.

Çalışma içerisinde kullanılan semboller liste halinde Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışma içerisinde kullanılan semboller listesi

c	Weibull ve Rayleigh dağılımları için ölçek parametresi	$P_w$	Weibull dağılımı için ortalama güç yoğunluğu
$CO_2$	Karbondiyoksit	RMSE	Kök Ortalama Karesel Hata
$f(v)$	Olasılık yoğunluk fonksiyonu	$R^2$	Korelasyon Katsayısı
$f_w(v)$	Weibull dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu	$\chi^2$	Ki-Kare Katsayısı
$F_w(v)$	Weibull dağılımı için kümülatif dağılım fonksiyonu	V	Herhangi bir andaki hız değeri
$f_r(v)$	Rayleigh dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu	$V_D$	Çalışılan dağılım için ortalama hız değeri
$F_r(v)$	Rayleigh dağılımı için kümülatif dağılım fonksiyonu	$V_g$	Gamma dağılımı için ortalama hız değeri
GW	Gigawatt	$V_m$	Ham rüzgar için ortalama hız değeri
GWh	Gigawatt-saat	$W/m^2$	Watt/metrekare
k	Weibull ve Rayleigh dağılımları için şekil parametresi	a	Gamma dağılımı için şekil parametresi
MLE	Maksimum Olabilirlik Metodu	b	Gamma dağılımı için ölçek parametresi
m/s	Metre/saniye	$\Gamma$	Gamma fonksiyonu
$P(v)$	Birim alandaki rüzgar gücü	$\rho$	Havanın yoğunluk değeri
$P_D$	Çalışılan dağılım için ortalama güç yoğunluğu	$\sigma_m$	Ham rüzgar için standart sapma değeri
$P_g$	Gamma dağılımı için ortalama güç yoğunluğu	$\sigma_d$	Çalışılan dağılım için standart sapma değeri
$P_m$	Ham rüzgar hızı için ortalama güç yoğunluğu	o	Derece
$P_r$	Rayleigh dağılımı için ortalama güç yoğunluğu	,	Dakika

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada,  $41^{\circ} 47'$  kuzey enlemi ile  $27^{\circ} 10'$  doğu boylamı arasında bulunan, 25 metre uzunluğundaki aydınlatma direğine monte edilen rüzgar ölçüm istasyonundan, 2018 yılı sonbahar dönemi için 5 dakika aralıklarla ölçülen ortalama rüzgar hızı verileri kullanılarak Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü'nün dönemsel rüzgar enerji potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Kampüs alanındaki ölçüm alınan yer Şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Kampüs alanındaki ölçüm alınan yer

### 2.1. İstatiksel Analizler

Bölgesel rüzgâr rejimlerinin önceden tahmin edilebilmesi için çeşitli istatistiksel dağılımlar kullanılmaktadır. Son yıllarda iki parametrelili Weibull dağılımı, bir parametrelili Rayleigh dağılımı ve iki parametrelili Gamma dağılımı dünyanın farklı bölgelerinin rüzgâr dağılımlarını temsil etmek için sıklıkla tercih edilmektedir. Weibull ve Rayleigh yöntemlerinin kullanılma nedeni, rüzgâr dağılımına çok iyi uymaları, dağılımlarının esnek bir yapıya sahip olmaları, parametrelerinin belirlenmesindeki kolaylık, parametre sayısının az olması, parametrelerin bir yükseklik için



belirlenmesinin ardından farklı yükseklikler için tahmin edilebilmesi gibi faktörlerdir [27]. Gamma dağılımının tercih edilmesinin sebebi ise düşük rüzgar hızı profillerinde diğer dağılımlara göre modellemede daha başarılı olmasıdır [28-30].

### 2.1.1. Weibull ve Rayleigh Dağılımları

Weibull dağılımı, temelde şekil ( $k$ ) ve ölçek ( $c$ ) olmak üzere iki parametreden oluşan bir dağılımdır. İki parametrelili Weibull dağılımının şekil parametresinin 2 olduğu durum olan Rayleigh dağılımları yüksek rüzgar profiline sahip bölgelerde literatürde en yaygın kullanılan dağılımlardır [11-15, 20-22]. Rayleigh dağılımı tek parametrelili olduğu için Weibull' a göre daha az esnek; ancak parametrelerinin hesaplanması daha kolaydır. Yıllık ortalama rüzgâr hızının 4.5 m/s değerinden büyük olduğu durumlarda, rüzgâr hızı dağılımının Rayleigh dağılımına yaklaştığı bilinmektedir [31]. Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ( $f_w(v)$ ) Denklem 1'de verilmiştir.

$$f_w(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (1)$$

Denklem 1'de;  $v$  sembolü, herhangi bir andaki hız değerini temsil etmektedir. Olasılık yoğunluk fonksiyonu, herhangi bir andaki hızın gözlenme olasılığını vermektedir.

Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu ( $F_w(v)$ ) Denklem 2'de verilmiştir.

$$F_w(v) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (2)$$

Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu, rüzgar hızının belli bir hız değerinden küçük ya da eşit gerçekleşme olasılığını vermektedir.

Rayleigh dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ( $f_r(v)$ ) Denklem 3'te verilmiştir.

$$f_r(v) = \left(\frac{2v}{c^2}\right) \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right) \quad (3)$$

Rayleigh kümülatif dağılım fonksiyonu ( $F_r(v)$ ) Denklem 4'te verilmiştir.

$$F_r(v) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right) \quad (4)$$

Rayleigh dağılımının en büyük avantajı sadece ortalama rüzgâr hızı ile dağılımın belirlenmesidir. Bu çalışmada, Weibull ve Rayleigh dağılımların parametrelerinin bulunmasında moment ve MLE metodları kullanılmıştır [32-33].

Dağılımların ortalama rüzgâr hızları ( $v_d$ ) Denklem 5'te verilmiştir.

$$v_d = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (5)$$

Denklem 5'te;  $\Gamma$  sembolü, gamma fonksiyonunu temsil etmektedir.

Dağılımların rüzgâr hızının standart sapmaları ( $\sigma_d$ ) Denklem 6'da verilmiştir.

$$\sigma_d = \sqrt{c^2[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)]} \quad (6)$$

Yukarda ifade edilen formüllerde  $k=2$  alındığında Rayleigh dağılımı için istenilen hesaplamalar gerçekleştirilmektedir.

Ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu ( $P_m$ ) Denklem 7'de verilmiştir.

$$P_m = \int_0^{\infty} P(v)f(v)dv \quad (7)$$

Denklem 7'de;  $P(v)$  sembolü, birim alandaki rüzgar güç değerini temsil etmektedir.  $f(v)$  sembolü ise olasılık yoğunluk fonksiyonunu temsil etmektedir.

Weibull dağılımı için ortalama güç yoğunluğu ( $P_w$ ) Denklem 8'de verilmiştir [34].

$$P_w = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (8)$$

Denklem 8'de;  $\rho$  sembolü, ölçüm yapılan havanın yoğunluk değerini temsil etmektedir.

Rayleigh dağılımı için ortalama güç yoğunluğu ( $P_r$ ) Denklem 9'da verilmiştir.

$$P_r = \frac{3}{k} \rho v_d^3 \quad (9)$$

### 2.1.2. Gamma Dağılımı

Gamma dağılımı, farklı bilim dallarına uygulanabilmesinin önünü açan esnek yapısı sayesinde rastgele olarak değişen rüzgar hızı verilerine de uygulanabilmektedir [19]. Bu durum coğrafi konum ve iklim rejimine bağlı olarak değişkenlik gösteren rüzgar hızı verileri için de geçerlidir. Gamma dağılımına ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonu ( $f(x)$ ) Denklem 10'da verilmiştir.

$$f(x) = \frac{(x^{a-1})\left(\frac{-x}{b}\right)}{b^a \Gamma(a)} \quad (10)$$

Denklem 10'da;  $x$  herhangi bir andaki hız değerini,  $b$  ölçek parametresini,  $a$  şekil parametresini ve  $\Gamma(a)$  ise gamma dağılımındaki şekil parametresi fonksiyonunu temsil etmektedir.

Gamma dağılım parametrelerinin bulunmasında moment ve MLE metodları kullanılmıştır [35]. Gamma dağılımının ortalama rüzgar hızı ( $V_g$ ) Denklem 11'de verilmiştir.

$$V_g = ab \quad (11)$$

Gamma dağılımının ortalama güç yoğunluğu ( $P_g$ ) Denklem 12'de verilmiştir.

$$P_g = \frac{1}{2} \rho(ab)^3 \quad (12)$$

## 2.2. Hata Analizleri

Hata analizleri dağılımlarının rüzgâr hızı sıklık değerlerini ne kadar iyi tahmin edebildiğini belirlemek için yapılan bir işlemdir. Hangi dağılımın daha başarılı modelleme yaptığı ve uygun yaklaşım getirdiği çeşitli kriterlere bakarak belirlenebilir. Değerlendirme parametreleri ile ilgili detaylı bilgi literatürde bulunmaktadır [36-38]. Kök ortalama karesel hata (RMSE) kriterinin bulunması Denklem 13'te verilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2\right]} \quad (13)$$

Ki-Kare ( $\chi^2$ ) kriterinin bulunması Denklem 14'te verilmiştir.

$$\chi^2 = \left[\frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2\right] \quad (14)$$

Denklem 14'te;  $n$  sembolü dağılımlardaki parametre sayısını ifade etmektedir.

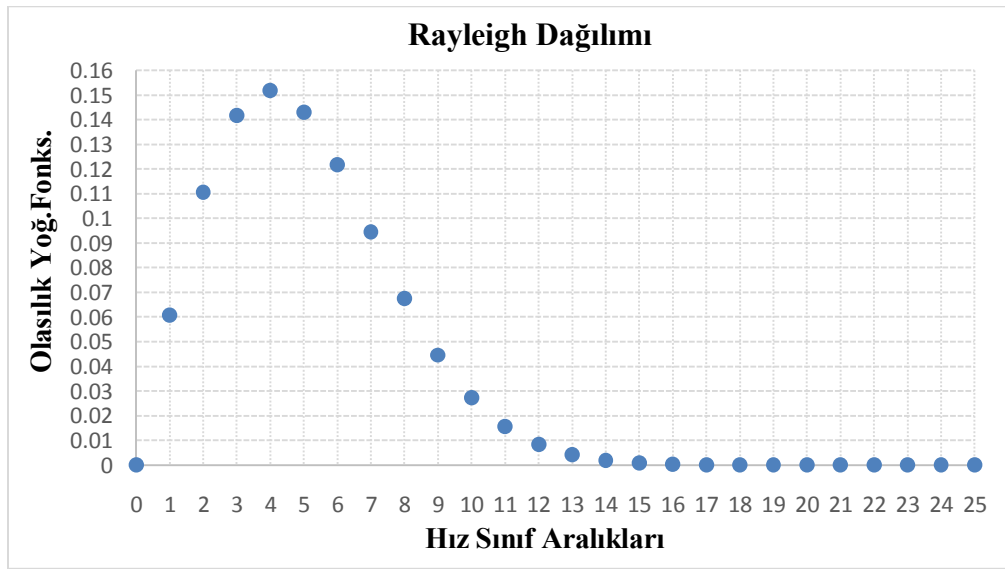
Korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) kriterinin bulunması Denklem 15'te verilmiştir.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - z_i)^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - z_i)^2} \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemlerde;  $y_i$  değeri  $i$ . gerçek veriyi,  $x_i$  değeri  $i$ . dağılımlardan tahmin edilen veriyi,  $z_i$  değeri  $y_i$  değerlerinin ortalamasını,  $n$  değeri gerçek veri adedini,  $N$  değeri ise gözlem sayısını vermektedir.

### 3. BULGULAR

Çalışmada ilk olarak, rüzgâr hızı değerleri sınıflara bölünmüş ve her sınıf aralığındaki rüzgâr frekansları belirlenmiştir. Rüzgar frekansları belirlendikten sonra, frekans değerleri toplam veri sayısına bölünerek, her sınıf aralığındaki yüzdesel sıklık miktarları bulunmuştur. Dağılımların parametreleri moment ve MLE metodu ile bulunmuştur. Parametrelerin bulunmasıyla, dağılımların her bir sınıf aralığındaki olasılık yoğunluk fonksiyonları bulunmuş ve örnek bir dağılım Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Örnek bir ay: Eylül Ayı Rayleigh Dağılımı

Sınıf aralık değerleri ile olasılık yoğunluk fonksiyon değerleri çarpılarak, dağılımların her hız sınıf aralığı için ortalama anlık güç yoğunlukları hesaplanmıştır. Son olarak her sınıf aralığındaki ortalama güç yoğunluk değerleri toplanarak dağılımların aylara göre ortalama güç yoğunlukları hesaplanmıştır. Moment yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait şekil parametresi “k”, ölçek parametresi “c (m/s)”, ortalama güç yoğunluğu “ $P_m (W/m^2)$ ” ve dağılımlardan elde edilen ortalama güç yoğunluğu “ $P_d (W/m^2)$ ” değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Moment yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait değerler

Aylar	Eylül			Ekim			Kasım		
	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma
<b>k</b>	1.6715	2	2.6454	1.9570	2	3.5198	1.5256	2	2.2381
<b>c</b>	5.6036	5.6485	1.8922	5.4272	5.4297	1.3671	6.5500	6.6588	2.6366
<b>P<sub>m</sub></b>	75.263	75.263	75.263	66.853	66.853	66.853	123.307	123.307	123.307
<b>P<sub>d</sub></b>	176.179	143.738	75.069	130.528	127.681	66.885	322.55	235.496	122.529

Tablo 2’de elde edilen verilere göre; ölçüm yapılan bölgenin Eylül, Ekim, Kasım ayları için ham rüzgar verilerinin ortalama güç yoğunluğu değerleri sırasıyla  $75.263 W/m^2$ ,  $66.853 W/m^2$  ve  $123.307 W/m^2$  iken, bölgede Eylül, Ekim, Kasım ayları için Weibull dağılımı verilere uygulandığında en yüksek ortalama güç yoğunluğu değerlerinin sırasıyla  $176.179 W/m^2$ ,  $130.528 W/m^2$  ve  $322.55 W/m^2$  olacağı tahmin edilmiştir. MLE yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait şekil parametresi “k”, ölçek parametresi “c (m/s)”, ortalama güç yoğunluğu “ $P_m (W/m^2)$ ” ve dağılımlardan elde edilen ortalama güç yoğunluğu “ $P_d (W/m^2)$ ” değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** MLE yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait değerler

Aylar	Eylül			Ekim			Kasım		
	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma
<b>k</b>	1.7143	2	2.6043	1.9442	2	2.8666	1.5453	2	2.0770
<b>c</b>	5.6339	5.8762	1.9220	5.4202	5.4528	1.6786	6.5711	7.098	2.8412
<b>P<sub>m</sub></b>	75.263	75.263	75.263	66.853	66.853	66.853	123.307	123.307	123.307
<b>P<sub>d</sub></b>	172.547	161.844	75.043	130.969	129.309	66.768	319.086	285.231	122.154

Tablo 3’te elde edilen verilere göre; ölçüm yapılan bölgenin Eylül, Ekim, Kasım ayları için ham rüzgar verilerinin ortalama güç yoğunluğu değerleri sırasıyla  $75.263 W/m^2$ ,  $66.853 W/m^2$  ve  $123.307 W/m^2$  iken, bölgede Eylül, Ekim, Kasım ayları için Weibull dağılımı verilere uygulandığında en yüksek ortalama güç yoğunluğu değerlerinin sırasıyla  $172.547 W/m^2$ ,  $130.969 W/m^2$  ve  $319.086 W/m^2$  olacağı tahmin edilmiştir.

Moment yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait hız değeri “ $V_m (m/s)$ ”, dağılımlardan elde edilen ortalama hız değeri “ $V_d (m/s)$ ”, standart sapma değeri “ $\sigma_m (m/s)$ ”, ve dağılımlardan elde edilen ortalama standart sapma “ $\sigma_D (m/s)$ ” değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 4.** Moment yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait değerler

Aylar	Eylül			Ekim			Kasım		
	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma
$V_m$	5.0058	5.0058	5.0058	4.8119	4.8119	4.8119	5.9012	5.9012	5.9012
$V_d$	5.0058	5.0058	5.0058	4.8119	4.8119	4.8119	5.9012	5.9012	5.9012
$\sigma_m$	3.0778	3.0778	3.0778	2.5650	2.5650	2.5650	3.9448	3.9448	3.9448
$\sigma_D$	3.0778	2.6166	3.0776	2.5650	2.5153	2.5648	3.9448	3.0847	3.9445

Tablo 4’te standart sapma ve dağılımlardan elde edilen ortalama standart sapma değerleri ele alındığında; Rayleigh dağılımı için Eylül, Ekim, Kasım aylarında sırasıyla %17.62, %1.97 ve %27.88 iyileşme oranları tahmin edilmektedir.

Dağılımlar yoluyla yapılan tahminlerin sonucunda, bu yüzdesel iyileşmelerle rüzgar hızları daha kararlı olacaktır ve ölçümlerde oluşabilecek hata oranının enerji üretim tahminlerindeki etkisi azalacaktır. MLE yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait hız değeri “ $V_m$  (m/s)”, dağılımlardan elde edilen ortalama hız değeri “ $V_d$  (m/s)”, standart sapma değeri “ $\sigma_m$  (m/s)”, ve dağılımlardan elde edilen ortalama standart sapma “ $\sigma_D$  (m/s)” değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** MLE yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımlara ait değerler

Aylar	Eylül			Ekim			Kasım		
	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma
$V_m$	5.0058	5.0058	5.0058	4.8119	4.8119	4.8119	5.9012	5.9012	5.9012
$V_d$	5.0240	5.2077	5.0058	4.8065	4.8324	4.8119	5.9119	6.2906	5.9012
$\sigma_m$	3.0778	3.0778	3.0778	2.5650	2.5650	2.5650	3.9448	3.9448	3.9448
$\sigma_D$	3.0188	2.7222	3.1018	2.5772	2.5260	2.8421	3.9056	3.2882	4.0947

Tablo 5’te ortalama hız ve dağılımlardan elde edilen ortalama hız değerleri ele alındığında; Rayleigh dağılımı için Eylül, Ekim, Kasım aylarında sırasıyla %4.03, %0.42 ve %6.59 oranlarında artış görülmektedir. Dağılımlar yoluyla yapılan tahminlere göre; ortalama rüzgar hızının artması dolayısıyla enerji üretim yoğunluğunun daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

Ayrıca standart sapma ve dağılımlardan elde edilen ortalama standart sapma değerleri analiz edildiğinde; Rayleigh dağılımı için Eylül, Ekim, Kasım aylarında sırasıyla %13.06, %1.54 ve %19.96 iyileşme oranları tahmin edilmektedir. Dağılımlar yoluyla yapılan tahminlere göre; bu yüzdesel iyileşmelerle rüzgar veri hızlarının daha kararlı olacak ve ölçümlerde oluşabilecek hata oranının enerji üretim tahminlerindeki etkisi azalacaktır. Moment yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımların; RMSE,  $\chi^2$  ve  $R^2$  uyum iyiliği testlerinin sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6.** Moment yöntemi için uyum iyiliği testlerinin sonuçları

Aylar	Eylül			Ekim			Kasım		
	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma
<b>RMSE</b>	0.01805	0.01399	0.01727	0.01829	0.01794	0.02256	0.01829	0.01659	0.01817
$\chi^2$	0.00035	0.00021	0.00032	0.00036	0.00035	0.00055	0.00036	0.00030	0.00036
$R^2$	0.88114	0.92846	0.89107	0.88741	0.89159	0.82857	0.83208	0.86184	0.83434

RMSE,  $\chi^2$  kriterleri en küçük değerlerine göre en iyi dağılımı belirlemektedir.  $R^2$  kriteri ise bir modelin tahmin gücünün ölçüsü olarak 0 ve 1 arasında değişmektedir.  $R^2$  kriterinin 1'e yaklaşması modelin tahmin gücünün arttığının göstergesidir.

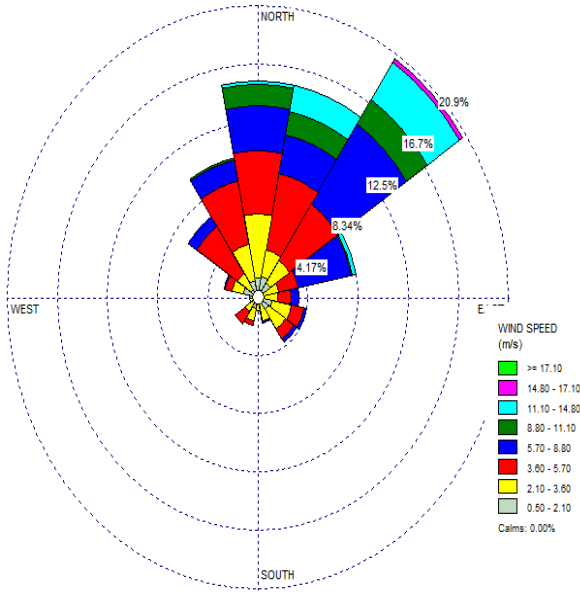
Tablo 6'da RMSE,  $\chi^2$  ve  $R^2$  uyum iyiliği test kriterleri incelendiğinde; Eylül, Ekim, Kasım ayları için Rayleigh dağılımının daha başarılı modelleme yaptığı ve uygun yaklaşım getirdiği görülmektedir. MLE yöntemi ile parametreleri belirlenen dağılımların; RMSE,  $\chi^2$  ve  $R^2$  uyum iyiliği testlerinin sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** MLE yöntemi için uyum iyiliği testlerinin sonuçları

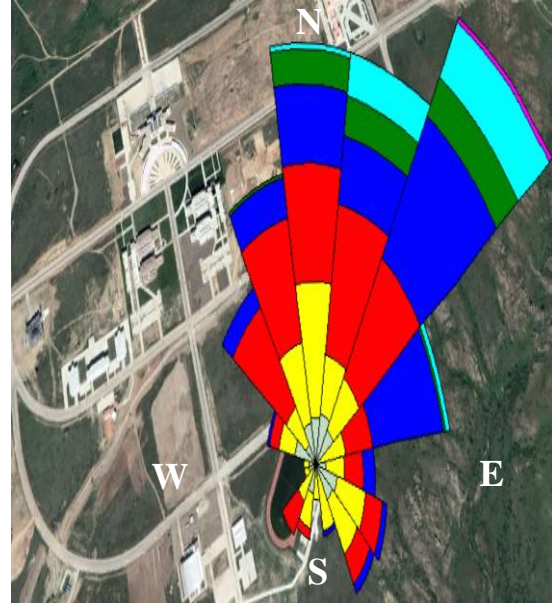
Aylar	Eylül			Ekim			Kasım		
	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma	Weibull	Rayleigh	Gamma
<b>RMSE</b>	0.01716	0.01401	0.01754	0.01846	0.01773	0.02359	0.01801	0.01768	0.01897
$\chi^2$	0.00032	0.00021	0.00033	0.00037	0.00034	0.00060	0.00035	0.00034	0.00039
$R^2$	0.89252	0.92837	0.88764	0.88529	0.89414	0.81259	0.83725	0.84306	0.81931

RMSE,  $\chi^2$  kriterleri en küçük değerlerine göre en iyi dağılımı belirlemektedir.  $R^2$  kriteri ise bir modelin tahmin gücünün ölçüsü olarak 0 ve 1 arasında değişmektedir.  $R^2$  kriterinin 1'e yaklaşması modelin tahmin gücünün arttığının göstergesidir. Tablo 7'de RMSE,  $\chi^2$  ve  $R^2$  uyum iyiliği test kriterleri incelendiğinde; Eylül, Ekim, Kasım ayları için Rayleigh dağılımının daha başarılı modelleme yaptığı ve uygun yaklaşım getirdiği görülmektedir.

Rüzgârın hız, frekans ve yön dağılımları WRPLOT programı yardımı ile oluşturulmuştur. Eylül ayma ait rüzgar gülü grafiği Şekil 3.a'da gösterilmiştir. Eylül ayına ait kampüs alanının harita üzerindeki rüzgar krokisi Şekil 3.b'de gösterilmiştir.

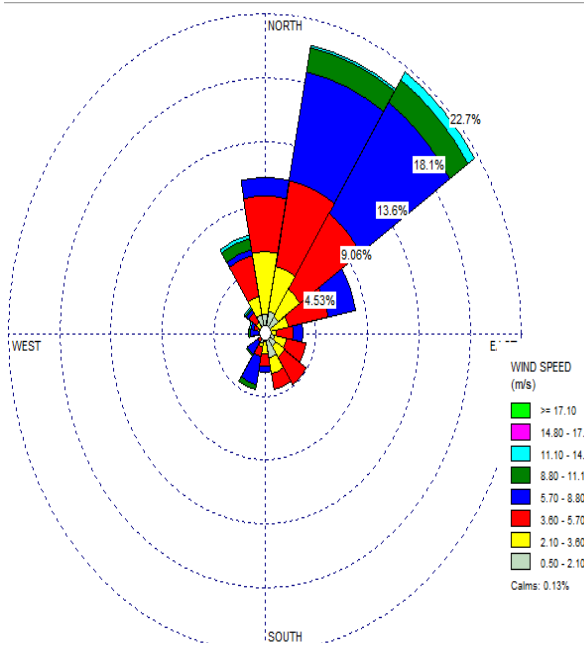


Şekil 3.a Rüzgar gülü grafiği

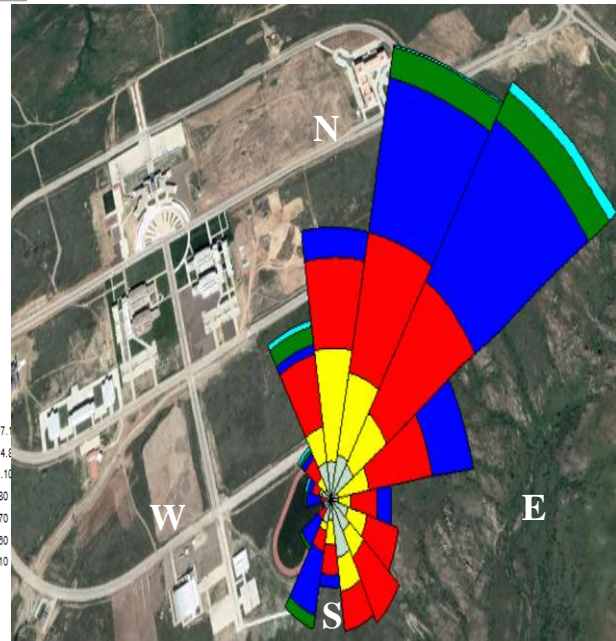


Şekil 3.b Kampüs alanı rüzgar krokisi

Ekim ayına ait rüzgar gülü grafiği Şekil 4.a'da gösterilmiştir. Ekim ayına ait kampüs alanının harita üzerindeki rüzgar krokisi Şekil 4.b'de gösterilmiştir.



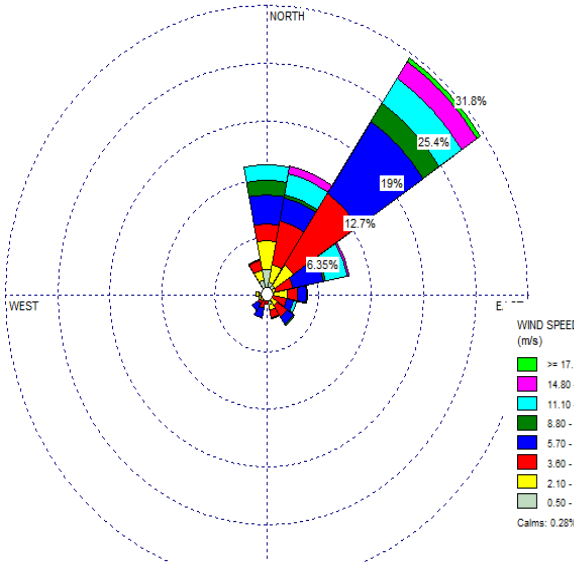
Şekil 4.a Rüzgar gülü grafiği



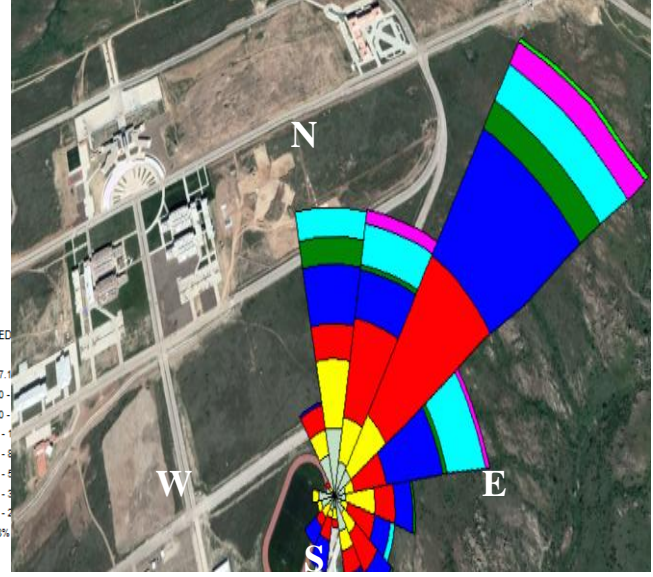
Şekil 4.b Kampüs alanı rüzgar krokisi



Kasım ayına ait rüzgar gülü grafiği Şekil 5.a'da gösterilmiştir. Kasım ayına ait kampüs alanının harita üzerindeki rüzgar krokisi Şekil 5.b'de gösterilmiştir.



Şekil 5.a Rüzgar gülü grafiği



Şekil 5.b Kampüs alanı rüzgar krokisi

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 2018 yılı sonbahar dönemi için kampüs içerisinde konumlandırılan rüzgar ölçüm istasyonundan, 5 dakika aralıklarla ölçülen ortalama rüzgar hızı verileri kullanılarak Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsü'nün dönemsel rüzgar enerji potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bölgenin rüzgar enerjisi potansiyel tahmininde Weibull, Rayleigh ve Gamma dağılımları kullanılmıştır. Bu dağılımlarının parametreleri, Moment ve MLE yöntemleri ile hesaplanmıştır. RMSE,  $\chi^2$  ve  $R^2$  yaklaşım metodları dağılımların uyum iyiliği testlerini belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Çalışma sonuçları özetlenecek olursa;

Çalışılan aylar için dağılımların moment ve MLE methoduna göre k ve c parametreleri hesaplanmıştır.

Dağılımlardan elde edilen en yüksek ortalama güç yoğunluğu değerleri; Eylül ayı için moment metodu ile hesaplanan Weibull dağılımında  $176.179 W/m^2$ , Ekim ayı için MLE metodu ile hesaplanan Weibull dağılımında  $130.969 W/m^2$ , Kasım ayı için moment metodu ile hesaplanan

Weibull dağılımında  $322.550 W/m^2$  şeklindedir.

Ham rüzgar verilerinden en yüksek ortalama hızın Kasım ayında  $5.9012 m/s$  olduğu görülmektedir. Dağılımların istatistiksel analizleri sonucunda Kasım ayı için MLE metodu ile hesaplanan Rayleigh dağılımında  $6.2906 m/s$ 'ye ulaşılabileceği tahmin edilmiştir.

$R^2$  kriteri bir modelin tahmin gücünün ölçüsü olarak 0 ve 1 değerleri aralığında değişmektedir.  $R^2$  kriterinin 1'e yaklaşması modelin tahmin gücünün arttığına göstergesidir. Dağılımlardan elde edilen moment metodu için  $R^2$  kriteri ele alındığında; Eylül ayı için Rayleigh dağılımında 0.92846, Ekim ayı için Rayleigh dağılımında 0.89159 ve Kasım ayı için Rayleigh dağılımında 0.86184 şeklindedir.

Dağılımlardan elde edilen MLE metodu için  $R^2$  kriteri ele alındığında; Eylül ayı için Rayleigh dağılımında 0.92837, Ekim ayı için Rayleigh dağılımında 0.89414 ve Kasım ayı için Rayleigh dağılımında 0.84306 şeklindedir.

Ölçülen aylara ait rüzgargülü grafikleri incelendiğinde; Eylül ayı için baskın olan yönün 1758 adet ölçüm ile Kuzey-Doğu ( $45^\circ$ ), Ekim ayı için 1960 adet ölçüm ile Kuzey-Doğu ( $45^\circ$ ), Kasım ayı için 2468 adet ölçüm ile Kuzey-Doğu ( $45^\circ$ ) olduğu bulunmuştur.

Analiz sonucunda her iki yöntem için de en yüksek aylık güç yoğunluğu değerleri sırasıyla Weibull, Rayleigh ve Gamma dağılımlarından tahmin edilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre, ülkemizde yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve  $7.5 m/s$  üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 Megawatt gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. 25 metre yüksekliğe sahip ölçüm istasyonundan alınan verilerin dönemsel istatistiksel analizi yapıldığında elde edilen hız değerleri umut vericidir. Ölçüm alınan yüksekliklerdeki rüzgar hızlarının seçilecek olan türbinin göbek yüksekliğine taşınması bazı katsayılar yardımıyla mümkündür. Daha sağlıklı bir değerlendirmeye varabilmek için bölgenin yıllık potansiyelinin istatistiksel analiz sonuçlarının elde edilmesi gerekmektedir.

**KAYNAKLAR**

- [1] Küçükkalay A.M., Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi, S.2(Güz), S 51–68, 1997.
- [2] Hocaoğlu, F. O. ve Kurban, M., Rüzgar Gücünden Elektrik Enerjisi Üretimi için Rüzgar Türbini Tasarımı, 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, 2005.
- [3] İlkılıç, C., Türkbay, İ., Determination and utilization of wind energy potential for Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, C 14, S 2202-2207, 2010.
- [4] Toklu, M., Rüzgar Enerjisi Ve Elazığ Şartlarında Bir Rüzgar Santrali Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [5] Lipman, N.H., Musgrove, P.J., Wind Energy for the Eighties, England., 1982.
- [6] [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf), Erişim Tarihi: 27.11.2018
- [7] Şenel, M. C., Koç, E., Dünyada ve Türkiye’de rüzgar enerjisi durumu-Genel değerlendirme, Mühendis ve Makine, C 56, S 46-56, 2015.
- [8] [http://www.emo.org.tr/ekler/34427e6be0fae4a\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/34427e6be0fae4a_ek.pdf), Erişim Tarihi: 28.11.2018
- [9] Çelik, A. N., Review of Turkey’s current energy status: A case study for wind energy potential of Çanakkale province, Renewable and Sustainable Energy Reviews, C 15 S 2743-2749, 2011.
- [10] [https://www.tureb.com.tr/files/tureb\\_sayfa/duyurular/2018/03/turkiye\\_ruzgar\\_enerjisi\\_istatistik\\_raporu\\_ocak\\_2018.pdf](https://www.tureb.com.tr/files/tureb_sayfa/duyurular/2018/03/turkiye_ruzgar_enerjisi_istatistik_raporu_ocak_2018.pdf) Erişim Tarihi: 30.11.2018
- [11] Kurban, M., Kantar Y.M., Hocaoğlu, F.O., Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Araştırılmasında Weibull Ve Rayleigh Dağılımlarının Kullanılması, Sakarya University Journal of Science, C 10, S 14-21, (2006).
- [12] Kurban, M., Hocaoğlu, F.O, Kantar Y.M., Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Tahmininde Kullanılan İki Farklı İstatistiksel Dağılımın Karşılaştırmalı Analizi, Pamukkale University Journal Of Engineering Science, C 13, S 103-109, 2007.
- [13] Bilgili, M., Şahin B., Şimşek E., Türkiye’nin Güney, Güneybatı Ve Batı Bölgelerindeki Rüzgar Enerjisi Potansiyeli, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, C 30 S 01-12, 2010.
- [14] Talayoğlu, S., Denizli İlinin Tavas İlçesine Ait Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Hesaplanması Ve Ekonomik Analiz, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [15] Gülersoy, T., Çetin N.S., Menemen Bölgesinde Rüzgar Türbinleri için Rayleigh ve Weibull Dağılımlarının Kullanılması, Politeknik Dergisi, C 13, S 209-213, 2010.
- [16] Güngör A., Evaluation Of The Studies Carried Out On Wind Characteristics Of The Western Part Of Turkey, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, C 1, S 41-49, 2012.
- [17] Yazar, A.H., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüsünde Rüzgâr Enerjisi

Verimliliğinin İzlenmesi Ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

[18] Taşkın, B., Niğde İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santralinin Fiziksel ve Ekonomik Analizi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

[19] Mert, İ., Karakuş, C., Antakya Bölgesinde Rüzgâr Gücü Yoğunluğu ve Rüzgâr Hızı Dağılımı Parametrelerinin İstatistiksel Analizi, Politeknik Dergisi, C 18, S 35-42, 2015.

[20] Akkoyunlu, T., Bodrum, Menteşe, Milas, Yatağan İlçelerinin Rüzgâr Verilerinin Analiz Edilmesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2015.

[21] Kaplan Y.A., Rayleigh Ve Weibull Dağılımları Kullanılarak Osmaniye Bölgesinde Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C 20, S 62-71, 2016.

[22] Korukçu M.Ö., Investigation of long term wind characteristics and wind energy potential in Bandırma, Turkey, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, C 23, S 337-342, 2017.

[23] Emeksiz, C., Doğan Z., Gökrem L., Yavuz A.H., Tokat Bölgesi Rüzgar Karakteristiğinin İstatistiksel Yöntemler İle İncelenmesi, Politeknik Dergisi, C 19, S 481-489, 2016.

[24] Akpınar, A., Assessment of wind power potential along the south western Black Sea coasts, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C 20, S 573-589, 2016.

[25] Gökdemir A., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Merkez Kampüsü Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2017.

[26] Çağlar, A., Investigation of Wind Characteristics for Antalya Region by Using Weibull Distribution, Cumhuriyet Science Journal, C 38, S 156-164, 2017.

[27] Jaramillo O. A. Borja M. A., Wind speed analysis in La Ventosa, Mexico: a bimodal probability distribution case, Renewable Energy, C 29, S 1613-1630, 2004.

[28] Sarkar, A., Singh, S., Mitra, D., Wind climate modeling using Weibull and extreme value distribution, International Journal of Engineering Science and Technology, C 3, S 100-106, 2011.

[29] Olaofe, Z. O., Folly, K. A., Statistical Analysis of Wind Resources at Darling for Energy Production, International Journal of Renewable Energy Research, C 2, S 250-261, 2012.

[30] Yong, H. O. U., Yidong, P. E. N. G., Johnson, A. L., Jing, S. H. I., Empirical Analysis of Wind Power Potential at Multiple Heights for North Dakota Wind Observation Sites, Energy Science & Technology, C 4, S 1-9, 2012.

[31] Cliff, W. C., The Effect of generalized wind characteristics on annual power estimates from wind turbine generators, PNL-2436 Battelle Pacific Northwest Laboratory, Washington, 1977.

[32] Paulo, A.C.R., Ricardo C.S., Carla F.A., Maria E.V.S., Comparison of seven numerical methods for

determining Weibull parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil, *Applied Energy*, C 89, S 395-400, 2012.

[33] Seguro, J.V., Lambert T.W, Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, C 85, S 75-84, 2000.

[34] Chang T. P., Performance comparison of six numerical methods in estimating Weibull parameters for wind energy application, *Appl Energy*, C 88, S 272-282, 2011.

[35] Wilks, D.S., *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, C 91, San Francisco, 2006.

[36] Akpınar E.K., Akpınar S., Determination of the wind energy potential for Maden-Elazığ, Turkey, *Energy Conversion and Management*, C 45, S 2901-2914, 2004.

[37] Li M, Li X. Investigation of wind characteristics and assessment of wind energy potential for Waterloo region, Canada. *Energy Conversion and Management*, C 46, 3014-30033, 2005.

[38] Ulgen K, Genc A, Hepbasli A, Oturanc G. Assessment of wind characteristics for energy generation. *Energy Sources*, C 26, S 1227-1237, 2004.

## AGARICUS CAMPESTRIS, PLEUROTUS ERYNGII VE LACTARIUS DELICIOSUS MANTARLARININ ANTIOKSİDAN ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Özge Özcan<sup>\*1</sup>, Burçak Tunçakın, Figen Ertan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, Türkiye

<sup>2</sup>Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye

### Özet

*Agaricus campestris*, *Pleurotus eryngii* ve *Lactarius deliciosus* Trakya bölgesinde doğal olarak yetişebilen mantar türleridir. Mantarlar yüzyıllardır besin kaynağı olarak ve tıbbi amaçla kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada mantar örneklerinin metanol ve aseton ekstraktlarının DPPH radikalini süpürme etkileri, toplam fenolik madde miktarları ve indirgeme gücü kapasiteleri çalışılmıştır. DPPH radikalini süpürme etkileri göz önünde bulundurulduğunda konsantrasyona bağlı olarak aktiviteleri artmıştır. En yüksek süpürme etkisi % 39,86± 2,07 ile *P. eryngii*'nin aseton ekstraktında görülmüştür. Mantar örneklerinin aseton ve metanol ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarlarının 23,25±0,35-28±0,7 µg GAE/mg ekstre arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek indirgeme gücü kapasitesi gösteren örnek 1000 µg/mL'lik konsantrasyonda 0,400±0,021 µg/mL ile *P. eryngii*'nin aseton ekstraktı olmuştur, bu örneği *P. eryngii*'nin metanol ekstraktı (0,259±0,030) ve *L. deliciosus*'un aseton ekstraktı (0,134±0,010) takip etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mantar, Antioksidan, DPPH

### Abstract

*Agaricus campestris*, *Pleurotus eryngii* and *Lactarius deliciosus* are species of fungi that naturally grow in the Thrace region. Mushrooms have been used for food and medical purposes for centuries. In this study, the DPPH scavenging activity, the total phenolic substance contents and the reducing power capacities on the methanol and acetone extracts of the mushroom samples were studied. When the DPPH radical scavenging activities are taken into account, the activity is increased depending on the concentration. The highest scavenging activity was found in the acetone extract of *P. eryngii* with 39.86 ± 2.07 %. It was determined that the total phenolic substances in acetone and methanol extracts of mushroom samples varied between 23,25 ± 0,35-28 ± 0,7 µg GAE / mg extract. The sample showing the highest reducing power capacity was an acetone extract of *P. eryngii* with a concentration of 0,400 ± 0,021 µg/mL at a concentration of 1000 µg/mL followed by the methanol extract of *P. eryngii* (0.259 ± 0.030) and the acetone extract of *L. deliciosus* (0.143 ± 0.010).

**Keywords:** Mushroom, Antioxidant, DPPH

\*Sorumlu Yazar: ozge.ozcan@klu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Basidiomycetes sınıfında yaklaşık olarak 10.000 şapkalı mantar türü tanımlanmıştır. Bunların 5000'i yenilebilen mantar iken, 1800 türünün tıbbi öneme sahip olduğu ifade edilmektedir [1]. Mantarlar yüzyıllardır besin kaynağı olarak kullanılmaktadırlar [2]. Mantarlar  $\beta$ -glukan, proteoglukan, lektin, fenolik bileşikler, flavonoidler, polisakkaritler, triterpenoidler, lentinan, şizofilan, lovastatin, pleuran, steroidler, glikopeptidler, terpenler, saponinler, ksanonlar, kumarinler, alkaloidler, kalvasin, volvotoksin, flammütoksin gibi maddeler bakımından zengin besin kaynaklarıdır ve bu içerikler sayesinde antimikrobiyal, antiviral, antikanser, antitümör antiinflammatuar, immunomodülatör etki göstermektedirler [3].

Bir antioksidan, bir oksitlenebilir substrat ile karşılaştırıldığında düşük konsantrasyonlarda mevcut olduğunda, bu substratın oksitlenmesini önemli ölçüde geciktiren veya önleyen herhangi bir madde olarak tanımlanabilir [4]. Antioksidanlar metabolizmanın bir ürünü olan serbest radikalleri nötralize ederler. Serbest radikaller, son yörüngesinde eşleşmemiş elektron bulunduran moleküllerdir. Yüksek oranda reaktiftirler. Proteinler, lipidler, karbonhidratlar ve DNA ile reaksiyona girmeye eğilimlidirler [5].

Antioksidan bileşikler, ateroskleroz, diyabet, kanser ve siroz gibi yaşlanma ve hastalıklarla ilgili serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasarı önler. Antioksidan içeren veya antioksidan enzim aktivitesini arttıran mantarlar insanlardaki oksidatif hasarı azaltmak için kullanılabilirler [6]. Sentetik antioksidanlar vücudun belli bölgelerinde birikim yaparak karsinogenez ve karaciğer hasarına neden olmaktadır. Bu tip problemler bitkilerden, baharatlardan elde edilen doğal antioksidanlar kullanıldığında görülmez. Bu nedenle sebzeler, meyveler, tohumlar, mantarlar, odunlar, kabuklar, kökler, yaprak baharatları ve ot gibi bitki materyalleri potansiyel antioksidan madde kaynağı olarak görülmekte ve sıklıkla çalışılmaktadır [7].

Tadı, lezzeti, besin değeri ve eşsiz dokusu sayesinde yenilebilir mantarlar yemeklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tatlandırıcılar, marineli olarak, çorba, sos, ve et yemeklerinde başarılı olarak kullanılmaktadırlar. Kalori bakımından düşük olması ve içeriklerindeki sindirilebilen glikojenin yanı sıra, diyet lifi, selüloz, kitin, mannan ve glukan gibi sindirilemeyen moleküllerin de diyet eklenmesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir [8].

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Mantarlar

Bu çalışmada Trakya Bölgesinde doğal olarak yetişebilen mantar türlerinden *Agaricus campestris* (çayır mantarı), *Pleurotus eryngii* (kral mantarı), *Lactarius deliciosus*'un (kanlıca mantarı, çam melkisi) antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir. Mantarlar Akya Mantar Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Mantar örnekleri -20°C'de dondurularak saklanmıştır.

### 2.2. Ekstraktların Hazırlanışı

Mantar örnekleri oda sıcaklığına getirilerek çözünmeleri beklenmiş ve homojenize edilerek tartılmışlardır. Her bir mantar için ayrı ayrı aseton ve metanol 1:5 oranında eklenerek, oda sıcaklığında 24 saat 120 rpm'de çalkalanmıştır. Whatman No:1 filtre kâğıdından karışımlar süzölmüş ve süzöntü karanlıkta muhafaza edilmiştir. Süzöntüden arta kalan mantar örneklerinin üzerine 1:5 oranında aseton ve metanol ayrı ayrı ilave edilmiş ve ekstraksiyon işlemi tekrar edilmiştir. Süzöntü örnekleri birleştirilmiş ve evaporatorda 40°C'de aseton ve metanol uçurularak ekstraktlar elde edilmiştir. Kullanılana kadar ekstraktlar 4°C'de muhafaza edilmiştir [9].

### 2.3. DPPH Radikali Süpürme Etkisinin Belirlenmesi

1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikali süpürme etkisini belirlemek amacı ile Blois'in metodu kullanılmıştır [10]. Bu metoda göre ekstraktların iyon verme kabiliyetleri arttıkça mor renkli DPPH radikalinin rengi giderek açılmaktadır ve ölçölen absorbans değeri giderek düşmektedir. Her bir örnekten 100µg/mL, 250 µg/mL, 500 µg/mL,750 µg/mL,1000 µg/mL'lik konsantrasyonlar hazırlanmış ve hazırlanan bu konsantrasyonlardan 1'er mL alındıktan sonra 4mL 0,1mM DPPH'e eklenmiştir. 30 dakika karanlıkta bekletilip 517nm deki absorbans değeri ölçölmüştür. Her bir örnek için üç tekrar çalışılmıştır. Negatif kontrol olarak etanol ve metanol, pozitif kontrol olarak ise Butylated hydroxytoluene (BHT) ve Butylated hydroxyanisole (BHA) kullanılmıştır.

% DPPH radikali giderme aktivitesi aşağıda verilen formöl ile hesaplanmıştır:

$$\% \text{DPPH Radikali Giderme Aktivitesi} = \frac{\text{Kontrolün Absorbansı} - \text{Örneğın Absorbansı}}{\text{Kontrol Absorbansı}} \times 100$$



## 2.4. Toplam Fenolik Madde Tayini

Çalışılan mantar örneklerinin toplam fenolik madde miktarını belirlemek için Folin-Ciocalteu Reaktifi (FCR) kullanılmıştır [11]. Toplam fenolik madde miktarını belirlemek için her örnekten 1mg/mL'lik konsantrasyonlar hazırlanmıştır. Bu örneklerin üzerine 1 mL Folin-Ciocalteu Reaktifi ve 45 mL su eklenmiştir. Karışım vortekslelendikten sonra 2 saat oda koşullarında 250 rpm'de bekletilmiştir ve 760 nm de absorbans ölçümleri alınmıştır. Pozitif kontrol olarak gallik asidin 50 µg/mL, 100 µg/mL, 200 µg/mL, 300 µg/mL, 400 µg/mL, 500 µg/mL'lik konsantrasyonları kullanılmıştır.

## 2.5. İndirgeme Gücü Kapasitesi

Mantar türlerinin indirgeme gücü kapasitelerini belirlemek amacı ile Oyaizu metodu kullanılmıştır. Bu yöntem ekstraktlarda bulunan indirgen maddenin  $Fe^{3+}$  iyonlarını  $Fe^{2+}$  iyonlarına indirgemesiyle ve  $FeCl_3$  ilavesiyle Prusya mavisi renk oluşması prensibine dayanmaktadır. Absorbans değerinin yüksekliği yüksek indirgeme gücünü ifade etmektedir. Ekstraktlardan 100 µg/mL, 250 µg/mL, 500 µg/mL, 750 µg/mL, 1000 µg/mL'lik konsantrasyonlar hazırlanmış ve her birinden 1'er mL alınmıştır. Alınan örneklere 2,5 mL 0,2M pH 6,6 fosfat tamponu ve 2,5 mL %1'lik  $K_3Fe(CN)_6$  ilave edilmiştir. Elde edilen karışım 20 dakika 50 °C'de bekletilmiştir. Bekleme süresinin ardından karışımdan alınan 1 mL örneğe 1 mL distile su ve 0,2 mL %1'lik  $FeCl_3$  ilave edilmiş ve 700 nm'de absorbans ölçümleri yapılmıştır. Pozitif kontrol olarak BHA, BHT ve C vitamini kullanılmıştır [12].

## 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Trakya Bölgesinde doğal olarak yetişebilen *Agaricus campestris* (çayır mantarı), *Pleurotus eryngii* (kral mantarı) ve *Lactarius deliciosus* (kanlıca mantarı, çam melkisi) mantarlarının antioksidan özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma planlanmıştır. Bu amaçla birçok antioksidan aktivite belirleme metodu içinden DPPH radikali süpürme etkisi, toplam fenolik madde miktarı belirlenmesi ve indirgeme gücü kapasitesi yöntemleri tercih edilmiştir. DPPH radikali süpürme etkisi, DPPH radikalinin 517'nm de absorbansındaki azalmayı ölçerek kısa sürede bileşiklerin antioksidan aktivitesinin belirlenmesini sağlar. Toplam fenolik içerik, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak belirlendi. İndirgeme gücü kapasitesi ise örneklerin ferrik

bileşiklerle karıştırıldıktan sonra 700 nm’de absorbanslarını ölçmek üzere belirlendi. Yüksek absorbans, yüksek indirgeme gücü kapasitesini göstermektedir. Tüm mantar örnekleri kurutulmadan, taze forma en yakın halde ve sap ve baş kısımları ayrılmaksızın bütün olarak çalışılmıştır.

### 3.1. DPPH Radikali Süpürme Etkisinin Belirlenmesi

DPPH radikali süpürme yöntemi, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha kısa sürede sonuç vermesi gibi özelliklerinden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir [13]. Hidroksil radikali süperoksit anyonu gibi laboratuvar tarafından üretilen serbest radikallerin aksine, DPPH, metal iyon şelatlama ve enzim inhibisyonu gibi belirli yan reaksiyonlardan etkilenmemesi avantajına sahiptir. DPPH çözeltisi 517’nm de maksimum absorbans göstererek mor renk oluşumu gözlenir ve ortamda antioksidan bulunduğunda absorbans düşerek, mor rengin açılması ile sonuçlanır. Antioksidan moleküller, DPPH serbest radikallerini hidrojen atomu veya elektron bağışı yaparak nötralize ederler [14].

Çalışılan mantar örneklerinin DPPH radikalini süpürme etkileri konsantrasyon arttıkça artmıştır. Mantar türlerinin DPPH süpürme etkileri Tablo.1’de sunulmuştur. En yüksek inhibisyon gösteren örnek %39,86± 2,07 ile *P. eryngii* mantarının aseton ekstraktlarıdır. Standart olarak kullanılan BHA’nın en yüksek konsantrasyonda (1000µg/mL) süpürme etkisi %98.31±0 olarak ölçülmüştür. Metanol ekstraktlarının aktiviteleri karşılaştırıldığında *A. campestris* %32,24± 01,57, *P. eryngii* % 23,46± 0,32, *L. deliciosus* %4,58± 1,49 olarak sıralandığı görülmüştür. Aseton ekstraktları ise; *P. eryngii* %39,86± 2,07, *A. campestris* %26,00± 1,04 ve *L. deliciosus* 9,25± 1,68 olacak şekilde süpürme etkisi göstermiştir. Yıldırım ve arkadaşlarının çalışmasında *P. Eryngii*’nin metanolik ekstraktının 500 µg mL<sup>-1</sup>’lik konsantrasyonunun farklı bölgelerden toplanan örneklerde, bu çalışmada olduğu gibi % 39.13±5.71- % 25.08±0.62 arasında değiştiği görülmüştür [15]. *P. eryngii*’nin %100’lük misel ekstraktı ile yapılan bir çalışmada DPPH süpürme etkisi %67,4 olarak belirtilmiştir [16]. Keleş ve arkadaşlarının çalışmasında *Pleurotus* cinsinin farklı bir türünde 25mg/mL’lik konsantrasyonda inhibisyon değeri %86,35 olacak şekilde ifade edilmiştir [14]. Barros ve arkadaşlarının çalışmasındaki inhibisyon değerlerinin yüksek olması çalışılan konsantrasyonun bu çalışmadakinden 50 kat fazla olması ile ilişkilendirilebilir [17]. *A. campestris* ile yapılan çalışmada IC<sub>50</sub> değeri (radikalin %50’sini nötralize eden maddenin mg/mL

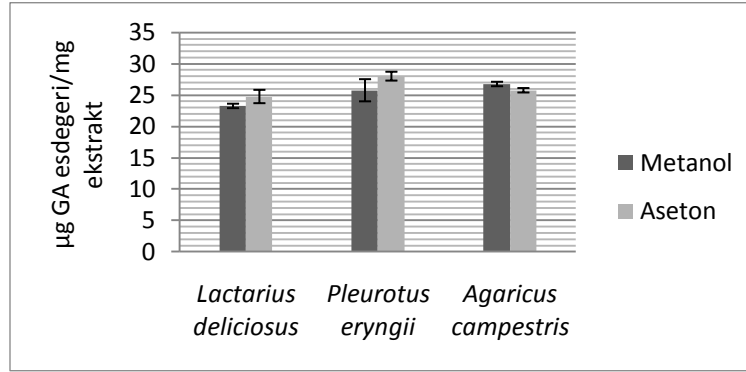
cinsinden değeri)  $1,18 \pm 0,05$  olarak ifade edilmiştir [18]. Woldegiorgis ve arkadaşlarının çalışmasında *A. campestris*'in  $IC_{50}$  değeri (mg/mL) 1,4 olarak bulunmuştur [19].

**Table 1** Mantar türlerinin DPPH serbest radikalini süpürme etkileri (%)

Mantar Türleri	Çözücü	Ekstrakt Konsantrasyonu ( $\mu\text{g/mL}$ )				
		1000	750	500	250	100
<i>L. deliciosus</i>	Metanol	$4,58 \pm 1,49$	$2,64 \pm 0,28$	$2,14 \pm 0,47$	$1,80 \pm 0,53$	$0,14 \pm 0,47$
	Aseton	$9,25 \pm 1,68$	$4,88 \pm 1,35$	$3,53 \pm 0,62$	$2,03 \pm 0,08$	$0,07 \pm 0,61$
<i>P. eryngii</i>	Metanol	$23,46 \pm 0,32$	$18,61 \pm 1,86$	$10,27 \pm 0,74$	$4,00 \pm 0,53$	$3,56 \pm 7,39$
	Aseton	$39,86 \pm 2,07$	$30,20 \pm 0,75$	$20,78 \pm 0,46$	$8,44 \pm 2,38$	$1,56 \pm 0,45$
<i>A. campestris</i>	Metanol	$32,24 \pm 01,57$	$23,15 \pm 1,21$	$15,19 \pm 0,85$	$7,66 \pm 1,60$	$1,73 \pm 0,84$
	Aseton	$26,00 \pm 1,04$	$19,36 \pm 0,77$	$12,95 \pm 0,79$	$5,42 \pm 0,83$	$0,03 \pm 0,05$
Standarts	BHA	$98.31 \pm 0$	$95.42 \pm 0.56$	-	-	-
	BHT	$63.81 \pm 0$	$73.55 \pm 0.22$	-	-	-
	C vitamini	$95.80 \pm 0.52$	$96.45 \pm 0$	-	-	-

### 3.2. Toplam Fenolik Madde Tayini

Bitkisel materyallerin antioksidan aktivitelerinin, içeriklerindeki fenolik bileşiklerle orantılı olduğu, birçok çalışmada gösterilmiştir [14, 19, 20, 21, 22]. Çalışmada kullanılan mantar türlerinin aseton ve metanol ekstraktlarındaki toplam çözünebilir fenolik madde miktarı, Folin Ciocalteu reaktifi (FCR) ile tayin edilmiştir. Gallik asit kullanılarak standart grafik hazırlanmıştır. Bu standart grafik ile örneklerin toplam fenolik madde miktarları  $\mu\text{g}$  gallik asit ( $\mu\text{g}$  GAE/mg ekstre) eşdeğeri olacak şekilde hesaplanmıştır. Çalışılan mantar örneklerinin toplam fenolik madde miktarları Şekil.1'de gösterilmiştir. Standart grafik denkleminde hesaplanan sonuçlara göre mantarların aseton ve metanol ekstraktlarının gallik asit ekvivalentinin  $23,25 \pm 0,35$ - $28 \pm 0,7$   $\mu\text{g/mL}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı en yüksek olan örnek  $28 \pm 0,7$   $\mu\text{g/mL}$  ile *P. eryngii*'nin aseton ekstraktı olarak belirlenmiştir (Sonuçlar, üç paralel ölçümün ortalamasıdır.) Metanol ekstraktları içinde en yüksek fenolik madde miktarına sahip tür ( $26,75 \pm 0,35$   $\mu\text{g/mL}$ ) *A. campestris* olarak tespit edilmiştir.



Şekil 1 Mantarların Toplam Fenolik Madde İçerikleri (µg GAE/mg ekstre)

Yıldırım ve arkadaşlarının çalışmasında *P. eryngii*'nin toplam fenolik madde miktarı, farklı bölgelerden toplanan örneklere göre  $29,49 \pm 0,74$ - $32,21 \pm 0,92$  mg GAE/g olacak şekilde değiştiği ifade edilmiştir [15]. *P. eryngii*'nin toplam fenolik madde miktarının, tannik asit ekvivalenti (mg/g) olarak hesaplandığı bir diğer çalışmada, 21,67 mg TAE/g olarak sonuç elde edilmiştir [16]. *A. campestris* ile yapılan başka bir çalışmada metanol ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı sırasıyla  $48,19 \pm 0,16$  ve  $56,79 \pm 1,58$  mg GAE/g olarak verilmiştir [18]. *L. deliciosus*'un metanol ekstraktı ile yapılan çalışmada toplam fenolik madde miktarı baş kısmında  $10,66 \pm 0,52$ , sap kısmında  $6,31 \pm 0,29$  mg GAE/g olarak tespit edilmiştir [14]. Erdoğan ve arkadaşlarının çalışmasında, *L. deliciosus*'un metanol ekstresinin toplam fenolik madde miktarı  $1451,51 \pm 23,34$  mg GAE/g olarak verilmiştir [23]. Toplam fenolik madde miktarının µg pirokateşol (µg PE/mg ekstre) olarak hesaplandığı bir çalışmada, *L. deliciosus*'un metanol ekstraktının toplam fenolik madde miktarı,  $42,68 \pm 1,065$  olarak belirtilmiştir [24].

### 2.3. İndirgeme Gücü Kapasitesi

Bu çalışmada, indirgeme gücü kapasitesinin analizi, test edilen numunelerde indirgeyici (antioksidanlar) varlığında,  $Fe^{+3}$ /ferrisiyanit kompleksinin  $Fe^{+2}$  formuna indirgenmesine dayanmaktadır.  $Fe^{+2}$  daha sonra 700 nm'de Perl Prusya mavisi oluşumu ölçülerek izlenmiştir [12]. Her bir örnek üç tekrar halinde çalışılmıştır. Çalışılan mantar örneklerinin indirgeme gücü kapasiteleri Tablo.2'de verilmiştir. Konsantrasyonlardaki artışla beraber, mantarların aseton ve metanol ekstraktlarının indirgeme gücü kapasiteleri de artış göstermiştir. En yüksek indirgeme gücü kapasitesi gösteren örnek, 1000 µg/mL'lik konsantrasyonda  $0,400 \pm 0,021$  µg/mL ile *P.*

*eryngii*'nin aseton ekstraktı olmuştur. Bu örneği *P. eryngii*'nin metanol ekstraktı ve *L. deliciosus*'un aseton ekstraktı takip etmektedir. Pozitif kontrol olarak kullanılan BHA, BHT ve C vitaminin 250 µg/mL'lik konsantrasyonlarında indirgeme gücü kapasitesi sırasıyla 1,475, 1,168 ve 1,37 olarak tespit edilmiştir. Kosanic ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptıkları çalışmada, *L. deliciosus*'un metanolik ekstraktının 1000 µg/mL'lik konsantrasyonunda indirgeme gücü kapasitesi  $0.1189 \pm 0.031$  olarak ifade edilmiştir [24]. Yıldırım ve arkadaşlarının çalışmasında *P. eryngii*'nin indirgeme gücü kapasitesinin farklı bölgelerden toplanan örnekler göre %  $37.20 \pm 0.61 - 21.33 \pm 10.64$  arasında değiştiği belirtilmiştir [15]. Farklı *Pleurotus* türleri ile yapılan bir çalışmada ise 10 mg/mL'lik konsantrasyonda  $0.29 \pm 0.00 - 1.23 \pm 0.02$  arasında değişen indirgeme gücü kapasitesi gösterdiği bildirilmiştir [25]. *A. campestris* ile yapılan bir çalışmada  $Fe^{+3}$ /ferrisiyanit kompleksinin % 50'sini inhibe edebilen madde miktarı ( $IC_{50}$  değeri) 3,6 olarak ifade edilmiştir [19]. *A. campestris* ile yapılan diğer bir çalışmada metanol ve etanol ekstraktlarında  $IC_{50}$  değerleri sırasıyla  $0.72 \pm 0.01$  ve  $0.88 \pm 0.02$  olarak verilmiştir [18].

**Table 2** Mantarların indirgeme gücü kapasiteleri

Mantar Türleri	Çözücü	Ekstrakt Konsantrasyonu (µg/mL)				
		1000	750	500	250	100
<i>L. deliciosus</i>	Metanol	0,093±0,004	0,089±0,001	0,081±0,001	0,072±0,001	0,072±0,003
	Aseton	0,134±0,010	0,094±0,006	0,085±0,008	0,081±0,006	0,082±0,004
<i>P. eryngii</i>	Metanol	0,259±0,030	0,239±0,004	0,133±0,021	0,163±0,026	0,158±0,046
	Aseton	0,400±0,021	0,376±0,011	0,217±0,010	0,145±0,006	0,133±0,013
<i>A. campestris</i>	Metanol	0,093±0,006	0,088±0,001	0,061±0,004	0,055±0,002	0,056±0,009
	Aseton	0,132±0,022	0,117±0,004	0,088±0,010	0,080±0,002	0,081±0,008

Bu çalışmada Trakya bölgesinde doğal olarak yetişebilen mantar türlerinden *Agaricus campestris*, *Pleurotus eryngii* ve *Lactarius deliciosus*'un antioksidan özellikleri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre mantar örneklerinin önemli ölçüde antioksidan aktivitelerinin olduğu ve gıda olarak tüketilmelerinin insan sağlığına fayda sağlayabileceği söylenebilir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda sıklıkla mantar örnekleri kurutulup, öğütülerek çalışılmıştır. Bu çalışma örneklerin tamamının yemeklerde, salatalarda kullanıldığı gibi yaş olarak çalışılmış olması ile farklı bir bakış açısı katmakta ve ileriki çalışmalara ışık tutmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Aina, D., Sg, J., Olawuyi, O., Ojelabi, Bm, D., Antioxidant, antimicrobial and phytochemical properties of alcoholic extracts of *Cantharellus cibarius* – a Nigerian mushroom. N Y Sci J, C 5(10), S 114–120, 2012.
- [2] Akata, I., Ergönül, B., Kalyoncu, F., Chemical compositions and antioxidant activities of 16 wild edible mushroom species grown in Anatolia. Int J Pharmacol., C 8 (2), S 134-138, 2012 .
- [3] Akyuz, M., Kirbag, S., Antimicrobial activity of *Pleurotus eryngii* var. ferulae grown on various agro-wastes. Eurasia J Biosci., C 63, S 58–63, 2009.
- [4] Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C., Free radicals in biology and medicine, second edition. Free Radical Bio Med., C 10(6), S 449–450, 1991.
- [5] Badarinath, A. V., Mallikarjuna Rao, K., Madhu Sudhana Chetty, C., Ramkanth, S., Rajan, T. V. S., Gnanaprakash, K., A review on In-vitro antioxidant methods: Comparisons, correlations and considerations. Int J Pharmtech Res. , C 2(2), S 1276–1285, 2010.
- [6] Adebayo, E. A., Oloke, J. K., Ayandele, A. A., Adegunlola, C. O., Phytochemical, antioxidant and antimicrobial assay of mushroom metabolite from *Pleurotus pulmonarius*–LAU 09 (JF736658) . J. Microbiol Biotech Res., C 2(2), S 366–374, 2012.
- [7] Aparadh, V. T., Naik, V. V., Karadge, B. A., Antioxidative Properties (Tpc, Dpph, Frap, Metal Chelating Ability, Reducing Power and Tac) Within Some Cleome Species. Ann Bot., C 2(1915), S 49–56, 2012.
- [8] Bernaś, E., Jaworska, G., Lisiewska, Z., Edible Mushrooms As a Source of Valuable Nutritive Constituents. Acta Sci Pol Technol Aliment., C 5(1), S 5–20, 2006.
- [9] Wong, J. Y., Chye, F. Y., Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. J Food Compos Anal., C 22(4), S 269–277, 2009.
- [10] M. S. Blois., Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, C 181, S 1199-1200, 1958.
- [11] V. L. Singleton, J. A. Rossi., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. AJEV., C 16, S 144-158, 1965.
- [12] M. Oyaizu., Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. Nutr., C 44, S 307-315, 1968.
- [13] Elmastas, M., Isildak, O., Turkecul, I., Temur, N., Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. J Food Compost Anal., C 20(3-4), S 337–345, 2007.
- [14] Ferreira, I. C. F. R., Baptista, P., Vilas-Boas, M., Barros, L., Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: Individual cap and stipe activity. Food

Chem., C 100(4), S 1511–1516, 2007.

[15] Yildirim, N. C., Turkoglu, S., Yildirim, N., Ince, O. K., Antioxidant Properties of Wild Edible Mushroom *Pleurotus eryngii* Collected From Tunceli Province of Turkey. Dig J Nanomater Biostruct., C 7(4), S 1647–1654, 2012.

[16] Mishra, K. K., Pal, R. S., Arunkumar, R., Chandrashekara, C., Jain, S. K., Bhatt, J. C., Antioxidant properties of different edible mushroom species and increased bioconversion efficiency of *Pleurotus eryngii* using locally available casing materials. Food Chem., C 138(2–3), S 1557–1563, 2013.

[17] İlkey Koca, A. K. İ., Gençcelep, H., Antioxidant Properties of Wild Edible Mushrooms. J Food Process Technol., C 2(6), S 130, 2011.

[18] Glamočlija, J., Stojković, D., Nikolić, M., Ćirić, A., Reis, F. S., Barros, L., Soković, M., A comparative study on edible *Agaricus* mushrooms as functional foods. Food Funct., C 6(6), S 1900–1910, 2015.

[19] Woldegiorgis, A. Z., Abate, D., Haki, G. D., Ziegler, G. R., Antioxidant property of edible mushrooms collected from Ethiopia. Food Chem., C 157, S 30–36, 2014.

[20] Devasagayam, T. P. A., Tilak, J., Bloor, K. K., Sane, K. S., Ghaskadbi, S. S., Lele, R. D., Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. J Assoc Physicians India., C 52, S 794–804, 2004.

[21] Heleno, S. A., Barros, L., Sousa, M. J., Martins, A., Ferreira, I. C. F. R., Tocopherols composition of Portuguese wild mushrooms with antioxidant capacity. Food Chem., C 119(4), S 1443–1450, 2010. [22]

Jayakumar, T., Thomas, P. A., Sheu, J. R., Geraldine, P., In-vitro and in-vivo antioxidant effects of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. Food Res Int., C 44(4), S 851–861, 2010.

[23] Erdoğan, S. S., Soyulu, M. K., Hüsnü, K., Başer, C., Antioxidant Properties of Some Wild Mushrooms, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, C 6, S 254–260, 2017.

[24] Kosanić, M., Ranković, B., Rančić, A., Stanojković, T., Evaluation of metal concentration and antioxidant, antimicrobial, and anticancer potentials of two edible mushrooms *Lactarius deliciosus* and *Macrolepiota procera*. J Food Drug Anal., C 24(3), S 477–484, 2016.

[25] Arbaayah, H., Umi Kalsom, Y., Antioxidant properties in the oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) and split gill mushroom (*Schizophyllum commune*) ethanolic extracts. Mycosphere, C 4(4), S 661–673, 2013.

# ULTRAFİLTRASYON TEKNİĞİ İLE ÜRETİLEN BEYAZ PEYNİRLERİN FİZİKO-KİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE FARKLI PIHTILAŞTIRICI ENZİMLERİN ETKİSİ

Zerrin ARISOY\*, Zübeyde ÖNER

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*

## ÖZET

Bu çalışmada kullanılan başlatıcı kültür çeşidinin, rennet enziminin ve depolama sıcaklığının ultrafiltrasyon (UF) sisteminden geçen süttten elde edilen Beyaz peynir kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla kimoziin enzimi, mikrobiyal enzim, proteolitik aktivitesi yüksek başlatıcı kültür, proteolitik aktivitesi düşük başlatıcı kültür kullanılarak UF pastörize süt ve UF çiğ sütle 6 çeşit peynir üretilmiştir. Depolama sıcaklığının etkisini belirlemek amacıyla peynirler 4 ay boyunca 4°C ve 8 °C’ de depolanmıştır. Fizikokimyasal, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizleri yapılmıştır. UF Beyaz peynirlerin mineral madde analizleri (Cu, Zn, Cr, P, Mg, Ca, Fe, Ka, Na) ICP-OES ile belirlenmiştir.

Peynir örneklerinde kurumadde, SH, tuz ve kül miktarları depolama süresinde artış gösterirken, pH, protein, Toplam Aerobik Mezofil Bakteri (TAMB), psikrofil bakteri ve maya küf sayısı kriterlerinde azalma görülmüştür. Üretim şeklinin tüm analiz değerleri üzerinde etkisinin önemli olduğu ( $p<0.05$ ), yağ, tuz ve kül değerlerinde ise üretim farklılıklarının etkisinin önemli olmadığı ( $p>0.05$ ), depolama sıcaklığının ise sadece protein, SH ve psikrofil bakteri sayısı üzerinde etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Duyusal analiz sonuçlarına göre mikrobiyal enzim ile üretilen B, D, H ve İ peynir örnekleri beğeni kazanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrafiltrasyon, Beyaz peynir, mikrobiyal enzim, kimoziin, mineral madde

\*Sorumlu Yazar: zerrinarisoy@gmail.com



## ABSTRACT

In this study, the effects of starter culture type, rennet enzyme and storage temperature on Beyaz (White) cheese quality was investigated with milk which was produced by Ultrafiltration (UF). For this purpose, 6 different kind of cheese samples were produced by ultrafilter pasteurized milk and ultrafilter raw milk by using kimosin enzyme, microbial enzyme, starter culture with high proteolytic activity and starter culture with low proteolytic activity. In order to determine the effect of storage temperature, the cheeses were stored at 4 ° C and 8 ° C during the 4 months. Physicochemical, chemical, microbiological and sensory analyzes were determined. Mineral matter composition (Cu, Zn, Cr, P, Mg, Ca, Fe, Ka, Na) of UF white cheese analyzed with ICP-OES.

In the analyzed cheese samples while the pH, protein, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), and the number of psychrofilic bacteria and yeast molds decreased, the amount of dry matter, SH, salt and ash increased. The effect of cheese production to the analysis results found significant ( $p<0.05$ ), while the effect of production differences on fat, salt and ash values were not significant ( $p>0.05$ ), whereas the storage temperature was only effected on protein, SH and psychrofilic bacteria counts were found to be important ( $p<0.05$ ). According to the results of sensory analysis, B, D, H and İ cheese samples produced by microbial enzyme were preferred.

**Keywords:** Ultrafiltration White cheese, microbial enzyme, chymosin, mineral substance

## GİRİŞ

Peynir sütün doğrudan ya da pastörize edildikten sonra, pıhtılaştırıcı enzimler veya organik asitlerle pıhtılaştırılması, peyniraltı suyunun uzaklaştırılması ve tuzlanmasıyla elde edilen taze ve olgunlaştırılarak tüketilebilen bir süt ürünüdür 0.

Ülkemizde peynir çeşitleri arasında gerek üretim gerekse tüketim bakımından ilk sırada yer alan peynir çeşidi Beyaz peynirdir 0. Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte ultrafiltrasyon (UF) tekniğiyle üretilen Beyaz peynir (Süzme peynir) Türkiye’de oldukça popüler hale gelmiştir. Sektörde geleneksel yöntem ile üretimi yapılan Beyaz peynir hatlarının yerini daha modern bir teknoloji olan UF sistemi almaya başlamıştır. Ülkemizde UF tekniği kullanılarak üretilen Beyaz peynirler, Süzme peynir ve Bembeyaz gibi ticari isimlerle satışa sunulmaktadır.

Peynir üretiminde ana aşamalardan biri, peynir altı suyunun giderilmesidir ve bu işlem ana bileşenlerin konsantrasyonuna neden olur 0. Beyaz peynirde UF tekniğinin kullanım avantajları şunlardır; 1-Geleneksel yöntemde peynir altı suyuna geçen serum proteinlerinin pıhtıda kalması nedeniyle randıman % 10-30 oranında artar, 2-Kullanılan peynir mayası miktarı azalır, 3-Ürün kalitesinin standart olması, yağ ve protein oranı standardize edildiği için mevsimsel değişikliklerin önüne geçilir, 4-Standart ürün parametreleri ile proses kontrolünün kolay yapılabilmesi, çalışma koşullarının daha hijyenik olması ve kapalı sürekli sistem olduğu için iş gücü maliyetini düşürür, 5- Kapalı sistemin avantajı olarak otomatik yıkama yapıldığından elle yıkamanın getireceği temizlik ve dezenfeksiyon parametre hatalarına bağlı oluşabilecek kirlilik ve buna bağlı mikrobiyal gelişim önlenir. Yöntemin dezavantajları ise peynir altı suyu proteinleri peynirde kaldığı için ürünün duyuşal özelliklerinin olumsuz etkilenmesi, yatırım giderlerinin yüksek olması ve membranların temizlenmesi ve değiştirilmesine yönelik maliyetlerin artması olarak sıralanabilir 0.

Yetişemeyen vd. (1998), UF tekniği ile salamura Beyaz peynir üretiminde kalite üzerine değişik enzimlerin etkisini incelemek için yaptıkları araştırmada, mikrobiyal enzim olarak *Mucor miehei*, hayvansal enzim olarak kimozin/pepsin karışımı kullanılmıştır. Mikrobiyal enzimle üretilen peynirlerde yağ ve kuru madde değerleri daha yüksek, pH değeri ise hayvansal enzime göre daha düşük olduğunu, suda çözünen azot (WSN), protein olmayan azot (NPN) ve tirozin miktarları tüm peynirlerde fazla artış göstermezken mikrobiyal enzimin kullanıldığı örneklerde daha fazla artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Olgunlaşma indeksinin hayvansal enzim ile

üretilemlerde daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir 0.

Karami vd. (2009), UF yöntemiyle üretilen İran Feta peynirlerinde olgunlaşma sürecinde meydana gelen reolojik özelliklerdeki değişimleri araştırmışlardır. Olgunlaşma sürecinde kimyasal özellikler pH, kuru madde, tuz, yağ ve toplam azot oranının önemli ölçüde değişmediğini, suda çözünen azot oranının önemli düzeyde arttığını tespit etmişlerdir 0.

Soltanı vd. (2016), İran UF Beyaz peynirinin mikroyapı ve reolojik özellikleri üzerine deve kimosini ve mikrobiyal enzimin (*Rhizomucor miehei*) etkisini farklı oranlarda karıştırarak 90 gün olgunlaşma sürecinde incelemişlerdir. Yüksek konsantrasyonlarda deve kimosini kullanımının, peynirlerde daha sıkı bir protein ağı ve daha sıkı bir yapıya neden olduğunu, deve kimosinin peynirlerde daha az protein yıkımı ve daha viskoelastik yapı sağladığını tespit etmişlerdir 0.

Karataş vd. (2016), Piyasadan rastgele topladıkları Beyaz peynirler ve UF yöntemiyle üretilen Beyaz peynirlerde acılığın nedenlerini araştırılmışlardır. Kalsiyum miktarı arttıkça acılığın arttığını, tüm peynir örneklerinde titre edilebilir asitlik değerlerinin sınır değerinden (%3) daha düşük olduğunu, acılığın artan asitlik ile ilişkisi olmadığını tespit etmişlerdir 0.

Bu çalışmanın amacı farklı başlatıcı kültür, farklı enzim ve depolama sıcaklığının UF Beyaz peynirlerin kimyasal, mikrobiyolojik duyuşal ve mineral madde özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Süt**

Araştırmada kullanılan süt Isparta Cebeci Süt ve Süt Ürünleri fabrikasında, Ultrafiltrasyon Beyaz peynir hattı kullanılarak çiğ inek sütü üretime hazır hale getirilmiştir. UF Beyaz peynir üretiminde kullanılan süütün bileşimine ait ortalama değerler Tablo 1’de verilmiştir.

### **2.2. Başlatıcı kültür**

Başlatıcı kültür olarak Chr. Hansen firmasına ait proteolitik aktivitesi yüksek olan White Daily 82 + LHB 02 karışımı ve proteolitik aktivitesi düşük olan R 607 kullanılmıştır.

### **2.3. Pıhtılaştırıcı enzim**

Enzim olarak Chr. Hansen firmasına ait ChyMax Plus 200 IMCU fermente enzim (%100 kimosin) ve Danisco firmasına ait Marzyme 55 800 IMCU mikrobiyal enzim (*Muchor miehei*)

kullanılmıştır.

**Tablo 1.** UF Beyaz peynir üretiminde kullanılan sütün bileşimi

Özellikler	Çiğ süt	Retentat
pH	6.65±0.042	6.6±0.050
Titrasyon asitliği (SH)	7.39 ± 0.08	20.78±0.79
Titrasyon asitliği (% LA)	0.15 ± 0.004	0.29±0.020
Kurumadde (%)	12.81 ± 0.03	29.19±0.19
Yağ (%)	3.52 ± 0.145	14.46±0.15
Yağsız kurumadde	9.28 ± 0.128	14.56±0.19
Protein (%)	3.02 ± 0.068	12.23±0.09
Kazein (%)	2.59 ± 0.009	8.07±0.009
Laktoz	5.19 ± 0.084	3.40±0.11

#### 2.4. Ultrafiltrasyon yöntemi ile Beyaz peynir üretimi

UF Beyaz peynir üretim yöntemi Cebeci Süt iş akış şeması dikkate alınarak yapılmıştır. UF Beyaz peynir üretim farklılıkları Tablo 2’de verilmiştir.

Çiğ süt gerekli kimyasal analizler yapıldıktan sonra, 55-60°C’de ön ısıtma uygulanarak UF ünitesine aktarılmıştır. UF ünitesinden süt retentat ve permeat olarak ayrılarak çıkmıştır. Elde edilen retentat 80-82°C’de 15 sn pastörize edilerek 50-55°C’ye soğutulup homojenize edilmiş ve daha sonra 30-32°C’de mayalama sıcaklığına kadar soğutulmuştur. UF süt daha sonra dolum ünitesine aktarılmıştır. Karıştırma tankında retentata pıhtılaştırıcı enzim (400 mL/1000kg retentat Chymax Plus, 100 mL/1000kg retentat Maryzm 55) ve başlatıcı kültür (50 DCU /1000kg retentat) ilave edilmiştir. Dolum ünitesinde ambalajlara karışım tankındaki süt doldurulmuştur. Ambalaja doldurulan süt 28-30 °C’de koagülatörde 30 dakika bekletilerek pıhtı oluşması sağlanmıştır. Pıhtı oluştuktan sonra peynir kapatma makinesine ilerleyerek önce bıçakla peynir dört eşit parçaya bölünmüş ürün üzerine tuz filtresi yerleştirilmiş, kuru tuzlama yapılmış (10 g /500 g retentat) ve ambalaj folyo ile kapatılmıştır. Ambalajlanan peynir 30-32 °C’de inkübasyona bırakılmış, yaklaşık 18 saat sonra (pH 4.60 – 4.65) 4 ve 8 °C’de depoya alınmıştır. Peynir üretimi

iki tekerrürlü olarak ve tüm analizler 2 paralelli olarak yapılmıştır.

**Tablo 2.** UF peynir denemelerinde kullanılan üretim farklılıkları

4°C'de Depolanan Peynir Çeşitleri	A	B	C	D	E	F
8°C'de Depolanan Peynir Çeşitleri	G	H	I	İ	J	K
Kullanılan Başlatıcı Kültür	I	I	II	II	Çiğ süt	Çiğ süt
Pıhtılaştırıcı Enzim	*	**	*	**	*	**
Proteolitik aktivitesi yüksek (p.a.y) kültür I	White Daily 82 LHB 02	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> <i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Lactobacillus helveticus</i>				
Proteolitik aktivitesi düşük (p.a.d) kültür II	R- 607	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i> <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>				
Enzim *	% 100 Kimozin					
Enzim **	<i>Muchor miehei</i>					

## 2.5. Metot

### 2.5.1. Çiğ ve UF sütte uygulanan analiz metotları

Toplam kuru madde gravimetrik yöntemle 0, yağ gerber yöntemi ile 0, toplam asitlik titrasyon yöntemiyle 0, pH dijital pH-metre ile, protein, kazein ve laktoz Foss MilkoScan analiz cihazı ile belirlenmiştir.

### 2.5.2. UF Beyaz peynir örneklerinde uygulanan kimyasal analiz metotları

UF Beyaz peynirlerin toplam kuru maddeleri, 105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar numunelerin kurutulmasıyla belirlenmiştir. Peynir numunelerinin pH'sı, inolab WTW dijital pH metre ile ölçülmüştür. Numunelerin titre edilebilir asitliği TSE 591 e göre belirlenmiştir 0. Peynir örneklerinin yağ tayinleri Gerber yöntemiyle 0, tuz oranları Mohr yöntemiyle belirlenmiştir 0. Numunelerin kül içeriği, örneklerin 550 °C'de kül fırınında tamamen beyaz renk alana kadar yakılması sonucunda ölçülmüştür 0. Protein içeriği, makro Kjeldhal metodu ile 0, mineral madde analizleri ICP/OES cihazı kullanılarak yapılmıştır. Mineral madde analizleri 8°C'de depolanan

peynir örneklerinde belirlenmiştir.

### 2.5.3. UF Beyaz peynir örneklerinde uygulanan mikrobiyolojik analiz metotları

Mikrobiyolojik analizlerde toplam aerob mezofilik bakteri 0 ve psikrofil mikroorganizmalar plate count agar besiyerinde 0, maya-küf ise potato dextroz agarda sayılmıştır 0.

### 2.6. İstatistiksel Analiz

Denemede üzerinde durulan özellikler bakımından elde edilen sonuçlar faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile SPSS 23.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir (Repeated measurement ANOVA).

## 3. BULGULAR

### 3.1. Kimyasal analiz sonuçları

UF Beyaz peynir örneklerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Mikrobiyal enzimle ve başlatıcı kültür II ile üretilen D peynir örneğinin olgunlaşma süresi sonunda en yüksek kurumadde oranına sahip olduğu bulunmuştur. Kurumadde değerleri açısından peynir numuneleri arasında üretim farklılığının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Yetişemeyen vd. (1998), UF yöntemi ile salamura Beyaz peynir üretiminde değişik mayaların kalite üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada mikrobiyal enzimle üretilen peynirlerin, hayvansal enzimle üretilen peynirlere göre daha yüksek kurumadde değerlerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir 0.

pH değeri tüm peynir örneklerinde 120 günlük olgunlaşma süresinde düşüş göstermiştir. UF Beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma süresinde pH değişimlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.05$ ), depolama sıcaklığının olgunlaşma süresinde pH değişimine etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Moynihan vd. (2014), farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanılarak üretilen değişik peynirlerin pH'larının birbirlerine yakın değerlerler de olduğunu belirtmişlerdir 0.

Titrasyon asitliği tüm peynir örneklerinde depolama süresinde artış göstermiştir. 8°C'de depolanan J ve K peynir örneklerindeki titrasyon asitliği artışının ise 4°C'de depolanan peynirlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Depolama sıcaklığının titrasyon asitliği üzerinde etkisinin

istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Koca (1996), İzmir tulum peynirinde çeşitli kültür kombinasyonları ile yaptığı çalışmasında *Lb.helveticus* kullandığı peynirlerde, olgunlaşma sürecinde titrasyon asitliğinin artış gösterdiğini 0, Çepoğlu (2005), farklı enzim kullanımının titrasyon asitliği üzerinde önemli düzeyde etkili olduğunu bildirmişlerdir 0.

UF Beyaz peynir örneklerinde olgunlaşma sürecinde yağ oranında önemli bir değişiklik görülmemiştir. UF Beyaz peynirlerde süt yağının tamamen retentatta kalması ve geleneksel yöntemde peyniraltı suyu ile oluşan yağ kaçaklarının engellenmiş olması nedeniyle yağ oranında olgunlaşma sürecinde değişiklik meydana gelmemiştir ( $p>0.05$ ). Hayaloğlu vd. (2005), iki farklı başlatıcı kültür ve başlatıcı kültür kullanmadan üretilen Beyaz peynirlerin 90 günlük olgunlaşma sürecinde yağ oranlarının önemli düzeyde değişmediğini, başlatıcı kültürsüz olarak üretilen peynirde nem oranı düşük olduğu için, diğer peynirlere göre kurumaddede yağ oranının daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir 0.

Tüm peynir çeşitlerindeki tuz oranı olgunlaşma süresinde artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). UF Beyaz peynirlerde kuru tuzlama yapıldığı için olgunlaşma sürecinin 1. gününde tuz oranları düşüken olgunlaşma süresinde zamanla artış görülmüştür. UF Beyaz peynirlerde üretim farklılığı ve depolama sıcaklığı interaksyonunun tuz değişimine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Soltanı, (2013), İran'da üretilen UF Beyaz peynirlerde olgunlaşma sürecinde tuz oranlarının kurumadde miktarına paralel olarak artış gösterdiğini belirtmiştir 0.

UF Beyaz peynir örneklerinden 4°C'de depolanan peynirlerden olgunlaşma süresi sonunda, en yüksek kül içeriğine mikrobiyal enzim ve UF pastörize süt ile üretilen D peynir örneği sahip iken, en düşük kül içeriğine ise UF pastörize süt ve kimozen enzimi ile üretilen A peynir örneği sahip olmuştur. 8°C'de depolanan peynir örneklerinden G, H ve İ peynir örnekleri olgunlaşma süresinde sürekli artış gösterirken I, J ve K peynir örneklerinde kül oranlarında dalgalanmalar görülmüştür. 120 günlük olgunlaşma süresi sonunda en yüksek kül içeriğine İ peynir örneği sahip olmuştur. Dağdemir (2001), yaptığı çalışmasında Beyaz peynirde farklı başlatıcı kültür kullanımının olgunlaşma süresinde peynirlerin kül içeriklerinde değişikliğe neden olmadığını ve istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmiştir 0.

UF Beyaz peynir örneklerinde protein oranında olgunlaşma süreci boyunca tüm peynir örneklerinde azalma görülmüş ve bu durum istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 120 günlük olgunlaşma süresi sonunda 4°C depolanan peynir örneklerinde en yüksek protein oranı F



peynir örneğinde, en düşük protein oranı ise C peynir örneğinde görülmüştür. 8°C’de depolanan peynir örneklerinde ise en yüksek protein oranı H peynir örneğinde, en düşük protein oranı ise G peynir örneğinde tespit edilmiştir. UF Beyaz peynirlerde farklı başlatıcı kültür, pıhtılaştırıcı enzim ve depolama sıcaklığı interaksiyonunun olgunlaşma süresinde protein oranındaki değişime etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Hayaloğlu (2003), yaptığı çalışmada başlatıcı kültür ilave edilen peynirlerde protein oranındaki değişimi önemli düzeyde olduğunu, başlatıcı kültür ilave edilmeyen peynirlerde protein oranında önemli bir değişimin meydana gelmediğini tespit etmiş ve peynir sütüne ilave edilen başlatıcı bakterilerin proteini parçalamada önemli etkilerinin olduğunu bildirmiştir 0.

Al-Otaibi ve Wilbey (2005), UF Beyaz peynir üretiminde kimozen enzimi kullanarak ürettikleri peynirlerde protein oranının düştüğünü tespit etmişlerdir 0.



**Tablo 3. Fizikokimyasal analiz sonuçları**

4 °C								
	Peynir Çeşidi	Kuru Madde	pH	SH	Kurumaddede yağ	Kurumaddede tuz	Kül	Protein
1. gün	A	34.77±0.15Dc	4.72±0.03Aa	b76.7±1.91De	47.28±0.02Aa	5.63±0.02Ba	2.66±0.27Aa	a14.15±0.09Aa
	B	34.83±0.29Dd	4.72±0.02Aa	a78.05±0.07Cde	46.36±0.29Aa	5.59±0.00Ba	2.69±0.01Aa	a14.47±0.15Aa
	C	35.24±0.81Cb	4.65±0.07Ab	a82.65±1.41Bc	45.17±0.47Aa	5.53±0.05Ba	2.73±0.16Aa	a14.32±0.44Aa
	D	35.26±0.68Db	4.7±0.029Aa	a79.2±1.13Cd	45.94±0.09Aa	5.42±0.00Ba	2.92±0.03Aa	a14.25±0.03Aa
	E	34.41±0.48Dc	4.42±0.01Ac	b99.4±0.56Ca	47.1±0.24Aa	4.039±0.14Ca	2.54±0.40Aa	a14.07±0.17Ba
	F	34.15±0.51Cc	4.46±0.00Ac	b94.7±0.56Cb	46.85±0.06Aa	3.48±0.08Ca	2.7±0.22Aa	a14.32±0.06Aa
120. gün	A	36.57±0.06Aa	4.46±0.04Ca	a101±1.41Ac	45.25±0.08Aa	5.82±0.14Aa	2.74±0.36Aa	a11.32±0.27Db
	B	37.4±0.36Aa	4.54±0.00Ca	a84±0.0Ae	44.83±0.12Aa	5.72±0.07Aa	2.79±0.15Aa	a13.16±0.19Ea
	C	36.91±0.22Aab	4.56±0.01Ba	a84±1.41Ae	44.65±0.01Aa	6.20±0.04Aa	2.86±0.16Aa	a11.21±0.08Eb
	D	38.00±0.25Aa	4.56±0.06Ba	a82.50±0.71Bb	43.55±0.24Aa	6.18±0.07Aa	3.29±0.52Aa	a12.96±0.00Da
	E	37.05±0.92Ab	4.23±0.07Cb	b124.25±1.06Aa	42.18±0.69Aa	4.45±0.00Ca	2.84±0.05Aa	a12.38±0.03Da
	F	37.28±0.58Aa	4.21±0.02Db	b122.2±1.7Ab	44.44±0.31Aa	4.18±0.03Ca	3.12±0.184Aa	a13.35±0.33Da

8 °C

	Peynir Çeşidi	Kuru Madde	pH	SH	Kurumaddede yağ	Kurumaddede tuz	Kül	Protein
1. gün	G	35.445±0.63Dc	4.66±0.02Aa	a81.65±1.06Bc	45.93±0.02Aa	5.24±0.01Ba	2.67±0.31Aa	a14.17±0.15Aa
	H	35.65±0.17Ca	4.68±0.04Aa	b76±0.54Cd	45.41±0.06Aa	5.63±0.05Ba	2.675±0.17Aa	a14.24±0.01Aa
	I	35.64±0.55Cd	4.63±0.00Ab	a82.15±0.07Bc	45.59±0.04Aa	5.38±0.06Ba	2.92±0.33Aa	a14.08±0.01Ba
	İ	34.72±0.55Dd	4.7±0.03Aa	b76.85±1.06Dd	47.52±0.03Aa	5.96±0.02Ba	2.99±0.00Aa	a14.09±0.04Aa
	J	35.02±0.59Cc	4.48±0.07Ac	a110.5±0.56Ca	46.91±0.16Aa	4.42±0.18Ca	2.83±0.59Aa	a14.13±0.17Aa
	K	34.07±0.32De	4.54±0.00Ac	a100±0.00Cb	47.46±0.11Aa	4.11±0.19Ca	2.79±0.19Aa	a14.17±0.02Aa
120. gün	G	36.45±0.23Ac	4.49±0.01Ca	b84.4±0.84Ac	44.69±0.12Aa	6.69±0.12Aa	3.14±0.43Aa	b10.56±0.13Eb
	H	37.28±0.05Aa	4.51±0.01Ca	a84.65±0.49Ac	44.25±0.37Aa	6.25±0.05Aa	2.97±0.13Aa	a13.45±0.01Ca
	I	36.59±0.7Ab	4.54±0.03Ba	a84.4±0.70Ac	44.73±0.41Aa	6.42±0.05Aa	3.0±0.01Aa	a11.42±0.11Eb
	İ	36.84±0.15Aa	4.54±0.03Ca	b85.5±0.70Ac	45.81±0.06Aa	6.16±0.05Aa	3.38±0.18Aa	a12.91±0.05Ca
	J	37.40±0.14Aa	4.18±0.02Cb	a126.8±1.13Ab	44.52±0.07Aa	4.43±0.01Ca	2.99±0.0Aa	a12.51±0.07Da
	K	37.29±0.57Aa	4.19±0.01Db	a130.1±0.14Aa	44.43±0.17Aa	3.70±0.09Ca	2.89±0.16Aa	a13.17±0.06Ea

A: kimozen enzimi + p.a.y. başlatıcı kültür, B: mikrobiyal enzim p.a.y. başlatıcı kültür, C: kimozen enzimi + p.a.d. başlatıcı kültür, D: mikrobiyal enzim + p.a.d. başlatıcı kültür, E: UF çiğ süt +kimozen enzimi, F: UF çiğ süt +mikrobiyal enzim

G: kimozen enzimi + p.a.y. başlatıcı kültür, H: mikrobiyal enzim p.a.y. başlatıcı kültür, I: kimozen enzimi + p.a.d. başlatıcı kültür, İ: mikrobiyal enzim + p.a.d. başlatıcı kültür, J: UF çiğ süt +kimozen enzimi, K: UF çiğ süt +mikrobiyal enzim

\*Küçük harfle işaretlenmiş (sağda) ortalamalar üretim şekli arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0.05)

\*Küçük harfle işaretlenmiş (solda) ortalamalar sıcaklıklar arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0.05)

\*Büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar zamanlar arası farklılığı göstermektedir (p<0.05).

**Tablo 4.** Mineral madde analiz sonuçları

Depolama Sıcaklığı	Numune Adı	Zaman	Element adı /Element Derişimi (mg/ g)			
			Ca	P	K	Na
8 °C	G	30. gün	3.139 ± 0.063	1.147 ± 0.016	1.244 ± 0.021	4.801 ± 0.080
		90. gün	3.184 ± 0.021	1.145 ± 0.003	1.282 ± 0.010	5.522 ± 0.035
	H	30. gün	2.703 ± 0.025	1.011 ± 0.022	1.077 ± 0.003	4.565 ± 0.053
		90. gün	3.190 ± 0.049	1.13 ± 0.015	1.246 ± 0.010	5.491 ± 0.023
	I	30. gün	3.296 ± 0.008	1.116 ± 0.017	1.226± 0.001	5.061 ± 0.029
		90. gün	3.717 ± 0.062	1.436 ± 0.017	1.448 ± 0.017	6.719 ± 0.035
	İ	30. gün	3.378 ± 0.024	1.154 ± 0.007	1.386 ± 0.010	5.224 ± 0.024
		90. gün	3.336 ± 0.051	1.392 ± 0.021	1.347 ± 0.015	5.321 ± 0.069
	J	30. gün	3.152 ± 0.030	1.164 ± 0.001	1.273 ± 0.009	4.699 ± 0.087
		90. gün	3.508 ± 0.099	1.442 ± 0.001	1.361 ± 0.037	4.227 ± 0.061
	K	30. gün	2.924 ± 0.038	1.124 ± 0.014	1.236 ± 0.015	4.414 ± 0.101
		90. gün	3.650 ± 0.093	1.429 ± 0.021	1.411 ± 0.029	4.775 ± 0.102

G: kimozin enzimi +p.a.y. başlatıcı kültür, H: mikrobiyal enzim p.a.y. başlatıcı kültür, I: kimozin enzimi + p.a.d. başlatıcı kültür, İ: mikrobiyal enzim + p.a.d.başlatıcı kültür, J: UF çiğ süt +kimozin enzimi, K: UF çiğ süt +mikrobiyal enzim

Sütteki mineral madde miktarı hayvanın ırkına, türüne, beslenmesine, iklim koşullarına, hayvanın sağlık ve laktasyon durumuna göre değişiklik göstermektedir 0. Özellikle peynirde olgunlaşma sürecinde pH mineral konsantrasyonu etkileyerek bazı mineral maddelerde değişikliğe neden olmaktadır 0. Olgunlaşma sürecinde tüm peynir örneklerinde kalsiyum, fosfor, potasyum, sodyum, magnezyum, çinko ve minör mineral maddelerde artış görülmüştür. Tablo 4’de görüldüğü gibi kalsiyum miktarı olgunlaşma süresi başlangıcında (Ca) mikrobiyal enzim ile üretilen (H) peynir örneğinde en düşük iken, olgunlaşma süresi sonunda kimozin enzimi ile üretilen (I) peynir örneğinde en yüksek değerde tespit edilmiştir. Literatürde Beyaz peynirde kalsiyum miktarı ortalama 160-250 mg/100 gr verilirken, yaptığımız UF Beyaz peynirlerde bu değer 270-365 mg/100 gr arasında bulunmuştur. Karatas vd (2016), yaptıkları çalışmada UF Beyaz peynirlerde acılığın kalsiyum ile ilişkili olduğunu, kalsiyum oranı arttıkça acılışmanın arttığını belirtmişlerdir 0

UF Beyaz peynirlerdeki fosfor (P) miktarları incelendiğinde olgunlaşma süresinde az da olsa bir

artış görülmüştür. Karaca, (2007) yaptığı çalışmada Beyaz peynirlerin olgunlaşma sürecinde fosfor içeriklerinin azaldığını tespit etmiştir. Yaptığımız çalışmada fosfor içeriklerinde artış gözlenmiştir. UF Beyaz peynirlerin potasyum (K) miktarları incelendiğinde olgunlaşmanın 30. gününde 1.077-1.386 mg/g arasında değişirken, olgunlaşma sürecinde artarak 90. günde 1.246-1.438 mg/g düzeyine yükselmiştir. Kılıç vd., (2002) piyasadan topladığı 31 adet Beyaz peynir örneğinde potasyum miktarlarını ortalama 116 -285 mg/100 g olarak tespit etmişlerdir 0. Bizim peynir numunelerimizdeki potasyum miktar bu değerlere göre daha düşük bulunmuştur. UF Beyaz peynirlerin sodyum (Na) içerikleri incelendiğinde olgunlaşma sürecinde tüm peynir örneklerinde 90. günde tespit edilen değerler 30. günde tespit edilen değerlere göre artış gösterirken, sadece UF çiğ süt ve kimozin enzimi ile üretilen (J) peynir örneğinde düşüş göstermiştir. Kimozinle üretilen peynir numunelerinde sodyum içerikleri 4.801-6.719 mg/g iken, mikrobiyal enzimle üretilen peynir numunelerinde 4.414-5.491 mg/g aralığında değişmiştir.

### 3.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Mikroorganizmalar hem peynir üretimi hem de olgunlaşması sırasında önemli rol oynarlar. Peynir olgunlaşması, bir dizi biyokimyasal reaksiyon içeren kompleks bir işlemdir 0. Toplam aerob mezofilik bakteri sayısı gıdalarda mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesinde gıda güvenliği ve sanitasyon indikatörü olarak kullanılmaktadır. Bir üründe yüksek sayıda mezofilik bakteri bulunması, ürünün insan ve hayvan kaynaklı patojenlerin gelişmesine olanak sağlayacak koşullarda üretilip depolandığını ve üründe patojenlerin bulunma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir 0. Fermente süt ürünleri tebliğinde TAMB sayısı ile ilgili bir sınırlama bulunmamaktadır.

Tablo 5’de görüldüğü gibi TAMB sayısında 120 günlük olgunlaşma süresi boyunca tüm peynir örneklerinde azalma görülmüş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). UF çiğ sütle yapılan peynir örneklerinde başlangıç mikroorganizma yükü çok yüksek olmasına rağmen olgunlaşma periyodunda önemli oranda azalma tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Olgunlaşma süresinde 4°C ve 8°C’lik depolama koşullarının TAMB sayısı üzerinde etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Paksoy (2016), UF Beyaz peynir üzerine yaptığı çalışmada üretimin başlangıcında TAMB sayısının 3.49-3.53  $\log_{10}$ KOB/g olarak sayıldığını ve olgunlaşma süresi sonunda ise düşüş göstererek 2.32-2.94  $\log_{10}$ KOB/g sayıldığını belirtmiştir 0.

**Tablo 5.** Mikrobiyolojik analiz sonuçları (log<sub>10</sub>KOB/g)

Depolama süresi	Peynir Çeşitleri	4 °C			8°C			
		TAMB	Psikrofil Bakteri	Maya Küf	Peynir Çeşitleri	TAMB	Psikrofil Bakteri	Maya Küf
1. gün	A	4.20±0.03Ab	a3.22±0Ac	2.2±0.15Ab	G	4.26±0.00Ab	a3.22±0Ac	<10Bc
	B	4.25±0.03Ab	b<10Ad	1±0.29Ac	H	4.25±0.03Ab	b<10Ad	1±0Ab
	C	4.28±0.09Ab	b<10Ad	<10Bd	I	4.28±0.09Ab	a3.73±0.29Ab	<10Bc
	D	4.2±0.04Ab	b<10Ad	<10Bd	İ	4.2±0.04Ab	b<10Ad	<10Bc
	E	7.62±0.02Aa	a7.75±0.03Aa	7.35±0.26Aa	J	7.68±0.13Aa	a7.75±0.09Aa	7.11±0.6Aa
	F	7.64±0.00Aa	a7.55±0.18Ab	7.20±0.36Aa	K	7.6±0.07Aa	a7.61±0.16Aa	7.37±0.17Aa
120. gün	A	3.22±0.00Cc	b<10Bc	1.5±0.71Bb	G	3.92±0.00Cc	b<10Bb	<10Bd
	B	3.23±0.00Cd	b<10Ac	1±1.42Ac	H	3.53±0.00Cd	b<10Ab	0.84±1.2Ac
	C	3.7±0.00Cc	b<10Ac	<10Bd	I	3.53±0.00Cc	b<10Bb	1.5±0.71Ab
	D	3.7±0.00Cc	b<10Ac	0.84±1.2Ac	İ	3.53±0.00Cc	b<10Ab	<10Bd
	E	5.7±0.62Eb	b5.23±0.3Eb	5.55±0.59Da	J	5.75±0.69Eb	a5.9±0.42Da	5.53±0.6Ca
	F	5.78±0.22Da	b5.81±0.27Da	5.74±0.19Da	K	5.95±0.24Da	a6.01±0.33Da	5.41±0.54Ca

A: kimozen enzimi + p.a.y. başlatıcı kültür, B: mikrobiyal enzim p.a.y. başlatıcı kültür, C: kimozen enzimi + p.a.d. başlatıcı kültür, D: mikrobiyal enzim + p.a.d. başlatıcı kültür, E: UF çiğ süt +kimozen enzimi, F: UF çiğ süt +mikrobiyal enzim  
G: kimozen enzimi + p.a.y. başlatıcı kültür, H: mikrobiyal enzim p.a.y. başlatıcı kültür, I: kimozen enzimi + p.a.d. başlatıcı kültür, İ: mikrobiyal enzim + p.a.d. başlatıcı kültür, J: UF çiğ süt +kimozen enzimi, K: UF çiğ süt +mikrobiyal enzim

\*Küçük harfle işaretlenmiş (sağda) ortalamalar üretim şekli arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0.05)

\*Küçük harfle işaretlenmiş (solda) ortalamalar sıcaklıklar arasındaki farklılığı göstermektedir (p<0.05)

\*Büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar zamanlar arası farklılığı göstermektedir (p<0.05).

Bir ürünün mikrobiyolojik kalitesi, onun bozulmadan uzun süre dayanabilmesi ve raf ömrü ile yakından ilişkilidir. Psikrofil bakteri sayısı, peynirlerde raf ömrünün belirlenmesinde önemli rol oynar. Peynirlerde psikrofil mikroorganizmaların üremesi sonucunda acı tat, ransidite ve renk değişimleri meydana gelmektedir. Bu nedenle, raf ömrü boyunca peynirlerde mikrobiyal kaynaklı duyuşsal sorunların oluşmaması açısından psikrofil bakteri sayısının kontrol altında tutulması gerekir. Tablo 5'te görüldüğü gibi UF pastörize sütle yapılan peynirlerden, 4°C'de depolanan A peynir örneğinde, 8°C'de depolanan peynir örneklerinden ise G ve I peynir örneğinde psikrofil bakteri sayımı yapılabilmektedir. Diğer peynir örneklerinde psikrofil bakteri sayımı yapılamamıştır. UF çiğ sütle yapılan peynir örneklerinde ise 120 günlük olgunlaşma periyodunda psikrofil bakteri sayımı yapılmış ve önemli oranda azalma tespit edilmiştir (p<0.05).

Olgunlaşma süresinin ilk gününde salamura tuz konsantrasyonunun çok düşük olması ve titrasyon asitliğinin düşük olmasından dolayı psikrofil bakteri gelişim göstermiş olgunlaşma sürecinde asitliğin ilerlemesi ve tuz konsantrasyonunun artması ile psikrofil bakteri sayımının UF pastörize sütle yapılan peynir örneklerinde sayım sonucu  $<10$  bulunmuş ve UF çiğ sütle yapılan peynir örneklerinde ise psikrofil bakteri sayımında düşüş görülmüştür. Farklı üretim şekli ve olgunlaşma süresinin peynirlerin psikrofil bakteri sayıları üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Olgunlaşma süresinde  $4^{\circ}\text{C}$  ve  $8^{\circ}\text{C}$ 'lik depolama koşullarının psikrofil bakteri sayısı üzerinde etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Demirel, (2009) farklı sıcaklıklarda depoladığı urfa peynirlerinde psikrofil bakteri sayısının olgunlaşma sürecinde azaldığını ve psikrofil bakteriler üzerinde depolama sıcaklığı, depolama süresi ve salamurada tuz konsantrasyonunun önemli olduğunu belirtmiştir 0.

Bozulmaya yol açan maya ve küfler gıdalarda acı tat ve kötü koku, gaz oluşturma özellikleri sayesinde gıdalarda istenmeyen gözenekli yapı oluşumuna neden olabilmektedirler. Mayalar ürettikleri  $\text{CO}_2$  ve istenmeyen tat gelişimi ile peynirde bozulmalara neden olmaktadır 0, 0

Tablo 5'de görüldüğü gibi maya-küf sayısında UF çiğ sütle yapılan peynir örneklerinde başlangıç mikroorganizma yükü çok yüksek olmasına rağmen olgunlaşma periyodunda önemli oranda azalma tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Farklı üretim şekli ve olgunlaşma süresinin peynirlerin maya-küf sayıları üzerinde etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). UF pastörize sütle yapılan peynir örneklerinde başlangıç yüklerinin çok düşük olması kontaminasyon kaynaklarının üretim aşamasında engellenmiş olmasından kaynaklanmaktadır. UF peynir üretiminde ultrafiltrasyon öncesi ve sonrasında pastörizasyon işleminin uygulanması, ekipmanların hijyenik kurallara uygun olması, ortam havalandırılmasında, koagülatör ve dolun ünitelerinde hepafiltre bulunması nedeniyle küf-mayanın kontaminasyon kaynakları engellenmiştir. Peynir örneklerinde sayılan maya-küf sayımlarının ise çevresel koşullar, ambalaj malzemesi ve alet ekipman kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Yıldız (2015), yaptığı çalışmada Beyaz peynirlerde çiğ sütle yapılan peynirlerdeki maya-küf oranının, ön ısıl işlem uygulanmış peynirlerdeki maya-küf oranından daha yüksek olduğunu, maya-küf sayısının olgunlaşma süresinde azaldığını bildirmiştir 0.

### 3.3. Duyusal Analiz Sonuçları

Peynirlerin duyusal özelliklerine ait olan toplam puanlama Tablo 6'da verilmiştir. 120 günlük olgunlaşma süresinin sonunda UF Beyaz peynirlerin toplam duyusal puanlarına bakıldığında zaman UF pastörize sütle üretilen peynir örnekleri (A, B, C, D, G, H, I, İ) arasında en düşük puanı 8°C'de depolanan G ve I peynir örneği almıştır. G ve I peynir örnekleri acılaşmanın hissedildiği peynir örnekleridir. Kimozin enzimi ve proteolitik aktivitesi yüksek başlatıcı kültürle üretilen G peynir örneğinde en yüksek oranda acılık görülürken, proteolitik aktivitesi düşük başlatıcı kültür ve kimozin enzimi ile üretilen I peynir örneğinde daha az acılık algılanmıştır. UF çiğ sütle yapılan peynir örneklerinde (E, F, J, K) ise 120. güne kadar tadım yapılmadığı için tat puanları toplam puanlamayı etkilemiştir.

**Tablo 6.** UF Beyaz peynirlerin olgunlaşma süresinde toplam duyusal puanları

Depolama Sıcaklığı	Depolama Süresi	A	B	C	D	E	F
4 °C	1	92.5	96.7	95.0	95.8	45.0	45.0
	30	92.3	97.1	85.4	93.3	38.0	38.0
	60	87.2	95.0	84.2	94.4	32.0	32.0
	90	76.7	92.5	83.5	91.6	32.0	32.0
	120	70.0	90.0	69.3	90.3	51.0	51.0
Depolama Sıcaklığı	Depolama Süresi	G	H	I	İ	J	K
8 °C	1	93.8	94.0	94.8	93.8	45.0	45.0
	30	78.8	91.8	78.9	89.6	43.0	42.0
	60	79.8	91.8	80.4	88.6	32.0	32.0
	90	71.1	88.7	80.6	91.6	32.0	32.0
	120	59.0	90.7	63.2	88.8	47.4	51.6

Dinkçi ve Gönç (2000), *Mucor miehei*'den ürettikleri ve lipaz enzimi kullandıkları çalışmada Beyaz peynirlerde olgunlaşma sürecinde görünüş puanlarında azalma tespit etmişlerdir 0. Soltanı (2013), yaptığı çalışmada UF Beyaz peynirlerin kitle ve yapı puanları üzerine depolama süresinin önemli düzeyde etkili olmadığını ( $p>0.05$ ). farklı tuz oranlarının depolama süresince istatistiksel olarak, koku ve tat özellikleri üzerine etkisinin önemli düzeyde etkili olduğu tespit etmiştir 0.

Paksoy (2016), yaptığı çalışmada baharatsız üretilen referans UF Beyaz peynirde ve baharat ilave edilerek üretilen UF Beyaz peynirlerde acılık hissedildiğini, bunun nedeninin starter kültürün çalışmasından ve yağ asitlerinin parçalanmasından kaynaklandığını bildirmiştir 0.

#### 4. SONUÇ

UF Beyaz peynirlerde olgunlaşma süresince kurumadde, SH, tuz ve kül miktarları depolama süresinde artış gösterirken, pH, protein, TAMB, psikrofil bakteri ve maya küf sayılarında azalma görülmüştür. Üretim şeklinin tüm analiz parametreleri üzerinde etkisinin önemli olduğu ( $p<0.05$ ), yağ, tuz ve kül değerlerinde ise üretim farklılıklarının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) tespit edilmiştir. Olgunlaşma sürecinde titrasyon asitliği, protein miktarı ve psikrofil bakteri sayısındaki değişiklikler 4°C ve 8°C'deki depolama koşullarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Diğer tüm parametrelerde depolama sıcaklığının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). UF Beyaz peynirlerin kalsiyum miktarı (Ca), olgunlaşma süresi sonunda (G) peynir örneğinde en düşük, (I) peynir örneğinde en yüksek değerde tespit edilmiştir. UF Beyaz peynirlerin toplam duyusal puanları dikkate alındığında en düşük puanı 8°C'de depolanan G peynir örneği almış olup en fazla beğeniyi mikrobiyal enzim ile üretilen B, D, H ve İ peynir örnekleri almıştır.

Sonuç olarak elde edilen bulgular göz önüne alındığında, UF Beyaz peynir üretiminde kimozen enzimi ve proteolitik aktivitesi yüksek başlatıcı kültürün kullanılmasının peynirlerin protein oranında azalmaya neden olduğu ve peynirlerde proteolizi artırdığı belirlenmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından YL1-17-4869 no'lu yüksek lisans projesi kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- [1] Topçu, A., 2004. Kaşar ve Beyaz peynirlerde Acılaşmaya Yol Açan Peptidlerin Saptanması ve Starter Kültürlerin Etkisinin İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 158s, Ankara.
- [2] Üçüncü, M., 2008. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. 1. ve 2. Cilt, Meta Basım Matbaası, 2. Basım, 1236s, İzmir.
- [3] Mistry, V.V., Maubios, J.L., 1993. Application of Membrane Separation Technology To Cheese Production (Edited By: P.F. Fox). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Chapman and Hall, London, Pp.493-522.
- [4] Paksoy, G., 2016. Bazı Baharatların Ultrafiltre Beyaz Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63s, Tekirdağ.
- [5] Yetişmeyen, A., Çimer, A., Özer, M., Odabaşı, S., Deveci, O., 1998. Ultrafiltrasyon Tekniği İle Salamura Beyaz peynir Üretiminde Kalite Üzerine Değişik Maya Enzimlerinin Etkisi. Gıda/The Journal of Food, 23(1).
- [6] Karami, M., Ehsani, M. R., Mousavi, S. M., Rezaei, K., Safari, M., 2009. Changes In the Rheological Properties of Iranian UF-Feta Cheese During Ripening. Food Chemistry, 112(3), 539-544.
- [7] Soltani, M., Boran, O.S., Hayaloğlu, A.A., 2016. Effect of Various blends of Camel Chymosin And Microbial Rennet (Rhizomucormiehei) on Micro Structure and Rheological Properties of Iranian UF White Cheese Food Science and Technology 68 724-728.
- [8] Karatas, S., Tekin, Z. H., Kiran, E., 2016. Reasons of Bitterness in Ultrafiltered White Cheese. International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology, ISSN 2455-4863, www.ijisset.org.
- [9] IDF, 1987. Determination of Total Solids Content. IDF standard 21B. Brussels, Belgium: International Dairy.
- [10] Anonim, 1990. Türk Standartları Enstitüsü, T.S. 8189, Sütte Yağ Tayini-Gerber Metodu.
- [11] Öner, Z., Aloğlu, H. Ş. (Ed.), 2018. Süt ve Süt Ürünleri Analiz Yöntemleri. Sidas Yayıncılık, 590 s. İzmir.
- [12] Anonim, 2006. Türk Standartları Enstitüsü, Beyaz peynir Standardı, TS 591, Ankara.
- [13] Bradley, R.L., Arnold, E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E., Vines, B.K., 1992.



Chemical and Physical Methods in Standard., 433–531

[14] AOAC.,1990. Official Methods of Analysis, 15th Ed., Association of Official Analysis Chemists: Arlington, VA, USA

[15] IDF, 1993. Milk, Determination of Nitrogen Content, FIL-IDF 20B, Brussels, Belgium

[16] Karahan, A. G., Arıdoğan-Cicioğlu, B., Çakmakçı, M. L., 2002. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Kılavuzu. SDÜ Yayın No. 24, 171s., Isparta.

[17] Çakmakçı, M. L., Karahan, A. G., Çakır, İ. 2008. Mikrobiyoloji. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 36, Bizim Büro Basımevi, 227s, Ankara.

[18] Marshall, R. T., 1992. Standard Methods For The Examination of Dairy Products.

[19] Moynihan, A.C., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J.J., Johnson, M.E., Lucey, J.A., Mcsweeney, P.L.H., 2014. Effect of Camel Chymosin on The Texture, Functionality, and Sensory Properties of Low-Moisture, Part-Skim Mozzarella Cheese. J. Dairy Sci. 97, 85–96.

[20] Koca, N., 1996. Çeşitli Starter Kültür Kombinasyonlarının İzmir Teneke Tulum Peynirlerinin Nitelikleri Üzerine Etkileri Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 146s, İzmir.

[21] Çepoğlu, F. 2005. Beyaz peynir Üretiminde Rekombinant Kimozin Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69 s, Şanlıurfa

[22] Hayaloğlu AA, Güven M, Fox PF, McSweeney PLH., 2005. Influence of Starters On Chemical, Biochemical, and Sensory Changes İn Turkish White-Brined Cheese During Ripening. J Dairy Sci, 88:3460-3474.

[23] Soltanı, M., 2013. İran’da Üretilen Ultrafiltre Beyaz peynirin Özellikleri Üzerine Tuz Oranı ve Depolama Süresinin Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 168s, Adana.

[24] Dağdemir, E., 2001. Salamura Beyaz peynir Üretiminde Farklı Starter Kültür Kullanımının Peynir Kalitesi Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, Erzurum.

[25] Hayaloğlu, A. A., 2003. Starter Olarak Kullanılan Bazı *Lactococcus* Suşlarının Beyaz peynirlerin Özellikleri ve Olgunlaşmaları Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 170s, Adana

[26] Al-Otaibi, M. M., Wilbey, R.A., 2005. Effect of Chymosin and Salt Reduction on the

- Quality of Ultrafiltrated White-Salted Cheese. *Journal of Dairy Research*, 72(2), 234-242.
- [27] Metin, M., 2014. Süt Teknolojisi. Ege Üniversitesi Yayınları Rektörlük Yayın No:8, 13. Baskı, 802s, İzmir.
- [28] Karaca, O. B., 2007. Mikrobiyel Kaynaklı Proteolitik ve Lipolitik Enzim Kullanımının Beyaz peynirlerin Özellikleri ve Olgunlaşmaları Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 149s, Adana.
- [29] Kılıç, S., Karagözlü, C., Uysal, H., Akbulut, N., 2002. İzmir Piyasasında Satılan Bazı Peynir Çeşitlerinin Kalsiyum, Fosfor, Sodyum ve Potasyum Düzeyleri Üzerine Bir Değerlendirme. *The Journal of Food*, 27(3).
- [30] Bulut, B. 2006. Çiğ Pastörize Sütten İşlenen Mihaliç Peynirlerinin Kimyasal Bileşimi ve Olgunlaşma Sırasındaki Mikrobiyal Florasındaki Değişimin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Konya.
- [31] Ünlütürk, A., Turantaş, F., (Ed.), 2015. Gıda Mikrobiyolojisi. Meta Basım Matbaacılık, 578 s. İzmir.
- [32] Demirel, M., 2009. Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Urfa Peynirinin Raf Ömrünün Tehlike Analizi Yöntemi İle Saptanması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Şanlıurfa.
- [33] Fox, PF, Mcsweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP., 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers, Gaithersburg, 587 pp
- [34] Morul, F., 2011, Divle Tulum Peynirinin Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Van
- [35] Yıldız, B., 2015. Karbondioksit Uygulamasının Beyaz peynir Kalitesine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 106s, Isparta.
- [36] Dinkçi, N., ve Gönç, S. 2000. Mucor Miehei'den Elde Edilen Lipaz (Piccantase A) Enziminin Beyaz peynirin Olgunlaşmasında Kullanılması Üzerine Araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, İzmir, 37(2-3), 141-148.

**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**

Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisinde fen ve mühendislik alanında özgün araştırma makaleleri, derlemeler, kısa makaleler, teknik not, vaka takdimleri, kitap eleştirileri ve bilimsel nitelikli editöre mektuplar yayınlanır. Dergi Aralık ve Haziran aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanır. Yayınlanmak üzere gönderilen eserlerin başka bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere gönderilmemiş olması gerekmektedir. Derginin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Dergide yayınlanacak eserlerin her türlü sorumluluğu yazar/larına aittir. Makaleler, <http://dergipark.ulakbim.gov.tr> adresine gönderilmelidir. Makalenin hakem incelemesi için kabul edilmesi durumunda, Telif Hakkı Devir Formu tüm yazarlarca imzalanarak editörlüğe gönderilmelidir. Dergiye gönderilen makaleler, öncelikle Dergi Yayın Kurulu tarafından bilimsel içerik ve şekil bakımından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Yayın Kurulu, yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı veya yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleleri hakemlere göndermeden red kararı verme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınabilecek olan makaleler, incelenmek üzere iki ayrı hakeme gönderir. Dergi Yayın Kurulu, hakem raporlarını dikkate alarak makalelerin yayınlanmak üzere kabul edilip edilmemesine karar verir.

**Yazım Kuralları / Instructions**

- 1.** Yazı tümüyle (metin, tablolar, denklemler, çizimler) bilgisayarda düzenlenmeli ve baskıya hazır biçimde teslim edilmelidir. Yazı, A4 (210 x 297 mm) boyutlu kâğıda, Word ortamında, 12 punto (ana başlık 14 punto) Times New Roman font kullanılarak, bir buçuk aralıkla ve her iki yana yaslı olarak yazılmalı, kâğıdın tüm kenarlarından 25 mm boşluk bırakılmalıdır.
- 2.** Çizimler ve tablolarla birlikte, makaleler 25 sayfadan, teknik notlar 6 sayfadan daha uzun olmamalıdır.
- 3.** Yazı, elektronik ortamda (CD veya e-posta eki) dergi e-posta adresine veya dergi yazışma adresine gönderilmelidir.
- 4.** Metin yalın bir dil ve anlatımla yazılmalı, Türkçe yazım kurallarına uygun olmalı, üçüncü tekil şahıs ve edilgen fiiller kullanılmalı, devrik cümleler içermemelidir.
- 5.** Bölümler (i) özet ve anahtar kelimeler, (ii) abstract and keywords (İngilizce başlık, özet ve anahtar kelimeler), (iii) ana metin (giriş, materyal ve metod, sonuçlar vb.), (iv) semboller, (v) teşekkür (gerekliyse) ve (vi) kaynaklar sırası içinde düzenlenmelidir.
- 6.** Başlık kısa ve açık olmalı, içeriği yansıtabilmelidir. Başlık büyük harfle ortalanarak yazılmalıdır.
- 7.** Yazar/ların adları kısaltmasız, başlığın altına yan yana, soyadlar büyük harfle ortalanarak 11 punto boyutunda yazılmalıdır. Yazar isimlerinden sonra virgül ve adres belirtmek için üst simge olarak rakam kullanılmalıdır. Yazışmaların yapılacağı sorumlu yazar isminde mutlaka üst simge yıldız (\*) sembolü olmalıdır. Adres/ler tam yazılmalı, kısaltma yapılmamalıdır. Sorumlu yazarın e-mail adresi dipnot olarak bulunmalıdır. Yazar adları yazılırken herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir.
- 8.** Özet (ve Abstract) çalışmanın amacını, kapsamını, yöntemini ve ulaşılan sonuçları kısaca tanımlamalı ve 200 kelimeyi aşmamalıdır. En az üç tane anahtar kelime verilmelidir. Anahtar kelimeler, zorunlu olmadıkça başlıktakilerin tekrarı olmamalıdır. Başlık, Özet ve İngilizce başlıklı Abstract birinci sayfaya sığdırılmalı, birinci sayfanın altında on satır boş bırakılmalı ve ana metin ikinci sayfadan başlatılmalıdır.
- 9.** Bölüm ve alt bölüm başlıkları numaralanmalıdır (TS1212).
- 10.** Semboller uluslararası kullanıma uygun seçilmeli; her bir sembol ve varsa kısaltmalar ilk kullanıldığı yerde tanımlanmalı, ayrıca metnin sonunda (Kaynaklardan önce) tüm semboller alfabetik sıra ile (önce Latin, sonra Yunan alfabesi) listelenmelidir.
- 11.** Matematiksel ifadeler (denklemler) Word ortamında "Equation Editör" kullanılarak yazılmalıdır. Metin içerisinde geçen denklemler numaralanmalı ve bu numaralar satır sonunda parantez içinde gösterilmelidir.

**12.** Tablo dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafik gibi gösterimler “Şekil” olarak verilmelidir. Resim, şekil ve grafikler net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalıdır. Her tablo ve şeklin metin içindeki yeri belirtilmelidir. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırasıyla numaralandırılmalı (Tablo 1., Tablo 2., Şekil 1., Şekil 2. gibi) başlık ve açıklama içermelidir. Grafik ve şekiller basılı sayfa boyutları dikkate alınarak çizilmelidir. Şekillerin sıra numaraları ve başlıkları şeklin altına, tabloların ki ise tablonun üstüne yazılmalıdır.

**13.** Yazılarda yalnızca SI birimleri kullanılmalıdır.

**14.** Teşekkür olabildiğince kısa olmalı, çalışmaya katkısı ve desteği bulunan kişi ve kuruluşlar belirtilmelidir.

**15.** Dergimize yayınlanmak üzere gönderilen makaleler benzerlik kontrol programı ile kontrol edilecektir. Benzerlik raporu ilgili yayın danışma kurulu üyesine kontrol etmesi için gönderilecektir. Benzerlik raporu sonucu yüksek çıkan makaleler için yazardan düzenleme talep edilir.

**16.** Kaynaklar metinde köşeli parantez ([ ]) içinde numaralanmalı ve kaynaklar listesinde metin içinde veriliş sırasına uygun biçimde belirtilmelidir. Yayınlanmamış bilgiler kaynak olarak verilmemelidir. Ancak tamamlanmış ve jüriden geçmiş tezler ve DOI numarası olan makaleler kaynak olarak verilebilir.

Kaynaklarda şu bilgiler verilmelidir:

*Kaynak makale ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, makalenin tam başlığı, derginin adı, cilt, sayı, başlama ve bitiş sayfaları, basıldığı yıl.

*Örnek:* [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962.

*Kaynak kitap ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, kitabın adı, cilt numarası, varsa editörü, yayınlandığı yer, yayınlandığı yıl.

*Örnek:* [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

*Kaynak bildiri ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, bildirinin adı, konferansın adı, yapıldığı yer, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

*Örnek:* [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

*Kaynak tez ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, tezin adı, derecesi, sunulduğu kurum, başlama ve bitiş sayfaları, yıl.

*Örnek:* [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, S 5-9, 2011

*Kaynak rapor ise:* Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, raporun adı, türü, numarası, kuruluşun adı, yayınlandığı yer, yıl.

*Örnek:* [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

*Kaynak internet ise:* Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan çalışmalar hariç)

Yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarlar, çalışmanın adı, internet sitesinin adı ve adresi, internet sitesine erişim tarihi

*Örnek:* [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, ATechnical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, Erişim tarihi: 12.10.2014

**KIRKLARELİ UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**  
**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**

Kirklareli University Journal of Engineering and Science welcome materials for publications as original research papers, short communications, technical notes, case reports, book/software reviews and scientific letter to editors. Kirklareli University Journal of Engineering and Science is published two issues per year in June and December. Manuscripts submitted to the journal are only accepted if they have not been or will not be published and should not be under review elsewhere. Manuscript's language is English and Turkish. All responsibility of the studies belongs to the authors. Studies should be prepared in accordance with international scientific ethics rules. Studies must be sent to <http://dergipark.ulakbim.gov.tr>.

For the studies accepted for publication in our journal, copyright transfer form signed must be sent to the journal editorial. Papers are firstly checked for their suitability for technical and journal's style. The manuscripts that do not suit journal's standards or not suitable correspond to the scope journal are refused with unexplained reason. Manuscripts that are found suitable for peer review will be assigned to two expert reviewers. The final decision to accept or reject a manuscript will be made by the Editorial Boards. After review process, the Editorial Boards will inform the authors of acceptance, rejection or necessity of revision of the manuscript.

**Instructions / Yazım Kuralları**

1. Text (tables, equations, figures, pictures etc.) should be prepared using Microsoft Word Processor with Times New Roman font and 12 point (The title 14 point) size. Manuscripts should be written with 1,5 line spacing on A4 (210 x 297 mm) sized typing paper with 25 mm all margins.
2. The maximum number of pages for original research papers (including tables, figures and references) should be 25 and for the technical notes should be 6 respectively.
3. Paper should be sent online by the journal web site or should be posted CD by journal correspondence address.
4. Text should be written in plain language and narrative, it should be free from any spelling or grammatical errors and the third person singular passive verb should be used.
5. The parts should be in order to (i) Turkish abstract and key words, (ii) English abstract and key words, (iii) main text (Introduction, Material and Methods, Results, Discussions etc.), (iv) symbols, (v) acknowledgements and (vi) references.
6. The title suitable for the content should be clear, as short as possible and centered on the page with the capital letters.
7. All Authors full names should be written as lower case 11 font size in the middle and surname of the authors should be written capital letters. After authors name and surnames, authors' addresses should be stated with superscript numbers (e.g. 1, 2, 3). Corresponding author's full name should be marked with an asterisk (\*). All authors' addresses must be typed with lower case 11 font in the center. The corresponding author's contact address and e-mail address should be given. Names of institutions and cities each authors also must be stated. Authors' name and surname should not indicated any academic title.
8. A brief, informative English and Turkish abstract, not exceeding 200 words, should be typed in 12 font size. Immediately following the abstract, authors should provide at least 3 English and Turkish keywords or phrases that reflect content of the article. The key words should not repeat of the title as possible.
9. Section and sub-section title should be numbered (TS1212).
10. In general, the recommendations of the SI units should be followed. Symbols, formulas and equations should be written with great care, capitals and lower case letters being distinguished where necessary. Unusual symbols employed for the first time should be defined by name in the left-hand margin. Abbreviations require definition when first used.

- 11.** Mathematical expressions should be written by an equation editor (Word format). Each equation in text should be numbered and numbers should be shown in parentheses at the end of the line.
- 12.** The drawings, photos and graphs except the tables should be given as "Figure" in manuscript. Electronically submitted figures and graphs are preferred \*.jpg or \*.tiff formats. Do not give magnification on scales in the figure titles; instead draw bar scales directly on the figures. All the tables and figures must be referred in the text. The numbers and headings of figures must be written below the figure. The numbers and headings of tables should be written the top of the table.
- 13.** SI (System International d'Unités) units should be used.
- 14.** The acknowledgement in the manuscript should be short as possible and it should be indicated if any support is given to work by an institution or a person.
- 15.** Manuscripts submitted for publication in our journal are checked a similarity control software. Similarity report will be sent on the advisory board to be checked. If the similarity control program report results as high similarity, manuscripts are sent back to authors for them to make necessary changes.
- 16.** Literature references are to be numbered consecutively in square brackets. The list of references should be given at the end of the paper in order of their first appearance in the text. Unpublished data should not be used as references. But MSc and PhD thesis, accepted by jury and the manuscripts not published yet if accepted for publication with DOI numbers can be use as references.

References should be provided with the following information:

*If the reference is a journal paper:* Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, volume number, pages, year.

*Example:* [1] Naghdi, P. M., Kalnins, A., On Vibrations of Elastic Spherical Shells. J. Appl. Mech., C 29, S 65-72, 1962

*If the reference is a book:* Author surname, first name initial(s), title of the book, volume number, editor(s) (if provided), place of print , page interval, year.

*Example:* [2] Kraus. H., Thin Elastic Shells, New York. Wiley, 1967.

*If the reference is a congress presentation:* Author surname, first name initial(s), title of the presentation, name of the congress, seminar or conference, place, page interval, year.

*Example:* [3] Cappleman. O., Communication in the Studio, FIDE'98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings, Faculty of Architecture İstanbul Technical University, Cilt V, S 48-54, 1998

*If the reference is a printed thesis:* Author surname, first name initial(s), title of the thesis, thesis type (MSc. or Ph.D), institute submitted, place, page interval, year.

*Example:* [4] Özşahin. B., Yalıtım Kalıplı Donatılı Beton Duvarlı Binaların Yapımsal ve Ekonomik Uygulanabilirliği, Ph.D, Trakya University Graduate School of Natural and Applied Sciences, P 5-9, 2011

*If the reference is a source publication:* Author surname, first name initial(s), report name, name of the organization (if the report is prepared by an organization), report number (if applicable), place, page interval, year.

*Example:* [5] Makarewicz. J.C., Lewis. T., Bertram. P., Epilimnetic Phytoplankton and Zooplankton Biomass and Species Composition in Lake Michigan, 1983-1982, IL EPA 905-R-95-009, U.S EPA Great Lakes Natioanl Program, Chicago, 1995

*For Electronic Encyclopedia and books:* Author surname, first name initial(s), title of the paper, journal name, website name and web address, date of access

*Example:* [6] Pieper. C. M., Introduction to Activity Based Costing, A Technical Bulletin From ABC Technologies, www.abctech.com 1998, 12.10.2014



**MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**  
JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE  
http://fbdergi.klu.edu.tr

**TELİF HAKLARI DEVİR FORMU**

Makale Adı: .....

Yazarların Ad/ları: .....

Biz aşağıda imzaları bulunan yazarlar, sunduğumuz makalenin orijinal olduğunu; başka bir yerde yayınlanmak üzere verilmediğini, daha önce yayınlamadığını, eğer, tümüyle ya da bir bölümü yayınlandı ise yukarıda adı geçen dergide yayınlanabilmesi için gerekli her türlü iznin alındığını ve orijinal telif hakkı devir formu ile birlikte Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'ne gönderildiğini garanti ederiz.

Makalenin telif haklarından feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz.  
Bu vesileyle makalenin telif hakkı Kırklareli Üniversitesi'ne devredilmiştir. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü makalenin yayınlanabilmesi konusunda yetkili kılınmıştır. Bununla birlikte yazar/ların aşağıdaki hakları saklıdır:

1. Telif Hakkın dışında kalan patent vb. bütün tescil edilmiş haklar.
2. Yazarın gelecekteki yapacağı kitap ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü veya bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı.
3. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

Yazar Adı: Tarih: ...../...../..... İmza:

(Yazar isimleri makaledeki sıraya göre yazılacak ve Telif Hakları Devir Formu tüm yazarlar tarafından imzalanacaktır.)

**Makaleyi Gönderen Sorumlu Yazar:**

Adı -Soyadı:

Yazışma Adresi:

Telefon: ( )

Fax: ( )

E-posta:

Bu form makale hakem incelemesi için dergi editörlüğünce kabul edildikten sonra doldurulup imzalandıktan sonra basılı 2 nüsha halinde "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli" adresine gönderilmelidir.



**JOURNAL of ENGINEERING and SCIENCE**  
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ DERGİSİ  
http://fbedergi.klu.edu.tr

**COPYRIGHT TRANSFER FORM**

Manuscript Title: .....

Full names of all authors: .....

The undersigned authors, we guarantee that our submitted manuscript is original work; it has not been published and is not being submitted or considered for publication elsewhere, if, in whole or part of publication of the magazine was published for the above-mentioned receipt of all necessary permits and was sent to Editorial Office of Kırklareli University Journal of Engineering and Science with copyright transfer form.

We agree to waive the right to assume the responsibility of the copyright of the article and thank signature. This article is hereby transferred to the copy right of Kırklareli University. Kırklareli University Journal of Engineering and Science Editor of the publication the article is authorized. However, the authors reverse the following rights:

1. All proprietary rights Copyrights outside, such as patents.
2. to use, free of charge, all parts of this article for the authors' future works in books, lectures.
3. the right to reproduce the article for their own purposes provided the copies are not offered for sale.

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

Author Name: Date: ...../...../..... Signature:

(The authors will be written in the order of to appear on manuscript and copyright transfer form should be signed by all authors)

**Corresponding Author's:**

Name-Surname:

Address:

Phone: ( )

Fax: ( )

E-mail:

Please, fill in this form after your manuscript accepted by journal editorial for referee review, sign and sent two copies published form to address: "Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kavaklı Yerleşkesi Değirmencik Yolu Üzeri Kavaklı/ Kırklareli"