

# 14<sup>TH</sup>

# INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS



## Full Text Book

Tam Metin Kitabı



[www.ubaksymposium.org](http://www.ubaksymposium.org)



# **The 14<sup>th</sup> International Scientific Research Congress** *- Science and Engineering*

14. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi  
*Fen ve Mühendislik Bilimleri*

## **UBAK**

**20 - 21 August 2022**

**Ankara**

**Proceeding Book**  
Bildiri Tam Metin Kitabı

**Editor**

Prof. Dr. Bahri Bayram



**Ankara 2022**

**Publishing Director / Yayın Yönetmeni**

Muhammet ÖZCAN

**Editor/ Editör**

Bahri Bayram

Bu kitapta yayınlanan Bildiri Tam metinleri “Bookcites Kitap Atıf Dizini” tarafından taranmaktadır



**Cover Design / Kapak Tasarımı**

Bülent POLAT

**Interior / İç Tasarım**

Mahmut Sami TEMİZ

First Edition / Birinci Basım / ©

August 2022 - Ankara

**ISBN**

978-625-8190-12-0

**Asos Yayınevi**

1<sup>st</sup> Edition August / 2022

Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No:67/2-4/Merkez/Elazığ

**E-Mail:** asos@asosyayinlari.com

**Web:** www.asosyayinlari.com

**Instagram:** <https://www.instagram.com/asosyayinevi/>

**Facebook:** <https://www.facebook.com/asosyayinevi/>

**Twitter:** <https://twitter.com/Asosyayinevi>



Ankara 2022

## **BOARDS / KURULLAR**

### **Supporting Institutions / Destekleyen Kurumlar**

Ankara Bilim Üniversitesi

### **Honor Board / Onur Kurulu**

Prof. Dr. Yavuz DEMİR, Ankara Bilim Üniversitesi Rektörü

### **Chairman of the Organizing Committee / Düzenleme Kurulu Başkanı**

Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi

### **Congress Organizing Committee / Düzenleme Kurulu**

Prof. Dr. Taşkın POLAT, Atatürk Üniversitesi  
Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK, Gaziantep Üniversitesi  
Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Adem KAYA, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Selda ÖRS, Atatürk Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Handan AKKAŞ, Ankara Bilim Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Aziz BALCI, Ankara Bilim Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Hilal Ürüşan ALTUN, Atatürk Üniversitesi

### **Congress Scientific Committee / Bilim Kurulu**

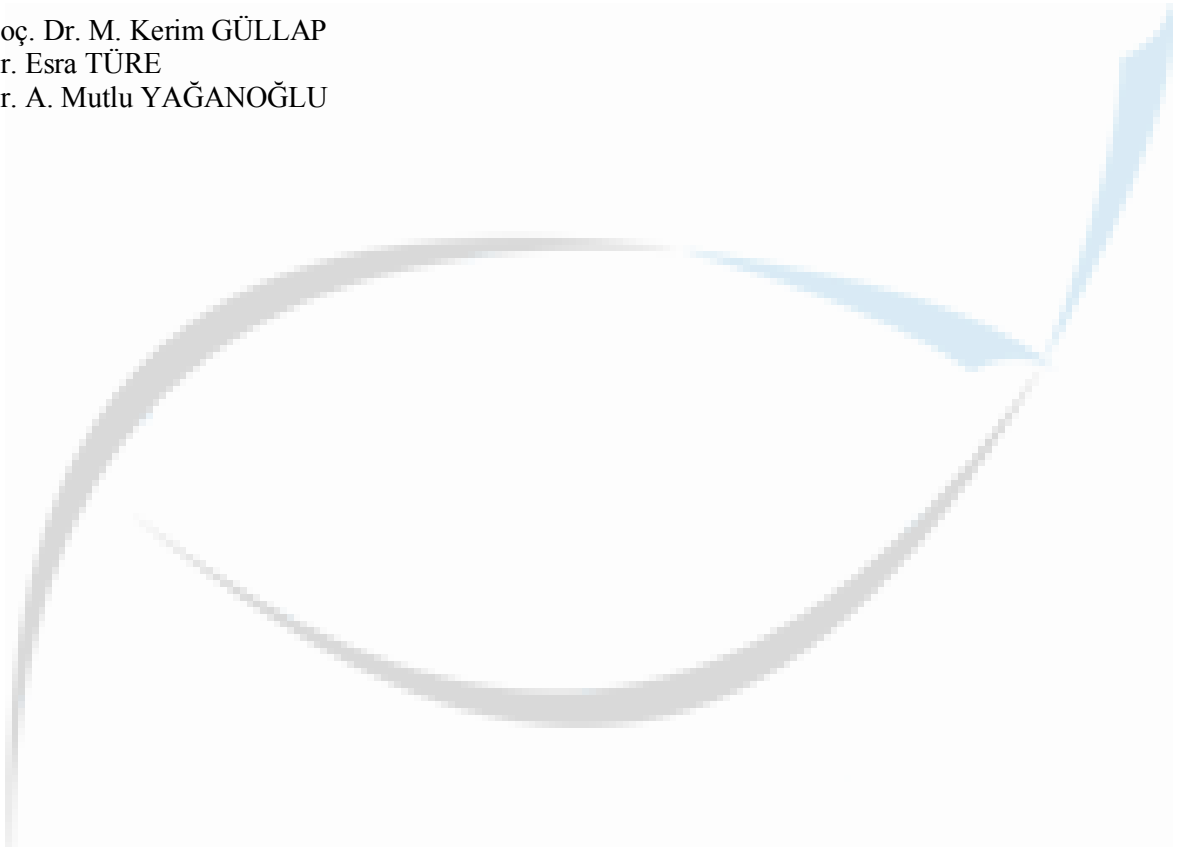
Prof. Dr. Sebahat AÇIKSÖZ, Bartın Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Bülent AKAR, Gümüşhane Üniversitesi  
Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE, Atatürk Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Burak ALAYLAR, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi  
Prof. Dr. Necmi ALTIN, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Esra ALTINTIĞ, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Alper AKAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Eşe AKPINAR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Prof. Dr. Canan B. AKTAŞ, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Ali Akın AKYOL, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi,  
Prof. Dr. Yerlan ANDEASBAYEV, Zhetysay State University, Kazakistan  
Dr. Öğretim Üyesi Sevinç AYDIN, Munzur Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Nesli AYDIN, Karabük Üniversitesi  
Doç. Dr. Cemalettin BALTACI, Gümüşhane Üniversitesi  
Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi  
Prof. Dr. Zübeyde BAYSAL, Dicle Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Nurcan BERBER, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi  
Doç. Dr. Ayhan BİNGOLBALI, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Cihan BOYRAZ, Marmara Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Doç. Dr. Hüseyin COLAK, Northeastern Illinois University  
Prof. Dr. Bülent ÇAĞLAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi  
Prof. Dr. Bülent ÇELİK, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Safinur ÇELİK, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Saliha ÇETİNYOKUŞ, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK, Gaziantep Üniversitesi

Doç. Dr. Nuray DEMİR, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Okan DEMİR, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Selin Kınalı DEMİRCİ, Amasya Üniversitesi  
Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Doç. Dr. Abdülkerim DİLER, Atatürk üniversitesi  
Prof. Dr. Marziyeh EBRAHİMİ, University of Tabriz  
Dr. Öğretim Üyesi Ayşe DEMİRHAN, Gazi Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Sevgi Güneş DURAK, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi  
Prof. Dr. Bülent EKER, Namık Kemal Üniversitesi  
Prof. Dr. Selma ERAT, Mersin Üniversitesi  
Prof. Dr. Nurinisa ESENBÜĞA, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Atıf EVREN, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Gülbin FİRİDİN, Gazi Üniversitesi  
Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER, Bursa Uludağ Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Derviş GÖK, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi  
Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi  
Prof. Dr. Irshad HUSSAIN, The Islamia University of Bahawalpur  
Doç. Dr. Rita ISMAİLOVA, Kyrgyz-Turkish Manas University  
Prof. Dr. Jose Miguel Molina JORDA, Universidad de Alicante  
Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU, Ankara Üniversitesi,  
Doç. Dr. Hüseyin KARACA, Sakarya Üniversitesi  
Doç. Dr. Musa KAVAS, Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Prof. Dr. Hatice KAYA, Atatürk Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Selim KAYA, Gümüşhane Üniversitesi  
Prof. Dr. Ersin KAYAHAN, Kocaeli Üniversitesi  
Prof. Dr. Daniela KERTİKOVA, Institute of Forage Crops, Pleven  
Dr. Naseem Ahmad KHAN, The Islamia University of Bahawalpur  
Doç. Dr. Şule KISAKÜREK, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Prof. Dr. Davoud KIANİFARD, University of Tabriz  
Prof. Dr. İlkay KOCA, Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Doç. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU, Atatürk Üniversitesi  
Prof. Dr. Todor KERTİKOV, Institute of Forage Crops, Pleven  
Prof. Dr. Vahit KONAR, Amasya Üniversitesi  
Doç. Dr. Matanat MEHRABOVA, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku  
Dr. Öğretim Üyesi Mustafa MİZRAK, Şırnak Üniversitesi  
Prof. Dr. Efendi NASİBOĞLU, Dokuz Eylül Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Şeyma Şişik OĞUŞ, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Melih ONAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON, Dokuz Eylül Üniversitesi  
Doç. Dr. Ayşe Yüksel OZAN, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi  
Prof. Dr. Özlem ÖTER, Dokuz Eylül Üniversitesi  
Doç. Dr. Arif ÖZBEK, Çukurova Üniversitesi  
Prof. Dr. Memiş ÖZDEMİR, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Kurtuluş ÖZGİŞİ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Alper POLAT, Munzur Üniversitesi  
Prof. Dr. Hüseyin POLAT, Aksaray Üniversitesi  
Dr. Öğretim Üyesi Bilge POLATOĞLU, Atatürk Üniversitesi  
Doç. Dr. Berrin TOPUZ, Abant İzzet Baysal Üniversitesi  
Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Doç. Dr. Meryem SEFERİNOĞLU, Sinop Üniversitesi  
Prof. Dr. Fatih SEYİS, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Prof. Dr. Oleg SYNYUK, Khmel'nitsky National University, Ukraine  
Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK, Atatürk Üniversitesi  
Prof. Dr. Akbar TAGHİZADEH, University of Tebriz

Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi  
Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR, Uşak Üniversitesi  
Prof. Dr. Erkin TOKPANOV, Zhetysu State University, Kazakhstan  
Doç. Dr. Selda Kapan ULUSOY, Gazi Üniversitesi  
Prof. Dr. Vedide Rezan USLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Prof. Dr. İbrahim UZUN, Kırıkkale Üniversitesi  
Prof. Dr. Viliana VASİLEVA, Institute of Forage Crops, Pleven  
Doç. Dr. Pelin Köse YAMAN, Dokuz Eylül Üniversitesi  
Doç. Dr. Övgü Ceyda YELGEL, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Doç. Dr. Ebru YILMAZ, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi  
Prof. Dr. Güngör YILMAZ, Yozgat Bozok Üniversitesi  
Doç. Dr. Müge Sarı YILMAZ, Yıldız Teknik Üniversitesi  
Prof. Dr. Mithat ZEYDAN, İstanbul Medeniyet Üniversitesi

**Sekretary / Sekretarya**

Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP  
Dr. Esra TÜRE  
Dr. A. Mutlu YAĞANOĞLU



## CONTENTS/İÇİNDEKİLER

<i>Catha Edulis: An Amphetamine-Type of Plant Substance and Cultural Drug From the Horn of Africa</i>	2
<i>Use Of Essential Oils In The In Vitro Culture To Inhibit Contamination Of The Medium And Improve Culture Establishment</i>	8
<i>Kastamonu Bozkurt Ezine Çayı Havza Parametrelerinin Arcgis-Hydrology İle Belirlenmesi Ve Taşkın Debilerinin Hesaplanması</i>	15
<i>Poliamid 6 Malzemesine Sknk Uygulanması Ve Optimum Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi</i>	24
<i>Çelik Kirişler İçin Farklı Endüstriyel İntumesan Boyaların Yangından Koruma Performansları</i>	34
<i>Rebaudiosit A (Reb A) İle Üretilen Düşük Kalorili Portakal Marmelatının Tüketici Tarafından Değerlendirmesi</i>	45
<i>Hidroelektrik Santrallerin Hız Regülatörlerinin Hidrolik Ünitelerinde Makine Öğrenmesi Temelli Anomali Tespiti</i>	55
<i>Görüntü Kalitesi Metrikleri Kullanarak Yüz Tanımda Yanıltma Saldırı Tespiti</i>	61
<i>Cinsiyet Tanımı İçin Ses Biyometrisinin Kullanımı</i>	68
<i>Çelik Lifli Betonların Karışık Mod Kırılmasında Beton Dayanımının Ve Lif Oranının Kırılma Süreci Bölgesine Ve Kırılma Enerjisine Ani Yükleme Altında Etkisinin İncelenmesi</i>	74
<i>Mühendislik Öğrencilerinin Manuel Terapi Farkındalığı İle Fiziksel Aktivite Düzeyi, Kas İskelet Rahatsızlıkları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi</i>	84
<i>Farklı Uç İndisine Sahip Mermi Yapılarının Metal Plakalar Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi</i>	90
<i>2,4,6-Trinitrotoluen'in (Tnt) Bakır Nanopartiküllerle Donatılmış Polianilin Modifiye Camı Karbon Elektrot Kullanılarak Elektrokimyasal Analizi</i>	99
<i>Electrochemical Analysis Of 2,4,6-Trinitrotoluene (Tnt) Using Polyaniline Modified Glassy Carbon Electrode Decorated With Copper Nanoparticles</i>	99
<i>Aykırı Değer Tespit Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Diğer Ön İşleme Adımlarının Otomatik Makine Öğrenmesi (Automl) İle İlişkinin İncelenmesi</i>	106
<i>Medikal Uygulamalarda Fiber Katkılı Kompozitlerin Yeri Ve Önemi</i>	113
<i>M-Tahminine Dayalı Z-İstatistiğinin Karesinin Q-Deforme Formu Üzerine</i>	122
<i>Derin Ağlar Kullanarak Ekg Sinyali İle Uyku Apnesi Sendromu Teşhisi</i>	130
<i>Akupresür Mantiği İle Basınç Noktalarına Baskı Uygulayabilir Havlu Kumaşından Tasarımlar</i>	136
<i>Sürtünme Karıştırma Kaynağı</i>	138
<i>Beyaz Çay Yapraklarından Yeşil Sentez İle Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Aktivitesi</i>	148
<i>Endüstri 4. 0 Çağında İş Sağlığı Ve Güvenliği Uygulamalarındaki Teknolojik Gelişmeler</i>	154
<i>Carotenoid Extraction Methods From Food Waste: A Review</i>	160
<i>Termal İzolasyon Özellikli Spor Eşofman Tasarımları</i>	166
<i>Wi-Fi Direct Haberleşmede Belirli Şartlara Göre Güç Tüketimi Ve Performans Analizi</i>	168
<i>Tek Kullanımlık Havlu Solüsyonlarında Çinko Kullanılabilirliğinin Araştırılması</i>	176
<i>Görüntü İşlemenin Misirda Koçan, Tane Ve Çimlendirilmiş Tohum Ölçümlerinde Kullanılması</i>	191
<i>Hydroweave Teknolojili Havlu Kumaşından Evcil Hayvan Halı Tasarımları</i>	197

<i>H13 Sürtünme Karıştırma Kaynak Takımı Üretiminin Araştırılması</i> .....	199
<i>Dc Ark Arızasının Farklı Yöntemler İle Algılanması</i> .....	207
<i>Su Dağıtım Şebekesi HidroliğiNnin Değişken Akım Algoritmasıyla Analizi</i> .....	212
<i>Su Dağıtım Şebekesinin Hidrolik Modelinde Farklı Basınç Yönetimi Metotlarının Simülasyonu</i> .....	220
<i>Kamu Binalarının Karbon Ayak İzi Miktarındaki Rolü-Ankara Örneği</i> .....	229
<i>Türkiye'nin Soğuk İklim Bölgeleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığı Ve Çevresel Etki Analizi</i> .....	241
<i>Thermogravimetric And Spectroscopy Analysis Of Cf+Swcnt Reinforced and Recycled Ferrochrome Substituted Polymer Concrete</i> .....	255
<i>Hidroelektrik Santrallerinin Scada Sistemlerinde Güncel Siber Güvenlik Gereksinimlerinin Uygulanması</i> .....	265
<i>Alternatif Lamba Türlerinin Çapraz Medya Etki Analizi İle Karşılaştırılması</i> .....	276
<i>Farklı Tür Atık Toz Malzeme Kullanımının Çimentolu Sistemlerin Priz Süresi Ve Akış Özelliklerine Etkisi</i> .....	284
<i>Su Azaltıcı Katkı Zincir Uzunluklarının Farklı C3a İçeriğine Sahip Çimento Harçlarının Bazı Sertleşmiş Hal Özellikleri Üzerine Etkisi</i> .....	296
<i>Polipropilen Lif Narinlik Ve Kullanım Oranının Hafif Betonun Yarmada Çekme Dayanımına Etkisi</i> 302	
<i>Güneş Kule Sisteminde Üretilen Isı Enerjisinin Yüksek Sıcaklık Depolama Sisteminde Modellenmesi</i> .....	310
<i>Karbon Fiber Plakalarda Grafen Nanotoz Katkısının Fiber Matris Ve Boşluk Hacim Oranlarına Etkisinin İncelenmesi</i> .....	321
<i>Benzamid Ve Karboksamid Bazlı Amitlerin Sentezi, Spektroskopik Analizi Ve Antioksidan Aktivite Değerlendirmesi</i> .....	331
<i>Afet Haberleşmesi İçin 5g Drone Kullanarak Yapay Zeka Tabanlı Hüzme Yönetimi</i> .....	339
<i>Ti-6al-4v Sac Malzemenin Sıcak Pres Şekillendirme Prosesinin İncelenmesi: Sonlu Elemanlar Analizi</i> .....	346
<i>Yeni Nesil Çevre Dostu Polyester Karışimli Dokuma Kumaşların Boyama Özelliklerinin İncelenmesi</i> .....	354
<i>Etkin Bir Karar Destek Sistemi İle Müşteri Seçimi Ve Sipariş Takip Sistemi Geliştirilmesi</i> .....	363



**TAM METİNLER**  
**PROCEEDINGS**

## **Catha Edulis: An Amphetamine-Type Of Plant Substance And Cultural Drug From The Horn Of Africa**

**Fatouma AHMED ALI<sup>1</sup>-, Mehmet SEZGİN<sup>2\*</sup>,**

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Çankırı

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çankırı

\*Sorumlu Yazar: [fatoumahmed@gmail.com](mailto:fatoumahmed@gmail.com)

### **Abstract**

Internationally, there are approximately 5-10 million khat chewers, most of whom live in the Arabian Peninsula and the Horn of Africa, particularly in the khat belt countries of Ethiopia, Somalia, and Yemen. It has been reported that 80%-90% of adult men and 10%-60% of adult women in East Africa consume khat daily. Khat includes the leaves and young shoots of *Catha edulis*, an evergreen flowering shrub grown in East Africa and the Arabian Peninsula. It was in 1697 that the first description was made by the French Barthélemyd Herbelot de molainville during his trip to Yemen. This plant is traditionally consumed during long chewing sessions, its leaves are used for their euphoric and stimulating properties. The main active ingredients in khat are cathinone and cathine. They are closely related to amphetamine, and the pharmacological effects of cathinone are qualitatively like those of amphetamine, although less potent. In 1975, United Nations laboratories first discovered that cathinone was the biochemically active ingredient in khat. The consumption of khat has negative effects in the short (insomnia, lethargy, slight tremors, depression), medium and long term. After prolonged use, symptoms of depression, mood swings and violent behavior are observed.

**Keywords:** khat, cathine, cathinone, amphetamine, danger, drug, stimulant, norephedrine

### **Afrika Boynuzu'ndan Bir Amfetamin Türü Bitki Maddesi Ve Kültürel İlaç: Catha Edulis**

### **Özet**

Uluslararası, çoğu Arap Yarımadası ve Afrika Boynuzu'nda, özellikle de Etiyopya, Somali ve Yemen'in khat kuşağı ülkelerinde yaşayan yaklaşık 5-10 milyon insan khat bitkisini çiğnemektedir. Doğu Afrika'da yetişkin erkeklerin %80-90'ının ve yetişkin kadınların %10-60'ının günlük olarak khat tükettiği bildirilmiştir. Khat, Doğu Afrika ve Arap Yarımadası'nda yetişen yaprak dökmeyen çiçekli bir çalı olan *Catha edulis*'in yapraklarını ve genç sürgünlerini içerir. Bu konudaki ilk açıklama, 1697'de Fransız Barthélemyd Herbelot de Molainville tarafından Yemen gezisi sırasında yapılmıştır. Bu bitki geleneksel olarak uzun çiğneme seanslarında tüketilir, yaprakları öforik ve uyarıcı özellikleri için kullanılır. Khat'taki ana aktif maddeler katinon ve katindir. Amfetaminle yakından ilişkilidirler ve katinonun farmakolojik etkileri niteliksel olarak amfetamininkilere benzer olup, daha az güçlüdür. Birleşmiş Milletler laboratuvarları 1975'te, katinonun khat'taki biyokimyasal olarak aktif bileşen olduğunu ilk kez keşfetmiştir. Khat tüketiminin kısa (uykusuzluk, uyuşukluk, hafif titreme, depresyon), orta ve uzun vadede olumsuz etkileri vardır. Kullanıcılarda uzun süreli kullanımdan sonra depresyon, ruh hali değişimleri ve şiddet içeren davranışlar görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** khat, cathin, cathinone, amfetamin, tehlikeli, uyuşturucu, uyarıcı, norefedrin

## Introduction

Khat or qat (*Catha edulis*) belongs to the Celastraceae family and is an endemic plant native to East Africa and the Arabian Peninsula [11]. However, there is only one species of the genus *Catha* (Khat), this family has forty genera alone [19]. The Khat, a very polymorphic species seen its size varying from one to two meters in the arid regions up to six meters in the very humid regions of the equatorial zone. The shape and color of the leaves can vary depending on factors such as the botanical origin or the degree of development.



**Figure 1:** *Catha edulis* leaves

Chewing the plant has been the most common mode of consumption for years. Fresh young shoots are chewed and stored in the cheek and the juice of this chewed material is swallowed, while the residue is spat out. The plant has the power to dry out the oral mucosa where chewing is always accompanied by the intake of liquid. For the elderly, the leaves are very hard, so they pulverize them with a mortar and then the powder obtained is mixed with water.

It was in 1697 that the first description was made by the Frenchman Barthélemy de Herbelot de Molainville during his trip to Yemen, he specifically said (translated) "[it] is made with a seed which is unknown to us, which has been banned by the Doctor of Laws in the province of Yemen where it is from...Because it is too strong and affects the brain». In 1975, United Nations laboratories first discovered that cathonine (which is an amphetamine-like stimulant) was the biochemically active ingredient in Khat [1]. Although khat is known as a stimulant drug that creates serious health, economic and social problems.

Internationally, there are approximately 5-10 million kat chewers, most of whom live in the Arabian Peninsula and the Horn of Africa, particularly in the khat belt countries of Ethiopia, Somalia and Yemen. It has been reported that 80%-90% of adult men and 10%-60% of adult women in East Africa consume khat daily [11-26].

It grows in regions where normal conditions approach those of its natural habitat, that is wet and warm slopes from 1500 to 2500 meters above sea level [18]. Hence its cultivation is most widespread in Yemen, Ethiopia, and Kenya. These three countries offer ideal conditions for growing the plant.

## 1. Chemistry of khat

Although the leaves of Khat contain the common substances of plants but also several chemical substances are present. There are more than forty alkaloids, glycosides, amino acids, vitamins, and minerals [6]. So, we found 90% water, 1.6% polyphenols, 5%-6% protein, 2%-3% fiber, 0.3% calcium, 0.2% vitamin C, terpenes, flavonoids, and sterols [19]. Within this diversity of ingredients, the presence of two alkaloids is of particular interest to us: S-cathinone, also known as (-)-2-aminopropiophenone or S-(-)-2-amino-1-phenyl-1-propanone (a  $\beta$ -keto derivative of amphetamines) and cathine.



**Figure 2:** Molecular structure of amphetamine, Cathine and Cathinone

Cathinone is a very unstable product; indeed, between 24 and 36 hours after harvest, a cathinone dimer is formed, much less active than cathinone [7]. This explains why khat leaves are eaten fresh to retain their stimulating effects [3].

The second alkaloid that has the desired effect on khat is cathine, or 1S,2 Snorpseudoephedrine. This other psychoactive substance comes from the metabolism of cathinones in plants. Cathinone is indeed metabolized into cathine and norephedrine [4-11]. Cathine is less important than cathinone and is ten times less active than the parent molecule [9]. Traces of other substances are also found in plants.

Traces of other substances are also found in plants. Therefore, 1R,2S-norephedrine and many cathedulines (polyhydroxylated sesquiterpenes) [7] and other phenylalkylamines, such as merucathinone, pseudomerucathinone and merucathine [24], did not play an important role in the activity. Quinonetrimerpenes have also been identified, which give the roots an orange-red color. The cathinone content of fresh khat leaves is around 0.1%. Fresh plants contain lesser amounts of cathine [9]. This is because cathinone is metabolized to cathine as the plant matures [24]. The leaves contain four times more cathine than norephedrine. The amounts of cathinone, cathine and norephedrine varied considerably depending on the type of khat tested.

The fresh leaves contain 36–383 mg of cathinone, 83–120 mg of cathine, and 8–47 mg of norephedrine per 100 grams [24]. These significant differences could also be explained by differences in the freshness of seizures.

Norephedrine is the third major alkaloid found in khat. In fact, like cathine, it is a degradation product of cathinone. It is also a diastereoisomer of cathine [24]. Norephedrine can cause some of the effects of khat, which are generally undesirable, such as headaches.

Cathinone and cathine are closely related to amphetamine, and the pharmacological effects of cathinone are qualitatively like those of amphetamine (which is a psychostimulant) although they are less potent [19]. Because of this the marketing of khat has been banned in several countries. As cathinone degrades rapidly in damaged or desiccated plant material, only fresh leaves are chewed.

## 2. Pharmacological activity

Cathinone and cathine are central nervous system (CNS) stimulants, like amphetamines, but qualitatively weaker. The euphoric effect of khat begins about an hour after chewing. Cathinone plasma concentrations peak 1.5 to 3.5 hours after chewing. After eight hours, cathinones were barely detectable

in the blood. First-pass metabolism of cathinone in the liver results in the formation of norephedrine. Only 2 to 7% of cathinones are excreted in the urine in their raw form. The elimination half-life of cathinone is 1.5 +/- 0.8 hours, while that of cathine is 5.2 +/- 3.4 hours [22].

The khat alkaloids (cathinone and cathine) are central nervous system stimulants; their actions are similar in nature to those of amphetamines. Cathinone and cathine act on the dopaminergic and noradrenergic pathways. It is well established that, like amphetamines, cathinones cause the secretion of serotonin in the central nervous system [5-7]. Cathinones also induce dopamine secretion in the central nervous system, increasing the activity of dopaminergic pathways [16]. It also affects storage sites by releasing norepinephrine, thereby promoting noradrenergic transmission [25]. Cathinone and cathine are also thought to inhibit norepinephrine reuptake [6-8-21].

However, their stimulating effect is much weaker. Cathinone is thought to be half as potent as amphetamine, and cathine is 7–10 times less potent [14]. In fact, the large number of herbs needed to achieve a mild stimulating effect makes khat far less dangerous than the chemically pure form of psychoactive drugs [9]. Hence, the name natural amphetamine is often found [10].

The degree of addiction associated with the consumption of khat is generally low. The sought-after pharmacological action of khat alkaloids is a state of euphoria and elation, accompanied by a sense of arousal and heightened excitement. These states of excitement are often accompanied by depression, irritability, anorexia, and sleep disturbances. Psychotic reactions have been demonstrated in subjects regularly taking high doses [9]. Hyperthermia and analgesia demonstrate activation of monoaminergic pathways and opioid mechanisms [20-21]. High fever can also be explained by thyroid stimulation [15-21].

Little is known about the role of other components of khat. However, astringent tannins are thought to be responsible for gastritis, stomatitis, esophagitis, and periodontitis.

### **3. Pharmacokinetics**

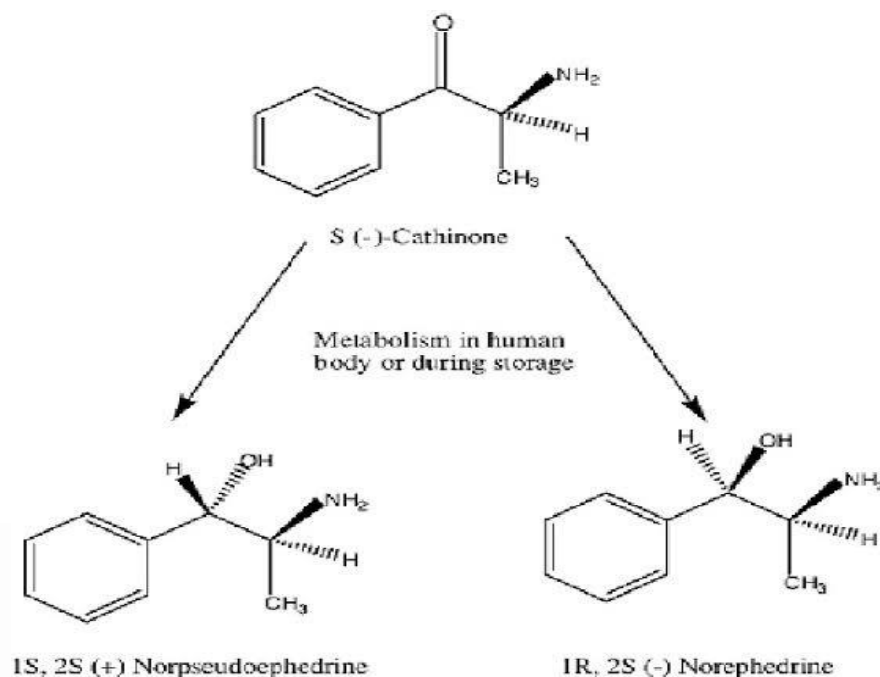
One hour of chewing to obtain the desired stimulating effect of the plant. Peak plasma concentrations are reached about 1.5 to 3.5 hours after the start of chewing [12-25]. Average plasma concentrations up to 100 ng/mL after chewing 60 g of fresh plant for one hour. Eight hours after chewing, cathinone is barely detectable in the blood; it undergoes a hepatic first-pass effect, resulting in the formation of norephedrine, which is then excreted in the urine (only 2–7% of cathinone is excreted) [11-21-23]. Cathine excretion is unchanged [21].

A two-compartment pharmacokinetic model has recently been described [22-25]. There are two absorption sections. The first segment lasts 0.1 to 0.2 hours and the second segment lasts 1 to 2 hours. Absorption through the oral mucosa is defined as the first stage of absorption [11-22-25].

This was the largest proportion of cathinone ( $59 \pm 21\%$ ) and cathine ( $84 \pm 6\%$ ) absorbed. Peak plasma concentrations were reached in 2.3 hours for cathinone, 2.6 hours for cathine, and 2.8 hours for norephedrine [23-25]. Chewing can extract much of the active ingredient. In fact, only  $9.1 \pm 4.2\%$  remained in leaf residues [25]. The second absorptive segment is the stomach and small intestine [11].

The elimination half-life of cathinone is  $1.5 \pm 0.8$  hours, while the elimination half-life of cathine is  $5.2 \pm 3.4$  hours [23-25], and the volumes of the central compartment of cathinone and cathine are  $2.7 \pm 3.4$  and  $0.7$ , respectively  $\pm 0.4$  l/kg [25].

Cathinone is detectable within 0.5 to 7.5 hours after administration but is no longer detectable after 24 hours [25]. Cathinones can be detected in urine by gas chromatography coupled with mass spectrometry [11].



**Figure 3:** Cathinone metabolism in human body

## Conclusion

Khat comprises the leaves and young shoots of *Catha edulis*, a flowering evergreen shrub grown in moist, warm slopes at 1500 to 2500 meters altitude in East Africa on the Arabian Peninsula. Traditionally consumed during long chewing sessions, its leaves are used for their euphoric and stimulating properties. Internationally, there are approximately 5-10 million khat chewers, most of whom live in the Arabian Peninsula and the Horn of Africa, particularly in the khat belt countries of Ethiopia, Somalia, and Yemen. It has been reported that 80% to 90% of adult men and 10% to 60% of adult women in East Africa consume khat daily.

Although the leaves of Khat contain the common substances of plants but also a few chemical substances are present. Khat contains alkaloids (cathinone and cathine) which have euphoric and stimulating effects; these properties are sought by khat consumers for different reasons. Cathinone and cathine are closely related to amphetamine, and the pharmacological effects of cathinone are qualitatively like those of amphetamine (a psychostimulant substance), although less powerful. Despite its excessive consumption, khat is misunderstood as a stimulant drug that creates major health, economic and social problems. Although the exact relationship between the consumption of khat and the main diseases detected has not been established, it cannot be excluded that this practice is at the origin of the emergence of certain diseases.

## References

- [1] Al-Juhaishi T, Al-Kindi S, Gehani A: Khat: a widely used drug of abuse in the horn of Africa and the Arabianpeninsula: review of literature. *Qatar Med J.* 2012, 2 :1-6. 10.5339/qmj.2012.2.54.
- [2] Attef O. A., Ali A-A. A., Ali H. M. (1997) Effect of khat chewing on the bioavailability of ampicillin and amoxicillin. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 39: 523-5.
- [3] Bach F. (1980) *Le Qat en République Arabe du Yemen.* Thèse de Médecine, Grenoble 228 pp.
- [4] Balint E. E., Falkay G. & Balint G. A. (2009) Khat, a controversial plant. *Wiener Klinische Wochenschrift* 121: 604-14.
- [5] Brenneisen R., Fish H. U., Koelbing U., Geissshusler S. & Kalix P. (1990) Amphetamine-like effects in humans of the khat alkaloid cathinone. *British Journal of Clinical Pharmacology* 30: 825-8.

- [6] Cox G. & Rampes H. (2003) Adverse effects of khat: a review. *Advanced in Psychiatric Treatment* 9: 456-63.
- [7] Crombie L., Crombie W. M. L. & Whiting D. A. (1990) Alkaloids of Khat (*Catha edulis*). *Alkaloids* 39 :139–164.
- [8] Drake P. H. (1988) Khat-chewing in the Near East (Letter). *The Lancet* 532-3.
- [9] European Monitoring Center for Drugs and Drugs Addictions ([www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/khat/fr](http://www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/khat/fr))
- [10] Feyissa A. M. & Kelly J. P. (2008) A review of the neuropharmacological properties of khat. *Progress in neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry* 32: 1147-66.
- [11] Fitzgerald J. (2009) Khat: a literature review. Louis Lawrence Research. Centre for Culture, Ethnicity and Health 32 pp.
- [12] Halket J. M., Karasu Z. & Murray-Lyon I. M. (1995) Plasma cathinone levels following chewing khat leaves (*Catha edulis* Forsk.). *Journal of Ethnopharmacology* 49: 111-3.
- [13] Hassan N. A. G. M., Gunaid A. A. & Murray-Lyon I. M. (2007) Khat (*Catha edulis*): health aspects of khat chewing. *La Revue de Santé de la Méditerranée Orientale* 3 : 706-18.
- [14] Hoffman R., Al-Absi M. (2010) Khat use and neurobehavioral functions: suggestions for future studies. *Journal of Ethnopharmacology* 132: 554-63.
- [15] Islam M. W., Tariq M., El-Ferally F. S., Al-Meshal I. A. & Ashraf I. (1990) Effects of khatamines and their enantiomers on plasmatriiodothyronine and thyroxine levels in normal Wistar rats. *American Journal of Chinese Medicine* 18: 71-6.
- [16] Kalix P. & Braenden O. (1985) Pharmacological aspects of the chewing of khat leaves. *Pharmacological Reviews* 37: 149-64.
- [17] Kalix P. (1992) Cathinone a natural amphetamine. *Pharmacological Toxicology* 70: 77-86.
- [18] Mac Kee C. M. (1987) Medical and social; aspects of qat in Yemen: a review. *Journal of the Royal Society of Medicine* 80: 762-5.
- [19] Martin Cusson, Consommation massive du Khat : phénomène biologie et/ou social ? université de limoges, faculté de pharmacie, 1991.
- [20] Nencini P., Ahmed A. M., Anania M. C., Moscucci M. & Paroli E. (1984) Prolonged analgesia induced by cathinone. The role of stress and opioid and non opioid mechanisms. *Pharmacology* 29: 269-81.
- [21] Nezar N., Al-Hebshi N. & Skaug N. (2005) Khat (*Catha edulis*) –an update review. *Addiction Biology* 10: 299-307.
- [22] Toennes S. W. & Kauert G. F. (2002) Excretion and detection of cathinone, cathine and phenylpropanolamine in urine after khat chewing. *American Association for Clinical Chemistry* 48 :1715-9.
- [23] Toennes S. W., Harder S., Schramm M., Niess C. & Kauert G. F. (2003) Pharmacokinetics of cathinone, cathine and norephedrine after the chewing of khat leaves. *Journal of Clinical Pharmacology* 56: 125-30.
- [24] Wabe N. T. (2011) Chemistry, Pharmacology and Toxicity of Khat (*Catha edulis* Forsk.): a review. *Addict and Health* 3: 137-49.
- [25] Wabe T. J. (2011) Psychopharmacological Aspect of *Catha edulis* (Khat) and consequences of long terme use: a review. *Journal of Mood Disorder* 1: 187-94.
- [26] Wondemagegn AT, Cheme MC, Kibret KT. Perceived Psychological, Economic, and Social Impact of Khat Chewing among Adolescents and Adults in Nekemte Town, East Welega Zone, West Ethiopia. *BioMed Res Int.* 2017. PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28265577/>

**Presentation ID / Sunum No: 6**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0003-1024-2911

## **Use of Essential Oils in the in Vitro Culture to Inhibit Contamination of the Medium and Improve Culture Establishment**

**Fatouma AHMED ALI<sup>1</sup>, Mehmet SEZGİN<sup>2\*</sup>,**

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Çankırı

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çankırı

\*Sorumlu Yazar: [fatoumahmed@gmail.com](mailto:fatoumahmed@gmail.com)

### **Abstract**

*In the current situation, the demand for agricultural products has increased by more than 70%. In vitro techniques have been proposed as an alternative to large-scale breeding programs. Unfortunately, a major problem in plant tissue culture applications during in vitro plant propagation is browning of the cultured tissue, and external and internal infections are frequently encountered. Essential oils have the potential to serve as a natural alternative to synthetic preservatives for industrial food preservation. They are concentrates of powerful aromatic compounds, obtained by steam distillation of aromatic plants, rich in active ingredients. The application of essential oils is a promising alternative to antioxidants due to their powerful antibacterial activity and ability to neutralize free radicals. The use of essential oils is an effective way to improve quality, is believed to control enzymatic browning reactions, and has potential antimicrobial properties. This work will allow us to demonstrate the effectiveness of using essential oils to control enzymatic browning and crop contamination, based on previously conducted research.*

**Keywords:** Enzymatic Browning, Contamination, Essential Oils, In Vitro Culture, Propagation

### **Ortamın Kirlilmesini Engellemek Ve Kültür Oluşumunu İyileştirmek İçin İn Vitro Kültürde Temel Yağların Kullanılması**

### **Öz**

*Mevcut durumda tarım ürünlerine olan talep %70' in üzerinde artış göstermiştir. In vitro teknikler, büyük ölçekli yetiştirme programlarına bir alternatif olarak önerilmiştir. İn vitro bitki yayılımı sırasında bitki doku kültürü uygulamalarında önemli bir sorun, kültürlen dokunun esmerleşmesidir ve sıklıkla dış ve iç enfeksiyonlarla karşılaşmaktadır. Uçucu yağlar, endüstriyel gıda muhafazası için sentetik koruyuculara doğal bir alternatif olarak hizmet etme potansiyeline sahiptir. Aromatik bitkilerin buharla damıtılmasıyla elde edilen, aktif bileşenler açısından zengin, güçlü aromatik bileşiklerin konsantreleridir. Uçucu yağların uygulanması, güçlü antibakteriyel aktiviteleri ve serbest radikalleri nötralize etme yetenekleri nedeniyle antioksidanlara umut verici bir alternatiftir. Uçucu yağların kullanımı kaliteyi artırmanın etkili bir yoludur, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını kontrol ettiğine inanılır ve potansiyel antimikrobiyal özelliklere sahiptir.*

**Anahtar Kelimeler:** Enzimatik Esmerleşme, Kirlenme, Uçucu Yağlar, İn Vitro Kültür, Üreme

## Introduction

In the current situation, the demand for agricultural products has increased by more than 70%. For large-scale propagation, the use of cuttings is not ideal due to the long times needed to produce a developed plant. Hence *in vitro* techniques have been proposed as an alternative to large-scale breeding programs. Unfortunately, a major problem in plant tissue culture applications during *in vitro* plant propagation is browning of the cultured tissue, and external and internal infections are frequently encountered. Cultures are a source of microbial contaminants and can grow rapidly *in vitro* due to the nutrient-rich medium. Essential oils have the potential to serve as a natural alternative to synthetic preservatives for industrial food preservation.

The bioactive components of essential oils have specific antibacterial actions. They act at the level of the membrane and the cytoplasm, and in certain cases, completely modify the morphology of the cells [18].

The use of essential oils is an effective way to improve quality, is believed to control enzymatic browning reactions, and has potential antimicrobial properties [1].

This work will allow us to demonstrate the effectiveness of using essential oils (EOs) to control enzymatic browning and crop contamination, based on previously conducted research.

### 1. Essential oils as agents antibacterial

EO is a concentrated, strong-smelling natural product produced by aromatic plants as secondary metabolites [24]. These oils exist in the form of variable mixtures, mainly composed of terpenoids, monoterpenes and sesquiterpenes, and diterpenes [31]. Other classes of molecules can also be encountered such as acids, alcohols, aldehydes, esters, acyclic aliphatic hydrocarbons, or lactones; some nitrogen and sulfur compounds, homologs of coumarin and phenylpropane [18].

EO is liquid, volatile, transparent, and colored, soluble in lipids and organic solvents with a density lower than that of water. They can be present in all plant organs, including buds, flowers, seeds, branches, stems, fruits, roots, wood, or bark, and are usually stored by plants in the cell's secretaries, lumen, ducts, glandular hairs, or epidermal cells. EO is extracted from a variety of aromatic plants commonly found in temperate or warm countries, and they often constitute an important part of traditional pharmacopoeias. These plants are known for their pharmacological properties [8-10] and are often used for food preservation [4]. EO contains various secondary metabolites that can inhibit or slow down the growth of microorganisms [14].

### 2. Browning of the culture medium

Oxidative browning due to the accumulation and oxidation of polyphenols in the media is the main barrier to *in vitro* propagation [23]. Field-grown plants are a source of microbial contaminants that can proliferate rapidly *in vitro* due to nutrient-rich media when new crops are established [29]. Therefore, it is necessary to limit the oxidation of phenolic compounds, a source of enzymatic browning, and to inhibit microbial growth, for the successful establishment of tissue cultures *in vitro* [33].

Most protocols to prevent tissue culture browning can be divided into two groups:

- Antioxidants such as ascorbic acid, citric acid, or melatonin, which decrease oxidative stress.
- Adsorbents that bind phenolic compounds making them less toxic such as activated carbon or polyvinylpyrrolidone (PVP) [32].

However, some of these strategies currently employed to control the browning problem have undesirable side effects. For example, ascorbate and citrate are considered toxic, activated carbon and polyvinylpyrrolidone (PVP) adsorb not only toxic exudates but also growth regulators and nutrients. Paraffin was found to be effective in preventing and minimizing the risk of browning when the cut ends

of plants were sealed [5]. Jones and Sax-ena (2013) showed that the incorporation of 2-aminoindan-2-phosphonic acid (AIP), a competitive inhibitor of the enzyme phenylalanine ammonia-lyase (PAL), into the culture medium resulted in a significant reduction in visible browning by reducing the biosynthesis of polyphenolic compounds. The incorporation of antioxidants into the culture medium reduces browning and leaching of phenolic compounds [26].

### 3. Previous research

This work aimed to find an alternative source to control the phenomena of oxidation, browning and contamination, which often lead to explants in *A. vera* in vitro. To achieve this, EO extracted from thyme and rosemary was tested as a solution drug for enzymatic browning and microbial contamination for *A. vera* propagation.

The plants used are 3 years old. After sterilization of the explants and sterilization of the media in an autoclave at 121°C and 1 bar of pressure for 20 min.

The basal medium consisted of MS medium (**Murashige and Skoog**) [25] supplemented with 1 mg/L of b-indolebutyric acid (IBA) and various concentrations (0 and 0.5 g/l) of charcoal EO, thyme and rosemary (0, 0.1 and 0.2%). In this experiment, two temperatures were used: 22°C and 17°C.

EO concentration to inhibit browning and microbial contamination based on the results of the first experiment, explants were cultured in MS medium supplemented with 1 mg/L IBA with different concentrations of rosemary EO: 0, 0.025, 0.05, 0.075 and 0.1% at 22°C (Table 2). The percentage of survival of the explants, the diffusion of browning, the percentage of infection, the number of leaves per explant and the average length of the leaves were measured after four weeks for the different culture media (M'1, M'2, M'3, M'4 and M'5).

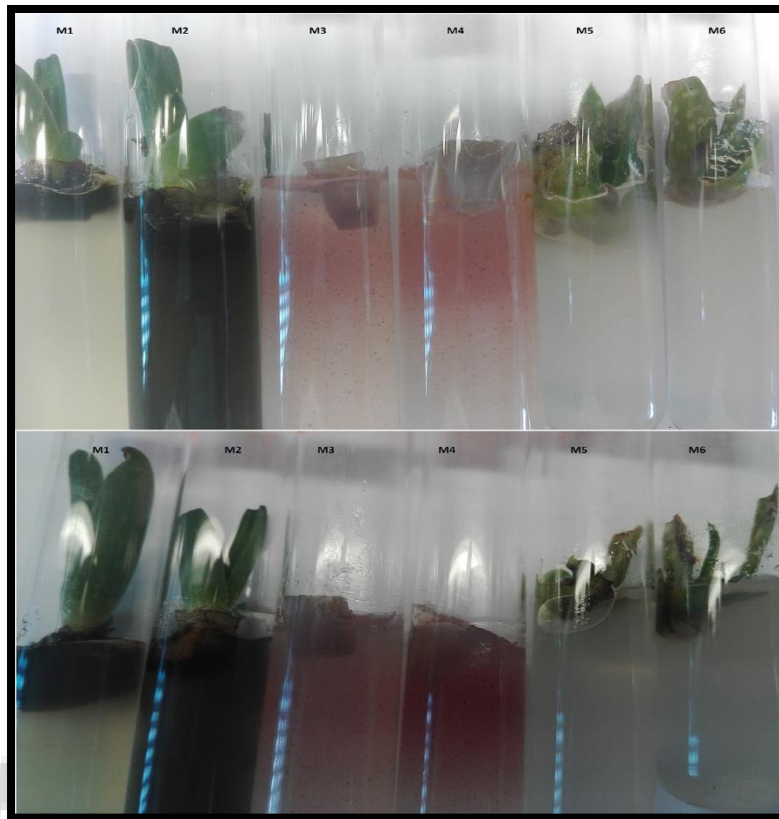
Name of the media	Culture media additives					Survival percentage (%)		Browning diffusion (%)		Infection percentage (%)	
	IBA <sup>a</sup> (mg/L)	Charcoal (g/L)	Thyme EO <sup>b</sup> (%)	Rosemary EO <sup>b</sup> (%)		17 °C	22 °C	17 °C	22 °C	17 °C	22 °C
M1	1	0	0	0	0	86.67 § 0.35 <sup>cd</sup>	86.67 § 0.35 <sup>b</sup>	74.33 § 0.25 <sup>c</sup>	89.65 § 0.74 <sup>c</sup>	13.33 § 0.35 <sup>a</sup>	33.33 § 0.49 <sup>b</sup>
M2	1	0.5	0	0	0	66.67 § 0.49 <sup>bc</sup>	93.33 § 0.26 <sup>b</sup>	49.15 § 0.17 <sup>b</sup>	54.78 § 0.35 <sup>b</sup>	33.33 § 0.49 <sup>b</sup>	46.67 § 0.52 <sup>b</sup>
M3	1	0	0.1	0	0	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00
M4	1	0	0	0.2	0	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>
M5	1	0	0	0	0.1	93.33 § 0.26 <sup>d</sup>	93.33 § 0.26 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	6.67 § 0.26 <sup>a</sup>	6.67 § 0.26 <sup>a</sup>
M6	1	0	0	0	0.2	60.00 § 0.51 <sup>b</sup>	80.00 § 0.41 <sup>b</sup>				

Different letters indicate significant differences (Fisher's test at p 0.05).  
<sup>a</sup>: no survival.  
<sup>a</sup>: IBA: D-indolebutyric acid. <sup>b</sup>: EO: essential oil.

**Table 1:** Effect of culture media additives in the first experiment

The essential oils added to the medium matched with *A. vera* cultured in vitro are shown in Table 1. None of the explants survived in M3 and M4 media, suggesting that thyme EO inhibited the growth of explants. The percentage of explant survival in M1 (control treatment) was 86.67%, which was significantly increased ( $p < 0.05$ ) with the addition of 0.1% rosemary EO (93.33 % in M5) at 17°C. At 22°C, there were no significant differences between media M1, M2, M5 and M6.

No explants were infected in the M5 medium, and the percentage of infection was approximately 6.66% in the M6 medium, at 17 and 22°C. The highest percentages of infection were observed in the M1 and M2 media with different levels depending on the temperature. At 17°C, there was a significant variation between media M1, M5, M6 and medium M2, which had the highest percent infection (33.33%). At 22°C, the percentages of infection differed significantly from one medium to another, with no infection being observed in the M5 medium.



**Figure 1:** Variation of browning diffusion according to media composition at 17 °C (above) and 22 °C (below). M1: MS + 1 mg/L IBA; M2: MS + 1 mg/L IBA + 0.5 g/L charcoal; M3: MS + 1 mg/L IBA + 0.1% thyme EO; M4: MS + 1 mg/L IBA + 0.2% thyme EO; M5: MS + 1 mg/L IBA + 0.1% rosemary EO; M6: MS + 1 mg/L IBA + 0.2% rosemary EO.

The diffusion of enzymatic browning as a function of temperature and medium is shown in Table 1. In M5 and M6 media, browning was completely absent, however, in M2 medium, moderate browning was detected, while in M1, browning was high regardless of temperature. The antioxidant activity of rosemary EO inhibits the release of phenolic compounds.

Table 2  
Dose-response effects of rosemary EO in the second experiment at 22 °C.

Name of the media	Culture media additives		Survival percentage (%)	Browning diffusion (%)	Infection percentage (%)	Average number of leaves	Average leaves length (cm)
	IBA <sup>a</sup> (mg/L)	Rosemary EO <sup>b</sup> (%)					
M1	1	0	100.00 <sup>a</sup>	63.63 § 0.52 <sup>c</sup>	50.00 § 0.48 <sup>c</sup>	3.57 § 0.53 <sup>a,b</sup>	2.71 § 0.49 <sup>a</sup>
M2	1	0.025	100.00 <sup>a</sup>	22.45 § 0.28 <sup>b</sup>	40.00 § 0.45 <sup>b</sup>	3.57 § 0.51 <sup>a,b</sup>	2.66 § 0.41 <sup>a</sup>
M3	1	0.05	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	40.00 § 0.54 <sup>b</sup>	3.50 § 0.65 <sup>a,b</sup>	3.19 § 0.37 <sup>b</sup>
M4	1	0.075	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	10.00 § 0.36 <sup>a</sup>	3.28 § 0.49 <sup>a</sup>	2.94 § 0.32 <sup>a,b</sup>
M5	1	0.1	100.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	10.00 § 0.25 <sup>a</sup>	3.71 § 0.44 <sup>b</sup>	2.94 § 0.46 <sup>a,b</sup>

Different letters indicate significant differences (Fisher's test at p 0.05). <sup>a</sup>

IBA: b-indole butyric acid.

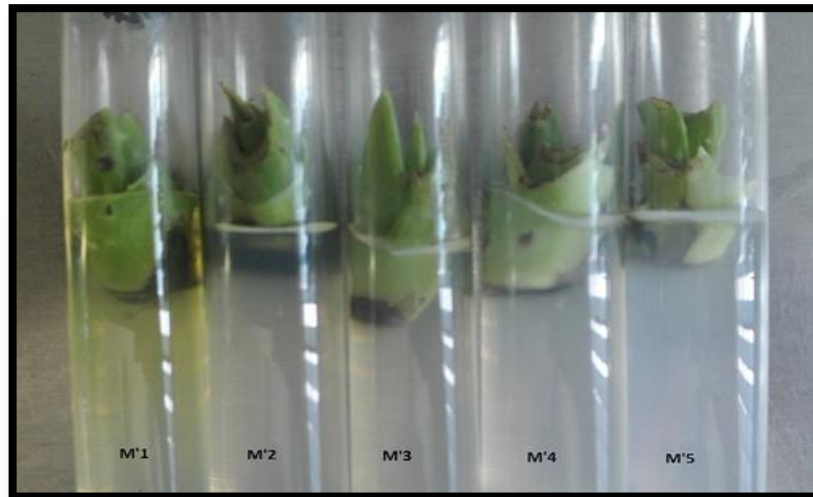
<sup>b</sup> EO: essential oil.

**Table 2:** Dose-response effects of rosemary EO in the second experiment at 22°C

For the second induction experiment, the percentage survival of the explants was 100% for all culture media.

The diffusion of browning for the second induction experiment depended on the concentration of rosemary EO in the media.

The percentages of infection of the culture media varied from 10 to 50% depending on the culture medium. The highest percentage of the order of 50% concerned the M'1 medium. This percentage decreased due to the antifungal and antimicrobial activities of rosemary EO. In fact, the lowest percentage of infection (10%) was detected in the M'4 and M'5 media, which contained 0.075 and 0.1% of rosemary EO respectively.



**Figure 2:** Variation of the enzymatic browning diffusion in different culture media. M'1: MS + 1 mg/L IBA; M'2: MS + 1 mg/L IBA + 0.025% rosemary EO; M'3: MS + 1 mg/L IBA + 0.05% rosemary EO; M'4: MS + 1 mg/L IBA + 0.075% rosemary EO; M'5: MS + 1 mg/L IBA + 0.1% rosemary EO.

Indeed, the M'3, M'4 and M'5 media (containing respectively 0.05, 0.075 and 0.1% of rosemary EO) did not show any sign of browning due to the oxidation of the compounds phenolics. However, the browning was intense for medium M'1 and weak for M'2 (Fig. 2).

### **Conclusion**

The use of essential oils is an effective way to improve quality, is believed to control enzymatic browning reactions, and has potential antimicrobial properties. Enzymatic browning and infection of the medium can be controlled to improve propagation in vitro. These studies are limited in vitro. According to the studies described, enzymatic browning and infection of the medium can be controlled by adding rosemary EO to promote the in vitro propagation of *A. vera*. Rosemary essential oil can be offered as a substitute for other chemicals for successful cultivation of *A. vera* in vitro due to its antioxidant, antibacterial and antifungal properties.

## References

- [1] Amin, A., 2016. Determination of some essential oils effects on the quality traits of the Egyptian Anna apple fruit during its shelf life. *J. Hortic. Sci. Ornament. Plants* 8, 35–45.
- [2] Bajalan, I., Rouzbahani, R., Pirbalouti, A.G., Maggi, F., 2017. Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils obtained from seven Iranian populations of *Rosmarinus officinalis*. *Ind. Crops Prod.* 107, 305–311.
- [3] Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, et al (2008) Biological effects of essential oils. *Food Chem Toxicol* 46:446–75
- [4] Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, et al (2008) Biological effects of essential oils. *Food Chem Toxicol* 46:446–75
- [5] Bhat, S.R., Chandel, K.P.S., 1991. A novel technique to overcome browning in tissue culture. *Plant Cell Rep.* 10, 358–361.
- [6] Bohlmann J, Keeling CI (2008) Terpenoid biomaterials. *Plants J* 54:656–69
- [7] Bouyahya A, Bensaid M, Bakri Y, et al (2016) Phytochemistry and ethnopharmacology of *Ficus carica*. *Int J Biochem Res Rev* 14:1–12
- [8] Bouyahya A, Abrini J, Bakri Y, et al (2016) Les huiles essentielles comme agents anticancéreux : actualité sur le mode d'action. *Phytothérapie* [in press]
- [9] Bouyahya A, Jamal A, Edaoudi F, et al (2016) *Origanum compactum* Benth: a review on phytochemistry and pharmacological properties. *Med Aromat Plants* 5:252
- [10] Bouyahya A, Bensaid M, Bakri Y, et al (2016) Phytochemistry and ethnopharmacology of *Ficus carica*. *Int J Biochem Res Rev* 14:1–12
- [11] Candan F, Unlu M, Tepe B, et al (2003) Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *Millefolium* Afan. (Asteraceae). *J Ethnopharmacol* 87:215–20
- [12] *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds. *Food Chem Toxicol* 46:3632–39
- [13] Cox SD, Mann CM, Markham JL (2001) Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J Appl Microbiol* 91:492–9
- [14] De Martino L, de Feo V, Nazzaro F (2009) Chemical composition and in vitro antimicrobial and mutagenic activities of seven Lamiaceae essential oils. *Molecules* 14:4213–230
- [15] Dubey VS, Bhalla R, Luthra R (2003) An overview of the non mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. *J Biosci* 28:637–46
- [16] Dung NT, Kim JM, Kang SC (2008) Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of
- [17] El Moussaoui N, Sanchez G, Khay E, et al (2013) Antibacterial and antiviral activities of essential oils of Northern Moroccan plants. *Br Biotechnol J* 3:318–31
- [18] Finland M (1979) Emergence of antibiotic resistance in hospitals 1935–1975. *Rev Infect Dis* 1 :4–22
- [19] Griffin SG, Wyllie SG, Markham JL (1999) The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. *Flavour Fragr J* 14:322–32
- [20] Jones, A.M.P., Saxena, P.K., 2013. Inhibition of phenylpropanoid biosynthesis in *Artemisia annua* L.: a novel approach to reduce oxidative browning in plant tissue culture. *PLoS ONE* 8, e76802.
- [21] Juteau F, Masotti V, Bessiere JM, et al (2002) Antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia annua* essential oil. *Fitoterapia* 73:532–5
- [22] Kalemba D, Kunicka A (2003) Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr Med Chem* 10:813–29
- [23] Lee, Y.S., Yang, T., Park, S., Baek, J.H., Wu, S., Lim, K., 2011. Induction and proliferation of adventitious roots from *Aloe vera* leaf tissues for in vitro production of aloe-emodin. *Plant Omics J.* 4, 190–194.
- [24] Levy SB (1992) Antibiotic resistance, chapter in book: *The antibiotic paradox. How miracle drugs are destroying the miracle.* Plenum Press, New York, pp 67–103
- [25] Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15, 473–497.
- [26] Narpat, S.S., Mangal, S.R., Smita, S., Sumitra, K.C., Mahendra, P., Harish Manoj, K.R., Vibha, J.B., Nitika, S.R., Patel, A.K., Vinod, K., 2014. Micropropagation of *Aloe vera* for improvement

- and enhanced productivity. In: Tuteja, N., Gill, S.S. (Eds.), *Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance*. Wiley-VCH, Weinheim, pp. 857–880.
- [27] Nayanakantha, N.M.C., Singh, B.R., Kumar, A., 2010. Improved culture medium for micropropagation of *Aloe vera* L.. *Trop. Agric. Res. Ext.* 13, 87–93.
- [28] Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, et al (2013) Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals* 6 :1451–74
- [29] Perez-Tornero, O., Burgos, L., Egea., J., 1999. Introduction and establishment of apricot in vitro through regeneration of shoots from meristem tips. *In Vitro Cell. Dev. Biol. \_ Plant* 35, 249–253.
- [30] Sacchetti G, Maietti S, Muzzoli M, et al (2005) Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chem* 91:621–32
- [31] Turner M (2011) German *Escherichia coli* outbreak caused by previously unknown strain. *Nature*. doi: 10.1038/news.2011.345
- [32] Uchendu, E.E., Paliyath, G., Brown, D.C., Saxena, P.K., 2011. In vitro propagation of North American ginseng (*Panax quinquefolius*. p. L.). *In Vitro Cell. Dev. Biol. - Plant* 47, 710–718.
- [33] Zulfiqar, B., Abbasi, N.A., Ahmad, T., Hafiz, I.A., 2009. Effect of explant sources and different concentrations of plant growth regulators on in vitro shoot proliferation and rooting of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte Pak. *J. Bot.* 41, 2333–2346.

Presentation ID / Sunum No: 7

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2002-8150

## Kastamonu Bozkurt Ezine Çayı Havza Parametrelerinin Arcgis-Hydrology İle Belirlenmesi ve Taşkın Debilerinin Hesaplanması

İlayda Kübra Mentеше<sup>1\*</sup>, Doç. Dr. Nihat Eroğlu<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

### Özet

Bu çalışma Batı Karadeniz Havzası alt havzalarından olan Bozkurt ilçesi ve çevresinden su toplayan Ezine Çayı Havzası'nı kapsamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak havzaya ait hidrolojik karakteristikler belirlenmiştir. CBS tabanlı ArcGIS ara yüzünde program tarafından sağlanan "Hydrology tool" hizmeti ile çalışma alanını kapsayan sayısal yükseklik modeli (SYM) altlığında ilgili spesifikasyonlar ve geometrik karakteristikler belirlenmiştir. Havza parametrelerinin belirlenmesi ve çalışma alanına dair meteorolojik verilerin elde edilmesinin ardından havzaya en uygun taşkın debisi hesaplama yöntemleri kullanılarak ilgili çalışma alanı özelinde yinelemeli taşkın debileri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde Mockus, DSI sentetik, Snyder ve Noktasal taşkın frekans analizi (NTFA) kullanılarak geçmiş taşkınlarla verifike edilebilen tutarlı ve sağlıklı sonuçlar saptanmaya çalışılmıştır. Buna göre DSI sentetik metodunun en uygun sonuçları verdiği tartışılmıştır. 1000 yıl ara ile gelmesi muhtemel taşkın debisi 2046,12 m<sup>3</sup>/s bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Arcgis, Sayısal Yükseklik Modeli (Sym), Ezine Çayı, Havza Parametreleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs), Hidroloji

### **Determination of Kastamonu Bozkurt Ezine River Basin Parameters With Arcgis-Hydrology and Calculation of Flood Discharges**

### Abstract

This study covers the Ezine Stream Basin, which collects water from Bozkurt district and its surroundings, which is one of the sub-basins of the Western Black Sea Basin. The hydrological characteristics of the basin were determined by using Geographic Information Systems (GIS). With the "Hydrology tool" service provided by the program in the GIS-based ArcGIS interface, the relevant specifications and geometric characteristics have been determined in the digital elevation model (DEM) base covering the work area. After determining the basin parameters and obtaining the meteorological data about the study area, iterative flood discharges were obtained for the relevant study area by using the most appropriate flood discharge calculation methods for the basin. As a result of the studies, Mockus, DSI synthetic, Snyder and point flood frequency analysis were used to determine consistent and healthy results that could be verified with past floods. Accordingly, it has been argued that the DSI synthetic method gives the most appropriate results. The flood discharge, which is likely to occur with an interval of 1000 years, was found to be 2046,12 m<sup>3</sup>/s.

**Keywords:** Arcgis, Digital Elevation Model (Dem), Ezine River, Basin Parameters, Geographic Information Systems (Gis), Hydrology

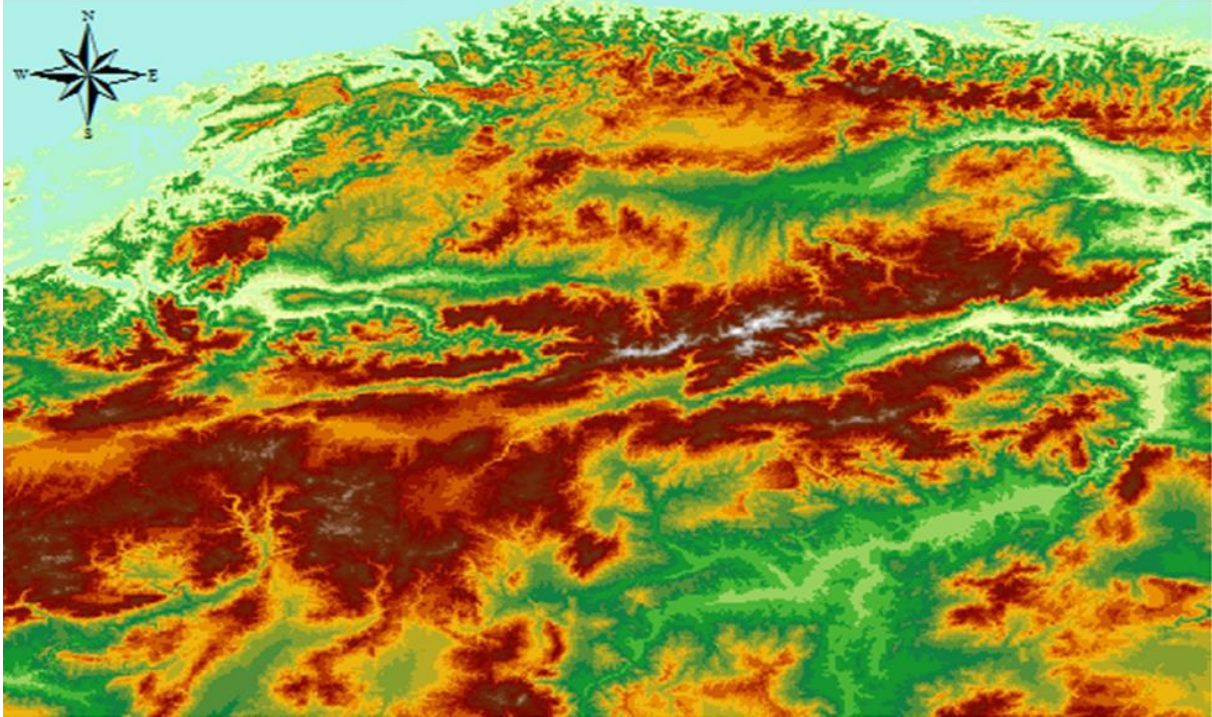
## 1. GİRİŞ

İnsanlığın en temel ihtiyacı olan suya yakın olma ve su kaynaklarından yararlanma isteği, bu kaynaklara yapılan müdahaleler neticesinde doğal dengenin bozulmasına ve afetlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Dünyada yaşanan en önemli afetlerden biri olan taşkın afeti, akarsu yataklarına yapılan müdahaleler ile birlikte geçmişte birçok hasara neden olmuştur ve günümüzde de önemini korumaktadır. Türkiye’de geçmiş ve yakın tarihli taşkınlar sonucu elde edilen sayısal verilere göre taşkın afeti, depremlerden sonra en çok ekonomik zarara sebep olan afettir. Taşkınlara karşı öngöründe bulunabilmek ve taşkınların olası hasarlarını minimum düzeye indirebilmek için kapsamlı ve doğruya en yakın düzeyde bilgi edinmek, alınabilecek önlemlerin güvenilirliğini artırmaktadır. Bu çalışma kapsamında, taşkın afeti açısından güncel problemini koruyan ve havza genelinde değerlendirme yapılması gereken Kastamonu Bozkurt Ezine Çayı Havzası çalışılmıştır. Çalışmanın amacı, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı ArcGIS programı kullanılarak havza hidrolojik parametrelerinin bulunması ve bu parametreler yardımıyla tekerrürlü taşkın debilerini (2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü) literatürde bulunan en uygun yöntem ile bulmaktır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve sonuçlar bölümünde verilmiştir.

## 2. HAVZA HİDROLOJİK PARAMETRELERİNİN ARCGIS İLE BELİRLENMESİ

Program için gerekli olan Kastamonu iline ait sayısal yükseklik modeli (SYM) temin edilmiş ve ilerleyen bölümlerde anlatılan işlemler bu model üzerinde yapılmıştır (Şekil 1). Sayısal yükseklik modeli, havza parametrelerinin işlenip tanımlandığı topografik bir modeldir.

Şekil 1. Çalışma Alanını Kapsayan SYM (USGS, 2022)



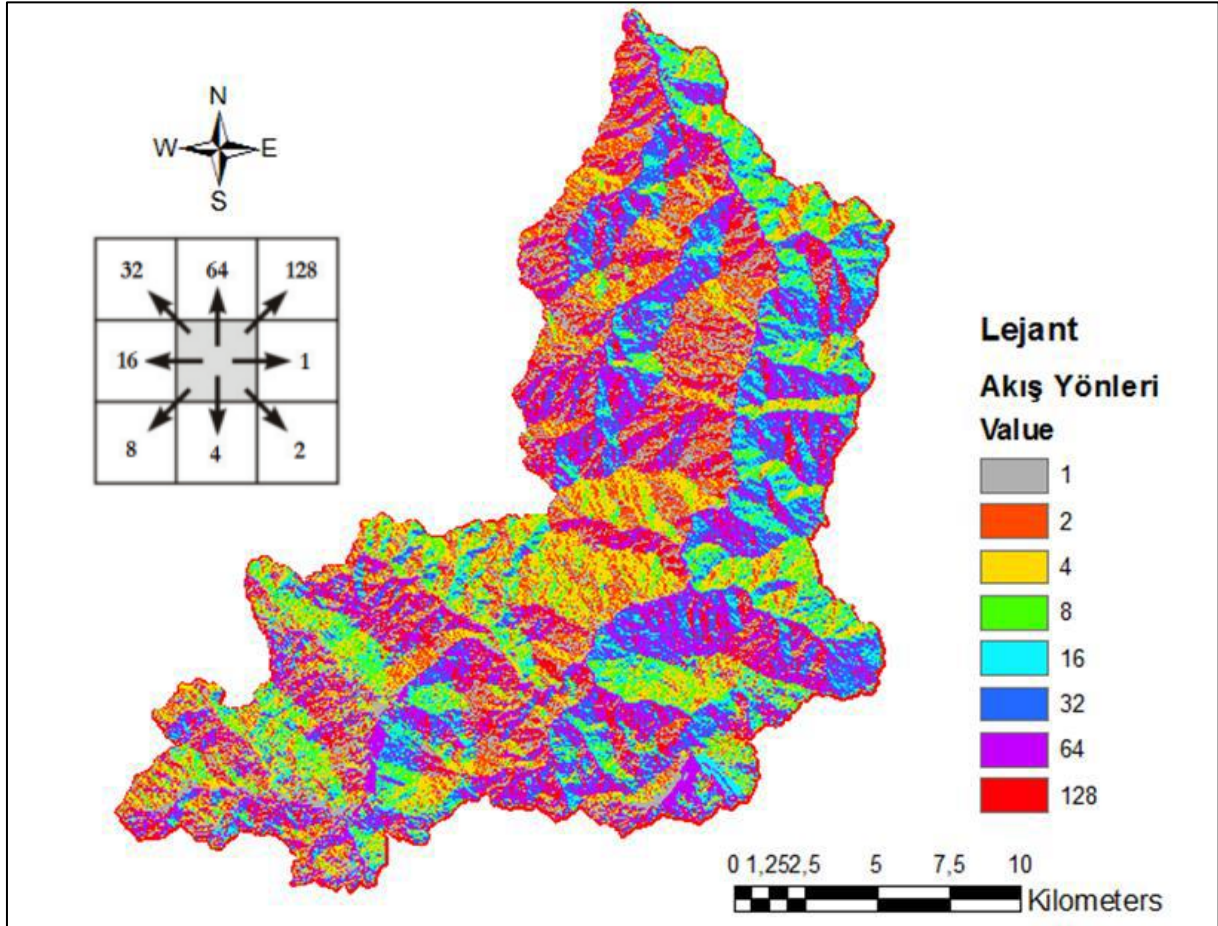
### 2.1. SYM Yüzey Optimizasyonu

Sayısal yükseklik modelinde bulunabilecek yüzey boşluklarının giderilmesi ve akış yüzeyinin doğru temsili için yapılan bu işlemde programın sağladığı “fill” fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon sayesinde eğim düzenlemesi yapılmış ve akış yüzeyindeki pürüzler giderilmiştir.

## 2.2. Akım Yönlerinin Belirlenmesi

Yüzey optimizasyonu işleminden sonra düzenlenmiş arazi üzerinde oluşabilecek akış güzergahlarının belirlenebilmesi için programın “flow direction” fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon, her pixel üzerinde tanımlı yükseklik verilerinin birleştirilip yüksek kottan düşük kote doğru akışın gerçekleşmesi temeline dayanmaktadır. Belirlenen akım yönleri Şekil 2’de gösterilmiştir.

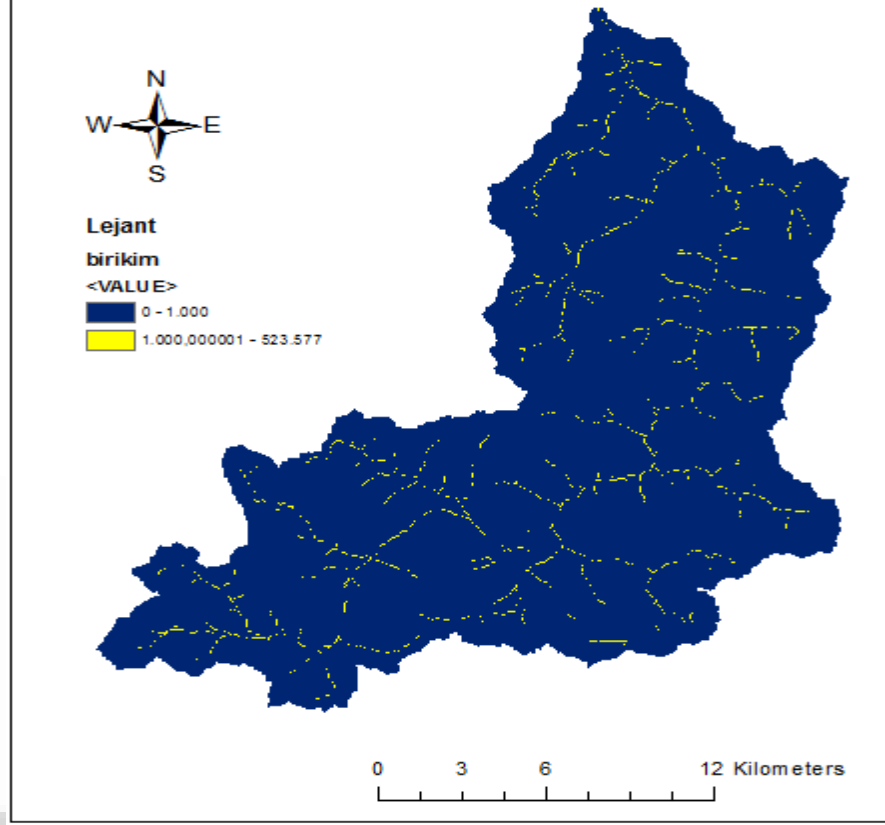
Şekil 2. Çalışma Alanına Ait Akış Yönlerini Gösteren Model



## 2.3. Akım Birikiminin Belirlenmesi

Üzerinde akım birikimi olmayan ve gelen akımı daha düşük kotlu komşu hücrelerine ileten hücrelere düşük, üzerinde akım birikimi olan ve gelen akımı biriktiren vadi tabanı gibi çukur yerlerin olduğu hücrelere yüksek değerler vererek bir hücrenin kaç adet hücre tarafından su toplayıp biriktirdiğini ifade etmek için “flow accumulation” fonksiyonu kullanılmaktadır (Şekil 3).

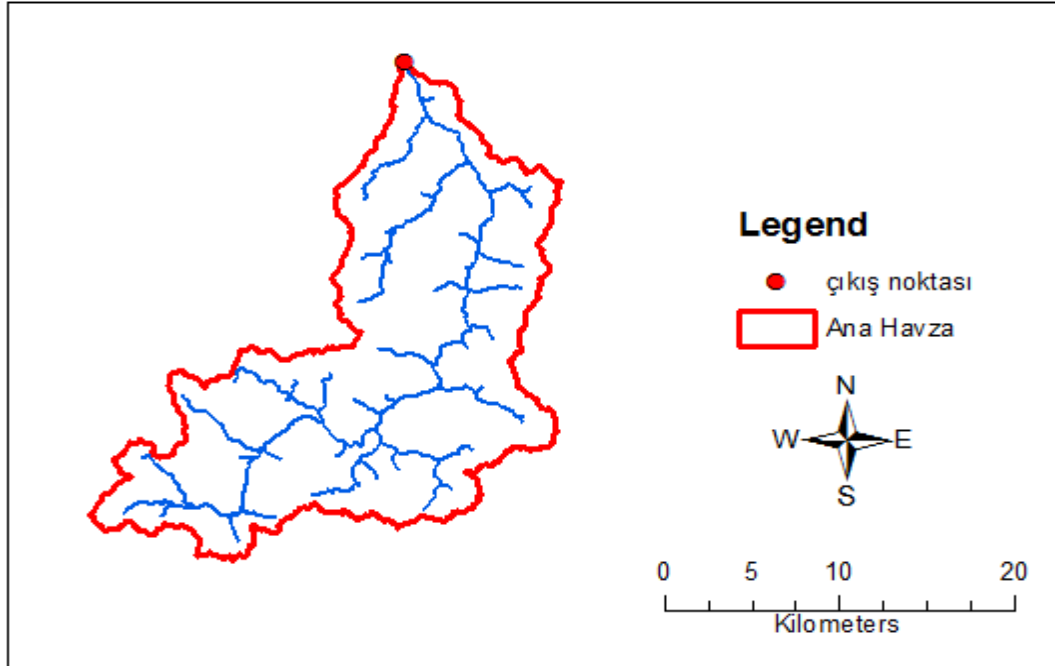
Şekil 3. Ezine Çayı Havzasına Ait Akım Birikim Modeli



#### 2.4. Havza Çıkış Noktasının ve Havzanın Belirlenmesi

Havza sınırının belirlenmesi için akarsunun denize döküldüğü noktanın tespit edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için “snap pour point” fonksiyonu kullanılmıştır. Belirlenen akım yönleri ve çıkış noktasının programa “watershed” fonksiyonu ile tanıtılmasıyla havza sınırı oluşturulmuştur (Şekil 4).

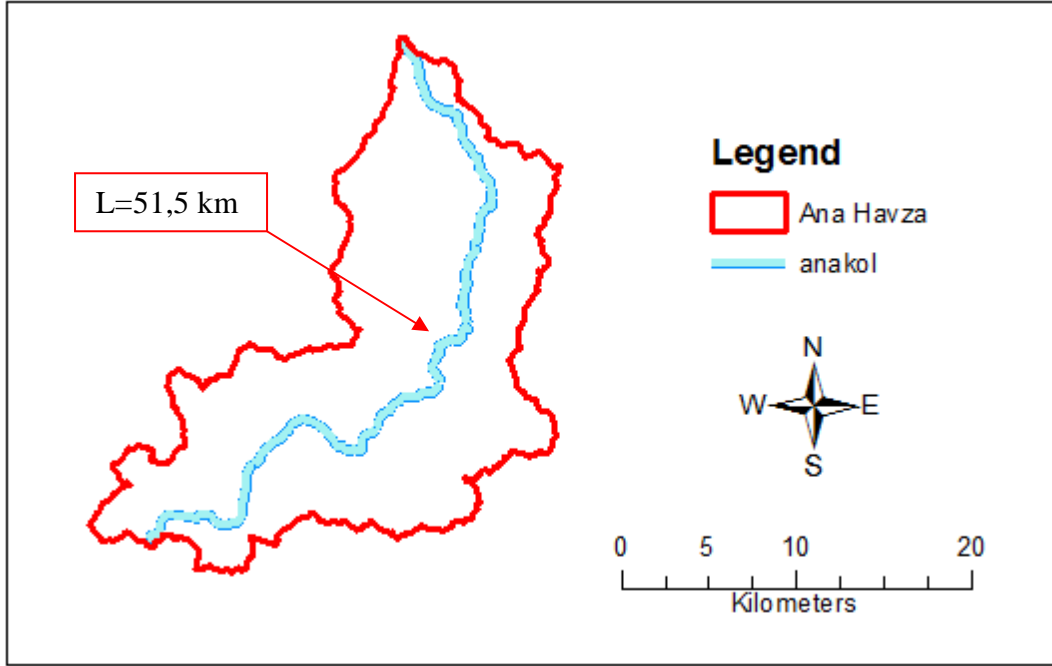
Şekil 4. Ezine Çayı Havza Çıkış Noktası ve Havza Sınırı



## 2.5. En Uzun Su Kolunun Belirlenmesi

Havzanın belirlenmesinin ardından hidrolojik hesaplarda kullanmak amacıyla havza içinde suyu toplayan en uzun akarsu kolunun tespit edilmesi gerekmektedir. İşlem yapılırken SYM'den faydalanılarak akarsu kolu, talvegin takip edilmesi ile havza sınırına kadar uzatılmıştır (Şekil 5). Kol uzunluğu “calculate geometry” işlemi yapılarak bulunmuştur.

Şekil 5. Havza Sınırı İçerisindeki En Uzun Su Kolu

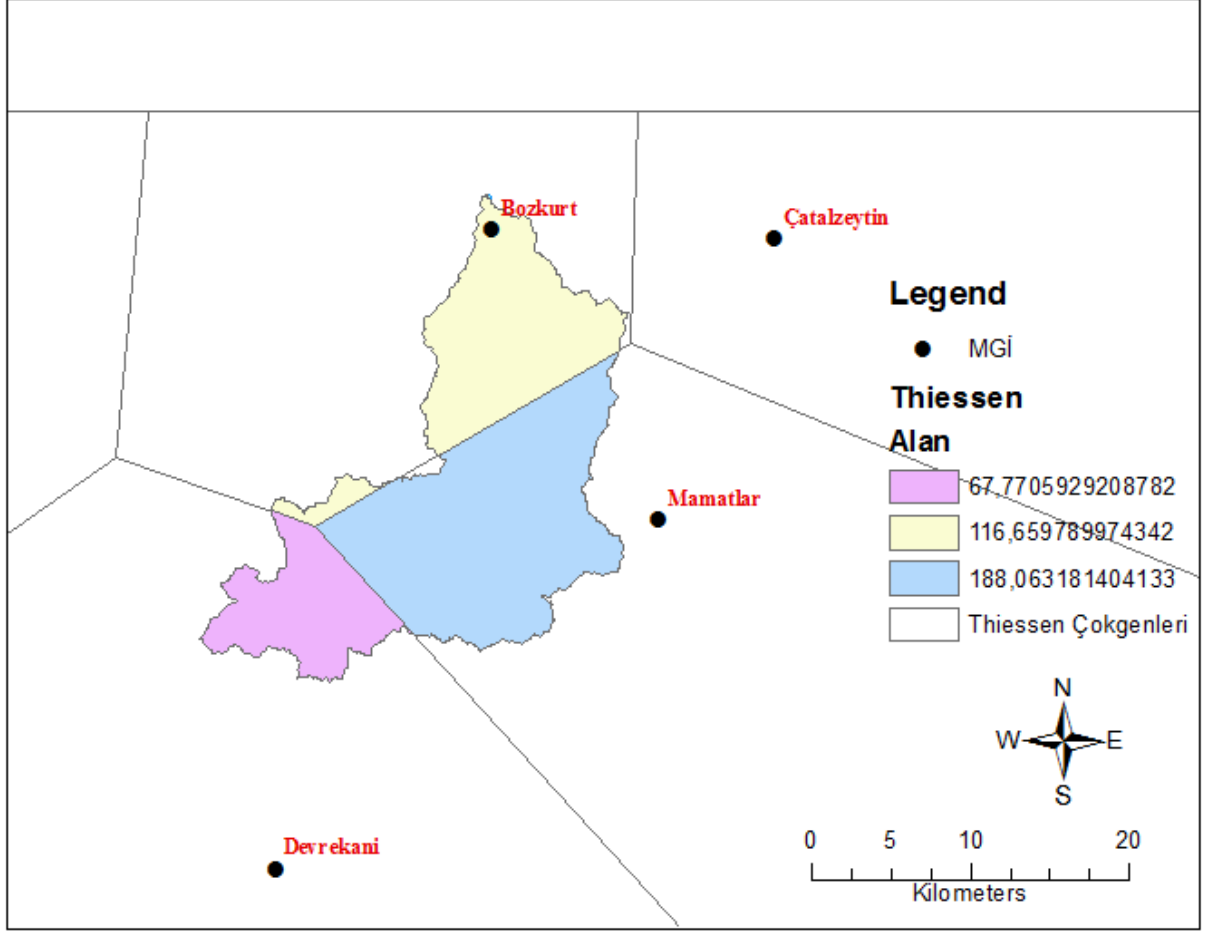


ArcGIS programı üzerinde gerekli düzenlemelerin yapılması ile birlikte hidrolojik hesaplarda kullanılmak üzere alan 372,49 km<sup>2</sup>, L boyu 51,5 km ve Lc boyu 27,23 km olarak bulunmuştur. Burada Lc boyu, havza ağırlık merkezinden akarsu koluna dik çizilen çizginin kestiği nokta ile havza çıkışına kadar olan mesafedir.

## 2.6. Thiessen Çokgenlerinin Belirlenmesi ve Meteorolojik Verilerin Havzaya Uygulanması

Havza hidrolojik hesaplarında kullanılmak üzere meteoroloji gözlem istasyonlarının (MGİ) alansal dağılımı “Thiessen Çokgenleri Metodu” ile bulunmuştur. İstasyonların birbirleri ile üçgenel olarak birleştirilmesi ve bu üçgenlerin etrafında çokgenlerin oluşturulması temeline dayanan bu metod, iki istasyon arasında kalan bir noktanın hangi istasyonun verisine dahil olduğunu gösterebilmektedir (Uşul, 2021). ArcGIS programının sunduğu “create thiessen polygons” fonksiyonu kullanılarak bu işlem yapılmış ve istasyonların alanlara yüzdesel dağılımı bulunmuştur (Şekil 6).

Şekil 6. Çalışma Alanına Ait Thiessen Çokgenleri



Thiessen çokgenlerine göre çalışma alanına; Bozkurt MGİ %31, Devrekani MGİ %18 ve Bozkurt/Mamatlar MGİ %51 oranında etki etmektedir. İstasyonlara ait yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışma alanında gözlenen günlük maksimum yağış verileri belirlendikten sonra bu verileri tekerrürlü hale getirebilmek amacıyla olasılık dağılım fonksiyonları kullanılmış ve en doğru yönteme belirli anlamlılık yüzdeleri ile karar veren Kolmogorov-Smirnov testi uygulanarak karar verilmiştir (Massey, 1951). Bu kapsamda, Normal (Gauss) dağılımı, Pearson tip 3 (PT3) dağılımı, Gumbel dağılımı, Log-Pearson tip 3 (LPT3) dağılımı, 2 ve 3 parametrelili log-normal (LN2-LN3) dağılımları kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Tekerrürlü Yağış Yükseklikleri

İstasyon Adı	Gözlem Süresi (Yıl)	Kolmogorov-Smirnov Testi Sonucu	Tekerrürlü Yağış Yükseklikleri (mm)							
			P2	P5	P10	P25	P50	P100	P500	P1000
Bozkurt	57	Log Normal (2 parametrelili)	78,09	98,92	111,97	127,82	139,28	150,28	175,45	186,4
Mamatlar	7	Log-Pearson Tip 3	58,44	112,84	159,31	230,23	292,17	361,98	536,76	682,07
Devrekani	34	Log Normal (2 parametrelili)	36,98	53,69	65,26	80,39	92,04	103,75	132,42	145,67

## 2.7. CORINE Arazi Kullanım Sınıflandırması

CORINE (Coordination of Information on the Environment), veri tabanında mevcut olan yüzeylerin kullanım sınıfına göre ayrılmasını sağlayarak bu yüzeylere akış eğri numarası vermektedir. Belirlenen eğri numaraları; zeminin geoteknik özelliklerine, kullanım amacına ve çeşitli faktörlere bağlı

olarak değişmektedir. Akış eğri numaraları sayesinde taşkın debisi hesapları yapılırken, yağış yüksekliğinden akış yüksekliği bulunabilmektedir. Ezine Çayı Havzası'na ait arazi kullanım sınıfları ve akış eğri numarası Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Ezine Çayı Havzası'na Ait Arazi Kullanım Sınıfları ve Akış Eğri Numarası

CLC Kodu	Arazi Kullanım Sınıfı	Eğri No	Alan	Ai/A	Eğri No*(Ai/A)
112	Kesikli Şehir Yapısı	90	0,812	0,002	0,196
131	Maden Çıkarım Sahaları	87	1,410	0,004	0,329
211	Sulanmayan Ekilebilir Alan	81	19,579	0,053	4,258
231	Meralar	81	3,066	0,008	0,667
242	Sulanmayan Karışık Tarım	82	11,595	0,031	2,552
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları	84	52,295	0,140	11,793
311	Geniş Yapraklı Ormanlar	72	83,426	0,224	16,126
312	İğne Yapraklı Ormanlar	70	67,873	0,182	12,755
313	Karışık Ormanlar	71	76,736	0,206	14,626
321	Doğal Çayırliklar	78	15,530	0,042	3,252
324	Bitki Değişim Alanları	80	36,585	0,098	7,857
332	Çıplak Kaya	100	0,529	0,001	0,142
333	Seyrek Bitki Alanları	75	2,470	0,007	0,497
<b>Eğri Numarası Hesabı</b>			<b>Toplam =</b>	<b>1,000</b>	<b>75</b>

### 3. TAŞKIN DEBİSİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Taşkın debileri (Q2, Q5, Q10, Q25, Q50, Q100, Q500, Q1000) hesaplanırken çeşitli sınırlılık koşullarının değerlendirilmesi ve havzaya ait uygun yöntemlerin seçilmesi gerekmektedir. Literatürde bulunan yöntemler incelendiğinde, hesapların 3 gruba ayrılacağı görülmektedir (DSİ, 1988). Gruplardan ilki Snyder, Kirpich, Mockus, DSİ sentetik yöntemlerini kapsayan ve birim hidrografın yağış sürelerine göre ötelenmesiyle elde edilen deterministik yöntemlerdir. Bu gruplardan bir diğeri ise abaklar ve tablolar kullanılarak debilerin hesaplandığı ve Rasyonel, Mc. Math yöntemlerini barındıran ampirik yöntemlerdir. Son grupta akım rasatları verilerinin kullanılmasıyla bulunan frekans analizleri bulunmaktadır. Bunlar; noktasal taşkın frekans analizi (NTFA) ve bölgesel taşkın frekans analizidir (BTFA). Frekans analizlerinde kullanılacak olan akım gözlem istasyonu verileri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Yöntemlerin uygulama kriterleri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Taşkın Debisi Hesaplama Yöntemleri ve Uygulama Kriterleri

Yöntem	Alan	Kullanım Durumuna Ait Kriterler
DSİ Sentetik	0-1000 km <sup>2</sup>	Birim hidrografın yükselme süresinin (Tp), 2 saatten büyük olması uygun görülmektedir.
Mockus	-	Toplanma süresinin (Tc), 30 saatten az olması uygun görülmektedir.
Snyder	26-26,000 km <sup>2</sup>	Ct ve Cp katsayılarının çalışıldığı havzalarda daha net sonuçlar vermektedir.
Mc. Math	-	Düz arazilerde kullanımı uygun görülmektedir.
Rasyonel	0-5 km <sup>2</sup>	Abak değerlerinin saptanması gerekmektedir.
Noktasal Taşkın Frekans Analizi (NTFA)	-	Akarsu kolu üzerinde yeterli akım rasadı verisinin bulunması gerekmektedir.
Bölgesel Taşkın Frekans Analizi (BTFA)	-	Komşu havza ya da devam eden diğer kollar üzerinde yeterli akım rasadı verisinin bulunması gerekmektedir.

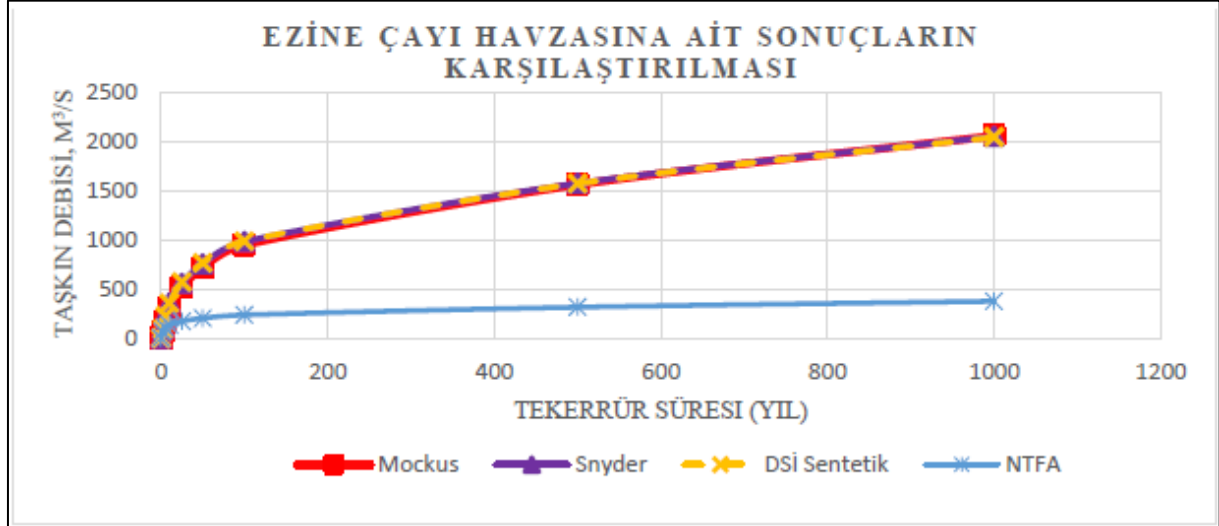
### 4. SONUÇ

Literatürde bulunan yöntemlerden çalışma alanına uygun olanları seçilmiş ve Ezine Çayı Havzası için uygulanarak tekerrürlü taşkın debileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir. Yöntemlerin grafiksel gösterimi ise Şekil 7'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Ezine Çayı Havzası'na Ait Taşkın Debisi Hesap Sonuçları

Yöntem	Tekerrürlü Taşkın Debileri (m <sup>3</sup> /s)							
	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q500	Q1000
Mockus	55,78	176,91	303,57	518,25	718,11	951	1562,92	2060,78
DSİ Sentetik	90,51	226,06	357,59	570,58	764,81	988,63	1575,06	2046,12
Snyder	95,9	232,05	358,75	559,03	755,24	984,15	1577,2	2054,59
NTFA	66,2	103,25	131,35	170,6	202,43	236,36	314,98	375,51

**Şekil 7.** Ezine Çayı Havzası'na Ait Sonuçların Karşılaştırılması



Sonuçlar incelendiğinde, havza için elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüş fakat noktasal taşkın frekans analizi (NTFA) sonuçları, eksik akım gözlem istasyonu (AGİ) verisi sebebiyle daha düşük değerlerde bulunmuştur. Mockus yöntemi, havza parametrelerinin üzerinde detaylıca durmaması ve ötelemsiz olması nedeniyle tercih edilmemiştir. Snyder yöntemi, uygulamada gerekli olan ve çalışma alanlarına göre belirlenen Ct ve Cp katsayılarının Türkiye’de havza bazında yeterli uygulamasının bulunmaması ve seçilen katsayıların doğruluk kontrolünün zor olması nedeniyle seçilmemiştir. Kriterler göz önünde bulundurulduğunda, Ezine Çayı Havzası’nda kullanılmak üzere DSİ sentetik yöntemi ile elde edilen taşkın debilerinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Bölgesel taşkın frekans analizi (BTFA), komşu havza ya da kollara ait AGİ verisi bulunmaması sebebiyle uygulanmamıştır. Ampirik yöntemler ise havza alanı ve topografyası kriterlerini sağlamadığı gerekçesiyle kullanılmamıştır.

## 5. KAYNAKLAR

- USGS (2022). “Science for a changing World”, <https://earthexplorer.usgs.gov>, 15.02.2022.
- Uşul, N. (2021). Mühendislik Hidrolojisi (4. Baskı), Ankara: ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 62-63.
- Akkoç, N. F. (2019). Aras Havzası Kars Çayı 1D ve 2D Taşkın Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 40-54.
- Massey Jr, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American statistical Association, 46(253), 68-78.
- DSİ. (1988). Drenaj Kanalları Kapasitelerinin Tayini, Ankara: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2-36.
- DSİ. (2022). Bozkurt E13A059 AGİ Akım Verileri, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2022). Devrekani, Bozkurt ve Bozkurt/Mamatlar İstasyonlarına Ait Standart Zamanlarda Gözlenen Günlük En Büyük Yağış Değerleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Copernicus Land Monitoring Service (2022). “CORINE Land Cover 2018”, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, 27.01.2022.

Presentation ID / Sunum No: 10

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

## Poliamid 6 Malzemesine Sknk Uygulanması ve Optimum Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi

Dr. Öğretim Üyesi Şenol Mert<sup>1</sup>, Araştırmacı Aydın Üçüncü<sup>2</sup>,  
Inst. Öğr. Gör. Dr. Sevda Mert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi

<sup>2</sup>Düzce Borsa İstanbul Mesleki ve Anadolu Teknik Lisesi

\*Corresponding author: Aydın Üçüncü

### Özet

Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK) yöntemi, Sürtünme Karıştırma Kaynağı (SKK) yönteminden türetilmiş ve son zamanlarda sadece otomobil sektöründe değil aynı zamanda diğer endüstri kollarında da oldukça dikkat çeken yeni bir kaynak yöntemidir. Çeşitli araştırmacıların çalışmaları, bu yöntem için takım geometrisinin, takım devir sayısının, takım dalma derinliği ve bekleme süresinin bağlantının çekme kuvveti üzerine oldukça etkisi olduğunu göstermiştir. Yöntemin, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takımla, dalma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademedен oluşan bir uygulaması vardır. Bu deneysel çalışmada, 4 mm kalınlığındaki Poliamid 6 (PA6) levhaların SKNK ile bindirme bağlantıları yapılmıştır. Takım devir sayısı ve bekleme süresi parametreleri araştırılarak kaynak bağlantısının dayanımındaki değişim incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PA6, SKNK, Silindirik uçlu takım, Çekme testi, Optimum kaynak parametreleri.

**Application of Fssw To Polyamide 6 Material and Determination of Optimum Welding Parameters**

### Abstract

The Friction Stir Spot Welding (FSSW) method is a derivative of the Friction Stir Welding (FSW) process, which is a new process that recently has received considerable attention from the automotive and other industries. Studies by various researchers have shown quite the effect of tool geometry, tool rotation speed, tool penetration depth and dwell time on tensile failure load of the joint for this method. The FSSW process consists of three phases of plunging, stirring and retraction with the FSSW tool similar to the FSW tool. In the study, 4 mm thick Polyamide 6 (PA6) sheets were done lap joints with FSSW. In the joining tool rotation speed and dwell time parameters by researching, in the strength of lap joint variation were examined.

**Keywords:** PA6, FSSW, Cylindrical tip tool, Tensile test, Optimum welding parameters.

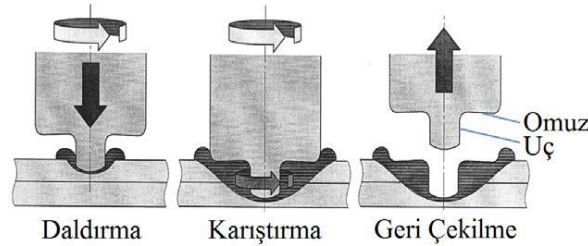
## 1. GİRİŞ

Sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) yöntemi 1993 yılında Mazda tarafından icat edilmiş, tamamen yeni ve ergime olmaksızın bindirme bağlantısı gerçekleştirilen bir katı faz kaynak yöntemidir [1-10]. SKNK, sürtünme karıştırma kaynağından (SKK) türetilmiştir ve otomotiv sektöründe oldukça dikkat çekmektedir [11-13]. Otomotiv endüstrisinde alüminyum sacların birleştirilmesinde direnç nokta kaynağı sonucunda oluşan hataların giderilmesi için geliştirilen SKNK, başarılı bir şekilde, alüminyum

[14], magnezyum [15], çelik levhalara [16] uygulanmaktadır. Ayrıca, yapılan araştırmalar, SKNK'nın yüksek mukavemetli, ileri yüksek mukavemetli ve ultra yüksek mukavemetli çelikler gibi çeşitli çelikler için de kullanıldığını belirtmektedir [17]. SKNK ile plastikler üzerine yapılan ilk çalışmalar neticesinde, bu yöntemin polimer esaslı malzemelere de uygulanabilirliği kanıtlanmıştır [1], [5], [8], [18]. Sonrasında ise çeşitli polimer malzemelerin SKNK yöntemi ile birleştirilerek optimum parametrelerin saptanabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. SKNK yönteminin metal malzemelere ilaveten plastik malzemelere de uygulanabilmesi, yöntem önemli bir avantaj kazandırmıştır [3], [4], [5], [11], [18-28]. SKNK, bindirme tipi bağlantılarda sağlam birleştirmeler elde etmek için büyük bir potansiyel sergilemiştir [29].

Plastik malzemelerin laboratuvar şartlarında istenilen özelliklerinin geliştirilmesindeki sınırsızlık, bu malzemelere geleceğin mühendislik malzemeleri olma özelliğini kazandırmıştır. Metalik malzemelere göre mekanik özelliklerinin daha düşük olmasına rağmen plastik yapıya çeşitli katkı maddelerinin ilave edilmesiyle (cam, karbon, talk, fiber vb.) fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi mümkün olabilmektedir [1]. İlk polimer malzeme 1868 yılında J. Hyatt tarafından keşfedilen selüloittir [30, 31]. Termoplastiklerin zincirleri arasında çapraz bağlar bulunmaması ve doğrusal veya dallanmış zincirli polimerler olması nedeniyle uygun çözücülerde çözünürler, ısıtıldıklarında erirler ve eritilerek defalarca yeniden şekillendirilebilirler [1]. Poliamid yüksek dayanım, sertlik, iyi elektriksel ve kimyasal özelliklere sahip hafif ve birçok türü olan bir termoplastiktir [32]. Poliamid 6 mühendislik polimerleri sınıfında olup diğer geleneksel polimerler ile karşılaştırıldığında, üstün mekanik özellikleri nedeniyle elektrik/elektronik, otomotiv, ambalaj ve tekstil uygulamalarında yaygın olarak kullanım alanı bulan yüksek performanslı termoplastik bir polimerdir. Ancak, poliamid 6 polimerinin düşük ısı sapma sıcaklığı, yüksek su emme özelliği ve ölçüsel kararsızlığı daha geniş uygulama alanlarında kullanımını sınırlandırmaktadır [33]. Otomotiv sanayisinde, bir otomobilin üretilebilmesinde binlerce parça kullanılmakta ve yüzlerce farklı tipte işlem gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin en önemlilerinden birisi aracın kalitesini %40 oranında etkileyen ve aracın gövdesinin ortaya çıkarıldığı kaynak işlemleridir [11]. Sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK), sürtünme karıştırma kaynağı (SKK) tekniğine dayanan yeni bir kaynak yöntemidir [34] ve SKNK ilk olarak Mazda firması tarafından, önce Mazda RX-7 model spor arabaların, sonrasında ise RX-8 model spor arabaların üretiminde kullanılmıştır [1].

Sürtünme karıştırma nokta kaynağı, çevre dostu, yüksek verimli bir katı hal kaynak tekniğidir [35]. Son yıllarda geliştirilen kaynak yöntemleri, direnç nokta kaynağı gibi özellikle otomotiv sanayisinde halen kullanılmakta olan kaynak yöntemlerinin yerini almaya adaydır. Bu anlamda, direnç nokta kaynağının alternatif kaynak yöntemi SKNK olarak ifade edilmektedir [11]. SKNK yöntemi, sürtünme karıştırma kaynağının nokta halinde dikiş üreten bir versiyonudur. SKNK tekniği, geleneksel ergitmeli kaynak teknikleri ile karşılaştırıldığında en önemli avantajlarından biri, ana metalin ergimeden kaynak işleminin gerçekleşmesidir [36]. Yeni bir kaynak yöntemi olan SKNK, otomotiv, havacılık ve diğer sektörlerdeki uygulamaları için üzerinde çalışılmıştır [37-39]. SKNK yönteminin, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takımla, daldırma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademe gerçekleştirilen bir uygulaması vardır [2, 3, 19, 21, 40-44]. Bu üç aşama sırasıyla aşağıdaki gibidir Şekil 1 [12].

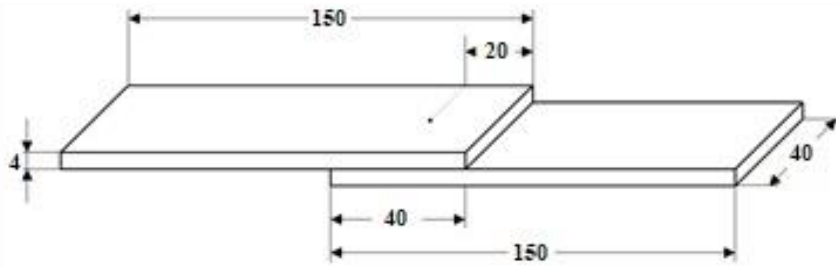


Şekil 1. SKNK yönteminin üç kademesi (Three stage of the FSSW method) [12]

Bu deneysel çalışmada, ucuna metrik vida dişi açılmış silindirik bir kaynak takımı kullanılmıştır. Poliamid 6 malzemenin birleştirilmesi için SKNK yöntemi uygulanmıştır. Kaynak noktalarının oluşturulması için belirlenen uygun kaynak takımı ve numunelerin tezgaha bağlanması için bu çalışmaya özel bağlama aparatı tasarlanıp, üretilmiştir. SKNK ile birleştirilen parçalara, çekme testleri uygulanarak kaynaklı bağlantıların dayanımları belirlenmiştir. Belirli bir dalma derinliği ve dalma hızı için, farklı devir sayısı ve farklı bekleme süresi değerleri kullanılarak, çekme kuvvetini maksimum yapan optimum kaynak parametreleri belirlenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmada, kaynaklı bağlantıların oluşturulmasında kullanılacak numuneler, 150x40x4 mm boyutlarında ve standartlara uygun geometride, 2000x1000x4 mm boyutlarındaki ekstrüzyon ürünü olarak üretilmiş Poliamid 6 (PA6) levhadan şerit testere tezgahında kesilerek çıkarılmıştır. SKNK yöntemini uygulamak için numunelerin bindirme pozisyonu Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. SKNK için bindirme pozisyonu (Overlapping position for FSSW)

Deneysel çalışmada kullanılan kaynak takımı 4140 çelik malzemeden üretilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılacak takımın ölçüleri belirlenirken, yapılan literatür araştırmasında kullanılan takımlar göz önüne alınarak, bu takımlara ait ölçüler arasındaki oranlar dikkate alınmıştır Tablo 1 [1]

Tablo 1. Literatürde kullanılan SKNK takımlarının oranları (Ratios of FSSW tools using in the literature) [1]

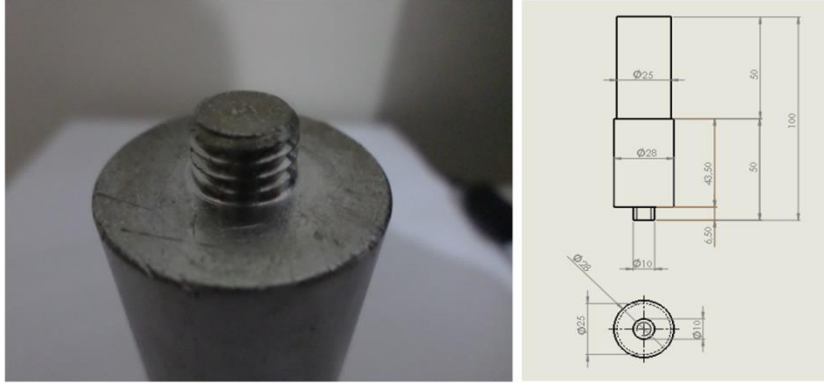
Omuz Çapı / Uç Çapı	2,0 ÷ 3,5 arası değişebiliyor
Uç Çapı / Uç Uzunluğu	1,1 ÷ 2,6 arası değişebiliyor

Ucuna metrik vida dişi açılmış silindirik bir kaynak takımı geometrisi tasarlanmıştır. Oluşturulacak SKNK bağlantılarında kullanılacak silindirik uçlu takımın boyutları ve ilgili oranları belirlenmiştir. Tablo 2’de bu boyutlar ve oranlar verilmiştir.

Tablo 2. Tasarlanan kaynak takımı için boyutlar ve oranlar (Rates and dimensions for the designed welding tool)

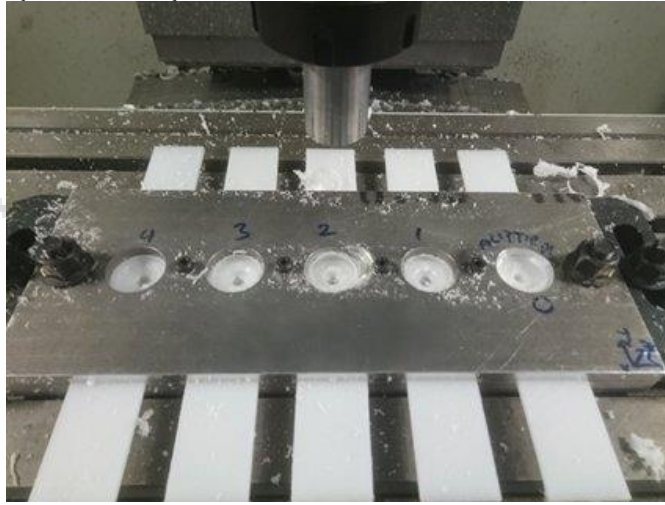
Omuz Çapı	28 mm
Takım Ucu Çapı (Pim Çapı) (Metrik 10 Vida Dişi Açılmış Silindirik Uçlu Takım)	M10 (10 mm)
Uç Uzunluğu (Pim Uzunluğu)	6.5 mm
Omuz İçi Eğimi	0°
Omuz Çapı / Uç Çapı	2.8
Uç Çapı / Uç Uzunluğu	1.538

Bu oranlara bağlı kalarak, yapılacak deneysel çalışmada kullanılacak kaynak takımının teknik resmi çizilip, 4140 çelik malzemeden, torna tezgahında işlenerek imal edilmiştir. Deneysel çalışmalarda, kaynak noktalarının oluşturulmasında kullanılan, vida dişi açılmış silindirik uçlu bu kaynak takımının fotoğrafı ve ölçüleri Şekil 3’te görülmektedir.



Şekil 3. SKNK takımı (The FSSW tool)

Numuneleri, CNC freze tezgahının tablasına bağlamak için bağlama aparatı tasarlanıp, üretilmiştir Şekil 4. Kaynaklı bağlantılar oluşturulurken, yapılan işlemi görsel olarak kontrol etmek için tasarıma özen gösterilmiştir. Belirlenen parametreler kullanılarak, SKNK işlemleri CNC freze tezgahında gerçekleştirilmiştir. Parçaların bindirme mesafesi 40 mm'dir. Bindirme bağlantısı konumundaki parçaların, 40x40 bindirme bölgesinin merkezine, omuz çapı 28 mm, pim çapı 10 mm ve pim uzunluğu 6,5 mm olarak imal edilmiş kaynak takımı ile daldırma, karıştırma ve geri çekilme aşamaları sırasıyla uygulanmıştır. Takım, numunelere belirlenen dalma hızında otomatik olarak daldırılmış ve istenilen dalma derinliğine ulaşıncaya kadar belirlenen bekleme (karıştırma) süresinden sonra geri çekilmesi yine aynı hız ile otomatik olarak ve kaynak takımı dönerek gerçekleştirilmiştir ve parçalardan uzaklaştırılmıştır. Takım ilk olarak ön ısıtma numunesine daldırılmış olup, burada 75 sn bekletilmiş ve takımın ısınması sağlanmıştır. Ön ısıtma tamamlandıktan sonra, kaynak takımı ile diğer numunelere sırasıyla SKNK yöntemi otomatik olarak uygulanmıştır. Bu noktada parçalar hemen sökülmemiş, soğuması için beklenmiştir.



Şekil 4. SKNK numuneleri için bağlama aparatı (Clamping device for FSSW samples)

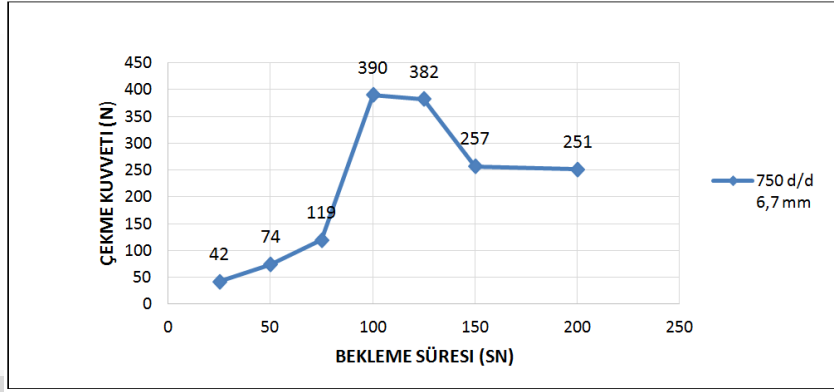
Yapılan deneysel çalışmada, belirlenen bir dalma derinliği ve dalma hızı için, farklı bekleme süresi, farklı devir sayısı parametrelerinin, kaynak bağlantısının dayanımına etkileri araştırılmıştır. Yapılan ön çalışmalar göz önünde bulundurularak, seçilen 750 d/d, 1250 d/d ve 2000 d/d olmak üzere üç farklı takım devri için 25, 50, 75, 100, 125, 150 ve 200 sn aralığında değişen, bekleme sürelerinde, 6,7 mm dalma derinliğinde ve 100 mm/dak dalma hızında, kaynak noktaları oluşturulmuştur. Ön ısıtma süresi, 3 farklı takım devri için 75 sn seçilmiş olup, diğer tüm parametreler ön ısıtma numunesi için de aynıdır.

Birleştirmenin yeterli dayanıma sahip olup olmadığı, mekanik testlerden çekme deneyi ile belirlenmiştir. Bilgisayar kontrollü elektromekanik bir çekme testi cihazı kullanılarak, kaynaklı parçalara standartlara uygun olarak çekme deneyleri yapılmıştır. Çekme test hızı 20 mm/dak ve çeneler arası mesafe 180 mm

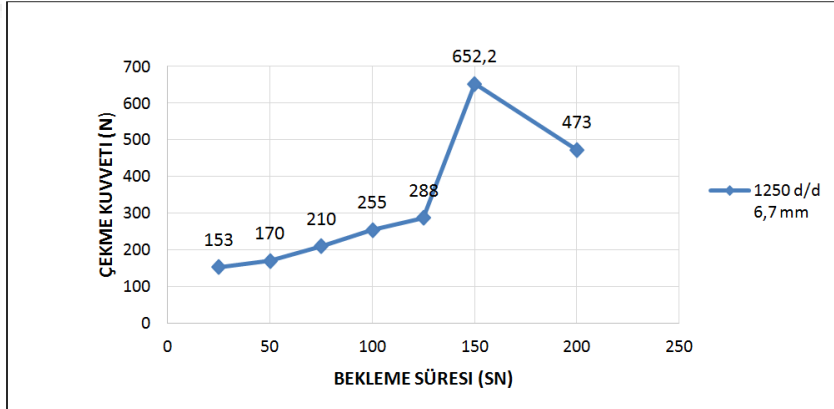
olarak ilgili standarda göre belirlenmiştir. Elde edilen çekme kuvvetleri karşılaştırılarak, hangi parametrelerde en yüksek çekme kuvveti değerleri elde edildiği ortaya konulmuştur.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR

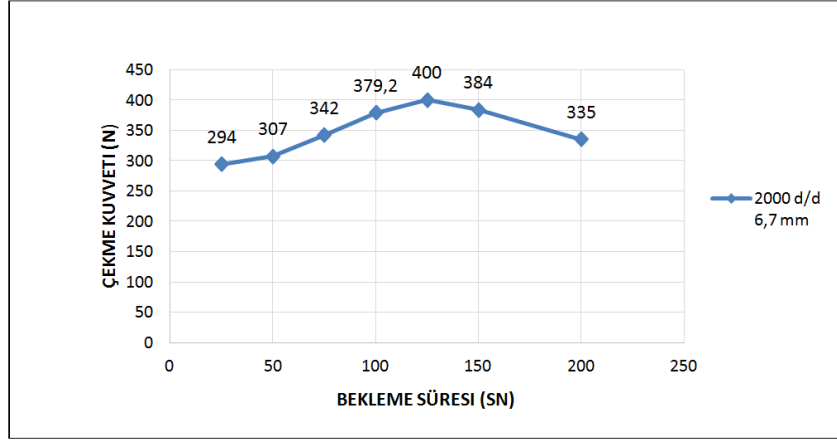
Bu deneysel çalışmada, 6,7 mm dalma derinliği ve 100 mm/dak dalma hızı sabit tutularak, farklı bekleme süresi ve devir sayısının çekme kuvvetine olan etkisi incelenmiştir. 750 d/d, 1250 d/d ve 2000 d/d devir sayılarında 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 sn bekleme sürelerinde yapılan deneylerin çekme testi sonuçları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de görülmektedir. Parametrelerden bekleme süresi arttıkça, çekme kuvvetinin belirli bir değere kadar düzenli arttığı, sonrasında ise düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir. Böylece çekme kuvvetini maksimum yapan optimum deney parametreleri elde edilmiştir.



Şekil 5. 750 d/d takım devir sayısı ve 6,7 mm takım dalma derinliği için çekme kuvveti üzerine bekleme süresinin etkisi (The effect of dwell time on tensile failure load for 750 rpm tool rotation speed and 6,7 mm tool penetration depth)

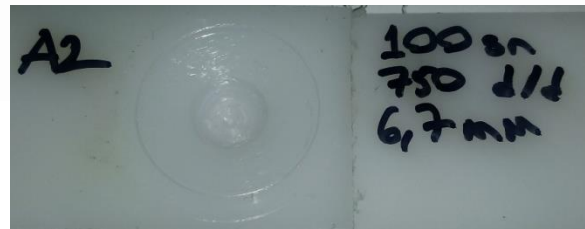


Şekil 6. 1250 d/d takım devir sayısı ve 6,7 mm takım dalma derinliği için çekme kuvveti üzerine bekleme süresinin etkisi (The effect of dwell time on tensile failure load for 1250 rpm tool rotation speed and 6,7 mm tool penetration depth)



**Şekil 7.** 2000 d/d takım devir sayısı ve 6,7 mm takım dalma derinliği için çekme kuvveti üzerine bekleme süresinin etkisi (The effect of dwell time on tensile failure load for 2000 rpm tool rotation speed and 6,7 mm tool penetration depth)

100 mm/dak dalma hızı ve 6,7 mm dalma derinliği için, 750 d/d, 1250 d/d ve 2000 d/d devir sayılarında ve de 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200 sn bekleme sürelerinde yapılan deneysel çalışmada, çekme kuvvetini 652,2 N değerle maksimum yapan optimum deney parametreleri, 1250 d/d devir sayısı ve 150 sn bekleme süresidir. En yüksek çekme kuvveti değerlerinin elde edildiği SKNK numunelerinin çekme deneyi öncesi fotoğrafları Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir. Farklı devir sayıları için en yüksek çekme kuvveti değerlerinin elde edildiği SKNK uygulanmış parçaların kaynak bölgelerinin gözle yapılan incelemelerinde, 750 d/d, 100 sn, 6,7 mm parametresindeki, 1250 d/d, 150 sn, 6,7 mm parametresindeki ve 2000 d/d, 125 sn, 6,7 mm parametresindeki numunelerde, kaynak noktasına ait karakteristik görünümün meydana geldiği ve kaynak işlemi sırasında yumuşayan plastik malzemenin parametrelere bağlı olarak farklı oranlarda, kaynak takımı etrafına sıvandığı görülmektedir. Ayrıca 2000 d/d, 125 sn, 6,7 mm parametreleri kullanılarak oluşturulan kaynaklı numunede, kaynak bölgesinde yumuşayan plastik malzeme, omuz altından dışa doğru daha fazla kaçış yaparak, kaynak bölgesinin etrafında bir miktar yükseldiği görülmektedir. 2000 d/d da yapılan kaynak sırasında, kaynak bölgesinden daha fazla malzemenin uzaklaştığı gözlemlenmiştir. Kaynak havuzu içinde kalması gereken ve mukavemet değerlerine katkı yapması gereken malzemenin dışa daha fazla çıkış yapmasının mukavemet değerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. 750 d/d ise malzemenin yumuşamasını sağlayacak istenen optimum sıcaklık değerlerine ulaşmak için yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Bu fotoğraflar, 1250 d/d da elde edilen çekme kuvvetinin daha yüksek çıkmasını destekleyen önemli görüntüler vermektedir.



**Şekil 8.** SKNK numunesi-A2 (FSSW sample-A2)



**Şekil 9.** SKNK numunesi-D4 (FSSW sample-D4)

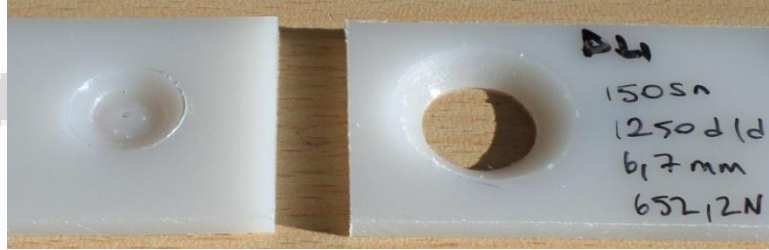


Şekil 10. SKNK numunesi-G3 (FSSW sample-G3)

En yüksek çekme kuvveti değerlerinin elde edildiği, sürtünme karıştırma nokta kaynağı numunelerinin, çekme deneyi sonrası fotoğrafları Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te verilmiştir. Bu numunelerin kopma bölgelerinin görünümü, elde edilen çekme kuvveti değerlerini desteklemektedir.



Şekil 11. Çekme deneyi sonrası SKNK numunesi-A2 (FSSW sample after tensile test-A2)



Şekil 12. Çekme deneyi sonrası SKNK numunesi-D4 (FSSW sample after tensile test-D4)



Şekil 13. Çekme deneyi sonrası SKNK numunesi-G3 (FSSW sample after tensile test-G3)

#### 4. SONUÇLAR

Poliamid 6 malzemeye, ucuna metrik vida dişi açılmış silindirik kaynak takımı kullanılarak SKNK yönteminin uygulandığı bu deneysel çalışmada, bekleme süresi ve devir sayısı değişiminin, çekme kuvvetine önemli oranda etkisi olduğu anlaşılmıştır. Belirli bir dalma derinliği ve dalma hızında, farklı bekleme süresi ve farklı devir sayısı parametreleri incelendiğinde, çekme kuvvetinin belirli bir değere kadar artıp, sonrasında düştüğü tespit edilmiş, böylece elde edilen maksimum çekme kuvveti değerleri, optimum parametrelerin belirlenmesini sağlamıştır. 6,7 mm dalma derinliği ve 100 mm/dak dalma hızı sabit tutularak yapılan deneylerde, elde edilen 652,2 N'luk en yüksek çekme kuvveti değeri, 1250 d/d devir sayısı, 150 sn bekleme süresi parametrelerinin kullanıldığı numunede görülmüştür. Bu numuneye ait kopma bölgesinin görünümü, elde edilen çekme kuvveti değerini desteklemektedir.

## KAYNAKLAR

- [1]. Mert, Ş., (2010). Polipropilen Malzemenin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı ile Birleştirilmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2]. Feng, Z., Diamond, S., Santella, M. L., Pan, T. Y., and Li, N., (2004). High Strength Weight Reduction Materials - Friction Stir Welding and Processing of Advanced Materials, Oak Ridge National Laboratory Report, DE-AC05-00OR22725, 101-108.
- [3]. Feng, Z., Santella, M. L., David, S. A., Steel, R. J., Packer, S. M., Pan, T., Kuo, M., and Bhatnagar, R. S., (2005). Friction Stir Spot Welding of Advanced High-Strength Steels-A Feasibility Study, SAE World Congress, Detroit, Michigan, USA.
- [4]. Mitlin, D., Radmilovic, V., Pan, T., Chean, J., Feng, Z., and Santella, M. L., (2006). Structure Properties Relations in Spot Friction Welded (Also Known as Friction Stir Spot Welded) 6111 Aluminum, *Materials Science and Engineering*, vol. 441, pp. 79-96.
- [5]. Arıcı, A. A., ve Mert, Ş., (2007). Polipropilen Malzemenin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı ile Birleştirilmesi, *PAGEV Plastik Dergisi*, 95, Sayfa 152-162.
- [6]. Lin, P. C., Pan, J., and Pan, T., (2008). Failure Modes And Fatigue Life Estimations of Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens of 6111-T4 Sheets. Part 1: Welds Made by a Concave Tool, *International Journal of Fatigue*, vol. 30, pp. 74-89.
- [7]. Lin, P. C., Pan, J., and Pan, T., (2008). Failure Modes and Fatigue Life Estimations of Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens of 6111-T4 Sheets. Part 2: Welds Made by a Flat Tool, *International Journal of Fatigue*, vol. 30, pp. 90-105.
- [8]. Mert, Ş., ve Arıcı, A. A., (2008). Friction Stir Spot Welding Method Using in Polypropylene Sheet Materials Joining, 12th International Materials Symposium, Pamukkale University, pp 1150-1156, Denizli.
- [9]. Tran, V. X., Pan, J., and Pan, T., (2008). Fatigue Behavior of Aluminum 5754-O and 6111-T4 Spot Friction Welds in Lap-Shear Specimens, *International Journal of Fatigue*, vol. 30, pp. 2175-2190.
- [10]. Tran, V. X., Pan, J., and Pan, T., (2009). Effects of Processing Time on Strengths and Failure Modes of Dissimilar Spot Friction Welds Between Aluminum 5754-O and 7075-T6 Sheets, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 209, pp. 3724-3739.
- [11]. Mert, Ş., ve Mert, S., (2013). Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin İncelenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, Sayfa 26-35.
- [12]. Mert, Ş., ve Mert, S., (2013). Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı Yönteminde Kullanılan Makina ve Ekipmanların İncelenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi (Journal of Advanced Technology Sciences)*, Cilt 2, Sayı 3, Sayfa 121-129.
- [13]. Mert, Ş., ve Mert, S., (2015). Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin Otomotiv Sektöründeki Yeri, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, Sayfa 432-438.
- [14]. Fujimoto, M., Koga, S., Abe, N., Sato, Y. S, and Kokawa, H., (2008). Microstructural Analysis of Stir Zone of Al Alloy Produced by Friction Stir Spot Welding, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 13, no. 7, pp. 663-670.
- [15]. Yin, Y. H., Sun, N., North, T. H., and Hu, S. S., (2010). Hook Formation and Mechanical Properties in AZ31 Friction Stir Spot Welds, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 210 (14), pp. 2062-2070.

- [16].Khan, M. I., Kuntz, M. L., Su, P., Su, P., Gerlich, A., North, T., and Zhou, Y., (2007). Resistance and Friction Stir Spot Welding of DP600: A Comparative Study, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 12 (2), pp. 175-182.
- [17].Ataya, S., Ahmed, M. M. Z., Seleman, M. M. El-S., Hajlaoui, K., Latief, F. H., Soliman, A. M., Elshaghoul, Y. G. Y., and Habba, M. I. A., (2022). Effective Range of FSSW Parameters for High Load-Carrying Capacity of Dissimilar Steel A283M-C/Brass CuZn40 Joints. *Materials*, 15(4), 1394.
- [18].Arıcı, A. A., and Mert, Ş., (2008). Friction Stir Spot Welding of Polypropylene, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 27 (18), pp. 2001-2004.
- [19].Kawasaki Heavy Industries Ltd., (2006 and 2013). A New Method For Light Alloy Joining - Friction Spot Joining - Kawasaki Robot, Japan, [www.kawasakirobot.com](http://www.kawasakirobot.com), visit date: 18 March 2006 and 28 March 2013.
- [20].J. Hinrichs, (2006). "Friction Stir Spot Welding", *Friction Stir Link Inc.*, [www.frictionstirlink.com](http://www.frictionstirlink.com), visit date: 21 March 2006.
- [21].Mert, Ş., and Arıcı, A. A., (2011). Design of Optimal Joining for Friction Stir Spot Welding of Polypropylene Sheets, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 16(6), pp. 522-527.
- [22].Yusuf, F., Miyashita, Y., Seo, N., Mutoh, Y., and Moshwan, R., (2012). Utilising Friction Spot Joining for Dissimilar Joint Between Aluminium Alloy (A5052) and Polyethylene Terephthalate, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 17, pp. 544-549.
- [23].Bilici, M., K., and Yukler, A. I., (2012). Effects of Welding Parameters on Friction Stir Spot Welding of High Density Polyethylene Sheets, *Materials and Design*, vol. 33, pp. 545-550.
- [24].Bilici, M., K., and Yukler, A. I., (2012). Influence of Tool Geometry and Process Parameters on Macrostructure and Static Strength in Friction Stir Spot Welded Polyethylene Sheets, *Materials and Design*, vol. 33, pp. 145-152.
- [25].Mostafapour A., and Asad, F. T., (2016). Investigations on Joining of Nylon 6 Plates Via Novel Method of Heat Assisted Friction Stir Welding to Find the Optimum Process Parameters, *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 21 (8), pp. 660-669.
- [26].Yan, Y., Shen, Y., Zhang, W., and Guan, W., (2017). Effects of Friction Stir Spot Welding Parameters on Morphology and Mechanical Property of Modified Cast Nylon 6 Joints Produced by Double-Pin Tool, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 92, pp. 2511-2523.
- [27].Çakır, G., Mert, Ş., ve Mert, S., (2017). CNC Tezgahta Polipropilen Malzemeye Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağının Uygulanması ve Optimum Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi, ISMSIT 2017, 1<sup>st</sup> International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Tokat, Turkey.
- [28].Çakır, G., Mert, Ş., ve Mert, S., (2017). Polipropilen Malzemeye Uygulanan Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Takım Geometrisinin Bağlantı Dayanımına Etkisinin İncelenmesi, ISMSIT 2017, 1<sup>st</sup> International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Tokat, Turkey.
- [29].Çam, G., Javaheri, V., and Heidarzadeh, A., (2022). Advances in FSW and FSSW of dissimilar Al-alloy plates. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 27 Jan 2022.

- [30].Parlar Z., (2002). Poliamid Malzemelerin Sürtünme ve Aşınma Karakteristiğine Sıcaklığın Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [31].Akkurt, S., (2007). Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [32].Palabıyık, İ. M., (2000). Poliamid 6 (PA6) ve Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) Düzenleyici Katkılı ve Katkısız Karışımlarının Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [33].Ünal, H., ve Yetgin, S. H., (2016). Poliamid 6 Polimeri ile Poliamid 6/Vaks Karışımının Kendi Üzerlerinde Çalışması Durumundaki Tribolojik Davranışlarının İncelenmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31(2), 457-463.
- [34].Xu, R. Z., Ni, D. R., Yang, Q., Xiao, B. L., Liu, C. Z., and Ma, Z. Y., (2018). Influencing Mechanism of Al-Containing Zn Coating on Interfacial Microstructure and Mechanical Properties of Friction Stir Spot Welded Mg-Steel Joint, Materials Characterization, 140, 197-206.
- [35].Pradhan, D., K., Sahu, B., Bagal, D., K., Barua, A., Jeet, S., and Prahhan, S., (2022). Application of progressive hybrid RSM-WASPAS-grey wolf method for parametric optimization of dissimilar metal welded joints in FSSW process. *Materials Today: Proceedings*, vol. 50, part 5, pp. 766-772.
- [36].Bilici, M. K., Bakır, B., Bozkurt, Y., ve Çalış, İ., (2016). Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Tekniği ile Birleştirilen Farklı Alüminyum Levhaların Taguchi Analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(1), 17-23.
- [37].Buffa, G., Fanelli, P., Fratini, L., and Vivio, F., (2014). Influence of Joint Geometry on Micro and Macromechanical Properties of Friction Stir Spot Welded Joints, 11th International Conference on Technology of Plasticity, Procedia Engineering, 81 (2014) 2086 - 2091.
- [38].Venkumar, S., Yalagı, S., and Muthukumar, S., (2013). Comparison of Microstructure and Mechanical Properties of Conventional and Refilled Friction Stir Spot Welds in AA 6061-T6 Using Filler Plate, Transactions Nonferrous Metals Society China, 23(2013) 2833-2842.
- [39].Malafaia, A. M. S., Milan, M. T., Oliveira, M. F., and Spinelli, D., (2010). Evaluation of Dynamic Defect Detection in FSSW Welded Joints Underfatiguetests, Procedia Engineering 2 (2010) 1823-1828.
- [40].Rosendo, T., Mazzaferro, J., Mazzaferro, C., Tier, M., Ramos, F., Reguly, A., Strohaecker, T., dos Santos, J. (2013). Friction Spot Processes - FSSW and FSpW, [http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut\\_fuer\\_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf](http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut_fuer_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf), visit date: 28 March 2013.
- [41].Smith, C. B., Hinrichs, J. F., and Ruehl, P. C., (2006). Friction Stir and Friction Stir Spot Welding, *Friction Stir Link Inc*, www.frictionstirlink.com, visit date: 21 March 2006.
- [42].Gerlich, A., Su, P., North, T. H., and Bendzsak, G. J., (2005). Friction Stir Spot Welding of Aluminum and Magnesium Alloys, *Materials Forum* 29, 290-294.
- [43].Awang, M., Mucino, V. H., Feng, Z., and David, S. A., (2005). Thermo-Mechanical Modeling of Friction Stir Spot Welding (FSSW) Process: Use of an Explicit Adaptive Meshing Scheme, *SAE International*, 2005-01-1251.
- [44].Lathabai, S., Painter, M. J., Cantin, G. M. D., and Tyagi, V. K., (2006). Friction Spot Joining of an Extruded Al-Mg-Si Alloy, *Scripta Materialia*, 55, 899-902.

Presentation ID / Sunum No: 12

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9699-7519

## Çelik Kirişler İçin Farklı Endüstriyel İntumesan Boyaların Yangından Koruma Performansları

Araştırmacı Serkan Kocapınar<sup>1</sup>, Prof. Dr. Gülay Altay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Özyeğin Üniversitesi

\*Corresponding author: Serkan Kocapınar

### Özet

Bu araştırma, farklı sertifikalara sahip olan iki farklı endüstriyel intumesan boyanın 2 saatlik ISO 834 yangın tipine karşı çelik kirişleri yangından koruma performanslarını incelemektedir. Çelik yapıların yangın riskini minimize etmek için yapısal bütünlüğü sağlayan ve çelik yapıların yıkılmasını önleyen endüstriyel intumesan boya daha iyi anlaşılması bir gerekliliktir. Ürün A ve ürün B şeklinde adlandırılan, çelik elemanlar ile yangın arasında ısı bariyeri olarak görev yaparak yangına karşı koruma sağlayan farklı endüstriyel intumesan boya karşılaştırılması ve anlaşılması sağlanmıştır. ISO 834 standartlarına göre sertifikalanmış Ürün A EN 13381-8 ve BS 476-20,22'ye göre test edilmiştir. Ürün B ise EN 13381-8 ve ASTM UL-94'e göre test edilmiş ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından sertifikalandırılmıştır. ISO 834 yangın testinin yüksek maliyetinden dolayı çelik elemanlarının yangın performanslarını değerlendirmek için genellikle ticari yazılım programları kullanılmaktadır. Bu nedenle değişik sertifikalara sahip intumesan boya 2 saatlik ISO 834 yangın testine karşı yangın koruma performanslarının karşılaştırılması hakkında literatürde boşluk bulunmaktadır. Deney, 2 adet UPN 200 çelik kesiti kullanılarak Türk Standartları Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. 2 saatlik sıcaklık-zaman eğrisini fırın içine ve intumesan boya uygulanmasından önce 12 şer adet olarak çelik kirişlerin üzerine yerleştirilen ısıölçerle elde edilmiştir. FIN EC yazılımı yalıtımlı çeliklerin kritik sıcaklıklarını belirlemek için, ABAQUS ise deneysel verilerle karşılaştırmak amacıyla ısı analizi gerçekleştirmek için kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yangın Güvenliği, İntumesan Boyalar, Yapısal Çelik, Isı Analizi, Kritik Sıcaklık, Abaqus, Fin Ec,

### Fire Protection Performance of Different Industrial Intumescent Coatings for Steel Beams

#### Abstract

This study investigates the efficiency of two different industrial intumescent coatings which have different types of certifications, about the fire protection performance in steel beams in the case of ISO 834 fire for 2 hours. A better understanding of industrial intumescent coatings which assure the structural integrity and prevent collapse of steel structures is needed for minimizing the fire risks in steel structures. A comparison and understanding of different fire protective intumescent coatings which are Product A and Product B are used as thermal barrier between the steel components and the fire. Product A is tested according to EN 13381-8 and BS 476-20,22 and is certificated by ISO Standards. Product B is tested according to EN 13381-8 and ASTM UL-94 and is certificated by Turkish Standards Institute (TSE). Generally, fire tests to evaluate the fire performance of steel components are done

numerically with a commercial software instead of experiments due to high cost of an ISO 834 fire test in a furnace. Hence, there is a gap in the literature about the comparisons of different certificated intumescent coatings for fire protection in the case of ISO 834 fire for 2 hours. Experiment was performed by using two 1-meter UPN 200 steel sections in a furnace in Turkish Standards Institute (TSE). Each one was coated by different industrial intumescent coatings. Temperature of the protected steels and the inside of the furnace were measured with the help of 24 thermocouples which were applied before the intumescent coatings during the two hours for the performance of intumescent coatings by getting a temperature – time curve of steel components. FIN EC software was used to determine the critical temperatures of protected steels and Abaqus was used for thermal analysis to get theoretical results to compare with the experimental results.

**Keywords:** Fire resistance, Intumescent coatings, Steel beams, ABAQUS, ISO 834

## 1. INTRODUCTION

Fire safety design for steel structures must be considered effectively to save the lives and properties to save an appropriate structural analysis and design in a fire case. As Kodur and Dwaikat (Kodur and Dwaikat, 2010) stated specific heat, thermal expansion, thermal conductivity, high temperature creep and stress-strain curves are steel components' temperature-dependent characteristics which directly affect the steel structure's durability against the thermal loads when the steel structure is exposed to fire. These temperature-dependent thermal properties are critical values for 3D modelling and mathematical calculations for predicting temperature-time curves and thermal analysis.

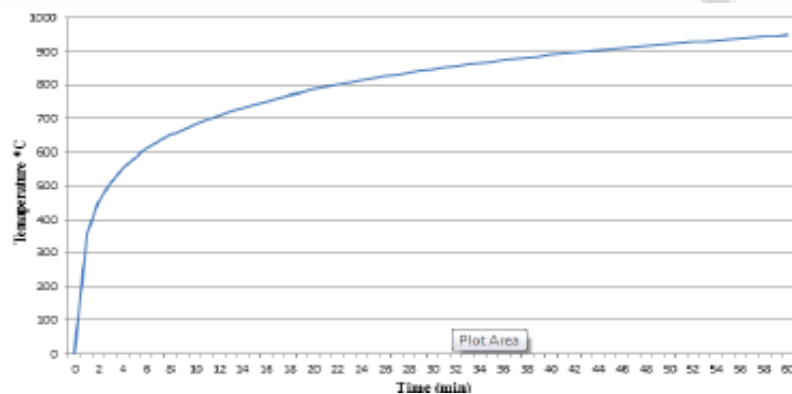
ISO 834 which is shown in Figure 1, was used in the experiment is the international standard which has a time-temperature curve can be formulated as:

$$T = T_0 + 345 \log_{10} (8t + 1)$$

t: duration in minutes

T<sub>0</sub>: 20 °C which is ambient temperature in °C

**Figure 1:** ISO 834 Temperature-time curve [2]



### 1.1. Comparison of ISO 834 and ASTM E119

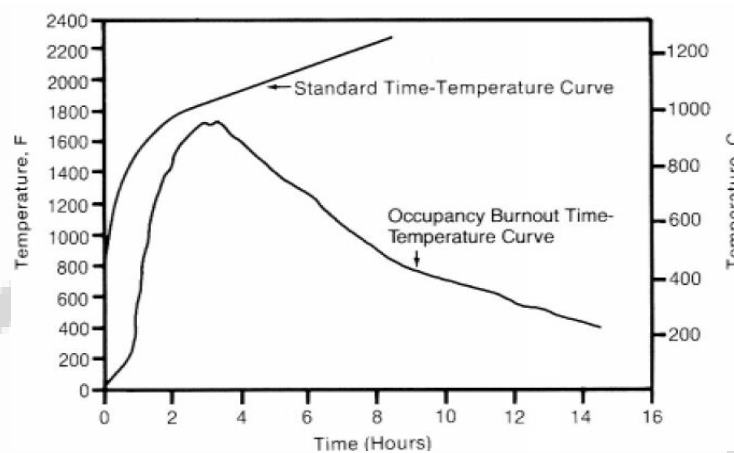
Criticisms have been evolved throughout the differences between the real fires and the standard fires' (ISO 834, ASTM E119 etc..) [3,4] temperature-time curves due to the irrelevances depending on actual construction practices and/or construction materials methods in order to define FRR (fire resistance ratings) relying on realistic structural engineering approaches and limitations have been crucial.

Fire Resistance Rating of the structural steel component is determined by the duration of time that component can endure standard fire exposure by performing specific performance criteria.

Deriving temperature-time curve for defined fire scenario which was preferred as ISO 834 in this experiment and research for the response of thermal behavior of isolated with different commercially used intumescent coatings on two structural steel beams which were exposed to fire in the furnace by following ISO 834 fire curve. Modelling these isolated structural steel beams using ABAQUS software and deriving the critical temperatures of each isolated beams with the help of ABAQUS software from the temperature-time curves have been the basis of this research. FIN EC software was also used for preliminary analysis to verify the critical temperatures. An important limitation of the experiment at TSE Laboratories was that only two isolated structural steel beams were tested instead of the entire steel structure.

Time to failure and Fire resistance rating (FRR) are two essential criteria for the experiment. Determining and comparison of actual fire values and values that are derived from the ABAQUS software also gave a view for the isolated structural steel component's thermal behavior and response against the ISO 834 fire.

**Figure 2:** Comparison of Time-Temperature Curve of Realistic and Standard Fire Types [5]



Gas temperature in furnace at TSE Laboratory is the function of radiant heat and convective heat which is an effect of heat source. On the other hand, radiant heat which is affected mainly by furnace walls which might be different in every test laboratory is remarkable to get accurate data after the experiment.

Main drive for the isolated steel structure beam's entire heat release rate is radiant energy which has a correlation with absolute temperature to the 4<sup>th</sup> power. Conduction is another way for heat transfer for the isolated steel beams. By the means of conduction, heat transfer slows down and temperature increase rate is slower the furnace inside and gas temperature.

### 1.2. Mechanical Properties of the Steel and Intumescent Coatings

The density of the steel can be explained as steel mass per steel volume, which is shown below, and it is taken as 7850 kg/m<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

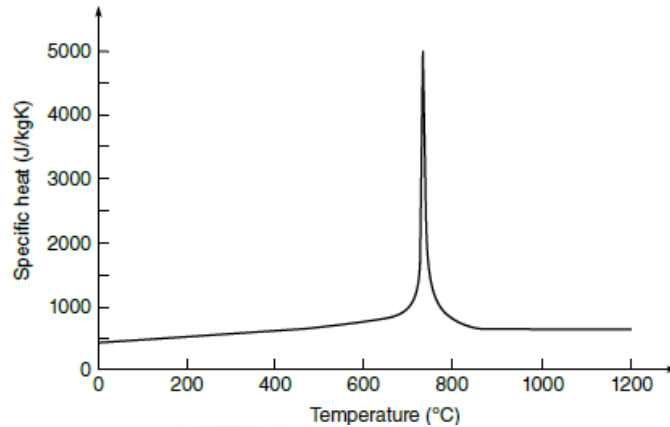
$\rho$ ,  $m$  and  $v$  are steel density (kg/m<sup>3</sup>), mass (kg) and volume (m<sup>3</sup>), respectively.

Steel density doesn't change remarkably, so it is taken constant as 7850 kg/m<sup>3</sup> in numerical calculations for predicting the temperature at a given time in a fire scenario. On the other hand, densities of intumescent coatings, the Product A and the Product B, change as the temperature increases in a case of ISO 834 fire or other types of fire including Parametric fire, ASTM E119 or External fire types. Mass of the intumescent coatings, the Product A and the Product B is a function of temperature. In expansion process of the intumescent coatings in a case of fire, mass loss which changes the density of the intumescent coating occurs. Although moisture loss leads to a change in density, it is taken as constant for numerical calculation for simplicity. Duration between the application of the intumescent coating and experiment time is also important because of the density change of the intumescent coating meanwhile. For instance, the density of the Product B is 1350 kg/m<sup>3</sup> when it is wet just after the

application process. On the other hand, its density increases up to 1850 kg/m<sup>3</sup> when it's dried and shrinkage. Densities of the steel components and the intumescent coatings are taken as constant for predicting the temperatures of the isolated steel structural components according to EN 1993-1-2.

Specific heat of material is the amount of heat which needed to increase the temperature of the unit mass of a material for 1 °C. Steel's mechanical properties are likely to be varied about 730 °C as indicated in Figure 10. Specific heat of structural steel stays constant before it gets the peak value around 730 °C and extremely decreases to 500 J/kg K as temperature increases as shown in Figure 3.

**Figure 3:** Specific heat of structural steel according to EC 3



EN 1993-1-2 ANNEX E defines the formulas of structural steel's specific heat as below:

$$c_a = 425 + 0.773 \theta_a - 1.69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2.22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \quad \text{for } 600^\circ\text{C} > \theta_a \geq 20^\circ\text{C}$$

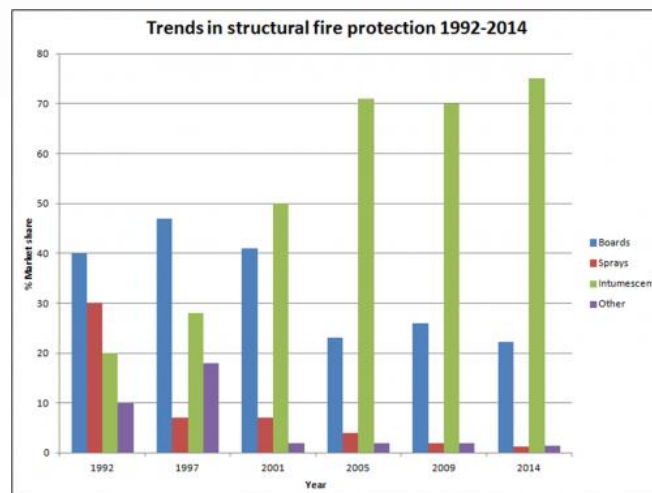
$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \quad \text{for } 735^\circ\text{C} > \theta_a \geq 600^\circ\text{C}$$

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \quad \text{for } 900^\circ\text{C} > \theta_a \geq 735^\circ\text{C}$$

$$c_a = 650 \quad \text{for } 1200^\circ\text{C} \geq \theta_a \geq 900^\circ\text{C}$$

As seen above specific heat of the steel component is a temperature dependent value and should be calculated in every change in temperature.  $\theta_a$  and  $c_a$  are temperature of the steel component (°C) and specific heat of the steel component (J/kg K), respectively. Specific heat capacity of the steel increases up to around 700 - 735 °C because of the separation of steel atoms each other which require energy for this situation and the atomic structure transition of steel atoms as indicated in Figure 3.

**Figure 4:** Fire protection market shares of structural steel between 1992 and 2014 [6]



EN 1993-1-2 gives the steel component's sections with applied intumescent coating insulation and uniform temperature distribution throughout the cross-section and the following formula for the increase in temperature for steel component that's insulated with intumescent coating. So, by applying formula, temperature increment of insulated steel component's surface temperature will be derived by the iteration method. A significant point while doing iterative process is that negative increments of the steel component's temperature isn't allowed, and it is zero for the negative values of the temperature increment.

$$\Delta v_{a,t} = \frac{\lambda_p \cdot A_p / V (v_{g,t} - v_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \Phi / 3)} \Delta t - (e^{\Phi / 10} - 1) \Delta v_{g,t}$$

$$\Phi = \frac{c_p \cdot d_p \cdot \rho_p \cdot A_p / V}{c_a \cdot \rho_a}$$

Where;

$\Delta v_{a,t}$ : increase in temperature of insulated steel component

$\lambda_p$ : thermal conductivity of fire protection

$A_p/V$ : section factor

$v_{a,t}$ : temperature of surface of steel element

$v_{g,t}$ : gas temperature of the fire compartment

$\Delta t$ : time interval

$d_p$ : thickness of the fire protection

$c_a$ : specific heat of steel

$\rho_a$ : unit mass of steel

$\Delta v_{g,t}$ : gas temperature

$c_p$ : specific heat of the fire protection

$d_p$ : unit mass of the fire protection

## 2. Experiment

This experiment is performed to determine two different intumescent paintings' protection of two steel beams when they are exposed to fire. Intumescent coating delays the time required to reach the critical temperature in a fire case. ISO 834 fire type is used in the experiment. Two 1-meter UPN 200 steel beams are used in this experiment. All the variables including fire type, bolts' type and size that are welded, steel section's types and the furnace and the fire test time are the same in the experiment for two specimens except the intumescent coatings. So, the intumescent coating effect is the only variable that can be analysed by measuring the time required to reach the critical temperatures. Thermocouple locations are also the same for two specimens.

Totally 24 wire thermocouples were fixed on the beams (12 for each one) in TSE Laboratories after the welding of the plates and bolts. All wire thermocouples were numbered from 1 to 12 for each beam to see the effect of the fire. Thermocouples 1, 2, 3, 4, 5 and 11 were located 500 mm from the bottom of the beam. Thermocouples 6, 7, 8, 9, 10 and 12 were located 200 mm from the top as seen in Figure 21.

**Figure 5:** Fixed 12 thermocouples' locations for both Product A and B



Each beam is undercoated and then product A and product B type intumescent paintings are applied on the steel beams for 14 days as shown in Figure 5. Airless paint spray was used for painting. Each spray layer has a thickness between 400 to 600 microns. Next layer was applied after one or two days for waiting the previous spray to dry. Coating had to be dried which made the layer thinner due to the shrinkage. Each layer had a duration for drying 1 or 2 days to agree with the thickness that each manufacturer of the intumescent coatings' advice. Producer A advised at least 3080 microns thickness for Product A after drying. Producer B advised at least 3150 microns thickness for Product B after drying. Product A has 3100 microns thickness and Product B has 3280 microns thickness as seen in Figure 6. Intumescent coatings manufacturers determine the thickness of the intumescent coatings mainly regarding of section factor of the steel components. Section factor which is  $H_p/A$  is determined by section type. Section factor is also affected by whether the steel component is exposed to 3-sided or 4-sided fire and insulation method covering profile method or vox method. Additionally, critical temperature, steel grade, and fire period are also important factors for determining thickness of the intumescent factors. All the factors which are mentioned above are the same for both the Product A and the Product B. 180 microns thickness difference was caused by using different safety factors by different manufacturers. For instance, the Product B manufacturer used section factor as 210 although it was 205 for UPN 200 S275 steel beam which was exposed to 4-sided fire.

**Table 12:** Thermal and physical properties of intumescent coatings

Product	Product A	Product B
Type of Isolation	Intumescent Coating	Intumescent Coating
Dry Film Thickness (DFT) (micron)	3100	3280
Density ( $g/cm^3$ ) (kg/L)	1.4	1.35
Thermal Conductivity ( $\lambda_p$ ) (W/m/K)	0.6	0.5
Specific Heat Capacity ( $c_p$ ) (J/kg/K)	1100	1250
Specimen	Steel beam	Steel beam
Section type	UPN 200	UPN 200
Section Factor	205	210
Height (m)	1	1

Conduction is crucial for determining the surface temperature of the inner surface of the intumescent coating and the surface of the beam. As seen in Figure 8, adhesion problems occurred, and steel beam had no longer contact with the Product B and radiation became the dominant factor for heat transfer which means intumescent coating no longer protected the steel. So, it can be predicted that steel beam that was protected by the Product B reached the critical temperature earlier than the other steel beam that was protected by the Product A. Steel beam that was protected by the Product B transferred

the heat by convection and radiation directly. On the other hand, heat was transferred by the means of the Product A to the steel beam by the conduction with the help of free electrons of the Product A.

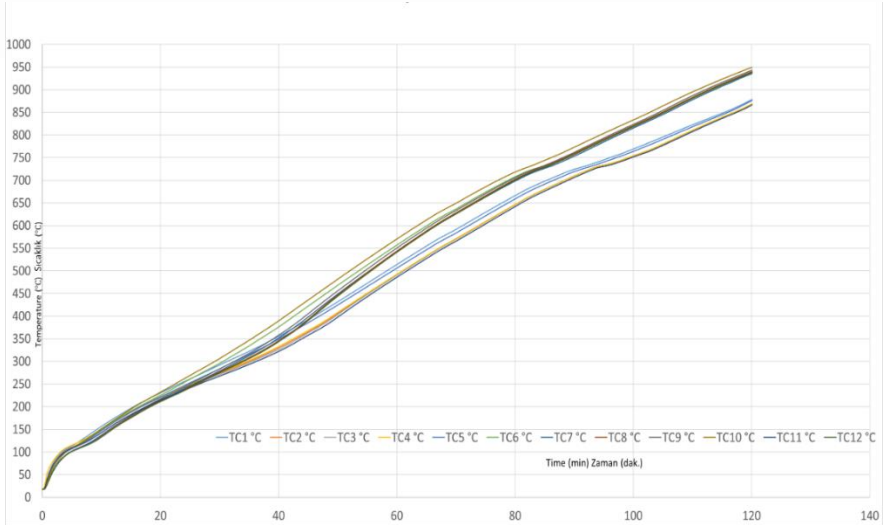
**Figure 6:** Specimens in the furnace just before the fire test



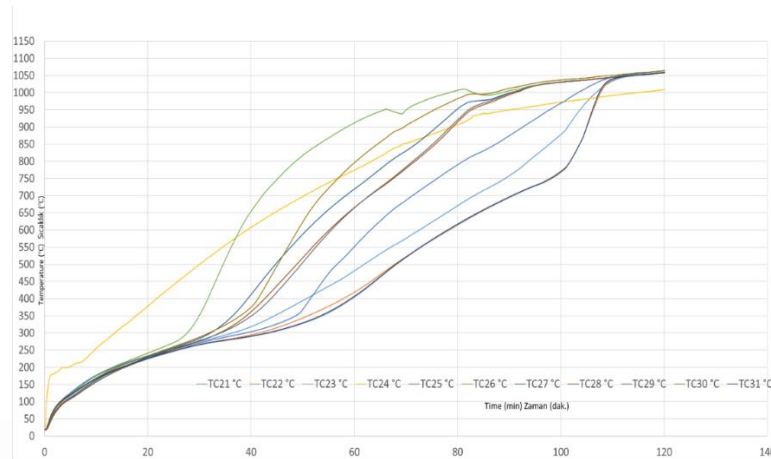
**Figure 7:** Specimens after the test, Product A is on the left and Product B is on the right



**Figure 8:** Thermocouple values during the fire test for Product A

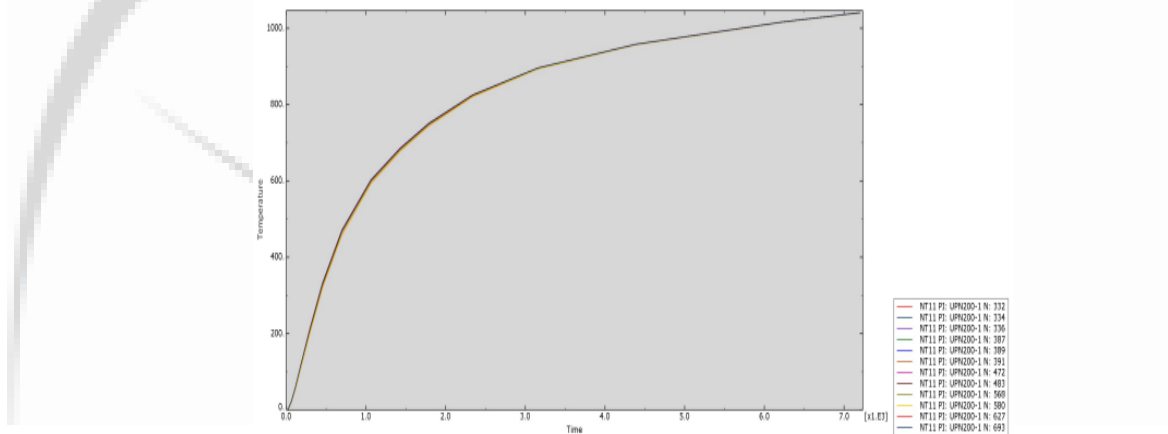


**Figure 9:** Thermocouple values during the fire test for Product B

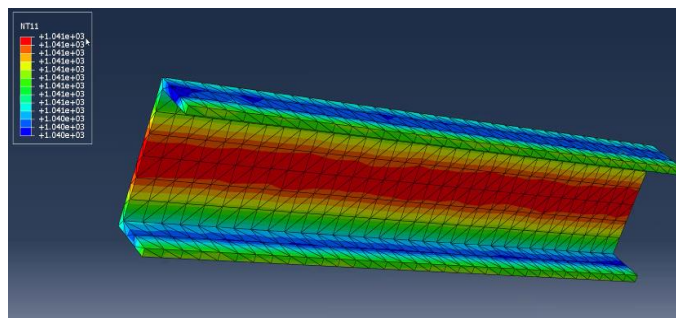


In the experiment, the Product A reached the critical temperature in 66<sup>th</sup> minute and the Product B reached the critical temperature in 37<sup>th</sup> minute as shown in Figure 9 and Figure 10. There are 29 minutes differences between the two intumescent coatings for reaching the critical temperature at when the around 80 % of mechanical properties are lost because of the high temperature. The Product A has consistent temperature-time values and has a char after the fire test. On the other hand, the Product B has inconsistent temperature-time values within its thermocouples. The Product B has no char on the steel beam after the fire test which might cause not preventing to reach critical temperature.

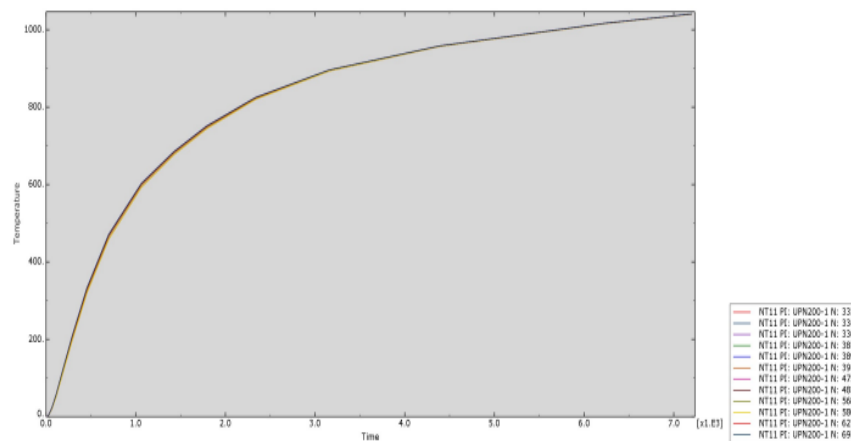
**Figure 10:** Temperature-time curve of steel beam for Product A in ABAQUS software



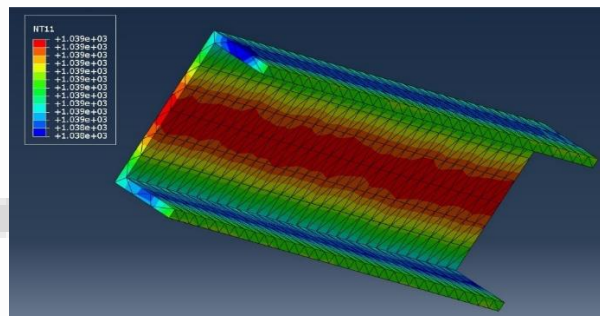
**Figure 11:** Thermal analysis of steel beam for Product A in ABAQUS software



**Figure 12:** Temperature-time curve of steel beam for Product B in ABAQUS software



**Figure 13:** Thermal analysis of steel beam for Product B in ABAQUS software



When analyzing the heat transfer in steel beams which were exposed to fire from 4 sides, steel beams' web part reached the critical temperatures before the flange part of steel beams. So, there might be different thickness of the intumescent coatings can be applied to increase the fire resistance of the steel structural components.

### 3. Conclusion

This research covers revealing the intumescent coatings' fire protecting effects on structural steel components when they are exposed to ISO 834 fire. Analysing efficiency of intumescent coatings which are performed on the individual structural steel components is not the accurate way of researching the fire safety design of steel structures but analysing total structural steel construction. Analysing all steel structure instead of structural steel components gives a better understanding of Eurocodes which uses critical temperature for structural steel member analysis containing fire resistance, temperature, and time needs for the steel structures.

Design codes do not consider the change in values of thermal and physical properties of intumescent coatings. Specific heat and thermal conductivity are the two thermal properties which are temperature dependent, and their values change as the temperature increases. On the other hand, they are taken as constants according to EN 1993-1-2. Magnitude of the density which is a physical property increases because of loss of the moisture content as the temperature increases. For instance, Product B's density increases from  $1350 \text{ kg/m}^3$  to  $1850 \text{ kg/m}^3$  due to loss of moisture which is a result of increasing temperature in a case of fire. On the other hand, density of the intumescent coating is also taken as a constant value according to EN 1993-1-2. All these variables change with the temperature, but they are all taken as constant values which lead to difference with experimental and theoretical values.

Char which has an impact on the efficiency of the intumescent coatings behaves as a thermal barrier between fire as a heat source and the structural steel component. Thermal conductivity of the char of the intumescent coatings decreases as the temperature increases. Determining the exact value of the char's thermal conductivity can't be calculated because of the complex expansion process of the

char in heating process which causes a difference in experimental and theoretical values. Adhesion problems between the steel substrate and the intumescent coating might occur during the fire experiment. Some adhesion problems occurred in this experiment too with the steel beam and the Product B which caused fire protection problems as reaching critical temperature in 37<sup>th</sup> minute instead of 120 min. On the other hand, for Product A which had no adhesion problems and had 38.78 mm char thickness, it took 66 minutes to reach the critical temperature instead of 120 minutes. Surely, char is not the only effect time difference for the time to reach the critical temperatures for Product A and Product B but an important effect.

Both industrial intumescent coatings are used for 2 hours against the fire exposure, their time for reaching the critical time were the different. There might be several reasons for this situation. Manufacturers might send their best materials for testing to get adequate certificates and there might be quality differences other products that sell in the fire protection industry and ones which were tested in the laboratories.

### **Future Work**

- Different intumescent coatings can be repeated in the future research and can be compared with the results of the ones that were derived from this research.
- This study covers the fire resistance of individual structural steel components which were insulated by different intumescent coatings by following ISO 834 fire curve which is like ASTM E119. This experiment should be repeated with other types of fires involving hydrocarbon and parametric fire types which have different fire curves.
- Nanomaterials have been used in the intumescent coating as an organic filler for improving the performance of the intumescent coatings as a thermal barrier. New experiments should be done for comparison of intumescent coatings with nanomaterials and without ones to see the fire resistance effect of nanomaterials.
- Dealing with adhesion problems during the fire experiment in the furnace especially in the expansion process is important because of decreasing the thermal conductivity in the expansion process. So, improvements should be done on undercoats and intumescent coatings to overcome the adhesion problems for increasing fire protection of structural components.
- This experiment was performed with the 4-sided fire exposure. Insulated beams with the floor or cell composite assemblies should be tested with the 3-sided fire exposure to see the thermal effects of insulated beams with the assemblies.
- Different thickness of intumescent coatings can be applied on the same steel component save different parts. As seen in Figure 12 and 14, web part of steel beam was more affected because of fire exposure than flange part of the steel beam. Without changing the total weight and total cost of intumescent coating, thickness of intumescent coating which is applied on the web part of the steel beam can be increased while thickness of intumescent coating which is applied on the flange part can be decreased. Generally, all the thickness of the intumescent coatings that are applied on the structural steel components is the same in the fire protection industry.

## REFERENCES

- [1] Kodur, V., Dwaikat, M., & Fike, R. (2010). High-temperature properties of steel for fire resistance modeling of structures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(5), 423-434.
- [2] Buchanan, A. H., & Abu, A. K. (2016). *Structural Design for Fire Safety*. Wiley.
- [3] ISO. (2009). *Fire Safety Engineering – General Principles*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- [4] International, A. (2010). *Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Material[s] (ASTM E119-14)*. Conshohocken, Pennsylvania, USA: ASTM International.
- [5] Poh, K. W. (2001). Stress-strain-temperature relationship for structural steel. *Journal of materials in civil engineering*, 13(5), 371-379.
- [6] Li, G. Q., & Yong, C. W. (2011). Assess the Fire Resistance of Intumescent Coatings by Equivalent Constant Thermal Resistance. *Fire Technology*, 48(2), 529-546.
- [7] Tide, R. H. (1998). Integrity of Structural Steel After Exposure to Fire. *Engineering Journal*, 35(1), 26-38.

## Rebaudiosit a (Reb A) ile Üretilen Düşük Kalorili Portakal Marmelatının Tüketici Tarafından Değerlendirmesi

Dr. Öğretim Üyesi Şeyda Öztürk<sup>1</sup>, Doç. Dr. Cemalettin Baltacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Zile Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü

<sup>2</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümü

### Özet

Son yıllarda özellikle şeker hastaları ve diyet yapanlar için özel ürünler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi yanında ürünlerin piyasaya çıkması ve geliştirilmesi için tüketici değerlendirilmesi de çok önemlidir. Bu amaçla Stevia rebaudiana tatlandırıcısı (reb A) ile portakal marmelatı üretilmiş, üretilen bu marmelat tüketiciler tarafından değerlendirilmiştir. Çalışma için %1 pektin, %0.08 reb A, %4 sitrik asit (%30'luk) ve portakal pulpu içeren marmelat üretilmiştir. Bu marmelat 249 öğrenciye verilmiş ve görünüş, yapısal, ağız dokusu ve tat/koku özelliklerine göre değerlendirilmesi istenmiştir. Ayrıca katılımcıların sosyo demokrofik özelliklerine göre analiz edilmiştir. Katılımcıların beş kategoride (kesinlikle katılmıyorum(1), katılmıyorum(2), fikrim yok(3), katılıyorum(4), kesinlikle katılıyorum(5)) cevapları istenmiştir. Çalışma sonucunda marmelatın görünüş özellikleri 3.72 ile 3.89, yapısal özellikleri 3.75 ile 3.89, ağız dokusu özellikleri 3.80 ile 3.92 ve tat/koku özellikleri 3.42 ile 3.75 arasında, genel ortalaması ise 3.74 olarak belirlenmiştir. Tüketici üretilen marmelatın geleneksel marmelata benzetmemiş ancak kötü olarak da değerlendirmemiştir. Marmelatın özelliklerinin iyileştirilmesi ile birlikte beğenilme derecesinin artması mümkün görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** portakal, tüketici anketi, tatlandırıcı, rebaudiana A, marmelat

### Consumer evaluation of low calorie orange marmalade produced with Rebaudioside A (Reb A)

#### Abstract

In recent years, studies have been carried out on special products especially for diabetics and dieters. In addition to determining the physical and chemical properties of these products, consumer evaluation is also very important for the launch and development of products. For this purpose, orange marmalade was produced with reb A sweetener and this marmalade produced was evaluated by consumers. For the production of low-calorie marmalade, 1% pectin, 0.08% reb A, 4% citric acid (30%) and orange extract were used. Then, the produced marmalade was given to 249 participants and asked to evaluate them according to appearance, structure, mouth texture and taste/smell characteristics. In addition, the answers of the participants were analyzed according to their socio-demographic characteristics. As a result of the appearance properties of marmalade were found between 3.72 and 3.89, structural properties between 3.42 and 3.75, the general average was determined as 3.74. The consumer did not find the produced marmalade similar to traditional marmalade, but did not evaluate it as bad either. The study measures consumer acceptability of low-calorie orange marmalade produced with reb A. In this way, scientists will see the missing points in the product and it will be possible to produce healthier and more economical products.

**Keywords** Consumer survey, Marmalade, Orange, Rebaudioside A, Sweetener

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin artması ile birlikte tüketicilerin hareketsiz yaşam biçimi artmış ve beslenme alışkanlıklarındaki değişmiştir. Bu da obezite diyabet vb. gibi sağlık sorunlarını arttırmıştır. Bu sağlık sorunlarının çözümü için ise bilim insanları düşük kalorili ürünlerin üretilmesi üzerinde durmaktadır. Bu ürünler geliştirilirken gıdanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerinin yanında o ürünün satışa çıkarılabilmesi için tüketicinin talebi de önemlidir.

Yüksek şeker tüketimi, obezite ve tip 2 diyabet gibi çeşitli hastalıkların oranını artırmaya katkıda bulunmaktadır. Bu problemi çözmek için sakaroz yerine tatlandırıcılar alternatif olarak kullanılabilir (Jribi ve ark., 2020). Son yıllarda bilim insanlarının Stevia rebaudiana tatlandırıcılarını kullanarak düşük kalorili ürünler üzerinde çalıştığı görülmektedir. Şeker otu (Stevia rebaudiana Bertoni) yapraklarından elde edilen steviol glikozitler yüksek tatlılığa sahiptir. Kalorisiz doğal bir tatlandırıcı olan bu glikozitler; steviosit, rebaudiosit A, B ve C olarak isimlendirilmektedir (Prakash et al., 2008).

Steviol glikozitlerin gıda katkı maddesi olarak kullanımına ABD’de 2008, Avrupa’da 2011 yılından itibaren izin verilmiştir. Ayrıca uzun süreli depolama sırasında ürünün tatlılığı azalmaz (Ghanta et al., 2007). Kola ve limon, yeşil limon ürünlerinde tatlandırıcı olarak kullanılan rebaudioside A’nın tatlılık düzeyinin 26 hafta boyunca kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çoğu gazlı içeceğin 16 hafta içerisinde tüketildiği belirtilmiştir (Prakash ve ark. (2008). Bu nedenle Reb A’nın marmelatta kullanımı mümkün görülmektedir.

Marmelat, özel besleyici niteliklere sahip şeker veya tatlandırıcılara dayalı çok popüler bir jöleli üründür. Meyve pulpu, püre, meyve suyu ve sulu ekstraktlarının veya bitkilerin kök, yaprak, çiçek gibi yenilebilir kısımlarının şekerler ve su ile kombinasyonu sonucu oluşturduğu jel yapıda, sürülebilir kıvamda bir üründür. Piyasada marmelatlar, normal, düşük şekerli ve light (diyabetler için) olarak üretilmektedir (TGK, 2006; Nistor et al, 2021).

Duyusal özellikler insan duyuları tarafından belirlenen tüketicinin bir gıdayı kabul veya reddetmesine yol açan özelliklerdir. Bu nedenle gıda endüstrisinde yeni bir ürün piyasaya sunulacağı zaman kimyasal ve biyolojik analizlerin öncesinde yeme kalitesinin ve tüketici görüşünün araştırılması gerekir. Böylelikle pazar payı artmayan, sevilerek yenmeyen ürünlerin de kalitesini yükseltmek amacıyla daha fazla deneysel çalışma yapılabilir ve ürünler geliştirilebilir.

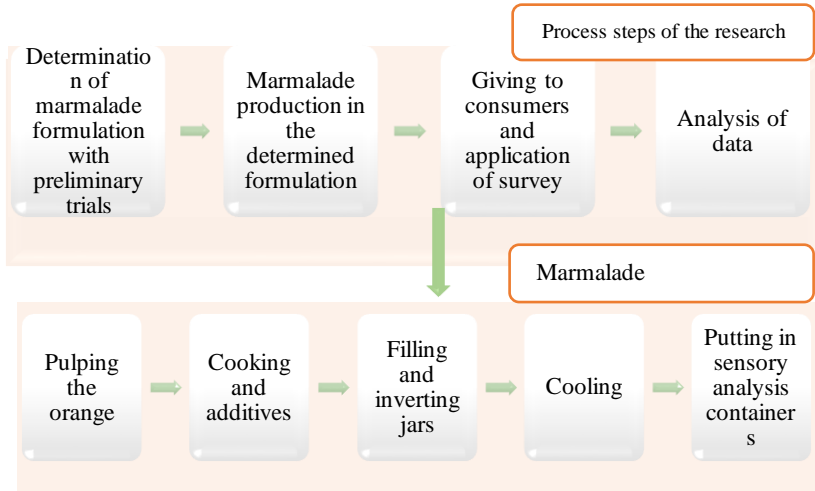
Şeker gıdalarda çeşitli roller oynar. Şekerin en göze çarpan işlevi tatlı tadıdır, ancak aynı zamanda lezzet profiline katkıda bulunur. Gıdanın ağız dokusunda bıraktığı hissi etkiler. Gıdanın yapı oluşumunu etkiler. Maillard reaksiyonunda yer alır, donma noktasını etkiler, hacim artırıcı ve koruyucu özelliği vardır. Bu nedenle marmelatta şeker yerine tatlandırıcı ilavesinin getireceği sorunlar tespit edilmelidir (Manaco et al., 2018).

Bu çalışmada, doğal bir tatlandırıcı olan stevia bitkisinden elde edilen tatlandırıcının (Reb A) şeker yerine kullanılmasıyla düşük kalorili portakal marmelatı üretilmiştir. Ardından bu marmelat tüketici tutumunun belirlenmesi amacıyla tüketiciye sunulmuş ve uygulanan anket sonuçları değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırmanın işlem basamakları şekil 1’de gösterilmiştir. Öncelikle marmelatların formülünün belirlenmesi amacıyla formülasyon denemeleri yapılmıştır. Ardından belirlenen formülde marmelat üretilmiş tüketicilere verilerek tüketici anketleri uygulanmıştır.

**Şekil 1.** Araştırma işlem basamakları



## 2.1. Düşük kalorili portakal marmelatı üretimi

**Materyal:** Marmelat üretiminde Trablus cinsi portakallar temin edilmiştir. Marmelat reçete denemeleri için ayrıca pektin (E440, turuncgil pektini, Benosen, kıvam artırıcı), Reb A (stevia pura, %98, Almanya, tatlandırıcı) ve sitrik asit (Tito, SSA30, pektinin jelleşmesi amacıyla) kullanılmıştır.

**Pektin çözeltisinin hazırlanması:** Toz halde bulunan HM pektin direkt marmelata eklenemeyeceği için %4 oranında çözeltileri hazırlanmıştır. Çözeltilerin hazırlanması için su ısıtıcılı manyetik karıştırıcıya alınmış öncelikle 75°C'ye kadar ısıtılmıştır. Su üzerine pektin azar azar ilave edilerek 10 dakika tamamen çözünene kadar karıştırılmıştır (Benzer Gürel, 2016).

**Formülasyon oranları:** Formülasyonda, 4345.2 kg portakal pulpu, 1500 ml pektin çözeltisi (%4'lük), 150 ml sitrik asit (%30'lük), 4.8g reb A kullanılmıştır.

Portakallar yıkandıktan sonra kurulanmıştır. Ardından bıçak yardımıyla kabuğuyla birlikte yüzeyindeki zarlar uzaklaştırılmış, daha sonra da segmentlerine zarsız olarak ayrılmıştır. Zarsız segmentler laboratuvar mikserinde parçalanarak homojen bir pulp oluşturulmuş ve tartılmıştır. Tartılan portakal pulpu ocağa alınarak orta ateşte 45 dakika karıştırılmıştır. Ardından jel yapısını oluşturmak amacıyla %4 lük pektin çözeltisi son karışımda %1 pektin olacak şekilde ilave edilmiştir. Bir müddet daha pektin ile birlikte kaynatıldıktan sonra %30'lük sitrik asit çözeltisi ile pH değeri 3.6'nın altına düşürülmüştür (pH değeri 3.5'a ayarlanmıştır). Ardından Reb A ilave edilmiştir. Çünkü araştırmacılar sıcaklığın artmasıyla reb A'nın stabilitesinde azalmalar meydana geldiğini belirtmişlerdir (Prakash et al., 2008). Böylece reb A'nın uzun süre sıcaklığa maruz kalmaması sağlanmıştır. Pişirme işlemine marmelatın suda çözünene kadar kuru maddesi %17 olunca son verilmiştir. Marmelat örnekleri kavanozlara sıcak dolum yöntemiyle doldurularak kapakları sıkıca kapatılmıştır. Sonra başağı çevrilerek 10 dakika süreyle bu şekilde bekletilmiş ardından kavanozlar düz konuma getirilerek soğumaya bırakılmıştır (şekil 2)

## 2.2. Tüketici anketinin uygulanması

Reb A ilave edilerek yapılan marmelatın duyu özelliklerinin beğenilme düzeyinin belirlenmesi amacıyla Koç (2018)'in çalışmasında kullandığı 3 bölümden oluşan anket formu modifiye edilmiştir (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011). Anketin ilk bölümünde katılımcıların demografik özelliklerini (cinsiyet, yaş, okuduğu bölüm, sınıf, gelir, duyu analiz hakkında bilgi durumu), katılımcıların sağlık sorunlarının (metabolik rahatsızlık, şeker hastalığı, ağız içi lokal komplikasyon) olup olmadığını ve tatlandırıcı kullanıp kullanmadığını belirlemek amacıyla 7 adet soru sorulmuştur. Ürünün duyu özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 20 adet ifadeyi içeren ikinci bölümde sorular 5'li Likert modelinde hazırlanmıştır. Ölçekte yer alan ifadeler katılımcıların beş kategoride (kesinlikle katılmıyorum,

katılmıyorum, fikrim yok, katılıyorum, kesinlikle katılıyorum) cevapları istenmiştir. Ayrıca duyu özelliklerinin beğenilme düzeyinin belirlenmesi amacıyla kullanılan ölçeğin 20 ifadesi toplam 4 boyut altında toplanmıştır. Bu boyutlar “görünüş özelliklerine göre” (ifade 1-5), “yapısal özelliklerine göre” (ifade 6-9), “ağız doku özelliklerine göre” (ifade 10-13), “tat/koku özelliklerine göre” (14-20) ayrılmaktadır. Anketin son bölümünde katılımcılardan ürün hakkında varsa fikirlerini içeren yorumlarına yer vermesi talep edilmiştir. Bu amaca yönelik olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesinde okuyan 249 öğrenci duyu teste tabi tutulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Marmelat üretimi ve tüketici anketlerinin uygulanması

Tüketici anketi için marmelat uygun boyutlardaki şeffaf plastik kaplara konularak oda sıcaklığında panelistlere sunulmuştur. Duyusal değerlendirmeye katılan her panelist için tek kullanımlık kap ve kaşıklar hijyenik koşullarda hazırlanıp sunulmuştur (Şekil 2).

### 2.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen verilerin özetlenmesinde tanımlayıcı istatistiksel bilgiler sürekli değişkenler için *ortalama ± standart sapma* olarak verilmiştir. Kategorik değişkenler *sayı ve yüzde* olarak özetlenmiştir.

Grupların karşılaştırılmasında elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve T testi ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki önem dereceleri %95 güven aralığında Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Bunun için SPSS 20 paket programı kullanılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Katılımcılara ait bulgular

Tüketici anketi Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesinde yapılmıştır. Toplam 249 öğrenciye ulaşılmıştır. Katılımcıların %57'si 18-20 yaş arasında, %38.2'si 21-23 yaş arasında ve %4.8'i 24 ve üzeri arasındadır. Kadın katılımı daha yüksektir (%65.9). Öğrenci sınıflarına bakıldığında katılımcıların %44.6'sü 1., %52.2'si 2., ve %3.2'si 3. sınıftır. Katılımcılar, gıda teknolojisi (%7.2), hukuk büro hizmetleri ve sekreterlik (%25.3), tapu ve kadastro (%11.6), mimari restorasyon(%6.4), maliye(%6.8), bilgisayar teknolojileri (%12), bankacılık ve sigortacılık (%10), lojistik programları (%1.6) ile gastronomi ve mutfak sanatları (%18.9) bölümlerindedir. Katılımcıların %60.2'si duyu analiz hakkında bilgi sahibidir. %94.8'sinin herhangi bir sağlık problemi (metabolik rahatsızlık, şeker

hastalığı, ağız içi lokal komplikasyon vb) yoktur. Ayrıca katılımcıların %8.8'si tatlandırıcı kullanmaktadır.

### 3.2. Katılımcıların reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatını beğeni durumu

Reb A tatlandırıcısı ile yapılmış düşük kalorili portakal marmelatının görünüş, yapı, doku, tat/koku özellikleri tüketiciler tarafından değerlendirilmiştir.

#### 3.2.1. Görünüş özellikleri

Üretilen marmelatın görünüş özellikleri üzerine elde edilen veriler Tablo 1'de verilmiştir. Reçellerin en önemli kalite parametrelerinden biri olan renk; ürünün algılanmasıyla yakından ilgilidir. Bu parametre ilk olarak satın alma sırasında değerlendirilir ve tüketicinin ürünü kabul etmesi veya reddetmesi için esastır (Banas et al., 2018). Bu nedenle renk özelliği ve ürünün parlaklığı değerlendirilmiştir. Çalışmamızda katılımcılar; "Ürünün renk özelliği orijinaline yakındır" sorusuna %41.8 katılıyorum ve %33.3 kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. Sorunun genel ortalaması ise 5 puan üzerinden  $3.88 \pm 1.16$  olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde %39.0 katılıyorum ve %32.5 kesinlikle katılıyorum ifadeleri ile ürünün parlaklık ve matlık özelliğinin orijinal marmelata yakınlığını bildirmişlerdir. Parlaklık ve matlık özelliğinin belirlenmesi sorusunun karşılığında ise genel ortalama  $3.81 \pm 1.20$  olarak belirlenmiştir. Bu durumda üretilen ürünün renginin olumlu olarak karşılandığı tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme ürünün rengi için temel standart, hammaddenin doğal rengiyle bir karşılaştırmadır. Bu nedenle, renk tonuna ve yoğunluğa göre hammaddenin doğal renginden sapmayı mümkün olduğunca düşük tutmak gerekir (Vračar, 2001).

Gıdaların renk-lezzet ilişkileri, bilinen bir yiyecek veya içeceği yeni bir renkle eşleştirmek onu lezzetsiz hissettirebilir. "Görsel gıda hafızası" olarak da adlandırılabilir bu durumu Hyatt vd. (2000), "şartlandırılmış lezzet-tat ilişkisi" olarak tanımlamaktadır. Dolayısıyla bir gıdanın renginin değişmesi o ürünü satışını olumsuz etkileyebilir. Çalışmamızda marmelatın görsel lezzeti, yarı saydamlığı ve homojen görünümü incelendiğinde sırasıyla %40.2, 36.9, 38.2 katılıyorum ve %28.5, 27.3, 28.9 kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. Ürünün görsel lezzeti, yarı saydamlık ve homojen görünüm soruları için gelen ortalamaları ise sırasıyla  $3.75 \pm 1.16$ ,  $3.73 \pm 1.10$  ve  $3.78 \pm 1.11$  olarak belirlenmiştir. Marcellini, Chainho ve Bolini (2005) ve Brito ve Bolini (2008a), konsantre yeniden yapılandırılmış ananas ve meyve suyu ve guava nektarında sırasıyla farklı tatlandırıcılar ve sakaroz ile tatlandırılmış örneklerde görünüm açısından önemli bir fark olmadığını bildirmiştir (Dutra and Bolini 2013).

**Tablo 1.** Katılımcıların reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatının görünüş özelliklerini beğeni durumu

Görünüş özellikleri üzerine İfadeler	Kesinlikle Katılmıyorum $\longleftrightarrow$ Kesinlikle Katılıyorum								Puan $\bar{x} \pm sd$		
	1		2		3		4			5	
	n	%	n	%	n	%	n	%			
Ürünün renk özelliği orijinaline yakındır.	20	8.0	10	4.0	32	12.9	104	41.8	83	33.3	$3.88 \pm 1.16$
Ürünün parlaklık/matlık özellikleri beklenildiği gibidir.	21	8.4	15	6.0	35	14.1	97	39.0	81	32.5	$3.81 \pm 1.20$
Ürün görsel lezzet olarak (görünüştten beklenen özellik) orijinaline yakındır.	20	8.0	14	5.6	44	17.7	100	40.2	71	28.5	$3.75 \pm 1.16$
Yarı saydamlık (Işığın kısmen geçmesine izin veren) özelliği orijinaline yakındır.	15	6.0	13	5.2	61	24.5	92	36.9	68	27.3	$3.73 \pm 1.10$
Yapısında homojen görünüm (Tekdüzelik, düzenli yapı) orijinaline yakındır.	14	5.6	17	6.8	51	20.5	95	38.2	72	28.9	$3.78 \pm 1.11$

Görünüş özelliklerinin katılımcıların cinsiyet, yaş, duyusal analiz bilgisi ve tatlandırıcı kullanımına göre reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatını beğeni durumu tablo 2'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde kadın katılımcıların görünüş özelliklerini beğeni durumu ( $3.85 \pm 1.16$ ) erkek katılımcılardan ( $3.68 \pm 1.11$ ) fazladır ( $p < 0.05$ ). 18-20 yaş katılımcıların beğeni durumu 21-23 yaş üzerindeki katılımcılardan farklı olmakla birlikte daha azdır ( $p < 0.05$ ). 24 yaş üzerindeki bireyler için ise beğeni ortalamaları aralarındaki fark önemli değildir ( $p \geq 0.05$ ). Görünüş beğeni değeri ortalamalarında 1 sınıf beğeni ortalaması ile 2. ve 3. sınıf beğeni ortalamaları arasında istatistiki fark vardır ve daha düşüktür ( $p < 0.05$ ). 2. ve 3. sınıf beğeni ortalaması arasında ise bu fark

görülmemektedir ( $p \geq 0.05$ ). Ayrıca görünüş özelliği beğeni durumu bölümler arası değerlendirildiğinde aralarındaki fark önemsizdir ( $p \geq 0.05$ ) (şekil 3).

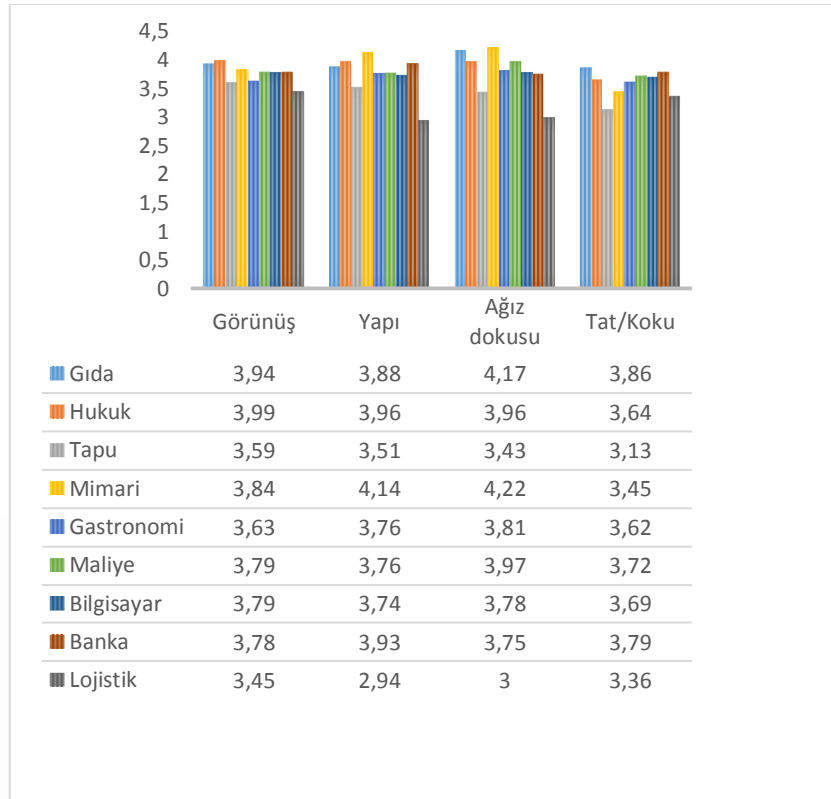
“Herhangi bir sağlık probleminiz (metabolik rahatsızlık, şeker hastalığı, ağız içi lokal komplikasyon vb) var mı?” sorusuna katılımcılardan evet diyenlerin ortalaması ( $4.15 \pm 1.04$ ), hayır diyenlere ( $3.77 \pm 1.15$ ) göre daha yüksektir ( $p < 0.05$ ). “Duyusal analiz hakkında bilginiz var mı?” sorusuna evet diyenlerin ortalaması  $3.81 \pm 1.14$ , hayır diyenlerin ortalaması  $3.76 \pm 1.16$ , “tatlandırıcı kullanıyor musunuz?” Sorusuna evet diyen katılımcıların ortalaması  $3.76 \pm 1.15$  ve hayır diyenlerin ortalaması  $3.79 \pm 1.15$  olarak tespit edilmiş ve aralarında fark önemli görülmemiştir ( $p \geq 0.05$ ).

**Tablo 2.** Katılımcıların cinsiyet, yaş, duyusal analiz bilgisi ve tatlandırıcı kullanımına göre reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatını beğeni durumu

Alt boyut	Cinsiyet	Yaş		Sınıf		sağlık	Duyusal analiz bilgisi		Tatlandırıcı kullanımı			
		$\bar{x} \pm sd$		$\bar{x} \pm sd$			$\bar{x} \pm sd$		$\bar{x} \pm sd$			
Görünüş	F	3.85 $\pm 1.16^b$	18-20	3.66 $\pm 1.23^a$	1.	3.70 $\pm 1.23^a$	Y	4.15 $\pm 1.04^b$	Y	3.81 $\pm 1.14^a$	Y	3.76 $\pm 1.15^a$
	M	3.68 $\pm 1.11^a$	21-23	3.98 $\pm 0.98^b$	2.	3.86 $\pm 1.08^b$	N	3.77 $\pm 1.15^a$	N	3.76 $\pm 1.16^a$	N	3.79 $\pm 1.15^a$
			24+	3.87 $\pm 1.06^{ab}$	3.	4.12 $\pm 0.69^b$						
Yapısal	F	3.92 $\pm 1.17^a$	18-20	3.69 $\pm 1.22^a$	1.	3.77 $\pm 1.22^a$	Y	4.29 $\pm 1.23^a$	Y	3.81 $\pm 1.21^a$	Y	3.89 $\pm 1.06^a$
	M	3.61 $\pm 1.15^a$	21-23	4.01 $\pm 1.08^b$	2.	3.84 $\pm 1.15^a$	N	3.80 $\pm 1.16^a$	N	3.83 $\pm 1.10^a$	N	3.81 $\pm 1.18^a$
			24+	3.73 $\pm 1.12^{ab}$	3.	4.19 $\pm 0.78^a$						
Ağız Doku	F	3.89 $\pm 1.21^a$	18-20	3.74 $\pm 1.26^a$	1.	3.77 $\pm 1.27^a$	Y	4.38 $\pm 1.03^b$	Y	3.87 $\pm 1.19^b$	Y	3.95 $\pm 1.06^a$
	M	3.76 $\pm 1.17^a$	21-23	3.97 $\pm 1.13^a$	2.	3.88 $\pm 1.16^{ab}$	N	3.81 $\pm 1.20^a$	N	3.80 $\pm 1.22^a$	N	3.83 $\pm 1.21^a$
			24+	4.04 $\pm 0.87^a$	3.	4.25 $\pm 0.72^b$						
Tat/Koku	F	3.63 $\pm 1.35^a$	18-20	3.49 $\pm 1.35^{ab}$	1.	3.57 $\pm 1.33^a$	Y	4.18 $\pm 1.24^b$	Y	3.65 $\pm 1.31^b$	Y	3.59 $\pm 1.27^a$
	M	3.55 $\pm 1.30^a$	21-23	3.79 $\pm 1.29^b$	2.	3.62 $\pm 1.36^a$	N	3.57 $\pm 1.33^a$	N	3.53 $\pm 1.37^a$	N	3.60 $\pm 1.34^a$
			24+	3.48 $\pm 1.36^a$	3.	3.80 $\pm 0.96^a$						

Kadın (F), Erkek (M), Evet (Y), Hayır (N),  $\pm sd$  standart sapma

Naz and Arivuchudar, (2020), noni meyve özü (Morinda citrifolia) ve stevia (Stevia rebaudiana) yaprağı özütü eklenerek reçel üretmişlerdir. Geliştirilen value added reçelin kontrole göre lezzet dışında diğer tüm duyusal parametrelerin ve genel kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu belirtilmiştir. 9 puan üzerinden görünüş 8.46, teksür 8.78, flavour 7.72, mouth feel 8.38, taste 7.76 ve overall acceptability 8.24 olarak bulgulamışlardır.



Şekil 3. Katılımcıların bölümlerine göre reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatını beğeni durumu

### 3.2.2. Yapısal özellikleri

Üretilen marmelatın yapısal özellikleri üzerine elde edilen veriler Tablo 3’de verilmiştir. Ürünün boyut/şekil özelliklerinin (parçacık dağılımı) standartlara uygunluğuna katılımcıların %36.9 katılıyorum ve %35.7 kesinlikle katılıyorum demiştir. Genel ortalaması  $3.88 \pm 1.18$  olarak tespit edilmiştir.

Ürünün yüzey dokusunun (pürüzlülük, düzgünlük, ıslak veya kuru görünmesi) ve görsel kıvamının standartlara uygunluğuna sırasıyla katılımcıların %39.8’i ve %38.2’i katılıyorum ve %31.7’si ve %32.5’i ise kesinlikle katılıyorum olarak belirtmiştir. Katılımcıların ürünün yüzey dokusu ve görsem kıvamı üzerindeki görüşünün genel ortalaması ise sırasıyla  $3.83 \pm 1.14$  ve  $3.80 \pm 1.19$  olarak belirlenmiştir. “Ürünün iç görünümü homojen yapıdadır” sorusuna ise katılımcıların %38.2 katılıyorum ve %30.5 kesinlikle katılıyorum demiştir. Genel ortalaması ise  $3.76 \pm 1.19$  olarak belirlenmiştir. Doku, ürünün nihai değerlendirmesini önemli ölçüde etkiler. Uygun olmayan doku, tadı çok güzel olsa bile ürünü tüketici tarafından kabul edilemez hale getirebilir. Doku hissi, tüketici tarafından örneğin ekmek gevrekliği, sebze sertliği veya reçel sürülebilirliği gibi ürün tazeliğinin bir değerlendirmesi olarak algılanır. Buna karşılık, bu özelliklerin eksikliği düşük kaliteyi gösterir ve ürünü kabul edilemez hale getirebilir (Banas et al., 2018).

Tablo 3. Katılımcıların reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatının yapı özelliklerini beğeni durumu

Yapısal özellikleri üzerine ifadeler	Kesinlikle Katılmıyorum				Kesinlikle katılıyorum				Puan $\bar{x} \pm sd$		
	1		2		3		4			5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Ürünün boyut/şekil özellikleri (parçacık dağılımı) standartlara uygundur.	18	7.2	16	6.4	34	13.7	92	36.9	89	35.7	3.88±1.18
Ürünün yüzey dokusu (pürüzlülük, düzgünlük, ıslak veya kuru görünmesi) standartlara uygundur.	14	5.6	22	8.8	35	14.1	99	39.8	79	31.7	3.83±1.14
Ürünün görsel kıvam özelliği (akışkanlık) standartlara uygundur.	15	6.0	29	11.6	29	11.6	95	38.2	81	32.5	3.80±1.19
Ürünün iç görünümü homojen yapıdadır.	19	7.6	19	7.6	40	16.1	95	38.2	76	30.5	3.76±1.19

Erkek ve kadın katılımcıların ürünün yapısı üzerindeki görüşü değerlendirildiğinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (Tablo 2). Ayrıca bu durum 1. 2. 3. sınıflar arasında da belirlenmiştir. Üretilen marmelatların yapısını  $4.01 \pm 1.08$  ortalama ile en çok 21-23 yaş arasındaki katılımcılar

beğenmiştir. Ayrıca  $3.69 \pm 1.22$  ortalama değerine sahip 18-20 yaş gurubuyla önemli farklılık görülmektedir. Bölümler arası değerlendirildiğinde en çok beğenen bölüm  $4.14 \pm 0.81$  puanla mimari restorasyon, en az beğenen bölüm ise  $2.94 \pm 1.39$  puan ile lojistik olmuştur ( $p < 0.05$ ) (şekil 3). Tapu bölümü ( $3.51 \pm 1.24$ ), hukuk ( $3.96 \pm 1.09$ ) ve mimari ile anlamlı farklılık var ( $p < 0.05$ ). Lojistik ise hukuk mimari ve banka ( $3.93 \pm 1.20$ ) ile farklılığa sahiptir ( $p < 0.05$ ). Diğer bölümler arasında ise anlamlı bir farklılık görülmemektedir.

“Herhangi bir sağlık probleminiz var mı?” sorusuna katılımcılardan evet diyenlerin ortalaması  $4.29 \pm 1.23$ , hayır diyenlerin ortalaması  $3.80 \pm 1.16$  olarak tespit edilmiş ve önemli bir farklılık görülmemiştir. Benzer şekilde duyu analizi bilgisinin ve tatlandırıcı kullanımının yapı beğeni üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır ( $p \geq 0.05$ ).

### 3.2.3. Ağız Doku Özellikleri

Üretilen marmelatın ağız doku özellikleri üzerine elde edilen veriler Tablo 4’de verilmiştir. Liflilik, çiğnemenin sonra ağızda parçalanmayan kalıntı ve parçacıkların varlığı ve bunların dişlerin bölme kuvvetine gösterdiği dirençtir. Ürünün liflilik özelliği dikkate alındığında orijinale yakınlık ortalaması  $3.81 \pm 1.21$  olarak belirlenmiştir. Katılımcılar en yüksek %38.2 ile katılıyorum ardından %33.3 ile kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. Çiğnenebilirlik, dişlerin sıkıştırma ve bölme hareketlerine karşı gösterdiği dirençtir. Ürünün çiğnenebilir özelliğinin standartlara uygunluğunun genel ortalaması  $3.82 \pm 1.18$  olarak tespit edilmiştir. Katılımcılar benzer şekilde en yüksek %39.8 ile katılıyorum, %32.5 ile kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. Kumluluk (tanelilik, pütürlülük): Çiğneme sırasında kum veya sert parçaların hissedilmesidir. “Ürünün tanelilik, pütürlülük özelliği orijinaline yakındır” sorusunun katılımcı puanı ortalaması  $3.84 \pm 1.20$  olarak bulunmuş ve %39.8 ile katılıyorum, %33.3 kesinlikle katılıyorum olarak belirlenmiştir. Yapışkan, zamksı, sıvaşkan (adhesif) özellikteki gıdaların çiğnenmesi sırasında ağızda algılanan duyudur. “Ürünün algılandığı yüzeylerde (dil, diş, damak) yapışkanlık hissi yoktur.” sorusunun ise katılımcı puan ortalaması  $3.91 \pm 1.21$  olarak tespit edilmiş ve %37.8 ile katılıyorum, %38.6 kesinlikle katılıyorum olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.** Katılımcıların reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatının ağız doku özellikleri beğeni durumu

Ağız doku özellikleri üzerine ifadeler	Kesinlikle Katılmıyorum								Kesinlikle katılıyorum							
	1		2		3		4		5		Puan	$\bar{x} \pm sd$				
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%						
Ürünün liflilik özelliği (çiğnemenin sonra ağızda kalan kalıntı) orijinaline yakındır.	19	7.6	22	8.8	30	12.00	95	38.2	83	33.3	3.81 ± 1.21					
Ürünün çiğnenebilirlik özelliği standartlara uygundur.	81	32.5	18	7.2	32	12.9	99	39.8	81	32.5	3.82 ± 1.18					
Ürünün tanelilik, pütürlülük özelliği orijinaline yakındır.	21	8.4	15	6.0	31	12.4	99	39.8	83	33.3	3.84 ± 1.20					
Ürünün algılandığı yüzeylerde (dil, diş, damak) yapışkanlık hissi yoktur.	18	7.2	23	9.2	18	7.2	94	37.8	96	38.6	3.91 ± 1.21					

Katılımcıların cinsiyet, yaş, duyu analizi bilgisi ve tatlandırıcı kullanımına göre reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatını ağız doku özelliklerini beğeni durumu Tablo 2 de verilmiştir. Cinsiyet, yaş ve tatlandırıcı kullanımı ayrı ayrı değerlendirildiğinde birbirleri arasında önemli bir fark görülmemektedir ( $p \geq 0.05$ ). Bununla birlikte 3. Sınıftaki katılımcılar ağız doku özelliğini  $4.25 \pm 0.72$  puan ile 1. sınıf öğrencilerine göre;  $3.77 \pm 1.27$  daha çok beğenmiştir ( $p < 0.05$ ). Sağlık problemleri olanlar ( $4.38 \pm 1.03$ ), sağlık problemi olmayanlara göre ( $3.81 \pm 1.20$ ) ve duyu analizi bilgisi olanlar ( $3.87 \pm 1.19$ ), duyu analizi bilgisi olmayanlara göre ( $3.80 \pm 1.22$ ) yüksek puanlar almışlardır ( $p < 0.05$ ). Ayrıca Bölümler arası değerlendirildiğinde tapu bölümünün gıda, mimari ve hukuk bölümlerinde istatistiki farklı olduğu yine Lojistik bölümünün gıda, hukuk ve mimari bölümlerinden istatistiki olarak farklı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ) (şekil 3).

### 3.2.4. Tat/Koku Özellikleri

Katılımcıların reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatının tat/koku özelliklerini beğeni durumu tablo 5 de verilmiştir. Ürünün tatlılık düzeyi orijinale yakınlığının beğeni durumu ortalaması  $3.54 \pm 1.30$  olarak tespit edilmiştir. Katılımcılar en yüksek %31.7 ile katılıyorum ardından %28.1 ile kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. “Ürünün ağızda bıraktığı meyve tadı kabul edilebilir

düzyededir.” Sorusuna katılımcıların ortalama beğeni derecesi  $3.73 \pm 1.29$  olarak tespit edilmiş ve katılımcıların %35.3’ü katılıyorum %33.7’si kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. Ürün lezzetliliğinin kabul edilebilir düzeyde ifadesinin ortalama değeri  $3.66 \pm 1.24$  olarak tespit edilmiş katılımcıların %36.5’i katılıyorum %28.9’u kesinlikle katılıyorum demıştır. “Üründe farklı bir acımsı tat yoktur.” sorusuna katılımcıların %10.4’ü kesinlikle katılmıyorum %10.0’u katılmıyorum olarak belirtmiş ve ortalaması 3.65 olarak tespit edilmiştir. Üründe metalik tat bulunmamaktadır. Sorusuna ise katılımcıların %11.6’sı kesinlikle katılmıyorum %4.8’i katılmıyorum olarak belirtmiş ve ortalaması 3.74 olarak belirlenmiştir. Ürünün koku özellikleri standartlara uygunluğunun genel ortalaması 3.47’dir. Katılımcıların %26.9’u katılıyorum %32.1’i kesinlikle katılıyorum ifadelerinde bulunmuşlardır. “Üründe farklı bir koku yoktur” sorusuna %17.3’ü kesinlikle katılmıyorum %11.2’u katılmıyorum olarak belirtmiş ve ortalaması 3.43 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde Reb A içeren diyet çilek-kızılılık reçelleri üretilen bir çalışmada (1 = dislike extremely, 9 = like extremely) genel görünüşü 7.6, aromayı 7.4, lezzet 6.7, doku 7.1 olarak belirtmişlerdir. Ayrıca tüketicilerin açık uçlu sorularda bazı tüketicilerin ekşi olarak nitelendirdiğini belirtmiştir (CARVALHO et al., 2013).

**Tablo 5.** Katılımcıların reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatının tat/koku özelliklerini beğeni durumu

Tat Koku özellikleri üzerine İfadeler	Kesinlikle Katılmıyorum								Kesinlikle katılıyorum		Puan $\bar{x} \pm sd$
	1		2		3		4		5		
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Ürünün tatlılık düzeyi orjinaline yakındır.	24	9.6	37	14.9	39	15.7	79	31.7	70	28.1	3.54±1.30
Ürünün ağızda bıraktığı meyve tadı kabul edilebilir düzeydedir.	23	9.2	29	11.6	25	10.0	88	35.3	84	33.7	3.73±1.29
Ürün lezzetliliği kabul edilebilir düzeydedir.	19	7.6	33	13.3	34	13.7	91	36.5	72	28.9	3.66±1.24
Üründe farklı bir acımsı tat yoktur.	26	10.4	25	10.0	36	14.5	85	34.1	77	30.9	3.65±1.30
Üründe metalik tat bulunmamaktadır.	29	11.6	12	4.8	36	14.5	90	36.1	82	32.9	3.74±1.29
Ürünün koku özellikleri standartlara uygundur.	41	16.5	28	11.2	33	13.3	67	26.9	80	32.1	3.47±1.45
Üründe farklı bir koku yoktur.	43	17.3	28	11.2	30	12.0	74	29.7	74	29.7	3.43±1.45

Tablo 2 de katılımcıların cinsiyet, yaş, duyuşsal analiz bilgisi ve tatlandırıcı kullanımına göre reb A ilaveli düşük kalorili portakal marmelatını tat koku özelliklerini beğeni durumu verilmiştir. Tat/koku üzerine cinsiyetin, sınıfın ve tatlandırıcı kullanım durumunun önemli olmadığı görülmektedir. 21-23 yaş grubunun tat ve koku üzerinde en yüksek değer verdiği;  $3.79 \pm 1.29$  ve 24 yaş üzerine göre;  $3.48 \pm 1.36$  farklılık gösterdiği görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Tat/koku özelliği üzerine Herhangi bir sağlık probleminiz var mı? sorusuna evet diyenlerin ortalaması  $4.18 \pm 1.24$  olarak, hayır diyenlerin ortalaması  $3.57 \pm 1.33$  olarak belirlenmiş ve aralarındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Duyuşsal analiz hakkında bilginiz var mı? sorusuna evet diyenlerin ortalaması  $3.65 \pm 1.31$ , tespit edilmiş, hayır diyenlerin ortalaması  $3.53 \pm 1.37$  olarak belirlenmiş ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Şekil 3 de görüldüğü üzere bölümler arasında tapu bölümü beğeni durumu  $3.13 \pm 1.4$ , mimari ve lojistik hariç istatistiki olarak farklı olduğu görülmekte ve en az beğenen bölüm olarak karşımıza çıkmaktadır ( $p < 0.05$ ).

#### 4. SONUÇ

Reb A içeren düşük kalorili marmelatın tüketicilere verilmesi ve uygulanan anket analizi sonrasında genel görünüş özellikleri üzerine olan soruların genel ortalaması 3.79, yapı özellikleri üzerine olan soruların genel ortalama 3.82, ağız doku özellikleri üzerine olan soruların genel ortalaması 3.85 tat/koku özellikleri üzerine olan soruların genel ortalama değeri 3.60 olarak bulgulanmıştır. Tüketicilerin genel olarak düşük kalorili marmelatı kötü bulmadığı ancak geliştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Bu amaçla kıvamı üzerine çalışmalar yapılabilir. Bununla birlikte marmelatla geleneksel marmelatları gibi ağdalı bir yapı oluşmamıştır. Katılımcıların beğenisini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Formülasyon çalışmaları ile geliştirilen reb A içerikli marmelatların gelecek vaad ettiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Altuğ Onoğur, T. and Elmacı, Y., Duyusal Gıda Analizleri, Sidas Medya, 2011, İzmir, Türkiye.
- [2] Banas, A., Korus, A. and Korus, J.B., Texture, color, and sensory features of low-sugar gooseberry jams enriched with plant ingredients with prohealth properties, *Hindawi Journal of Food Quality*, 2018, 1-12.
- [3] Benzer Gürel, D., Determination of low calorie blackberry jam formulation containing stevia extract using response surface methodology, Master Thesis, Namık Kemal University, Institute of Science and Technology, 2016, Tekirdag, Türkiye.
- [4] Brito, C.A.K. and Bolini, H.M.A., Análise da aceitação de nectar de goiaba por testes afetivos e mapa de preferência interno, *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 2008, 2 (1): 67-80.
- [5] Carvalho, A.C.G., Oliveira, R.C.G., Navacchi, M.F.P., Costa, C., Mantovani, D., Dacôme, A.S., Seixas, F.A.V. and Costa, S.C.I., Evaluation of the potential use of rebaudioside-A as sweetener for diet jam, *Food Science and Technology*, 2013, 33(3): 555-560.
- [6] Dutra, M.B.L. and Bolini, H.M.A., Sensory and physicochemical evaluation of acerola nectar sweetened with sucrose and different sweeteners, *Food Science and Technology*, 2013, 33(4): 612-618.
- [7] Ghanta, S., Banerjee, A., Poddar, A. and Chattopadhyay, S., Oxidative DNA damage preventive activity and antioxidant potential of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni, a natural sweetener, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2007, 55: 10962- 10967.
- [8] Hyatt, E.M., Garber, L.L. and Starr, R.G., The Effects of food color on perceived color, *Journal of Marketing Theory and Practice*, 2000, 8(4): 59-72.
- [9] Jribi, S., Ouhaibi, M., Boukhris, H., Damergi, C. and Debbabi, H., Formulations of low-sugar strawberry jams: quality characterization and acute post-prandial glycaemic response, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2021, 15: 1578–1587.
- [10] Koç, F., An application for the use of stevia plant as a substitute for sugar in cake making, Master Thesis, Gazi University Institute of Social Sciences, Department of Gastronomy and Culinary Arts, 2019, Ankara, Türkiye.
- [11] Marcellini, P.S., Chainho, T.F. and Bolin, H.M.A., Doçura ideal e análise de aceitação de suco de abacaxi concentrado reconstituído adoçado com diferentes edulcorantes e sacarose, *Alimentos e Nutrição*, 2005, 16(2): 177-182.
- [12] Monaco, R.D., Miele, N.A., Cabisidan, E. K. Cavella, S., Strategies to reduce sugars in food, *Current Opinion in Food Science*, 2018, 19: 92-9.
- [13] Naz, S. and Arivuchudar, Determining the role of *Morinda citrifolia* and *Stevia rebaudiana* as nutritional enhancers, *Bioscienci Biotechnology Research Communications*, 2020, 13(3): 1411-1415.
- [14] Nistor, O.V., Bolea, C. A., Andronoiu, D.G., Cotârleț, M. and Stănciuc, N., Attempts for developing novel sugar-based and sugar-free sea buckthorn marmalades, *Molecules*, 2021, 26(11): 3073.
- [15] Prakash, I., Dubois, G., Clos, J., Wilkens, K. and Fosdick, L., Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener, *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46: 75-82.
- [16] Ruiz Ruiz, J.C. and Segura Campos, M.R., Development of nopal-pineapple marmalade formulated with stevia aqueous extract: effect on physicochemical properties, inhibition of  $\alpha$ -amylase, and glycemic response, *Nutrición Hospitalaria*, 2019, 36(5): 1081-1086.
- [17] Turkish Food Codex Regulation, Notification No. 2006/55 on fruit jams jellies marmalades and sweetened chestnut purée, T.R. Official Gazette, 2006.
- [18] Vračar, O.L.J., Manual for quality control of fresh and processed fruits, vegetables and mushrooms and refreshing soft drinks, Faculty of Technology, 2001, Novi Sad.

**Presentation ID / Sunum No: 17**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID

M.A. Bütüner: ID: 0000-0002-1440-3586

İ.Koşalay: ID:0000-0001-9231-416X

## **Hidroelektrik Santrallerin Hız Regülatörlerinin Hidrolik Ünitelerinde Makine Öğrenmesi Temelli Anomali Tespiti**

**Araştırmacı Mehmet Akif Bütüner<sup>1</sup>, Prof. Dr. İlhan Koşalay<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tübitak Marmara Araştırma Merkezi

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği

### **Özet**

Hidroelektrik santraller (HES), dünyadaki en yüksek kurulu güce sahip yenilenebilir enerji santralleridir. Bu santrallerde çalışan kontrol sistemleri sistemin istenilen çalışma noktasında çalışmasını sağlarken, herhangi bir arıza durumunda ilgili ünitenin güvenli bir şekilde durdurulmasından da sorumludur. Bu kontrol sistemlerinden durdurma gerektiren sinyalleri kaçırmaması beklenirken, diğer yandan gereksiz duruşlara neden olmaması da istenmektedir. SCADA altyapısına sahip modern sistemler de dahil olmak üzere geleneksel kontrol sistemlerinde, uyarı oluşturmak için alarm koşulları veya ilgili birimi otomatik olarak hizmet dışı bırakmak için açma/trip koşulları, farklı çalışma koşullarından bağımsız olarak genellikle önceden tanımlanmış limitlerle oluşturulur. Bu yaklaşım, alarm/trip koşullarının, yakın gelecekte ciddi arıza senaryolarıyla sonuçlanabilecek küçük değişiklikleri algılama olasılığının azalmasına neden olur. Bu çalışmada önerilen yöntemlerle bir HES'in hidrolik regülatörünün yağ sirkülasyonunun rutin davranışı, SCADA sisteminden elde edilen geçmiş veriler kullanılarak makine öğrenmesi yöntemleriyle modellenmektedir. Oluşturulan model ve kontrol sisteminden yakın zamanda toplanan veriler kullanılarak hidrolik akümülatörlerin yağ basıncı tahmin edilecektir. Bu tahminin SCADA sistemi tarafından anlık olarak yapılan ve kaydedilen ölçümlerle karşılaştırılması, arızanın daha kötüye gitmeden öngörülmesine ve kalan kullanım ömrünün belirlenmesine yardımcı olacaktır. Model çıktıları kullanılarak bakım çalışmaları daha planlı hale getirilerek istenmeyen duruşların önüne geçilecek ve herhangi bir arıza durumunda sorun büyümeden sistem durdurulacak veya çeşitli alarmlar tetiklenecektir.

**Anahtar kelimeler:** hidroelektrik; hız regülatörü; anomali tespiti; makine öğrenme; regresyon

### **Machine Learning Based Anomaly Detection in Hydraulic Units of Governors in Hydroelectric Power Plants**

#### **Abstract**

Hydroelectric power plants (HEPPs) are renewable energy power plants with the highest installed power in the world. While the control systems operating in these power plants ensure that the system operates at the desired operating point, it is also responsible for stopping the relevant unit safely in case of any malfunction. While these control systems are expected not to miss signals that require stopping, on the other hand, it is desired not to cause unnecessary stops. In traditional control systems including modern systems with SCADA infrastructure, alarm conditions to create warnings or trip conditions to

*put relevant unit out of service automatically are usually generated with predefined limits regardless of different operating conditions. This approach results in alarm/trip conditions to be less likely to detect minimal changes which may result in serious malfunction scenarios in near future. With the methods proposed in this research, routine behavior of the oil circulation of hydraulic governor of a HEPP will be modeled with machine learning methods using historical data obtained from SCADA system. Using the created model and recently gathered data from control system, oil pressure of hydraulic accumulators will be estimated. Comparison of this estimation with the measurements made and recorded instantly by the SCADA system will help to foresee failure before becoming worse and determine remaining useful life. By using model outputs, maintenance works will be made more planned, so that undesired stops are prevented, and in case of any malfunction, the system will be stopped or several alarms are triggered before the problem grows.*

**Keywords:** hydroelectric; governor; anomaly detection; machine learning; regression

## 1- GİRİŞ

### 1.1-Genel

Hidroelektrik santrallerin dünyadaki toplam kurulu gücü 3000 GW üzerindedir. Bu HES'leri tüm yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde %40 pay ile ilk sıraya yerleştirmektedir(International Renewable Energy Agency, 2021). Temmuz 2022 itibariyle Türkiye'de akarsu tipi ve barajlı olanlar birlikte değerlendirildiğinde toplam hidroelektrik kurulu güç 31568.2 MW olarak karşımıza çıkmakta ve bu toplam kurulu gücün %31'ini oluşturmaktadır(TEİAŞ, 2022). Hidroelektrik santrallerin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen uzun faydalı kullanım ömürleri ve çok düşük işletme maliyetleri nedeniyle enerji ihtiyacının karşılanmasına en önemli yollardan biridir. Tüm bunlar bir arada değerlendirildiğinde bu tesislerin mümkün olan en yüksek verim ve emre amadelik oranlarıyla işletilip hem şebeke güvenirligine katkı sağlanması hem de düşük maliyetli üretim yapılmasının büyük önem taşıdığı görülmektedir.

Modern hidroelektrik santrallerde yer alan çeşitli ekipmanlar, sistemde dağıtık olarak yer alan çeşitli kontrol donanımları ve bunların bağlı olduğu bir SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) sistemi aracılığıyla sağlanır. Bu tesislerde çalışan kontrol sistemleri sistemin başlatılması, durdurulması ve istenen çalışma noktasında uzun süreli olarak çalışmasının sağlanması ve sistemin olağan dışı durumlara karşı gerekli durumlarda devre dışı bırakılmasından sorumludur. Kontrol sistemlerinin bir yandan olağan dışı durumları kaçırmadan sistemi durdurabilmesi beklenirken diğer yandan normal çalışma koşullarında istenmeyen duruşların önüne geçmesi beklenmektedir. Geleneksel yaklaşımla hazırlanmış bir kontrol sisteminde arızaların tespiti ön tanımlı alarm ve devre dışı bırakma koşulları ile yapılır. Bu ön tanımlı limitler belirlenirken santralin çalışma koşullarının ve çevresel etkilerin sebep olabileceği değişiklikler gözardı edilerek en zorlu çalışma koşulları düşünülerek alarm koşulları belirlenir. Bu durum riskli durumların tespitini geciktirerek arızaların büyümesine, onarım süresinin uzamasına, üretim kayıpları ve yenileme maliyetlerinin artmasına neden olur.

Çeşitli sistemlerde oluşan anomalilerin tespitinde klasik yaklaşımın zayıf yönlerini ortadan kaldırmak için sistemde yer alan donanımların davranışları modellenerek farklı çalışma koşulları altındaki normal limitleri belirlenebilir. Bu modeller fiziksel tasarımları üzerinden matematiksel olarak oluşturulabilir ancak bu ilgili alanda uzmanlık ve yoğun mühendislik çalışması gerektirir ve bu modeller eskimiş sistemlerdeki yıpranmaları ifade etmekte yetersiz kalabilir. Bu noktada güncel çalışmalar çeşitli makine öğrenimi yöntemlerini kullanımını işaret etmektedir. Bu yöntemler kullanılarak sistem olduğu şekilde modellenip bu modellerin çıktılarını belirli toleranslar dahilinde gerçek değerlerle karşılaştırılarak anomali

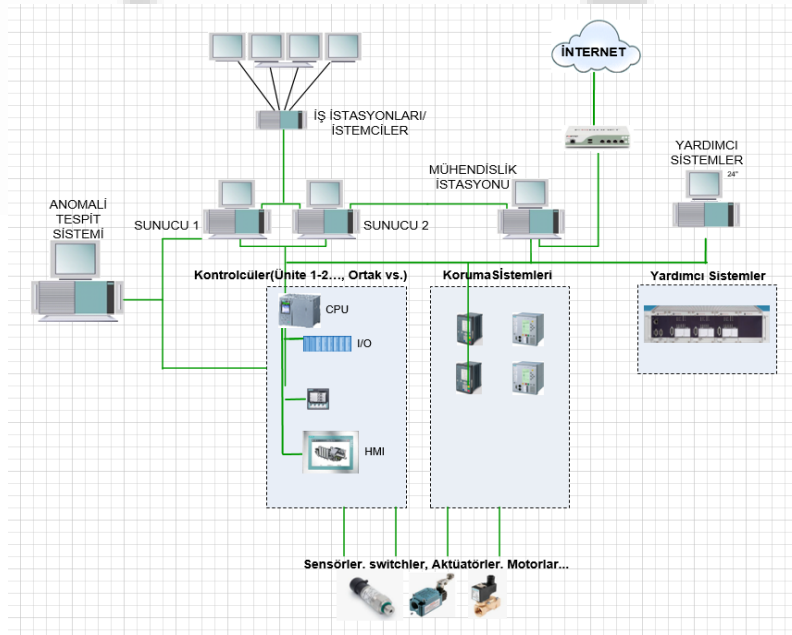
## 1.2-İlgili Literatür

Enerji santrallerinde yer alan ekipmanların durum analizi, faydalı ömür tespiti, arızaların erken algılanması gibi amaçlarla makine öğrenmesi temelli yaklaşımların kullanımı son yıllarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Norveç'te yapılan bir çalışmada HES'lerde yer alan SCADA sistemlerinde depolanan çeşitli verilerin gerçek zamanlı analizi ile destek vektör makinesi, yapay sinir ağları, çekirdek yoğunluk tahmini gibi makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak kestirimci durum görüntülemesi yapılabileceği ortaya konulmuştur(Åsnes vd., 2018). Bu çalışmada pelton tipi bir türbine ait enjektörlerin püskürtme dağılım verileri ve ayar kanatlarının sürtünme kuvvetleri başarılı şekilde modellenmiştir. Herath H. Tarafından yapılan çalışmada generatör stator sargılarında oluşan kısmı deşarj problemine yönelik fonksiyon tabanlı, olasılıksal, karar ağacı modelleri ve en yakın komşu aramaları gibi makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak bir çözüm geliştirilmiş ve arızalar %95 doğrulukla tespit edilebilmiştir(Herath vd., 2018). Welte ve Foros tarafından hazırlanan raporda hidroelektrik santrallerde arıza tespiti için kullanılacak yöntemler vakanın karmaşıklığına göre sınıflandırılmış ve gelişmiş analiz gerektiren ve veri tabanlı problemler için makine öğrenmesi ve gelişmiş istatistiksel analizler gerektiren yöntemler önerilmiştir(Welte & Foros, 2019). Rüzgar santrallerinde yaygın görülen yatak arızası problemleri için fizik tabanlı modellerin zorlayıcı olduğu öne sürülmüş ve yapılan ölçümler destek vektör makinesi yöntemi ile sınıflandırılarak arıza tespitinde kullanılabilmiştir(Sambana vd., 2022).

## 2- YÖNTEM VE UYGULAMA

### 2.1- Yöntem

Gelişen teknolojik imkanlar ile birlikte modern hidroelektrik santrallerde SCADA sistemleri yaygın olarak kullanmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin yaygın kullanımı elektriksel/mechanik sistemlerden toplanan verilerin çeşitliliğini artırmış ve depolanmasını kolaylaştırmıştır. Böylece çeşitli modelleme çalışmalarında kullanılacak verilerin toplanmasına uygun zemin hazırlamıştır. **Şekil 1**'de örnek olarak bir HES'te kullanılacak basitleştirilmiş sistem mimarisi verilmiştir. Şekilde de görüleceği üzere çeşitli sensör, switch gibi algılayıcı donanımlardan alınan bilgiler programlanabilir mantık denetleyicilere(PLC) taşınır. Akım, gerilim, direnç vb. şeklinde olan bu bilgiler PLC tarafından sayısal değerlere dönüştürülerek SCADA' sistemine veri olarak gönderilmeye hazırlanır. Sunucularda toplanan bu veriler belirli periyotlarla kaydedilerek depolanır ve ihtiyaç duyulduğunda geçmişe dönük olarak erişim sağlanabilir.



Şekil 1 Örnek SCADA Sistem Mimarisi

Bildiride önerilen yöntemde geçmişe dönük depolanan veriler kullanılarak hız regülatörü hidrolik akümülatörlerinin basınç eğrisi modellenip normal davranış modeli ile anomali tespitinde kullanılabilirliği ortaya konulacaktır. Normal davranış modeli yöntemi arıza tespiti için normal olarak çalıştığı bilinen sistemlerden, genellikle sistemler yeniyken alınan verilerle eğitilmiş modelleri kullanır. Bu modellerin çıktıları SCADA sisteminden alınan gerçek ölçümlerle karşılaştırılarak aradaki farkın belirlenen ölçeği aşması durumunda hata bilgisi oluşturulur(Schlechtingen vd., 2013).

### **2.1.1- Makine Öğrenmesi**

Makine öğrenimi sınırlı miktarda verinin uzman müdahalesi olmaksızın analizi ile tümevarımsal bir model oluşturulması olarak tanımlanabilir(Cui vd., 2022). Bu yöntemde geleneksel uygulamalardan farklı olarak modelleme insan eliyle yapıp veri grubu ile birlikte bilgisayar tarafından çıktılarının oluşturulması yerine bağımsız değişkenleri içeren bir veri grubunun ve bunlara bağımlı çıktının bilgisayara verilmesiyle modelin de bilgisayar tarafından oluşturulması şeklinde ilerlenir(Brownlee, 2015).

Makine öğrenmesi yöntemleri kullanılırken önce mevcut durum ve ihtiyaçlar değerlendirilir. Ardından bu ihtiyaçlara yönelik veriler toplanmaya başlanır. Veriler toplandığı haliyle kullanmaya uygun olmayabilir, bu durumda ihtiyaca göre hatalı noktaların tamamlanması, standardizasyon ve normalizasyon gibi işlemlerden geçirilmesi gerekebilir. Ardından çeşitli testlerle bu veri setine uygun yöntemin belirlenmesiyle gerekli uygulama hazırlanmış olur.

### **2.1.2- Kullanılan Yöntemler**

Bildiri kapsamında yapılan çalışmada yaygın olarak kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinden 6 tanesi denenerek sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler çok değişkenli doğrusal regresyon, karar ağacı, rastgele orman, extrem gradyan artırma, destek vektör ve çok katmanlı algılayıcı regresyonlarıdır. Bu yöntemlerin tamamı denetimli öğrenme yöntemlerinden olup bir eğitim veri setinin normal davranış örneği olarak girdi şeklinde verilmesini gerektirir. Normal davranış modele öğretildikten sonra farklı veri setleriyle geçermesi ve testleri gerçekleştirilebilmektedir.

## **2.2 Uygulama**

### **2.2.1 Programlama Platformu**

Çalışma kapsamında modellerin oluşturulması ve gerilerin düzenlenmesi için Python programlama dili tercih edilmiştir. Bu dil veri biliminde kullanılan en yaygın programlama dillerinden biridir ve açık kaynaklı olduğundan makine öğrenmesi alanında çok sayıda yararlı kütüphanenin oluşturulmasını sağlamıştır(Raschka & Mirjalili, 2021). Python dilinin 3.9 versiyonu ve bununla uyumlu çeşitli açık kaynak kodlu kütüphaneler kullanılmış olup geliştirme platformu olarak Eclipse(Eclipse Jee 2019-6) yazılımı tercih edilmiştir.

Modelleme için sklearn.linear\_model kütüphanesinde yer alan LinearRegression, sklearn.tree kütüphanesinde yer alan DecisionTreeRegressor, sklearn.ensemble kütüphanesinde yer alan RandomForestRegressor, xgboost kütüphanesinde yer alan XGBRegressor, sklearn.svm kütüphanesinde yer alan SVR ve sklearn.neural\_network kütüphanesinde yer alan MLPRegressor fonksiyonlarından faydalanılmıştır. Fonksiyonların çoğunluğunu barındıran Scikit Learn kütüphanesi çeşitli alanlarda artan istatistiksel veri analizi ihtiyacına başarılı şekilde cevap vermektedir(Pedregosa vd., 2011).

### **2.2.2 Vaka Çalışması**

Hidroelektrik santrallerde yer alan ve türbine verilen su miktarının kontrolünü sağlayan ayar kanatları adı verilen kapakçıkları yüksek basınç ve debiye sahip bir su kütesini kontrol ettiğinden bu işlemin yapılması büyük kuvvetler gerektirmektedir. Bu neden ayar kanatlarının kontrolü için hidrolik pistonlar/servomotorlar kullanılmaktadır. Vaka çalışmasının yapıldığı santralde hidrolik servomotorların ihtiyaç duyduğu yüksek basınç yağı sağlamak üzere iki adet yağ pompası bulunmakta

ve bu pompaların sürekli çalışmaması için basınçlandırılan yağ hidrolik akümülatörlerde depolanmaktadır. Akümülatör sistemi, azot tankı ve pistonlu akümülatörden oluşan ve sistemin ihtiyacı olan basınçlı yağı depolayan sistemdir. Bu sistemde azot gazı ve yağ bir tüpün içerisinde piston veya membran ile ayrılmış şekilde bulunur, basınçlı yağ ile azot gazı sıkıştırılıp sonrasında yağ kullanıldıkça tekrar genleştirilerek basınçlı yağ depolanıp sonrasında kullanılmış olur.

Sistem modellenmeden önce çeşitli parametrelerin sistem basıncı ile korelasyonu oluşturulan heatmap üzerinden değerlendirilip şu parametrelerin kullanımı uygun görülmüştür:

Bağımsız değişkenler:

- Servo fark: Servomotorlardan birinin konumunun bir saniye önceki değere göre değişimi
- Aktif Güç(Norm): Generatörün aktif güç değerinin nominal değere göre normalize edilmiş hali
- Yağ Sıcaklığı: Adi yağ tankında yer alan yağın sıcaklığı
- Yağ Seviyesi: Adi yağ tankındaki yağ miktarının yüzde olarak değeri
- Pompa Devrede Süre: Özdeş pompalardan birinin her devreye girişinde çalıştığı süre
- Pompa Devredışı Süre: Pompanın durmasından tekrar çalışmasına kadar geçen süre
- Bağımlı değişken:
- Yağ Basıncı: Akümülatörlerdeki yağın basıncı

Modeller 10529 noktadan oluşan ve başlatma, durdurma, nominal yükte çalışma gibi farklı çalışma koşullarını kapsayan bir veri seti ile eğitilmiş ve sonrasında 14341 noktadan oluşan veri seti ile test edilmiştir. Test veri seti oluşturulurken modelin gerçek çalışma koşullarında performansını değerlendirebilmek için eğitim grubundakilerden farklı zamanlarda kaydedilmiş veriler kullanılmıştır.

**Tablo 1** Basınç Tahmini Performans Parametreleri

Yöntem/Kriter	Ortalama Mutlak Hata	Ortalama Kare Hata	Ortalama Karekök Hata	R2 Notu	±%1den az hata ile tahmin	±%5den az hata ile tahmin
Doğrusal Regresyon	0.158	0.045	0.212	0.955	76.88%	100%
Karar Ağacı	0.127	0.025	0.159	0.975	88.87%	100%
Rastgele Orman Regresyonu	0.01	0.149	0.122	0.985	96.45%	100%
Ekstrem Gradyan Artırma	0.01	0.0146	0.121	0.985	96.38%	100%
Destek Vektör Regresyonu	0.231	0.093	0.305	0.907	60.97%	99.60%
Çok Katmanlı Algılayıcı	0.158	0.048	0.219	0.952	75.76%	99.96%

Modellerin performans parametreleri **Tablo 1**'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü üzere %1den az mutlak hata ile tahmin edebilme becerisine göre en başarılı model rastgele orman regresyonu ile elde edilirken destek vektör regresyonu bu vaka çalışmasında en başarısız sonuçları ortaya çıkarmıştır. Rastgele orman yönteminin çok sayıda karar ağacının çıktısını birlikte değerlendirerek ortaya koyması karar ağacı yönteminin %8 daha yüksek başarı ile çıktılarının %96.45 oranında %1'den az ve %100 oranında %5'den az hata ile tahmin etmesi ile sonuçlanmıştır. Doğrusal regresyon yönteminin, sıcaklık, basınç gibi parametrelerin değişikliklere tepki süresindeki gecikme nedeniyle doğrusal olmayan davranışlarını modellemede yetersiz kaldığı gözlemlenmiş ve bu durum performans parametrelerinin düşüklüğü ile ortaya konulmuştur.

### 3- SONUÇLAR

Vaka çalışmasında ortaya çıkan performans kriterleri değerlendirildiğinde hidroelektrik santrallerde kullanılan hidrolik sistemlerde meydana gelebilecek arızaların erken tespiti için makine öğrenimi yöntemlerinin kullanılabilmesi ortaya konulmuştur. Oluşturulan modellerin istatistik alanında yaygın olarak kullanılan ve en yüksek skorun 1 olarak kabul edildiği  $R^2$  notları değerlendirildiğinde 0.985'e varan sonuçlar elde edilmiştir. Basınç değeri tahminlerinde gerçek değerlerden mutlak olarak %1'den az hata ile tahmin oranı %96.45 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda rastgele orman regresyonu ile oluşturulan modelin ilgili sistemde anomali tespitinde kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

### REFERANSLAR

Åsnes, A., Willersrud, A., & Imsland, L. (2018). Predictive maintenance and life cycle estimation for hydro power plants with real-time analytics'. *Hydro 2018, November*.

Brownlee, J. (2015). *Basic Concepts in Machine Learning*. <https://machinelearningmastery.com/basic-concepts-in-machine-learning/>

Cui, B., Weng, Y., & Zhang, N. (2022). A feature extraction and machine learning framework for bearing fault diagnosis. *Renewable Energy, 191*, 987–997. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.061>

International Renewable Energy Agency. (2021). *Renewable Capacity Highlights* (Issue April).

Pedregosa, F., Grisel, O., Weiss, R., Passos, A., Brucher, M., Varoquax, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., & Brucher, M. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research, 12*, 2825–2830.

Raschka, S., & Mirjalili, V. (2021). Python machine learning : machine learning and deep learning with python, scikit-learn, and tensorflow 2. *International Journal of Knowledge-Based Organizations, 11*(1), 741.

Sambana, B., Appala Naidu, P., Jarabala, R., & Narayana, V. N. S. L. (2022). Performance validation of wind turbines using machine learning methodologies. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.049>

Schlechtingen, M., Santos, I. F., & Achiche, S. (2013). Wind turbine condition monitoring based on SCADA data using normal behavior models. Part 1: System description. *Applied Soft Computing Journal, 13*(1), 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.08.033>

TEİAŞ. (2022). *Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı Kurulu Güç Raporu Temmuz 2022*.

Welte, T., & Foros, J. (2019). *Monitor X - Digitalization in Hydropower*.

Presentation ID / Sunum No: 19

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-7402-9058

## Görüntü Kalitesi Metrikleri Kullanarak Yüz Tanımda Yanıltma Saldırı Tespiti

Res. Assst. Öğr. Gör. Felix O. Babalola<sup>1</sup>, Researcher Abdulhameed A. Abdulkareem<sup>1</sup>,  
Assoc. Prof. Dr. Yıldıran Bitirim<sup>1</sup>, Prof. Dr. Önsen Toygar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doğu Akdeniz Üniversitesi

<sup>1</sup>Computer Engineering Department, Faculty of Engineering, Eastern Mediterranean University,  
Famagusta, North Cyprus, Mersin 10, Turkey.

\*Corresponding author: Önsen Toygar

### Özet

Günümüzde, özellikle akıllı telefon ve benzeri cihazların çoğalmasıyla yüz tanıma en yaygın kullanılan biyometri tanıma sistemlerinden biri haline gelmiştir. Ancak bu teknoloji üzerinde yeniden oluşturulan veya özel olarak üretilen sentetik örneklerle yapılan saldırılar da çok yaygınlaşmıştır. Bu da yüz tanıma için önemli bir engel oluşturmaktadır ve böylece, yüz görüntülerinin kaydı aşamasında gerçek ve sahte olanları etkili bir şekilde tespit eden yeni buluşlar gerektirmektedir. Bu çalışmada, Görüntü Kalitesi Değerlendirmesi (IQA) yöntemiyle yanıltma karşıtı bir sistem önerilmiştir. Farka dayalı hata, spektral bazlı hata ve bilgi teorisi ölçümleri gibi değişik duyarlılık ölçüm biçimlerini ifade eden yedi IQA metriği olan Ortalama Kare Hatası (MSE), Tepe Sinyal Gürültü Oranı (PSNR), Azaltılmış Referans Entropi Farkı (RRED), JPEG Kalite İndisi (JQI), Doğal Görüntü Kalite Tahmini (NIQE), Sinyal Gürültü Oranı (SNR) ve Spektral Büyüklük Hatası (SME) bu çalışmada karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin verimliliğini incelemek için BANCA yüz veri kümesi ve bu veri kümesinden basılı olarak üretilen görüntüler kullanılmıştır. Yarı Toplam Hata Oranı (HTER) metriği kullanılarak ölçülen deney sonuçları, önerilen yöntemin tanıma kayıt aşamasında sahte görüntüleri verimli bir şekilde tespit edebileceğini göstermiştir. SME ve RRED metrikleriyle en düşük hata oranları sırasıyla %5 ve %7.5 HTER olarak ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yanıltma karşıtı, Görüntü kalitesi metrikleri, Yüz tanıma

### Spoof Attack Detection in Face Recognition Using Image Quality Metrics

#### Abstract

Face recognition is one of the most commonly used form of biometric authentication today especially with the proliferation of smartphones and similar devices that armed with this capability. However, attacks on this kind of technology have also become very common; these can be in form of reconstructed samples or self-manufactured synthetic samples. This raises a significant impediment in face authentication thereby requiring new innovations that efficiently ensure the presence of real and legitimate trait in contrast to a fake one at the enrolment stage. In this study, an anti-spoofing system using Image Quality Assessment (IQA) is proposed. Seven IQA metrics namely, Mean Squared Error (MSE), Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), Reduced Reference Entropic Difference (RRED), JPEG Quality Index (JQI), Naturalness Image Quality Estimator (NIQE), Signal-to-Noise Ratio (SNR) and Spectral Magnitude Error (SME) which accounts for different forms of sensitivity measurements such as difference based error, spectral based error and information theoretic measures were compared in

*this study. BANCA face dataset was used in this study along with the print-attack images created from this dataset in order to examine the efficiency of the proposed method. Experimental results measured in Half Total Error Rate (HTER) show that this method is able to effectively detect fake traits during the enrolment stage of authentication with as low as 5% and 7.5% HTER in SME and RRED, respectively.*

**Keywords:** *Anti-spoofing, Image quality metrics, Face recognition.*

## **Introduction**

Face recognition is one of the most commonly used form of biometric authentication today especially with the proliferation of smartphones and similar devices that are armed with this capability. However, attacks on this kind of technology have also become very common; these can be in form of reconstructed samples or self-manufactured synthetic samples. This raises a significant impediment in face authentication thereby requiring new innovations that efficiently ensure the presence of real and legitimate trait in contrast to a fake one at the enrolment stage.

In this study, an anti-spoofing system using Image Quality Assessment (IQA) is proposed. The study reviewed several IQA metrics as follows:

- Mean Squared Error (MSE),
- Signal-to-Noise Ratio (SNR)
- Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR),
- Structural Similarity Index Measure (SSIM)
- Gradient Magnitude Similarity Deviation (GMSD)
- JPEG Quality Index (JQI),
- Naturalness Image Quality Estimator (NIQE)
- Spectral Magnitude Error (SME)
- Reduced Reference Entropic Difference (RRED)

The aforementioned Image Quality Assessment metrics account for different forms of sensitivity measurements such as difference based error, spectral based error and information theoretic measures.

In this study, an anti-spoofing system on face recognition using Image Quality Assessment (IQA) is proposed. The proposed system uses seven IQA metrics, namely Mean Squared Error (MSE), Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), JPEG Quality Index (JQI), Naturalness Image Quality Estimator (NIQE), Signal-to-Noise Ratio (SNR), Gradient Magnitude Similarity Deviation (GMSD) and Structural Similarity Index Measure (SSIM). The proposed system selects the best 3 IQA metrics among difference based errors, spectral based error measures and information theoretic measures and then combines the decisions of these metrics using Decision-Level Fusion to obtain the final decision of the system as genuine or fake image.

## **Literature Review**

Image Quality Assessment (IQA) is a very difficult task, yet highly important characteristic for evaluation of the image quality. Various IQA metrics have been proposed and discussed in the literature. For example, Samajdar and Quarishi [1] did a comparative analysis of Mean Square Error (MSE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), human visual system (HVS), Universal Quality Index (UQI), Structural Similarity (SSIM), Feature Similarity (FSIM), Feature Similarity for color images (FSIMc), Gradient Magnitude Similarity (GSM), and Noise Quality Measure (NQM) using images from IVC database, CSIQ database and LAR database.

Zhang et al [2] did a comparative analysis of full reference IQA metrics such as PSNR, NQM, UQI, SSIM, MS-SSIM, FSIM, among others. On the other hand, a statistical evaluation of full reference IQA metrics has earlier been carried out in another study [3]. Moreover, a comparative analysis of

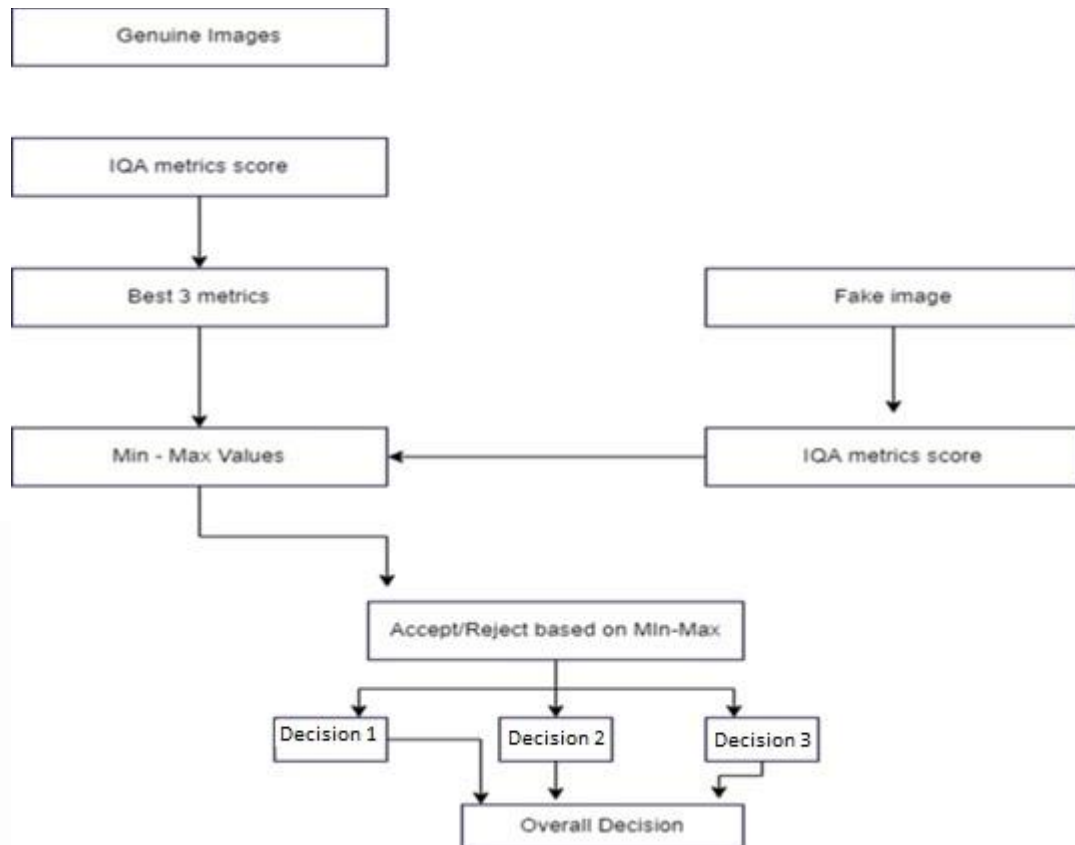
PSNR, HVS, SSIM, UIQI has also been carried out [4] while a comparison of different image enhancement techniques based upon PSNR and MSE was carried out in [5].

## Methodology

This study proposes a method for face spoof detection based on seven Image Quality Metrics. Seven IQA metrics namely, Mean Squared Error (MSE), Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), JPEG Quality Index (JQI), Naturalness Image Quality Estimator (NIQE), Signal-to-Noise Ratio (SNR), Gradient Magnitude Similarity Deviation (GMSD) and Structural Similarity Index Measure (SSIM) are briefly explained below:

- Mean Squared Error (MSE), or Mean Squared Deviation (MSD) measures the amount of error in statistical models by assessing the average squared difference between the observed and predicted values. When a model has no error, the MSE equals zero, as model error increases, its value increases. In this context, it measures the difference between corresponding pixel values in the original and fake images [6].
- Signal-to-Noise Ratio (SNR) of an image is the ratio between the original intensity value and the noise. This is calculated using the mean and standard deviation of the original image and the fake one [7].
- The term Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) is an expression for the ratio between the maximum possible value (power) of a signal and the power of distorting noise that affects the quality of its representation. Because many signals have a very wide dynamic range (ratio between the largest and smallest possible values of a changeable quantity), PSNR is usually expressed in terms of the logarithmic decibel scale [1].
- Gradient Magnitude Similarity Deviation (GMSD) uses horizontal and vertical gradients that are calculated for both the distorted image and the reference image by convolving Prewitt filter along the two directions [8].
- Structural Similarity Index Measure (SSIM) is a method for predicting the perceived quality of digital television and cinematic pictures, as well as other kinds of digital images and videos. SSIM is used for measuring the similarity between two images. Three types of similarities are computed in SSIM: luminance similarity (LS), contrast similarity (CS) and structural similarity (SS). The product of the three similarities is used to predict the image local quality at a position [9].
- Natural Image Quality Evaluator (NIQE) is a blind image quality assessment metric. It is a completely blind image quality analyzer that only makes use of measurable deviations from statistical regularities observed in natural images, without training on human-rated distorted images, and indeed without any exposure to distorted images [10].
- JPEG Quality Index (JQI) evaluates the quality in images affected by the usual block artifacts found in many compression algorithms running at low bit rates such as the JPEG.

The proposed methodology in this study is shown in Figure 1. The scores of seven IQA metrics are calculated on genuine and fake face images and then the best three IQA metrics are selected to be used. Based on Min-Max values, the decisions of 3 best metrics are taken and then these three decisions are combined to obtain the final decision of the system as genuine or fake image. For the fusion of three decisions, Majority Voting method is used.



**Figure 1:** Proposed Fake Image Identification Process

## Experiments and Results

The experiments are conducted on BANCA face database. Face images involved in BANCA database are all genuine face images. Fifty unique subjects were used from the dataset and each subject has 4 samples and one created fake image.

Fake images are created either by merging two or more photos or altering an existing image. At the enrolment stage of face recognition, a fake image might be introduced in a form of a print-image. In this study, we modelled printing as a screenshot of the image on a PC which is a more convincing fake image than a printed image. Therefore, a fake image was created for all unique individuals in the dataset used. Figure 2 shows samples of real (genuine) and fake images used in the experiments.

False Genuine Rates of seven IQA measures are calculated on the aforementioned real and fake images on BANCA dataset and the results are presented in Table 1. The results show that SNR, GMSD and SSIM achieved the lowest error rates (6%, 8% and 12%, respectively) to identify real (genuine) and fake face images. Therefore, these three quality measures are selected to be used for the rest of the process. Additionally, Decision-Level Fusion of seven IQA measures is applied and 6% False Genuine Rate is obtained which is exactly the same as the performance of SNR measure. Additionally, preliminary results measured in Half Total Error Rate (HTER) with reduced number of images from the dataset show that this method is able to effectively detect fake traits during the enrolment stage of authentication with as low as 5% and 7.5% HTER in SME and RRED, respectively. Therefore, Half Total Error Rates are calculated for the next experiments on the selected image quality measures.



**Figure 2:** Real images (a-c) versus Fake Images (d)

*Table 1. False Genuine Rates using Seven IQA Measures*

<b>IQA</b>	<b>False Genuine Rate</b>
MSE	40%
PSNR	14%
SNR	6%
SSIM	12%
GMSD	8%
JQI	34%
NIQE	22%
<b>Decision-Level Fusion</b>	<b>6%</b>

Furthermore, the experiments on the selected best 3 image quality measures are conducted on the same dataset. SNR, GMSD and SSIM are combined using Decision-Level Fusion with Majority Voting technique to identify real and fake images. Consequently, better results are achieved as shown in Table 2. False Genuine Rate, False Fake Rate and Half Total Error Rate results on 3 selected image quality measures and their fused counterpart are calculated and presented on Table 2. The lowest error rates are obtained with the fused approach (4% False Genuine Rate and and 17% Half Total Error Rate). Compared to the individual image quality measures, in general, Decision-Level Fusion of 3 best measures achieved lower error rates. Consequently, the proposed approach using the best 3 image quality measures with Decision-Level Fusion techniques achieves better results compared to the individual image quality measures. Decision-Level Fusion of seven IQA measures achieved 6% False Genuine Rate while Decision-Level Fusion of 3 best IQA measures achieved 4% False Genuine Rate which shows that the proposed approach is successful and better than using all seven IQA measures.

*Table 2. Half Total Error Rates using Three IQA Measures*

<b>IQA</b>	<b>False Genuine Rate</b>	<b>False Fake Rate</b>	<b>Half Total Error Rate (HTER)</b>
SNR	6%	55.33%	30.66%
GMSD	8%	30%	19%
SSIM	12%	24%	18%
<b>Decision-Level Fusion</b>	<b>4%</b>	30%	17%

## Conclusion

This study is performed to emulate a form of print-attack spoofing by using “screenshot” of seven image quality measures to detect fake face images. Mean Squared Error, Peak Signal-to-Noise Ratio, JPEG Quality Index, Naturalness Image Quality Estimator, Signal-to-Noise Ratio, Gradient Magnitude Similarity Deviation and Structural Similarity Index Measure are used in the experiments. Genuine (real) face images are obtained from BANCA database and 50 fake images are created in order to measure False Genuine Rates, False Fake Rates and Half Total Error Rates. SNR, GMSD and SSIM are selected and combined using Decision-Level Fusion with Majority Voting technique to identify real and fake images. The lowest error rates are obtained with the fused approach (4% False Genuine Rate and 17% Half Total Error Rate). Compared to the individual image quality measures, in general, Decision-Level Fusion of 3 best measures achieved lower error rates. As a future work, an increased number of real and fake images can be used to evaluate the image quality assessment measures.

## References

- [1]. Samajdar, T. and Quarishi, M. I., "Analysis and evaluation of image quality metrics", *Information Systems Design and Intelligent Applications*, vol. 340, pp. 369-378, 2015.
- [2]. Zhang, L., Zhang, L., Mou, X., Zhang, D., "A comprehensive evaluation of full reference image quality assessment algorithms", *19th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 1477–1480, 2012.
- [3]. Sheikh, H.R., Sabir, M.F., Bovik, A.C., "A statistical evaluation of recent full reference image quality assessment algorithms", *IEEE Trans. Image Process.* 15(11), 3440–3451, 2006.
- [4]. Al-Najjar, Y.A.Y., Soong, D.C., "Comparison of image quality assessment: PSNR, HVS, SSIM, UIQI", *Int. J. Sci. Eng. Res.*, 3(8), 1–5, 2012.
- [5]. Kaushik, P., Sharma, Y., "Comparison of different image enhancement techniques based upon PSNR & MSE". *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 7(11), 2012.
- [6]. Sara, U., Akter, M., & Uddin, M., "Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—A Comparative Study", *Journal Of Computer And Communications*, 2019, 07(03), 8-18. doi: 10.4236/jcc.2019.73002
- [7]. Siddiqi, M., & Alhwaiti, Y., "Signal-to-Noise Ratio Comparison of Several Filters against Phantom Image", *Journal Of Healthcare Engineering*, 2022, 1-11. doi: 10.1155/2022/4724342.
- [8]. Xue, W., Zhang, L., Mou, X., Bovik, A.C., "Gradient magnitude similarity deviation: an highly efficient perceptual image quality index", *IEEE Trans. Image Process.*, 2014, 1–12, <http://arxiv.org/vc/arxiv/papers/1308/1308.3052v1.pdf>.
- [9]. Madhavi B. D. & Vikram A. M., "Fake Biometric Detection using Image Quality Assessment for Enhancement of Security", *International Journal of Engineering and Techniques*, 2017, 03(1). 126-135.
- [10]. Mittal, A., Soundararajan, R., & Bovik, A. "Making a "Completely Blind" Image Quality Analyzer", *IEEE Signal Processing Letters*, 2013, 20(3), 209-212. doi:10.1109/lsp.2012.2227726
- [11]. Bailly-B., E., Bengio, S., Bimbot, F., Hamouz, M., Kittler, J., Mariethoz, J., Matas, J., Messer, K., Popovici, V., Poree, F., Ruiz, B. and Thiran, J. P., "The BANCA database and evaluation protocol", In *Audio and Video-Based Biometric Person Authentication: Proc. 4th Int. Conf., AVBPA2003*, LNCS 2688, pp 625–638, Germany, 2003.

**Presentation ID / Sunum No: 20**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0001-7402-9058

## **Cinsiyet Tanımı İçin Ses Biyometrisinin Kullanımı**

**Res. Assst. Öğr. Gör. Felix O. Babalola<sup>1</sup>, Researcher John A. Katende<sup>1</sup>,  
Assoc. Prof. Dr. Yıldıran Bitirim<sup>1</sup>, Prof. Dr. Önsen Toygar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Doğu Akdeniz Üniversitesi*

<sup>1</sup>*Computer Engineering Department, Faculty of Engineering, Eastern Mediterranean University,  
Famagusta, North Cyprus, Mersin 10, Turkey.*

*\*Corresponding author: Önsen Toygar*

### **Özet**

*Ses tanıma; insan-makine etkileşimleri, video sınıflandırması ve etiketleme, sesle kimlik doğrulama, ses arama ve telefon çağrılarında cinsiyet sınıflandırma gibi geniş bir uygulama alanına sahiptir. İnsanlar için ses sınıflandırması çok kolay olsa da makineler için aynı şey söz konusu değildir. Bu çalışmada, denetlenen bir makine öğrenimi algoritması olan Lojistik Regresyon yöntemi kullanılarak erkek ve kadın sesinden cinsiyet sınıflandırması yapılmıştır. Bu sınıflandırma için Kaggle veri kümesindeki insan konuşmaları ve ses kayıtları kullanılmıştır. Benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu yöntemde nispeten daha az hesaplama yapılan bir yapı kullanılmıştır. İnsan ses aralığı 0 Hz ile 280 Hz aralığında olduğundan, bu yaklaşımda erkek sesini kadın sesinden ayırmak için 140 Hz eşik değeri kullanılmıştır. Sistemde iki aşama mevcuttur. Birincisi, en iyi özneliklerin seçildiği ön işleme aşamasıdır. İkinci aşamada ise cinsiyet sınıflandırması için seçilen öznelikler üzerinde Lojistik Regresyon yönteminin uygulanmasıdır. Deney sonuçları önerilen yöntemin etkili bir şekilde erkek ve kadın sesini sınıflandırdığını göstermektedir. Sistemin doğruluk oranı % 96.85, Eşit Hata Oranı (EER) % 3.15, duyarlılığı ve özgüllüğü ise sırasıyla % 97.1 ve % 96.6 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, bu çalışma literatürdeki sinir ağları yaklaşımı olan Uzun Kısa-Süreli Hafıza (LSTM) yöntemi ve öğrenme yöntemi olan Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ile aynı veri kümesi üzerinde karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları, önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre benzer ve olumlu sonuçlar elde ettiğini göstermiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Cinsiyet tanımı, Lojistik Regresyon, Ses, Konuşma

### **On the Use of Voice Biometrics for Gender Recognition**

#### **Abstract**

*Voice recognition offers a wide range of applications, ranging from human-machine interaction, video categorization and tagging, voice authentication, voice search, gender categorization of phone calls, among others. Gender classification by speech is generally very easy for human; for machines, however, it is not the case. This study presents Logistic Regression method, a supervised machine learning algorithm, for male and female gender classification in humans using recorded speeches or voice notes from Kaggle voice dataset. This approach presents a relatively less computation intensive structure compared to similar studies. It uses a threshold of 140 Hz to separate male from female voices since human vocal range is from 0 Hz to 280 Hz. The system is performed in two stages; pre-processing where the best features are selected and the Logistic Regression is carried out on the chosen features for gender classification. Experimental results show that proposed system works effectively in categorizing male and female human speeches with an accuracy of 96.85 %, 3.15 % Equal Error Rate (EER) as well*

*as sensitivity and specificity which are recorded as 97.1% and 96.6%, respectively. Additionally, the study compares the experimental results with state-of-the-art methods such as the Long Short-Term Memory (LSTM) made up of neural networks compared to Logistic Regression, and Multilayer Perceptron (MLP) learning model commonly used in literature with the same dataset used in this study. The results showed that the proposed method performed favorably in comparison with these methods.*

**Keywords:** Gender recognition, Logistic Regression, Voice, Speech

## **Introduction**

In order to implement a gender-based model, gender must be defined correctly and for this study, there are only 2 genders, male or female. Gender recognition can be defined as the extraction of gender data from the speaker's speech. In general, it focuses on identifying a person from his/her voice sound characteristics. It also serves as an integral part of speaker recognition. As a key technique for multimedia data analysis, speaker recognition can be widely used in access control, transaction authentication, law enforcement, speech data management, personalization and audio monitoring, etc. [1]. One of the greatest difficulties in voice processing is classifying the speaker's gender information. Despite numerous studies concentrating on feature extraction and classifier enhancement, classification accuracy is still not where it could be. The most important aspect in determining the speaker's gender is to create robust characteristics and a good classifier. Gender recognition via voice proves to be incredibly useful in, for example, research areas involving behavioral analysis using audio features [2].

There are numerous conventional machine learning approaches to define gender from sound characteristics. A deeper LSTM (Long Short-Term Memory) network is a strong example in this field where an extra LSTM layer was added before the LSTM layer to further deepen the LSTM network. The LSTM model was created to address the issue of backflow during the back-spreading of recurrent networks. The LSTM is a form of Recurrent Neural Network (RNN) that is capable of learning long-term dependencies [3]. This approach facilitates the system and achieves a fast implementation with high accuracy rate. The other approach/classifier to be compared with and be implemented, can be regarded as a traditional machine learning approach known as Logistic Regression. Specifically, Logistic Regression is a supervised learning classification algorithm used to predict the likelihood of a target variable. In this study, since the nature of the goal or dependent variable is dichotomous, there are only two classes i.e., Male and Female.

## **Related Works**

Machine learning models and data mining techniques have been widely used for gender detection by speech in recent decades. Various indicators such as the length of the vocal folds, locomotion, and speech are used in these prediction models to determine a person's gender. More specifically, acoustic parameters such as length, intensity, and frequency collected from voice and speech signals can be employed as features to recognize the speaker's gender. In recent years, a number of investigations have been conducted, the results of which are briefly summarized below.

Maka et al. [5] utilized 630 speakers in their experiments for the gender identification problem in various acoustical situations, with 438 males and 192 females (indoor and outdoor auditory scenes). Furthermore, each sentence was blended with various types of background noise for the evaluation step. In their findings, they discovered that non-linear smoothing improves classification accuracy by 2% and raises identification accuracy to 99.4%.

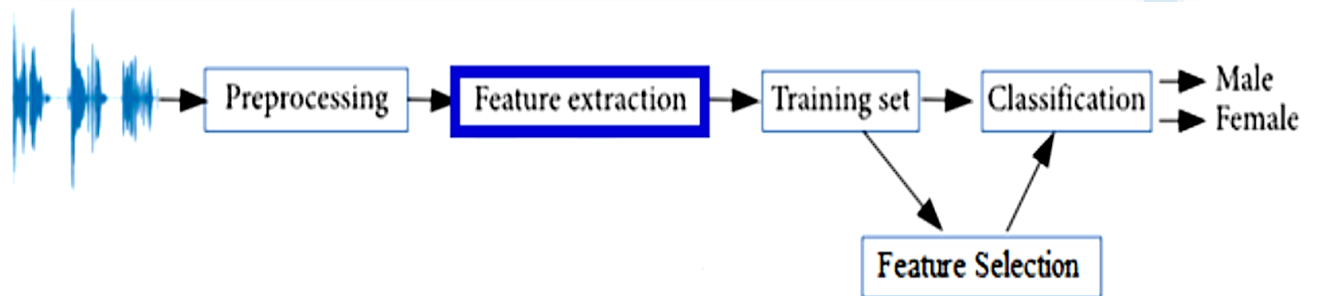
To determine the voice gender, Buyukyilmaz et al. [6] used a multilayer perceptron deep learning model based on the acoustic features of the voices and speech. 3168 recorded samples of human voices made up the dataset they used for their investigations. Their categorization model had a precision of 96.74 percent. They've also created a website that uses the algorithm to predict the gender of a speaker's voice.

Zvarevashe et al. [7] proposed a gender speech identification method based on feature selection using the random forest recursive feature reduction with gradient boosting machines (GBMs) algorithm. Acoustic characteristics were gathered from 1584 males and 1584 females in a public gender voice dataset. Without feature selection, the GBMs algorithm attained an accuracy of 97.58 percent, whereas with feature selection, it nearly reached 100%.

Support Vector Machine and a Neural Network classifier were proposed by Pahwa et al. [8]. A gender recognition system was created with samples gathered from 46 speakers in their study, and it had an accuracy of 93.5 percent.

## Methodology

Logistic Regression is a supervised learning classification algorithm used to determine the probability that an event will succeed or fail when the target or dependent variable is binary (True/False, Male/ Female, 0/1, etc.). By analyzing the relationship from a given collection of labeled data, it helps classifying data into distinct classes. From the provided dataset, it learns a linear relationship before introducing a non-linearity in the form of the Sigmoid function. In this study, the Logistic Regression model is used to predict the gender (Male/Female) of the person based on their voice features as shown in Figure 1.



**Figure 3:** Proposed Gender Recognition System

The proposed gender recognition system using voice biometrics preprocesses the voice data using several speech attributes. The attributes of the voice data on Kaggle dataset are described in Figure 2. Feature extraction is based on these attributes using feature selection process. Afterwards, Logistic Regression classification is applied in order to decide on the gender of the voice owner.

In this study, Kaggle voice dataset is used for human gender classification as male or female from voice biometric data. There are 21 attributes in this dataset that are used as the features. Kaggle voice dataset is intended to identify if a voice is male or female based on the voices' and speeches' acoustic properties. The dataset includes 3,168 recorded speech samples from both male and female speakers (1584 male and 1584 female voice samples). With an assessed frequency range of 0hz-280hz (human vocal range), the speech samples are pre-processed by acoustic analysis in R studio using the seewave and tuneR packages. The list of voice attributes in Kaggle voice dataset is shown in Figure 2.

Preprocessing the voice data is performed using the numerical and categorical columns from the voice dataset. Numerical columns are processed by applying the standard scaler and polynomial features algorithms. Categorical columns are processed by applying one-hot-encoding. Afterwards, both numerical and categorical columns are combined using the Column Transformer module. Then, the best features are selected using SelectKBest method where K is the number of top features to select which is selected as 4 in this study. All the steps are then chained using the imbalance Pipeline module. Then the experiments are conducted to classify gender based on the voice data.

- meanfreq: mean frequency (in kHz)
- sd: standard deviation of frequency
- median: median frequency (in kHz)
- Q25: first quantile (in kHz)
- Q75: third quantile (in kHz)
- IQR: interquantile range (in kHz)
- skew: skewness (see note in specprop description)
- kurt: kurtosis (see note in specprop description)
- sp.ent: spectral entropy
- sfm: spectral flatness
- mode: mode frequency
- centroid: frequency centroid (see specprop)
- peakf: peak frequency (frequency with highest energy)
- meanfun: average of fundamental frequency measured across acoustic signal
- minfun: minimum fundamental frequency measured across acoustic signal
- maxfun: maximum fundamental frequency measured across acoustic signal
- meandom: average of dominant frequency measured across acoustic signal
- mindom: minimum of dominant frequency measured across acoustic signal
- maxdom: maximum of dominant frequency measured across acoustic signal
- dfrange: range of dominant frequency measured across acoustic signal
- modindx: modulation index. Calculated as the accumulated absolute difference between adjacent measurements of fundamental frequencies divided by the frequency range
- label: male or female

**Figure 4:** Speech Attributes in Kaggle Voice Dataset

## Experimental Results

Experiments are performed on Kaggle voice dataset using several voice attributes. Logistic Regression is used for the classification process. The dataset is split to training and test sets with the ratio of 80% to 20%. The results are presented using the classification accuracy, Equal Error Rate, True Positive Rate, False Positive Rate, Specificity, Sensitivity and Geometric Mean as shown in Table 1. The results are satisfactory and encouraging for gender classification.

On the other hand, comparison of the gender classification results using the proposed approach with Logistic Regression are shown in Table 2. Several state-of-the-art gender classification methods are used for comparison based on their accuracy results. Additionally, the classifiers used in the state-of-the-art methods and the datasets used are presented in Table 2. All the recent methods presented in Table 2 achieved high accuracy for gender classification on Kaggle or private datasets using voice biometric data. Our proposed approach with Logistic Regression classifier also achieves a high accuracy of 96.9% for gender classification which is comparable to the performance of the state-of-the-art methods.

**Table 1:** Logistic Regression Classifier Performance on Gender Classification

Classification Accuracy	0.9685
Equal Error Rate	0.0315
True Positive Rate	0.9714
False Positive Rate	0.0345
Specificity	0.9655
Sensitivity	0.9714

Geometric Mean	0.9685
----------------	--------

**Table 2: Comparison with the State-of-The-Art Methods**

Study	Year Published	Classifier	Dataset Used	Accuracy (%)
Buyukyilmaz & Cibikdiken [6]	2016	Multilayer Perceptron deep learning model	Kaggle	96.8
Zvarevashe & Olugbara [7]	2018	Random Forest	Private	97.6
Pahwa & Aggarwal [8]	2015	SVM	Private	93.5
Ertam [4]	2019	Deeper LSTM	Kaggle	98.4
This study	2022	Logistic Regression	Kaggle	96.9

## Conclusions

In this study, a machine learning algorithm called Logistic Regression is used for the gender recognition by voice. Gender classification based on voice attributes from Kaggle voice dataset is performed to classify male or female voices. The voice attributes are preprocessed and features are extracted from voice biometric data. Then feature selection is performed using SelectKBest feature selection method to select the top 4 features. Logistic Regression is then applied to classify the gender as male or female based on the extracted and selected voice features. The classification is successful with 96.9% accuracy which is comparable to the performance of the state-of-the-art gender classification methods. Sensitivity and specificity values are also calculated as 97.1% and 96.6%, respectively. In addition to these performance metrics, the geometric mean performance is used and calculated as 96.9%. In the experiments, it is worth noting that the mean fundamental frequency is an indicator of voice gender, with a threshold of 140 Hz separating male from female classifications. The experimental results for gender classification based on Logistic Regression on voice biometric data are successful and encouraging. The results are also comparable with the state-of-the-art methods for gender classification on voice data. In the future, experimenting on a larger dataset will provide beneficial results as Logistic Regression analysis tends to yield reliable, robust and valid results when a larger sample size of the dataset is considered.

## References

- [1]. Chen C, Wang W, He Y, Han J., “A bilevel framework for joint optimization of session compensation and classification for speaker identification”, *Digit Signal Process A Rev J* 2019; 89:104–15.
- [2]. Black, M., Katsamanis, A., Lee, C.-C., Lammert, A.C., Baucom, B.R., Christensen, A., Georgiou, P.G., Narayanan, S.S., “Automatic classification of married couples' behavior using audio features”, *Proc. Interspeech 2010*, 2030-2033, doi: 10.21437/Interspeech.2010-574.
- [3]. Hochreiter S and Schmidhuber J., “Long Short-Term Memory”, *Neural Computing*, 1997, 9:1735–80. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>.
- [4]. Ertam, F., "An effective gender recognition approach using voice data via deeper LSTM networks", *Applied Acoustics*, 156, 2019, 351-358.
- [5]. Maka, T. and Dziurzanski, P., “An analysis of the influence of acoustical adverse conditions on speaker gender identification”, In *Proceedings of the XXII Annual Pacific Voice Conference (PVC)*, Krakow, Poland, 11–13 April 2014; pp. 1–4.
- [6]. Buyukyilmaz, M. and Cibikdiken, A.O., “Voice Gender Recognition Using Deep Learning”, *Adv. Comput. Sci. Res.*, 2016, 58, 409–411.
- [7]. Zvarevashe, K. and Olugbara, O.O., “Gender Voice Recognition Using Random Forest Recursive Feature Elimination with Gradient Boosting Machines”, In *Proceedings of the 2018 International Conference on Advances in Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*, Durban, South Africa, 6–7 August 2018; pp. 1–6.
- [8]. Pahwa A. and Aggarwal G., “Speech Feature Extraction for Gender Recognition”, *Int J Image, Graph Signal Process*, 2015, 8, pp. 17–25. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2015.09.03>.
- [9]. Kory Becker, “Gender Recognition by Voice”, 2016, available online at <https://www.kaggle.com/datasets/voicegender>

## **Çelik Lifli Betonların Karışık Mod Kırılmasında Beton Dayanımının ve Lif Oranının Kırılma Süreci Bölgesine ve Kırılma Enerjisine Ani Yükleme Altında Etkisinin İncelenmesi.**

**Araştırmacı Yousif Mahmood Fateh Alwindawi<sup>1</sup>, Prof. Dr. Abdussamet Arslan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi

\*Corresponding author: Yousif Mahmood Fateh Alwindawi

### **Özet**

Betonarme elemanların dinamik yükleme altında önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle betonarme kiriş elemanlarının ani yükleme altında davranışının incelenmesi ve bilinmesi ortaya koyulmalıdır. Bu çalışmada lifsiz, Çelik lifli takviyeli, orta dayanımlı ve iki sınıf yüksek dayanımlı kiriş betonların mod-I ve mod-II kırılması üzerine deneysel çalışma yapılmıştır. Araştırmada iki türden mikro çelik lif, silis dumanı, silis kumu, süper akışkanlaştırıcı, yüksek dayanımlı beyaz çimento ve normal portland çimentosu kullanılarak 550x140x70 mm boyutlarında kiriş numuneler üretilmiştir. Çelik lif, beton ağırlığının %0, %0.75, %1.5 ve %2.25 oranlarında kullanılmıştır. Kiriş ortasında ve kiriş merkezinden 40, 80 ve 120 mm uzaklığında bir dizi çentikler açılmıştır, çentikler kiriş yüksekliğinin üçte biri kadar (45 mm) derinlikte açılmıştır. Kirişler üç nokta eğilme test düzeneğinde ani yükleme altında test edilmiştir. Kirişlerin kırılma davranışını anlamak üzere, kirişin üç noktasına ivmeölçerler yerleştirilmiş. Oluşacak çatlak yörüngelerini takip etmek için, çentik ucundan ve ani yükleme noktası arasındaki oluşacak yörünge (1080p at 240 fps) kamara ile kaydedilmiştir. Betonun kırılma tokluğu, çatlak yörüngeleri ve kırılma enerjisi için test sonuçları edilmiştir. Lifsiz ve farklı lif oranlarına sahip beton kirişler için çatlak yörüngeleri incelenmiştir. Kırılma tokluğu değerleri, lifli betonlar için lifsiz betona göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Lifli Beton, Karışık Mod Kırılması, Kırılma Süreci Bölgesi, Kırılma Enerjisi, Çatlak Yörüngesi.

---

### **Investigation The Effect of Concrete Strength And Fiber Rates On The Shape Of The Fracture Process Zone And Fracture Energy In Mixed Mode Of Steel Fiber Concretes Under Impact Load**

#### **Abstract**

Reinforced concrete elements cause significant problems under dynamic loading. For this reason, it is necessary to examine and know the behavior of reinforced concrete beam elements under impact loading. In this study, an experimental study was conducted on mode-I and mode-II fracture of plain concrete, steel fiber reinforced concrete, normal strength (NSC) and two class of high strength (HSC) beam concretes. Beam samples of 550x140x70 mm were produced using two types of micro steel fiber, silica fume, silica sand, superplasticizer, Portland cement with high initial strength and normal portland cement. Steel fiber was used at the rates of 0%, 0.75%, 1.5% and 2.25% of the concrete weight. A series of notches were located in the middle of the beam span and at a distance of 40, 80 and 120 mm from the

beam center, the notches depth is 45 mm. Beams are tested under impact loading in a three-point bending test setup. In order to understand the fracture behavior of the beams, Accelerometers are placed at three points of the beam. To follow the crack trajectories that will occur, the trajectory between the notch tip and the impact loading point will be recorded with (1080p at 240 fps) camera. The test results for the fracture toughness, crack trajectories and fracture energy of the concrete were tested. Crack trajectories were investigated for plain and with different fiber ratio concrete. Fracture toughness values were observed to be higher for fiber reinforced concrete than for plain concrete.

**Keywords:** Steel Fiber Reinforced Concrete, Mixed Mode, Fracture Process Zone, Fracture Energy, Crack Trajectory.

## 1. Giriş

Yapısal elemanlar sismik yükler, darbeler veya patlamalar gibi dinamik etkilere maruz kaldığında, birleşik normal ve teğet gerilmeler altında çatlakların nasıl oluşabileceğini ve büyülebileceğini bilmek yapısal bütünlük için çok önemlidir. Başka bir deyişle, dinamik karma modlu kırılmanın nasıl başladığını ve yayıldığını anlamak çok önemlidir. Lifle güçlendirilmiş beton betonla karşılaştırıldığında, liflerle güçlendirilmiş beton (FRC), yüksek sünekliği ve kırılma sırasında enerjii dağıtma kapasitesinin yüksek olması nedeniyle dinamik yükler altında daha yeterlidir. Gittikçe de, FRC inşaat mühendisliği yapılarında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Ayrıca, liflerle güçlendirilmiş yüksek dayanımlı betonun (YDB) geliştirilmesi ve artan kullanımı, yeni çalışma alanları olarak ortaya çıkmaktadır. YDB'nin farklı yükleme hızlarına maruz kalan karışık moddaki kırılma davranışı çalışılması gereken konudur.

(Banthia, Mindess et al. 1989) Bu araştırmanın yazarları, bir darbeli çekiç test cihazının ayrıntılarını, enstrümantasyonunu, kalibrasyonunu ve dahili yüklemenin düzeltilmesini tanımladı. Darbe yükü numunelere basınç, çekme ve üç nokta eğilme yüklemesi olarak uygulanmıştır. Numuneler, beton karışımına göre aşağıdaki gibi beş gruptan oluşmuştur:

- 1) Normal dayanımlı beton.
- 2) Yüksek dayanımlı beton.
- 3) Normal dayanımlı polipropilen beton.
- 4) Normal dayanımlı SFRC.
- 5) Konvansiyonel takviyeli normal dayanımlı SFRC.

Bu araştırma, betonun stress oranı yüklemesine duyarlı olduğunu göstermiştir. Genel olarak, beton darbe yüklemesine maruz kaldığında statik yüklemeye göre daha fazla emme kapasitesine sonucuna varılmıştır.

(Bindiganavile 2003) ağırlık düşürme test cihazları, çeşitli çekiç kütle sistemleri, düşme yükseklikleri ve serbest bırakma mekanizması yöntemleri için tasarlanabilir. Bu çalışmanın amaçlarından biri, düşürme yüksekliğinin ve çekicinin kütlesinin betona darbe tepkisi üzerindeki etkisini incelemek için düşürme testinin parametrik bir çalışmasını uygulamaktır. Test enerjisinin araştırılması için, tüm makineler için test verilerinin karşılaştırılmasında düşme yüksekliğinin en kritik ve önemli parametre olduğu tespit edildi. Araştırmacı, darbe yükleme testleri için gelecekteki herhangi bir standardın, çekiç kütlesine değil, düşme yüksekliğine özel önem vermesi gerektiğini vurguladı.

(Zhang, Ruiz et al. 2008) beton numunelerin darbe yükü altındaki dinamik davranışlarını incelemek için özel olarak tasarlanmış darbeli çekiç test cihazlarının ana özelliklerini gösterdi. Çatlak yayılımını, kırılmayı ve yüklemeyi hızlı oranla analiz etmekte bazı zorluklar buldular. Yazarlar, numunelerin yükleme hızına duyarlılığını gösteren bazı ön testlerin sonuçlarını sundular. Sonuçlar, darbe yükü altındaki beton yapının davranışını araştırmak için darbeli çekiç test cihazının başarıyla kullanıldığını göstermiştir. Sonuçlara dayanarak, betonun darbe yükü altında statik yüklemeye göre daha yüksek dayanıma ve daha fazla enerji emme kapasitesine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Son otuz yılda, lifsiz betonda karışık modlu çatlakların başlaması ve yayılması hem deneysel hem de sayısal perspektiflerden ele alınmıştır. Yükleme koşulları yarı statikten dinamiğe kadar değişmiştir, farklı numune geometrileri de kapsamıştır. Yarı statik koşullar altında deneysel çalışma örnekleri, Iosipescu tipi testler (Iosipescu 1967), Arrea ve Ingrassia tarafından çentikli harç ve beton numuneleri üzerinde (Ingrassia and Arrea 1982), John ve Shah tarafından orta bölümden çentikli kirişler üzerinde üç noktalı eğilme testleri (John 1988), Bazant ve Pfeiffer tarafından çift çentikli prizmatik kirişler (Bazant and Pfeiffer 1986), Galvez ve diğerleri tarafından orantısız yükleme altında üç ve dört nokta eğilme testleri (Gálvez, Elices et al. 1998), Konvansiyonel çelik donatılarla güçlendirilmiş betonda karışık modlu kırılma yayılımı üzerine çalışma Carmona ve diğerleri tarafından yapılmıştır (Carmona, Ruiz et al. 2007). Üç farklı boyutta ve çeşitli enine ve boyuna donatılarla güçlendirilmiş çentikli prizmatik kirişler üzerinde kapsamlı bir deneysel çalışma yürüttüler. Karışık modlu çatlakların oluşumunu sağlamak için çentik merkezden mesnetlerin birine doğru ilerlemeli. Donatıların mevcudiyeti ve miktarının, çentik ucundan kaynaklanan karışık modlu çatlak durdurabileceği veya değiştirebileceği gözlemlenmiştir. Liflerin benzer etki yaptığını beklenir ancak literatürde araştırılmamıştır.

Bununla birlikte, beton hasara ve kırılmaya maruz kalan bir malzeme olduğundan yükleme hızı, betonun dayanımı, kırılma modunu ve nihai çatlak modellerini etkiler (Ozbolt and Sharma 2012, Ozbolt, Bošnjak et al. 2013). Lifsiz betonda dinamik karışık modlu kırılma örnekleri, modifiye edilmiş bir Charpy sarkacı (Jenq and Shah 1988) veya bir ağırlık düşürme cihazı (Guo, Kobayashi et al. 1995) ile gerçekleştirilmiştir.

Lifler eklendiğinde, liflerin gelişmiş çatlaklar için çekilme kapasitesi (Naaman and Gopalaratnam 1983, Banthia, Bindiganavile et al. 2003) çekme mekanizması yoluyla malzeme tokluğunu artırır. Bu arada, dinamik kırılma daha karmaşık hale gelir. FRC'nin mod I'deki dinamik kırılması Zhang tarafından incelenmiştir (Zhang, Abd Elazim et al. 2014, Zhang, Ruiz et al. 2015). Lif takviyeli betonda dinamik karışık modlu kırılma üzerine ilk çalışma, Arslan (Arslan 1995) tarafından bir ağırlık düşürme kulesi kullanarak çentikli kompakt numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, dört farklı çentik uzaklığında prizmatik kirişlerde karışık modlu kırılmanın başlamasını ve yayılmasını analiz etmek için deneysel çalışma yapılmıştır. Kirişler çelik liflerle güçlendirilmiş yüksek dayanımlı beyaz çimento ve normal portland çimentosu ile yapılmıştır. Çelik lif, beton ağırlığının %0, %0.75, %1.5 ve %2.25 oranlarında kullanılmıştır.

## 2. Deneysel çalışma

Deneysel çalışma kapsamında kullanılan malzemelerin özellikleri, hazırlanan karışımlar ve uygulanan deney yöntemleri aşağıda sunulmuştur.

### 2.1. Bileşen malzemeler

Bu çalışmada normal ve yüksek dayanımlı beton üretilmiştir, yüksek dayanımlı beton tasarımlarında su/ çimento oranı düşük tutulmuştur. Çimento ile birlikte ince agrega, süperakışkanlaştırıcı ve puzolan malzeme kullanarak beton karışımları hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılan çimento ÇİMSA fabrikasının “Çimsa Süper Beyaz - CEM I 52,5 R Beyaz Portland Çimentosu” kullanılmıştır. Bu çimentoya ait fiziksel özellikler Çizelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1** CEM I 32,5 çimentosunun özellikleri

Priz Başlama Süresi	≥ 75 dakika
Genleşme	≤ %10 mm
2 Günlük Dayanım	≥ 10,0 Mpa
28 Günlük Dayanım	≥ 32,5 N/mm <sup>2</sup> ≤ 52,5 N/mm <sup>2</sup>
Özgül Yüzey (Blaine)	4900-5500 cm <sup>2</sup> /g

**Çizelge 2.2** CEM I 52,5 R çimentosunun özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellikler		Çimsa Değerleri	EN 197-1 Limitleri	
			Min.	Maks
Özgül Ağırlık	gr/cm <sup>3</sup>	3,06	-	-
Özgül Yüzey (Blaine)	cm <sup>2</sup> /gr	4600	-	-
Beyazlık (CIE sistemine göre, Y değeri)	%	85,5	85,0	-
Priz Başlangıcı	dakika	100	45,0	-
Priz Sonu	dakika	130	-	-
Su	%	30,0	-	-
Hacim Sabitliği (Le Chatelier)	mm	1,0	-	10,0
0,045 mm Elekte Kalıntı	%	1,0	-	-
0,090 mm Elekte Kalıntı	%	0,1	-	-
2 Günlük Basınç Dayanımı	mpa	37,0	30,0	-
7 Günlük Basınç Dayanımı	mpa	50,0	-	-
28 Günlük Basınç Dayanımı	mpa	60	52,5	-

Agrega olarak; Deneyimizde silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) ve demir oksit (FeO) oranları yüksek olan AFS 45-50 kodlu maksimum dane çapı 1 mm olan silis kumu kullanılmıştır. Malzemeye ait elek analizi sonucu Çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.3** Silis Kumun elek analizi sonuçları

Elek Boyutu (mikron)	Kabul Aralığı %	Analiz Sonucu %
710	0-1	0,2
500-710	1-10	4,0
355-500	15-30	19,6
250-355	25-45	42,7
180-250	15-40	28,4
125-180	0-6	4,3
90-125	0-1	0,3
63-90	0-0,3	0,1
0-63	0	0,0
ASF	45-50	48,3 AFS
KIL	Max:0,25	0,20

Çalışmamızda da gri renkli amorf yapıda silis dumanı kullanılmıştır. Özellikle dayanım ve durabilitenin önemli olduğu yüksek performanslı betonlarda silis dumanlı betonlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Agreganın granülometrisi özellikle betonun matris yapısının daha sıkı olması ve dış etkilere karşı daha korunaklı daha yoğun yapı bir beton elde etmemizi sağlamıştır. Silis Dumanına ait bilgiler Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.4 Silis Dumanın teknik özellikleri**

Analizler	Deney Metodu İKSA	Analiz Sonuçları	Test Metodu	Standard Değerleri
Çözünürlük	İksa Lab (TA-87)	Suda Çözünmez	Gözde	Suda Çözünmez
Bağıl yoğunluk	İksa Lab (TA-12)	2.08 (gr/cm <sup>3</sup> )	ASTM C1240-12	2.0-2.2 (gr/cm <sup>3</sup> )
Renk	İksa Lab	Gri-Açık Gri Toz	Gözle	Gri-Açık Gri Toz
Nem içeriği	İksa Lab (TA-4/15)	2.01%	ASTM C1240-11	En fazla %3
Yağın yoğunluk	İksa Lab (TA-82)	247(kg/m <sup>3</sup> )	ASTM C1240-19	150-250 (kg/m <sup>3</sup> )
kimyasal yapı	İksa Lab	Amorf, mikron altı toz	Gözle	Amorf, mikron altı toz
SiO <sub>2</sub> (%)	İksa Lab (TA-81)	87%	ASTM C1240-10	En fazla %80
Kızdırma kaybı	İksa Lab (TA-14/15)	2%	ASTM C1240-11	En fazla %5
40µm elekte kalan	İksa Lab (TA-83)	5%	ASTM C1240-13	En fazla %10
Puzolanik aktivite indeksi (7 gün)	İksa Lab (TA-83)	108%	ASTM C1240-16	En fazla %105

Kimyasal katkı malzemesi olarak yüksek oranda su azaltıcı malzemesi kullanılmıştır. Bu akışkanlaştırıcıya ait özellikler çizelge 2.5’de verilmiştir.

**Çizelge 2.5 Süperakışkanlaştırıcının teknik özellikleri**

Tip	Polikarboksilat
Görünüm	Açık kahve renkli sıvı
Yoğunluk	1.07 ± 0,03 kg/L
pH	500± 2
Alkali İçeriği	≤%10(TS EN 480-12)

Mikro çelik lifler, çalışmamızda iki tür liften aynı oranda katarak betonun ağırlığının %0 , %0,75 , %1.5 ve %2,25 oranlarında mikro çelik lif kullanılmıştır. Çizelge 2.6’da iki lifin özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 2.6 çelik liflerin teknik özellikleri**

Lif Türü	Lif Boyu, l (mm)	Lif Çapı, d (mm)	Narinlik l/d	Çekme Dayanımı
Dramix Düz Lif	13	0,16	81,25	2600
Ucu Kancalı Lif	25	0,4	62,5	2900

## 2.2. Beton karışımları

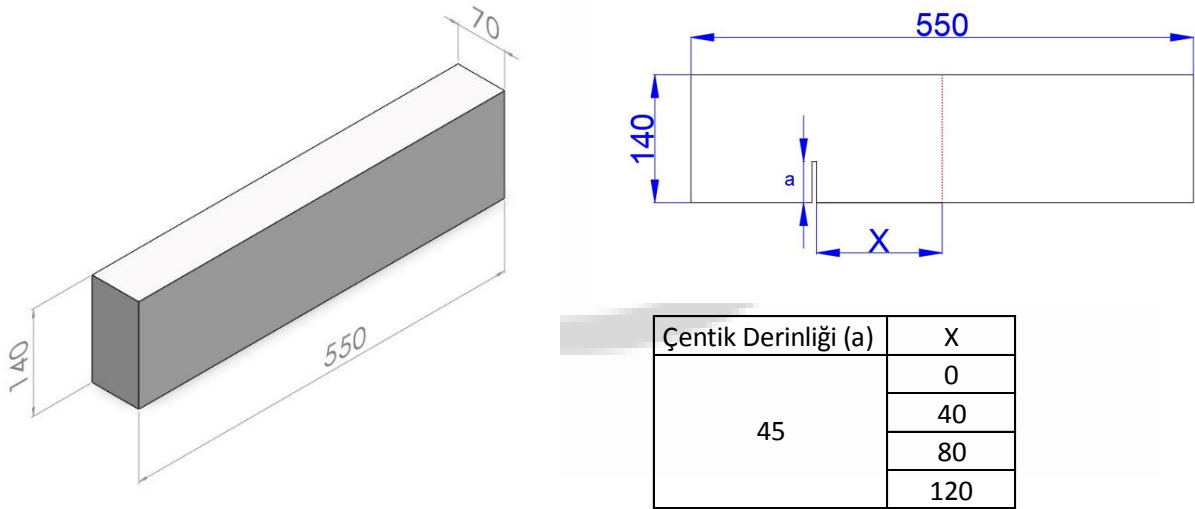
Tüm karışımların betonun dayanımı sınıfı hedef tutulmuştur. Yalın beton karışımında ve mikro çelik lif içeren karışımlarda her üç beton dayanımı sınıfı için su/çimento oranı farklı tutulmuştur. Beton karışımında kullanılan tüm malzemeler hassas dijital terazi ile gram bazında tartılarak hazırlanmıştır. Beton harcı laboratuvar koşullarında pan mikser kullanılarak karılmıştır. Karma işleminde en önce çimento ve silis dumanı ve suyun yarısını ekleyerek mikserde yaklaşık 3 dakika kadar karıştırılmıştır. Daha sonra süperakışkanlaştırıcı ve suyun geri kalanını ilave ettikten sonra silis kumu eklenmiştir. İyice homojenize olan karışıma lifler eklendi ve lifler karışımında yayılana kadar karıştırmaya devam edildi. Toplamda her karışım süresi 13-14 dakika arasında sürdü ve tüm karışımları elde etmek için laboratuvar ortamında 12 defa farklı beton döküldü. Karışımlara ait detayları çizelge 2.7’de verilmiştir.

**Çizelge 2.7** karışım oranların detayı

Karışım malzemesi (kg/m <sup>3</sup> )	Çimento	Akışkanlaştırıcı (hyperplasticizer)	Su	Silis kumu	Silis dumanı	Toplam (kg)	Su / Çim	Akış/Çim
C40	700	6	280	1350	0	2336	0.40	0.01
C80	820	30	210	1240	60	2360	0.26	0.04
C120	850	45	180	1180	110	2365	0.21	0.05

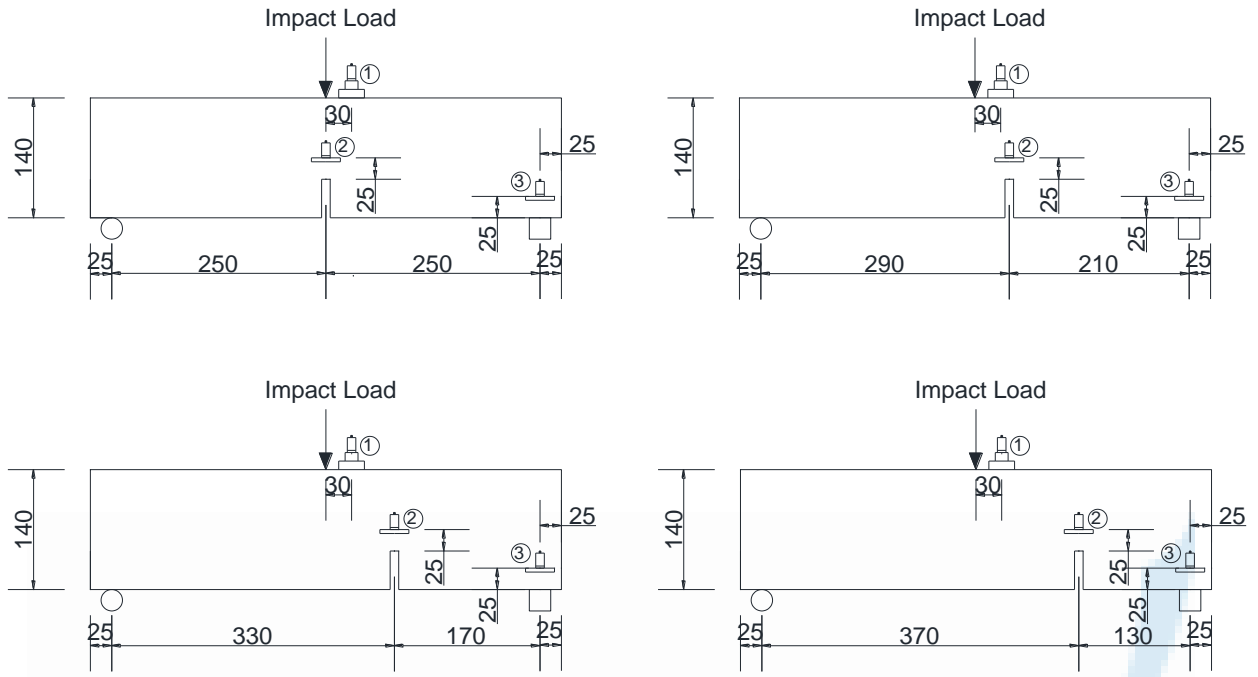
### 2.3. Deney tekniği

Çalışma kapsamında, farklı lif oranlarında üretilen, 3 farklı beton basınç dayanımına ve dört farklı çentik uzaklığına sahip çentikli kirişler sabit ağırlık düşürme test düzeneği kullanılarak test edilmiştir. Tüm deney elemanlarına 5.54 kg ağırlığındaki çekiç 500 mm yükseklikten düşülerek ( $5.54 \times 0.5 \times 9.81$ ) 27.1737 Joule düzeyinde sabit enerjili ani dinamik çarpma yüklemesi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen değişkenler beton basınç dayanımı (40, 80, 120 MPa), beton kirişde konumlandırılan çentiğin kiriş orta noktasına olan mesafesi (0, 40, 80, 120 mm) ve beton karışımında kullanılan fiber yüzdesi (0, 0.75, 1.5, 2.25) olarak belirlenmiştir. Çalışmada toplam  $3 \times 4 \times 4 = 48$  deney elemanı üretilmiş ve test edilmiştir. Deney elemanlarında açılan tüm çentiklerin derinliği  $a=45$  mm olacak şekilde üretilmiştir. Karışımların kodlanmasında (C40.0,75.40) örneğinde; C40 betonun dayanım sınıfını, 0,75 betonun ağırlığının yüzdesi kadar çelik lif oranı ve 40 kirişin ortasından olan çentik uzaklığını temsil ediyor. Deney elemanlarının geometrik boyuları ve çentiklerin açılış şekli Şekil 2.1’de verilmiştir.



**Şekil 2.1.** Numune geometrisi ve açılan çentikler

Test elemanlarına uygulanan ani dinamik darbe yüklemesinin etkisi ile test elemanları üzerinde üç konumdan ivme-zaman süresi değişimi ve darbenin üzerine etki ettiği çelik sabit ağırlıklı çekiç üzerindeki dinamik yük hücresi ile çarpma yüklemesi-zaman değişimleri ölçülmüştür. Çarpma noktasına 30 mm uzaklıkta kiriş üst yüzeyinden, kirişte yapılan çentiğin uç noktasından 25 mm yukarıda ve kirişlerin çentiğin yaklaştığı tarafta yer alan mesnetinin üzerinden olmak üzere 3 farklı konumdan ivme ölçümleri alınmıştır. Deney elemanlarının her birinden 3 noktadan ivme-zaman ve kiriş orta noktasına uygulana çarpma yüklemesinin zamana göre değişimi olmak üzere toplamda dört adet ölçüm alınmıştır. İvme ölçerlerin konumlanma şekli şekil 2.2’de özetlenerek verilmiştir.

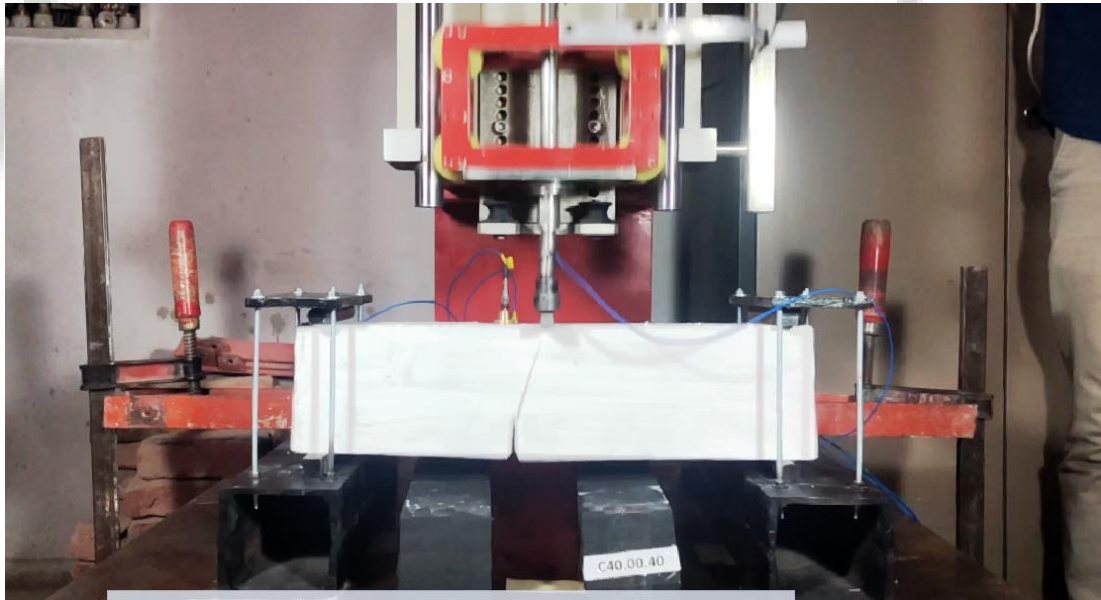


Şekil 2.2. İvme ölçerlerin detayı

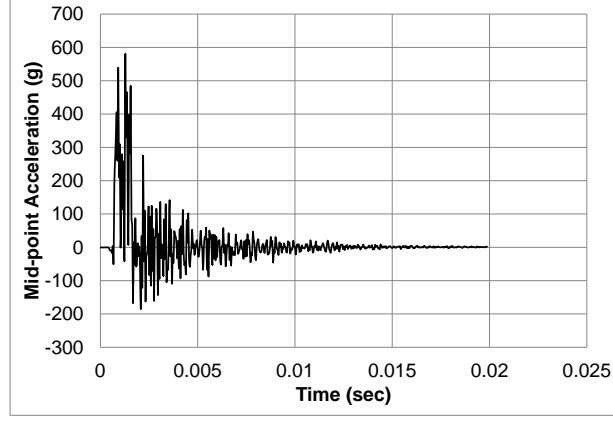
### 3. Deneyler ve sonuçları

#### 3.1 C40.00.40 Deney Elemanı

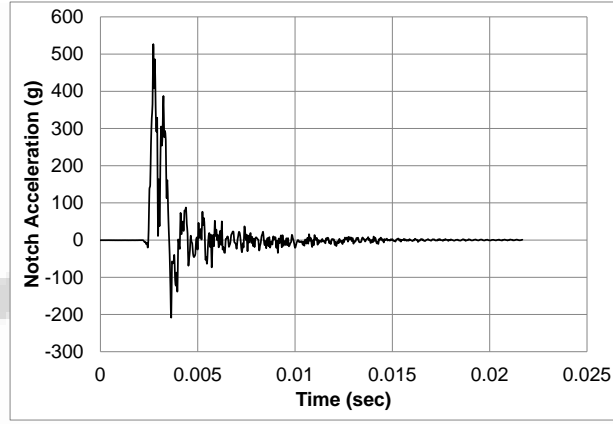
Çentiği kiriş açıklığının 40 mm uzaklıkta olan ve basınç dayanımı C40 olarak hedeflenerek üretilen çelik lif oranı sıfırdır. Deney sonucunda oluşan kırılma şekli, ivme-zaman grafikleri ve ani yükleme sonucunda oluşan ani yükleme-zaman değişimi grafikleri aşağıda sunulmuştur.



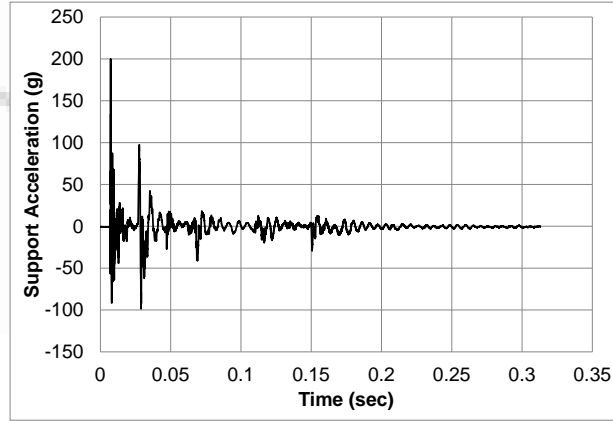
Şekil 3.1. C40.00.40 deney elemanı çatlak şekli



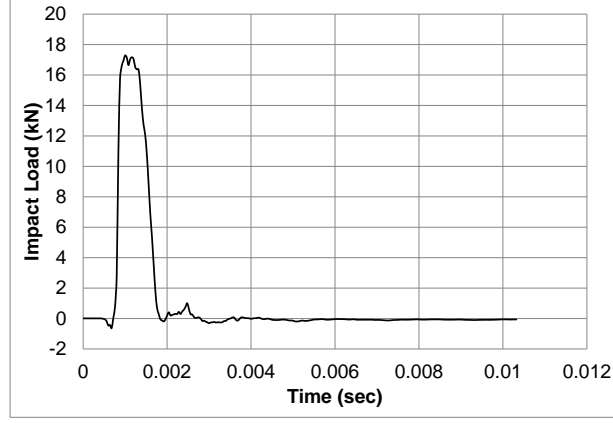
Şekil 3.2. C40.00.40 deney elemanı orta nokta ivme-zaman grafiği



Şekil 3.3. C40.00.40 deney elemanı çektik ucu ivme-zaman grafiği



Şekil 3.4. C40.00.40 deney elemanı mesnet üstü ivme-zaman grafiği



Şekil 3.5. C40.00.40 deney elemanı çarpma yüklemesi -zaman grafiği

Deneyel çalışma sonucunda elde edilen 8 deney elemanın sonuçları çizelge 3.1’de özetlenerek verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deney sonuçları

Spec. #	Beam Mid-point Acceleration (g)		Beam Notch Acceleration (g)		Beam Support Acceleration (g)		Impact Load (kN)
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	
C40.00.00	519.73	-439.52	494.29	-149.68	277.48	-111.85	17.48
C40.00.40	578.77	-185.51	526.85	-208.55	200.05	-98.6	17.29
C40.00.80	621.91	-224.99	553.12	-231.15	155.32	-154.25	17.23
C40.00.120	687.29	-536.74	611.55	-176.63	109.37	-63.44	17.49
C40.0,75.00	572.35	-324.23	512.11	-175.43	215.75	-162.79	17.31
C40.0,75.40	642.1	-362.06	550.54	-240.37	157.6	-98.94	17.48
C40.0,75.80	696.09	-287.05	574.76	-427.59	122	-60.06	17.5
C40.0,75.120	800.1	-535.45	651.85	-239.9	86.82	-53.9	17.52

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında çentik konumu, beton basınç dayanımı ve beton karışımına eklenen lif oranı değişim gösteren çentikli beton kirişlerin ani dinamik çarpma yüklemesi etkisi altındaki davranışları deneyel olarak incelenmiştir. Sabit enerji düzeyli çarpma yüklemesi etkisi altında deney elemanları test edilerek aynı düzeyde enerji ile uygulana çarpma yüklemesinin lif oranı ve basınç dayanımı değişen çentikli beton kirişler tarafından nasıl absorbe edildiği araştırılmıştır. Bu konuda yorum yapılabilmesi için çentikli beton kirişler üzerinde 3 farklı konumda ivme-zaman ölçümleri alınmış ve kirişlerin sabit enerji düzeyli çarpma yüklemesi etkisi altında ivme değişimleri incelenmiştir. Deneyel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

- Beton kiriş deney elemanlarının beton karışımında kullanılan lif oranı artış gösterdikçe deney elemanlarından ölçülen maksimum ivme değerleri artış göstermiş ve ayrıca deney elemanları tarafından yutulan enerji miktarı da artmıştır.
- Beton kiriş deney elemanlarında konumlandırılan çatlak kiriş orta noktasından mesnetlerden birine doğru kaydırıldıkça deney elemanlarından ölçülen maksimum ivme değerleri artış göstermiştir. Ayrıca beton kirişlerdeki çentiğin kiriş orta noktasından mesafisi arttıkça meydana

gelen çatlak uzunluğu da artmış ve dolayısıyla kirişler tarafından absorbe edilen enerji düzeyi de artış göstermiştir.

- Beton kirişlerin üretiminde kullanılan betonun basınç dayanımı artış gösterdiğinde kirişlerden ölçülen maksimum ivme değerleri artış göstermiş ve aynı zamanda kirişler tarafından yutulan enerji miktarı da artmıştır.

## KAYNAKLAR

Arslan, A. (1995). "Mixed-mode fracture performance of fibre reinforced concrete under impact loading." Materials and structures **28**(8): 473-478.

Banthia, N., et al. (2003). "Impact resistance of fiber reinforced concrete: A progress report." Proc., High Performance Fiber Reinforced Concrete **4**: 117-131.

Banthia, N., et al. (1989). "Impact testing of concrete using a drop-weight impact machine." Experimental mechanics **29**(1): 63-69.

Bazant, Z. and P. Pfeiffer (1986). "Shear fracture tests of concrete." Materials and structures **19**(2): 111-121.

Bindiganavile, V. S. (2003). DYNAMIC FRACTURE TOUGHNESS OF, UNIVERSITY OF BRITISH (COLUMBIA).

Carmona, J. R., et al. (2007). "Mixed-mode crack propagation through reinforced concrete." Engineering Fracture Mechanics **74**(17): 2788-2809.

Gálvez, J., et al. (1998). "Mixed mode fracture of concrete under proportional and nonproportional loading." International Journal of Fracture **94**(3): 267-284.

Guo, Z., et al. (1995). "Dynamic mixed mode fracture of concrete." International Journal of Solids and Structures **32**(17-18): 2591-2607.

Ingraffea, A. and M. Arrea (1982). "Mixed-mode crack propagation in mortar and concrete." Dept. of Structural Engineering, Cornell University, USA.

Iosipescu, N. (1967). "New accurate procedure for single shear testing of metals." J Mater **2**: 537-566.

Jenq, Y. and S. Shah (1988). "Mixed-mode fracture of concrete." International Journal of Fracture **38**(2): 123-142.

John, R. (1988). Mixed mode fracture of concrete subjected to impact loading, Northwestern University.

Naaman, A. E. and V. Gopalaratnam (1983). "Impact properties of steel fibre reinforced concrete in bending." International journal of cement composites and lightweight concrete **5**(4): 225-233.

Ožbolt, J., et al. (2013). "Dynamic fracture of concrete compact tension specimen: Experimental and numerical study." International Journal of Solids and Structures **50**(25-26): 4270-4278.

Ožbolt, J. and A. Sharma (2012). "Numerical simulation of dynamic fracture of concrete through uniaxial tension and L-specimen." Engineering Fracture Mechanics **85**: 88-102.

Zhang, X., et al. (2014). "Fracture behaviour of steel fibre-reinforced concrete at a wide range of loading rates." International Journal of Impact Engineering **71**: 89-96.

Zhang, X., et al. (2015). "Loading rate effect on crack velocities in steel fiber-reinforced concrete." International Journal of Impact Engineering **76**: 60-66.

Zhang, X., et al. (2008). "A new drop weight impact machine for studying the fracture behaviour of structural concrete." WIT Trans. Built Environ **98**: 251-259.

Presentation ID / Sunum No: 22

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-8027-7365

## Mühendislik Öğrencilerinin Manuel Terapi Farkındalığı İle Fiziksel Aktivite Düzeyi, Kas İskelet Rahatsızlıkları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Araştırmacı Fatma Betül Derdiyok<sup>1</sup>, Dr. Öğretim Üyesi Kasım Serbest<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

### Özet

Çalışmanın amacı mühendislik öğrencilerinin manuel terapi (MT) hakkında bilgi düzeyini araştırmaktır. **Gereç ve Yöntem:** Çalışmaya 18- 30 yaş aralığında SUBÜ, mühendislik bölümlerinde eğitim gören lisans öğrencileri katılmıştır. Katılımcılara Manuel Terapi Farkındalık anketi, Kas İskelet Sistemi (KİS) Sağlık Sorgulama Anketi (KİSSSA) ve Kasari FİT Skor anketleri uygulanmıştır. Veriler SPSS 22.0 istatistik programı ile hesaplanmıştır. **Bulgular:** Çalışmaya yaş ortalaması 21,20 olan 77 öğrenci katılmıştır. Katılımcıların MT hakkında bilgi düzeyleri; %51,9'u (n=40) TV, sosyal medya üzerinden, %33,8'i (n=26) daha önce duymadığı ve %14,3'ü (n=11) araştırarak bilgi sahibi olduğu yönündedir. MT etkisi için; %55,8'i (n=43) diğer fizik tedavi uygulamaları ile benzer etkiye sahip, %28,6'sı (n=22) fikri yok, %14,3'ü (n=11) anlık etki, %1,3'ü (n=1) diğer tedavi yöntemlerinden daha üstün etkiye sahip olduğu şeklinde belirtmiştir. Öğrencilerin KİSSSA puanı  $11,88 \pm 0,9$  ve Kasari FİT skoru  $30,14 \pm 2,9$ 'dur. **Tartışma:** Mühendislik dalı fark etmeksizin öğrencilerin MT bilgi düzeyleri genel olmasına rağmen yeterli değildir. MT hakkında bilgi düzeyi yükseldikçe MT'ye başvuru yönünde yönelim olduğu görülmüştür. MT bilgi düzeylerinin yeterli olmamasının; genel KİS problemi yaşama oranının düşük olması, fiziksel olarak aktif yaşam tarzı ve yaş faktörü ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Farklı mühendislik dallarından daha fazla katılımcı ile yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Kas- iskelet sistemi, sosyal medya, geleneksel tamamlayıcı tıp

---

### Investigation of The Relationship Between Manual Therapy Awareness of Engineering Students And Physical Activity Level And Muscular Disorders

#### Abstract

The aim of the study is to investigate the knowledge level of engineering students about manual therapy (MT). **Materials and Methods:** The study was conducted with undergraduate students studying at SUBU, engineering branch, between the ages of 18-30. Manual Therapy Awareness questionnaire, Musculoskeletal Health Questionnaire (KISSSA) and Kasari FIT Score questionnaires were applied to the participants. The data were calculated with the SPSS 22.0 statistical program. **Results:** 77 students with an average age of 21.20 participated in the study. Participants' knowledge levels about MT; 51.9%

(n=40) stated that they had knowledge through TV and social media, 33.8% (n=26) had never heard of it before, and 14.3% (n=11) had knowledge through research. For the MT effect; 55.8% (n=43) have a similar effect with other physical therapy applications, 28.6% (n=22) have no idea, 14.3% (n=11) instant effect, 1%.3 (n=1) stated that it had a superior effect than other treatment methods. The KISSSA score of the students was  $11.88 \pm 0.9$  and the Kasari FIT score was  $30.14 \pm 2.9$ . **Discussion:** Regardless of the engineering branch, students' MT knowledge levels are general but not sufficient. As the level of knowledge about MT increased, it was observed that there was a tendency to apply to MT. Insufficient MT knowledge levels; It is thought that the low rate of general musculoskeletal disorders may be related to a physically active lifestyle and age factor. There is a need for new studies with more participants from different engineering branches.

**Keywords:** Musculoskeletal, social media, traditional complementary medicine

## 1. GİRİŞ

Kas iskelet sistemi (KİS; kemik, kas, kıkırdak, tendon ve bağ) yapılarındaki (Violante vd., 2016) biyomekanik değişiklikler kişilerde ağrı ve fonksiyon kaybına (Vialle vd., 2005:260-7) veya daha ciddi sorunlara sebep olmaktadır (Eumusc.net, 2022). Eski yıllardan beri insanlar KİS yapılarındaki ağrılara çözüm bulmak adına el ile uygulanan manipülasyon (Hakgüder ve Kokino, 2002) gibi çeşitli uygulamalara başvurmuşlardır (Ünal, 2020). Manipülasyon günümüzde manuel terapinin (MT) tekniklerinden biri olarak KİS problemlerinde uygulanmaya devam etmektedir. MT kas, kemik, eklem gibi yapılara el ile germe, çekme ve basınç uygulanması ile bu yapılarda rahatlamayı amaçlayan bir uygulamadır. MT yakın geçmişte fizyoterapistler ile birlikte daha da yaygınlaşmaya başlamıştır (Fırat, 2018). Günümüzde ise sosyal medya üzerinde MT ile ilgili tanıtımların artması ile birlikte kişilerde daha da merak uyandırmaya başlamıştır. Ancak KİS problemleri yaşayan insanların MT' ye başvurma oranları ve bu konudaki farkındalıklarının yeterli düzeyde olup olmadığı henüz bilinmemektedir. Literatüre baktığımızda İnce (2021)'nin 104 katılımcı ile yaptığı "Türk Toplumunda Manuel Terapi Farkındalığı: Kesitsel Bir Anket Çalışması ve Manuel Terapiye Genel Bir Bakış" adlı çalışmada kişilerde MT farkındalığının yeterli düzeyde bilinmediğini belirtmiştir. Bu konuda literatürde bu konuda yapılan araştırmalara İnce'nin çalışması dışında henüz rastlanmamaktadır. Çalışmamızın amacı manuel terapi farkındalığını mühendislik öğrencileri arasında karşılaştırmalı olarak incelemektir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörlüğü Etik Kurulundan onay alınmıştır (Tarih: 29.04.2022, Sayı: E-26428519-044-45890). Çalışmaya 18-30 yaş aralığında Sakarya Uygulamalı Bilimler üniversitesinde lisans eğitimi gören mühendislik bölümü öğrencileri dahil edildi. KİS ciddi yapısal veya fonksiyonel bozukluğu olanlar öğrenciler çalışmaya dahil edilmedi. Katılımcılardan yaş, cinsiyet, öğrenim görülen mühendislik dalı ve çocukluk çağını geçirdiği bölge bilgisi alındı.

### 2.1. Manuel Terapi Farkındalığı

MT farkındalığı için Buğra İnce (2021)'nin Türk toplumunda MT farkındalığını değerlendirdiği "Türk Toplumunda Manuel Terapi Farkındalığı: Kesitsel Bir Anket Çalışması ve Manuel Terapiye Genel Bir Bakış" adlı çalışmada uygulamış olduğu anket izni alınarak kullanılmıştır. On dört soruluk bu anket; yaş, cinsiyet, eğitim düzeyinin yanı sıra; MT' nin uygulanma şekli, uygulayan kişiler, hangi hastalıklarda uygulanması gerektiği ve bilgi düzeyleri ile ilgili detaylı sorular içermektedir (İnce, 2021).

### 2.2. Kas- İskelet Sistemi Sağlık Durumu

Eklem, kas tendon gibi hareket sistemine ait yapıların sağlık durumu için, Kas İskelet Sistemi Sağlık Sorgulama Anketi (KISSSA) kullanılmıştır. Anketin türkçe uyarlaması, geçerlilik ve güvenilirliği bakımından incelenmesi Akkubak tarafından yapılmıştır. Anket KİS yapılarında son iki hafta içerisinde hissedilen ağrı ve sertliğin kişilerin yaşamları üzerine etkisini ve şiddetini inceleyen sorular

çermektedir. Her soru “Hiç” (0 puan), “Hafif” (1 puan), “Orta derece” (2 puan), “Oldukça şiddetli” (3 puan), “Çok şiddetli” (4 puan) cevaplarını içermektedir. Anket 0-56 puan aralığında değer almaktadır (Akkubak, 2017).

### 2.3. Fiziksel Aktivite Düzeyi

Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyini belirlemek için Kasari FİT (sıklık-yoğunluk-süre) Skor anketi kullanılmıştır. FIT Skor İndeksi; fiziksel aktivite düzeyinin süreyi, şiddeti, frekansı olmak üzere üç ayrı kısım içerir. Bu üç değerın çarpımı ile FIT puanı elde edilir. Bu değere göre fiziksel aktivite düzeyi 0-20 arası puan fiziksel aktivite yok, 21-40 arası puan zayıf, 41-60 arası puan normal, 61-80 arası puan iyi ve 81- 100 arası puan çok iyi fiziksel aktivite düzeyi olarak tanımlanmaktadır (Kasari, 1976).

### 2.4. İstatiksel Değerlendirme

Veriler SPSS 22.0 istatistik programıyla değerlendirildi. Ölçümle belirtilen değişkenler ortalama  $\pm$  standart sapma ( $\bar{x} \pm ss$ ) değerleri, yüzdelik oranları hesaplandı. Verilerin korelasyon analizi  $p = 0,05$  anlamlılık değeriinde Pearson korelasyon analizi yöntemi ile incelendi.

## 3. BULGULAR

Çalışmaya toplam 77 öğrenci katılmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerin yaş ortalaması 21,20’dir. Çalışmaya katılan kişilerin %80,5’i (N= 62) erkek, %19,5’i (N= 15) kadın cinsiyettedir. Katılımcıların çocukluk çağını geçirdiği bölge %71,4’ü (n=55) metropol şehir merkezi, %15,6’sı (n=12) metropol şehirde ilçe- köy bölgesinde, %10’u (n=13) kırsal kesimde olduğunu belirtmiştir.

Öğrencilerde KİS rahatsızlıkları için daha önce sağlık personeli olmayan kişilere başvuran 13 (%16,9) kişi, başvurmayan 64 (%83,1) kişi bulunmaktadır. Başvuranlar kırık çıkıkçı, aile üyeleri, masöre başvurduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin %58,4’ü (n=45) Geleneksel tamamlayıcı tıbbın (GTT) etkili olduğunu, %31,2’si (n=24) fikri olmadığını, %10,4’ü (n=8) GTT’ nin etkili olmadığını düşündüğünü belirtmiştir.

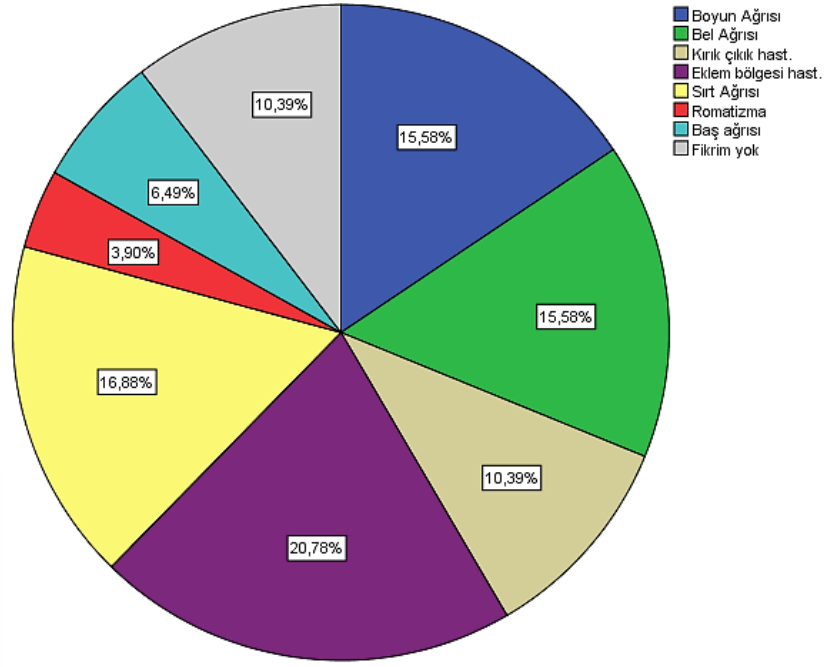
Katılımcılara MT hakkında bilgi düzeyleri sorgulandığında, %51,9’u (n=40) TV, sosyal medya üzerinden fikir sahibi olduğunu, %33,8’i (n=26) daha önce duymadığını ve %14,3’ü (n=11) araştırdığını ve bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. Anket soruları içerisinde; MT’ nin bilimsel dayanağı olmayan, geleneksel bir tedavi yöntemi olup olmadığı sorgulandığında, öğrencilerin %74’ü (n=57) yanlış bir kanı olduğu ve %26’sı (n=20) doğru bir kanı olduğu fikrine sahiptir. Öğrencilerin MT ile ilgili doğru olduğu düşünülen seçeneklere verilen cevaplar Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Manuel Terapi ile İlgili Doğru Olduğu Düşünülenler

Cevaplar	Sayı (N)
Halk arasında "çıtlatma, kütletme" olarak bilinen tedavi şeklidir	41
Kas, kemik ve eklemlere çeşitli hızlarda baskı, germe ve direnç uygulanması ile yapılan bir tedavi şeklidir.	52
Tamamen ellerle yapılan, alet ve edavat kullanılmayan bir tedavidir.	16
Kırıkçı ve çıkıkçıların uyguladığı, tıbbi dayanağı olmayan tedavi şeklidir	14
Vücuda elektrik akımı, sıcak-soğuk ve masaj gibi fizik tedavi yöntemleri ile uygulanan bir tedavi yöntemidir.	32
Vücutta ağrılı bölgelere enjeksiyon/iğne uygulamaları ile yapılan bir tedavi şeklidir.	15
Manuel terapi tıbbi cihazlar ile birlikte uygulanırsa daha etkili olur.	30

Katılımcılara MT uygulanmasına karar veren ve uygulayan kişinin kim olması gerektiği sorgulanmış ve cevaplar Tablo-2’ de sunulmuştur. KİS için MT tedavisine başvurmak ile ilgili fikirleri sorgulandığında; katılımcıların %42,9’u (n=33) sadece doktor tavsiyesi ile başvuracağını, %41,6’sı (n=32) diğer tedavi yöntemleri işe yaramadığı sürece düşünebileceğini, %10,4’ü (n=8) MT’ nin ilk tercihi olacağını ve %5,2’si (n=4) asla başvurmayı düşünmediğini belirtmiştir. MT kullanılan hastalıklara ait cevaplar Şekil- 1 de gösterilmiştir.

Şekil 1. Manuel Terapinin Kullanıldığı Hastalıklar



Tablo 2. Manuel Terapi Karar Verici, Uygulayıcı Kişi Sorgulama

Soru	Doktor (N)	Fizyoterapist (N)	Masör (N)	Tercübeli kırık çıkıkçı (N)	Eğitim almış diğer sağlık çalışanları (N)
MT*' nin hangi hastalıklar için uygun olduğuna kim karar vermelidir?	30	40	0	4	3
MT*' yi kim uygulamalıdır?	9	53	3	2	13

\*MT: Manuel terapi

MT etkisi sorulduğunda ise %55,8'i (n=43) diğer fizik tedavi uygulamaları ile benzer etkiye sahip olduğunu, %28,6'sı (n=22) herhangi bir fikir sahibi olmadığını, %14,3'ü (n=11) sadece anlık ve şikayetlerin hızla geri döndüğü bir etkiye sahip olduğunu, %1,3'ü (n=1) diğer tedavi yöntemlerinden daha üstün etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

Öğrencilerin KİSSS puanı  $11,88 \pm 0,9$ ' dur. FİT skoru  $30,14 \pm 2,9$  değerinde olması ile fiziksel aktivite düzeylerinin "zayıf" olduğu görülmüştür.

### 3.1. Korelasyon Analizi

MT etkisi ve MT bilgi düzeyi arasında  $p=0,01$  oranında pozitif korelasyon vardır. FİT skor MT bilgi düzeyi arasında  $p=0,05$  oranında negatif korelasyon ve MT etkisi arasında  $p=0,01$  oranında negatif korelasyon olduğu görülmüştür. KİS problemleri için MT almayı düşünmek ve MT bilgi düzeyi arasında pozitif korelasyon ( $p=0,05$ ) bulunmaktadır. MT etki ve GTT etki arasında pozitif korelasyon ( $p=0,05$ ) vardır (Tablo 3).

**Tablo 3. Korelasyon Analizi**

	MT* Etki	MT Bilgi Düzeyi	FIT Skor	KİS** için MT Almak	GTT*** Etki	Mühendislik Dalı
MT* Etki	1	,327****	-,300****	-,034	,224****	,022
MT Bilgi Düzeyi	,327****	1	-,280****	,230****	,282****	-,079
FIT Skor	-,300****	-,280****	1	-,059	-,102	-,054
KİS** için MT Almak	-,034	,230****	-,059	1	,091	,052
GTT*** Etki	,224****	,282****	-,102	,091	1	,104
Mühendislik Dalı	,022	-,079	-,054	,052	,104	1

\*MT: Manuel terapi, \*\*KİS: Kas iskelet sistemi, \*\*\*GTT: Geleneksel tamamlayıcı tıp, \*\*\*\* P= 0.05 değerinde istatistiksel olarak anlamlıdır., \*\*\*\*\*P= 0.01 değerinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Mühendislik dalı ile KİS rahatsızlıkları ile aralarında korelasyon olmadığı görülmüştür. Mühendislik dalı MT bilgi düzeyi arasında korelasyon bulunmamaktadır.

#### 4. TARTIŞMA

Çalışmada mühendislik dalı gözetmeksizin öğrencilerin KİS sağlığının iyi, MT farkındalığı yeterli seviyede olmadığı görülmüştür. Öğrencilerin fiziksel olarak aktif yaşam tarzına sahip olmaları ile KİS problemlerinin azaltmakta ve MT ihtiyacını azaltmakta olduğu yönünde değerlendirilebilir. Bununla birlikte mühendislik dalına özel ayırımın detaylı değerlendirilmesi, farklı branşlardan daha fazla katılımcı dahil edilmesi ile sağlanabilir.

Öğrenciler MT hakkında yeteri kadar bilgi sahibi değildir ancak büyük bir çoğunluğun MT' nin bilimsel dayanağı olduğuna inanmaları ve birçok KİS rahatsızlığında kullanılacak bir yöntem olduğunu belirtmeleri ile genel fikir sahibi olduğunu düşünmekteyiz. İnce (2021)'nin MT farkındalığını incelediği benzer bir çalışmada, kişilerin MT' ye güven duyduğu ve MT benzeri uygulamaların arayışına girdikleri ancak katılımcılar tarafından yeteri kadar bilinmediği belirtilmiştir. Bu yayın, çalışmamızda da benzer katılımcı tutumu olması yönüyle bu durumu desteklemektedir.

Çalışmamızda anket cevapları detaylı değerlendirildiğinde, öğrencilerin büyük bir kısmının MT hakkında bilgileri televizyon ve sosyal medya üzerinden öğrenmiş olmakla birlikte MT' nin çıtlatma ve kütletme olarak bilinen bir tedavi yaklaşımı olduğu yönünde bilgi sahibi olduğu anlaşılmıştır. Bu durum öğrencilerin MT ile ilgili bilgilerinin neden yeterli olmadığını da göz önüne sermektedir. Bunun yanında GTT uygulamalarından aşına oldukları ancak katılımcıların büyük bir kısmının metropol şehir merkezinde büyümüş olduğu göz önünde bulundurulduğunda; sosyal medya üzerinden gördükleri kadan ile çıtlatma, kütletme olarak tabir ediyor olmalarını açıklıyor olabilir.

Öğrenciler içerisinde MT hakkında bilgi sahibi olan kişiler, MT' nin KİS problemlerinde etkili bir yöntem olduğunu ve herhangi bir KİS probleminde MT' yi almayı önceliklediklerini düşünmektedirler. Fırat (2018)'in balerinlerin MT hakkında bilgileri sorguladığı çalışmada, balerinlerin genelde, MT uygulanmadan önce bu tedavi yöntemine karşı ön yargılı ve güvensiz yaklaşıma sahip olduklarını ancak uygulandıktan sonra diğer fizik tedavi yöntemlerinden daha etkili olabilecek bir yöntem olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir. Bu yayında görüldüğü gibi MT' nin detaylı bilgisine ulaşıldığında, MT' ye güvenilirliğin artabileceği görülmektedir. Bu sonuç, MT' ye olan yaklaşımın sağlık profesyonellerinin yol gösterici ve bilgilendirici tutumları ile doğru ve daha yeterli düzeye ulaşabileceğini göz önüne sermektedir.

## 5. SONUÇ

Mühendislik dalı fark etmeksizin öğrencilerin MT hakkında bilgi düzeyleri yeterli düzeyde değildir. Bununla birlikte anket cevapları detaylı incelendiğinde öğrencilerin MT hakkında genel fikir sahibi olduğu değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem farklı lisans dallarında okuyan öğrencilere de uygulanarak elde edilen sonuçlar genişletilebilir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmaya katılan tüm öğrencilere teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

1. Akkubak, Y. (2017). Kas-İskelet Sistemi Sağlık Sorgulaması'nın Türkçe Uyarlaması, Geçerlik ve Güvenirlilik Çalışması (Doctoral Dissertation, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
2. Fırat, N. (2018). Omurga Sorunları Yaşayan Klasik Bale Dansçılarının Manuel Terapiye Yönelik Görüşleri (Master's Thesis, Güzel Sanatlar Enstitüsü).
3. Hakküder, A., & Kokino, S. (2002). Manual Therapy. *Balkan Medical Journal*, 2002(2).
4. İnce, B. (2021). Türk Toplumunda Manuel Terapi Farkındalığı: Kesitsel Bir Anket Çalışması ve Manuel Terapiye Genel Bir Bakış.
5. Kasari, D. (1976). The Effects Of Exercise and Fitness on Serum Lipids in College Women. Unpublished Master's Thesis University of Montana, 46.
6. The European Musculoskeletal Conditions Surveillance and Information Network (eumusc) Musculoskeletal Health in Europe Report v5.0..pdf. p.1-181erişim adresi: [http://www.eumusc.net/myuploaddata/files/Musculoskeletal Health in Europe Report v5](http://www.eumusc.net/myuploaddata/files/Musculoskeletal%20Health%20in%20Europe%20Report%20v5), Erişim Tarihi:10 Mayıs 2022.
7. Ünal, M. (2020). Manuel Terapi Yöntemi Olarak Manipülasyonun Tarihi Gelişiminde Fizyoterapistlerin Rolü . İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi , 5 (1) , 31-34 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ikcusbfd/issue/54199/>
8. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic Analysis of The Sagittal Alignment and Balance of The Spine in Asymptomatic Subjects. *JBJS*. 2005;87(2):260-7.
9. Violante, F. S., Farioli, A., Graziosi, F., Marinelli, F., Curti, S., Armstrong, T. J., ... & Bonfiglioli, R. (2016). Carpal Tunnel Syndrome and Manual Work: The Octopus Cohort, Results of A Ten-Year Longitudinal Study. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 280-290.

Presentation ID / Sunum No: 23

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6132-3888

## Farklı Uç İndisine Sahip Mermi Yapılarının Metal Plakalar Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Araştırmacı Mehmet Yüksel<sup>1</sup>, Araştırmacı Eymen Akdeniz<sup>1</sup>, Araştırmacı Ümit Çelik<sup>1</sup>, Prof. Dr. Mustafa Bozdemir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sinerji Silah ve Mühimmat

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi

### Özet

Bu çalışmada, LS-DYNA sonlu elemanlar analizi programı kullanılarak, gerçek atış testlerini yapmak zorunda kalmadan hem maliyet hem de iş gücünden tasarruf etmek amacı ile üç farklı burun tipindeki mermilerin farklı fırlatma hızlarında metalik malzemeler üzerindeki çıkış hızları ve deformasyonları incelenmiştir. Mermilerin burun yapıları farklı olsa dahi çap ve boy ölçüleri eşit tutulmuş ve bu sayede parametrik analiz konusunda yararlı bilgilere erişilmiştir. Hedef plakaları için hem alüminyum hem de çelik, mermi için ise sadece çelik malzeme kullanılmıştır. Hedef plakaların katmanlı yapısı balistik koruma için önemli olduğundan hem tek plaka halinde hem de farklı kalınlıklarda çoklu plakalar halinde tasarım yapıp, analizler sonucunda plakaların mermiler karşısında durdurma etkisi ele alınmıştır. Çelik malzemenin alüminyum malzemelere kıyasla mukavemet değerleri daha yüksek olduğu için çarpıştırma analizlerinde merminin zirhtan çıkış hızı arasında fark bulunmuştur. Katmanlı yapı kullanılarak gözlemlenen sonuçlar ışığında ise, balistik koruma değerinin kalınlık parametresi ve katman sayısı ile alakalı olduğu, farklı kombinasyonlar ile birlikte en iyi koruma seviyesinin sonuçları detayları ile birlikte tartışılmıştır. Bu çalışma ile maliyeti yüksek ve çok fazla zaman alan çarpma testlerinin, sonlu elemanlar analiz programı yardımı vasıtasıyla yapılabildiğini, doğruluk derecelerinin birbirlerine çok yakın olduğu farklı analizler ile gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Balistik, Zırh, Mermi, Sonlu Elemanlar Analizi, Simülasyon, Ls-Dyna

### *Investigation of Different Nose Type Projectiles' Effect On Metallic Plates*

### Abstract

In this study, the residual velocities and deformations of three different nose type projectiles on metallic materials at different initial velocities were investigated using LS-DYNA finite element analysis program in order to save both cost and labor without performing real fire tests. Even if the nose types of the projectiles were different, the diameter and length measurements were kept equal and thus useful information on parametric analysis was obtained. Both aluminum and steel were used for the target plates, and only steel was used for the projectile. The layered structure of the target plate, that designed as single and multi-layered, is important for ballistic protection. As a result of the analysis, the stopping effect of the plates against the projectiles was discussed. The residual velocity of projectile from ballistic plate was different, because steel material has higher strength values compared to aluminum. Ballistic protection level is related to thickness and number of layers. The best protection level has been discussed with different combinations. Consequently, it has been shown by different analyses that costly and time-

*consuming penetration tests can be performed with the help of a finite element analyses program, and their accuracy levels were very close to each other.*

**Keywords:** Ballistic, Armor, Projectile, Finite Element Analysis, Simulation, LS-DYNA

## 1.GİRİŞ

Mühendislik alanında yaşanan son gelişmeler ile birlikte analiz programları gerçek atışlı testleri bilgisayar ortamında simüle etmekte oldukça başarılıdır. Ekonomik ve zamansal durumlar göz önüne alındığında, bu durum çok daha önemli bir noktada yer almaktadır. Farklı burun tiplerinde, malzeme yapısında, geometri farklılığında ve barut gücü ile mermilerin kullanım alanı son kullanıcıya göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada ise LS-DYNA sonlu elemanlar analizi programını kullanarak, farklı burun tipindeki mermilerin, metalik malzemeler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Farklı hızlarda fırlatılan mermilerin, hem tek katmanlı hem de çift katmanlı hedef plakalarını deforme edip, tam deformasyon durumunda artık hızları veya parçalı deformasyon durumlarında ise BFS değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

100 µm çapındaki merminin 0.5 km/s ile 2 km/s arasındaki farklı hızlarda S2-Glass malzeme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada LS-DYNA sonlu elemanlar analiz programı kullanılarak, MAT\_162 malzeme modelinin girdileri tanımlanmış ve merminin penetrasyon mesafesi ile hızlarının değerleri detaylıca anlatılmıştır. Açılı ateşleme de yapılarak 30° ve 82.5° kombinasyonları kullanılmıştır (Meyer vd., 2021).

Keskin burunlu bir merminin metalik plaka üzerinde sürtünme kuvveti ile olan ilişkisinin araştırıldığı bu yayında, hem gerçek hem de analiz sonuçları birbiri ile karşılaştırılmıştır. Hedef plakası olarak 6061-T6 malzemesi 25.4 mm kalınlığında, mermi ise 24 g ağırlığında ve yüksek sertlikte T-200 çelik malzemedden seçilmiştir. Recht-Ipson modeli kullanılarak balistik limit hesaplaması yapılmış ve sürtünme etkisinin merminin son hızında 15-25 m/s farklılıklar gösterdiği kanıtlanmıştır (Rosenberg & Vayig, 2021)

7.62x39 mm merminin tekli gaz basınçlı makinesi ile fırlatılarak UHMWPE ile çelik plaka üzerindeki ilişkisinin incelenmesi ile en iyi verimin alındığı durum ortaya konulmuştur. Hedef plakalar 10, 20 ve 30 mm seçilerek çeşitli durumların balistik etkileri incelenmiştir (Kartikaya vd., 2022)

AlMg6 hedef malzemesine Ti-6Al-4V malzemesinden yapılmış merminin burun açılarında çarptırılmasıyla ince metalik plakalar üzerindeki delme gücünün etkisi araştırılmış ve burun açılarının delme kuvveti ile etkisinin önemli bir ölçüde olduğu gösterilmiştir (Stergiou vd., 2022)

16 mm kalınlığındaki Alüminyum 2024 malzemesine, farklı hızlarda dairesel oluklu çelik malzemedden yapılmış mermi fırlatıldığındaki son hızları ölçülmüştür. Sonuç olarak ise penetrasyon direncindeki dalgalanma düzensiz burun şeklinden kaynaklanır (Huang vd, 2021).

Tek malzemedden yapılan zırhlardan ziyade çoklu katman yapısı ve farklı malzemeler ile yapılarak ortaya çıkan kompozit zırhların balistik koruma seviyesinin araştırıldığı bu makalede 7.62mm zırh delici mermisinin SiC/TC4/UHMWPE kombinasyonu ile oluşan zırha çarptırılması ile SiC' in çarpma yüzünde en yüksek etkiyi verdiği ve bu 3 malzemenin kullanılmasının, sadece 2 malzeme kullanmaktan daha etkili olduğu gözlenmiştir (Xie vd., 2022)

Üçgen burun şeklinde ve dairesel mermilerin beton malzeme üzerine çarptırılmasıyla araştırma yapılan bu yayında hem gerçek test verileri hem de analiz verileri birbirleri ile karşılaştırılmış ve sonuç olarak üçgen burnundaki merminin delme açısından daha avantajlı olduğu gösterilmiştir (Dong vd., 2020)

Ø16 ve uzunluğu 40 mm olan merminin 1.25 km/s hızı ile ateşlenip katmanlar halinde olan hedef plakasına çarpması ile elde edilen merminin kütle kaybı ve hedef malzemedeki ilerleme mesafesi araştırılmış, hem test hem de simülasyon verileri ortaya konulmuştur. Sonuç olarak ise, seramik malzemenin üzerine konulan yüzey plakasının, koruma bakımından etkili olduğu anlaşılmıştır (Luo vd., 2020)

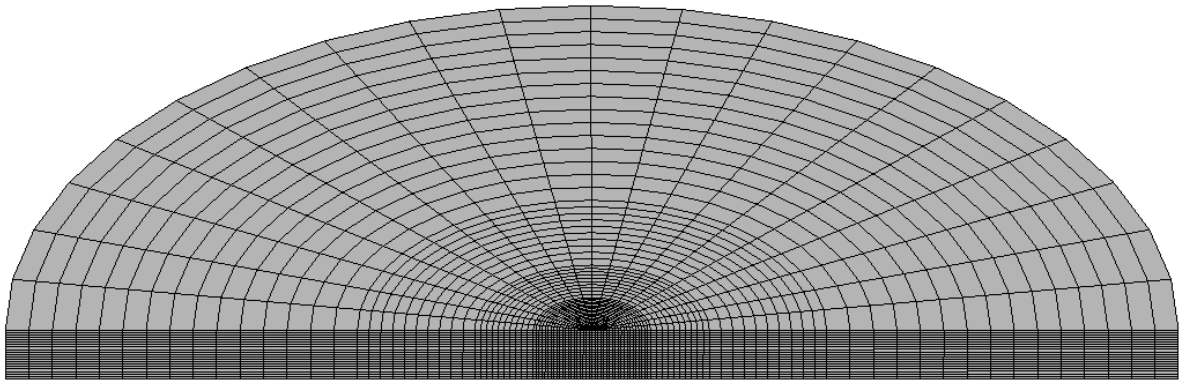
Dört farklı burun yapısındaki mermilerin sandviç panel üzerindeki artık hızlarını, balistik hız limitlerini ve enerji sönümleme değerlerinin araştırıldığı çalışmada amaç zırh yapısının merminin kinetik enerji miktarını hangi düzeyde indirdiğinin çalışması yapılmıştır (Khaire, Bhure, & Tiwari, 2020)

2 mm kalınlığında ve her bir tabakası 0.25 mm'den toplam 8 katmanlı karbon elyaf takviyeli polimer malzemeli hedef plakasına yarım küreye benzeyen mermi çarptırılarak salgı oranları araştırılmıştır. Tabaka açılarının salgı miktarlarında önemli bir etkisi olduğuna dair sonuçlar elde edilmiş olup, en yüksek salgı miktarı [0/15]<sub>2s</sub> konfigürasyonunda bulunmuştur (Ghosh & Ramajeyathilagam, 2020)

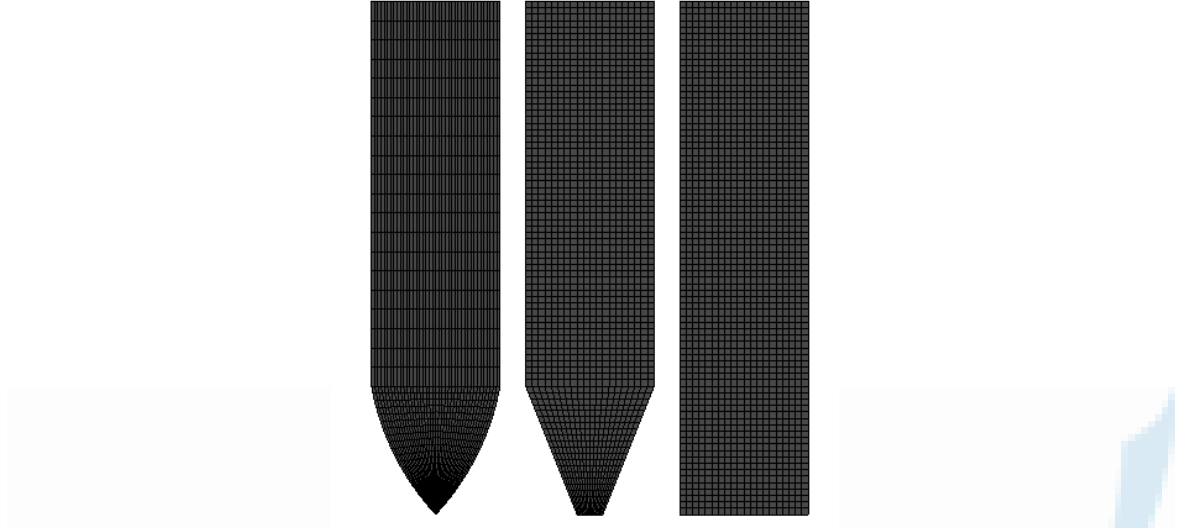
## 2.NÜMERİK MODEL VE METOT

Farklı uç indislerine sahip mermilerin metalik plakalar üzerindeki etkisinin incelenmesi sırasında LS-DYNA sonlu elemanlar analiz programı kullanılmıştır. Mermi çapları ve boyları aynı tutulmuş, bunlar sırası ile 5 mm ve 20 mm, hedef plakanın çapı ise 100 mm'dir. Hedef plakadaki deformasyonun daha iyi görülebilmesi için, mermi malzemesi olarak sertleştirilmiş çelik seçilmiştir. 500 ve 800 m/s ilk hızları ile programa girdisi yapılarak, plakadan çıkış hızlarının sonuçları elde edilmiştir. Programın daha hızlı çözebilmesi için ise, simetri modeli dâhil edilerek sınır koşulları uygun şekilde aktif edilmiştir. Merminin çarpma bölgesinde ağ sistem boyutu 0.25x0.25 mm ile sık yapıda tasarlanarak sonuçlarda yüksek hassasiyet amaçlanmıştır, hedef plakasının geri kalan kısımlarında ise sırasıyla 0.25x0.50, 0.25x1 ve 0.25x2 mm'dir. Mermi ile hedef plakaları arasındaki çarpışmayı algılaması için ise de ERODING\_SURFACE\_TO\_SURFACE modeli aktif edilmiştir. Hedef plaka için kalınlık hem 5 mm hem de 2.5+2.5 mm kullanılarak en iyi etkiyi gösterdiği durumlar incelenmiştir. Kullanılan malzemeler Al 1100-H12 (Bhure vd., 2020), RAMOR 500 (Scazzosi vd., 2021)'dir ve malzeme modelleri literatürden alınmıştır. Hedef plakasının ve mermilerin program üzerindeki görüntüleri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

Şekil 1. Hedef Plaka Önden Görünüş



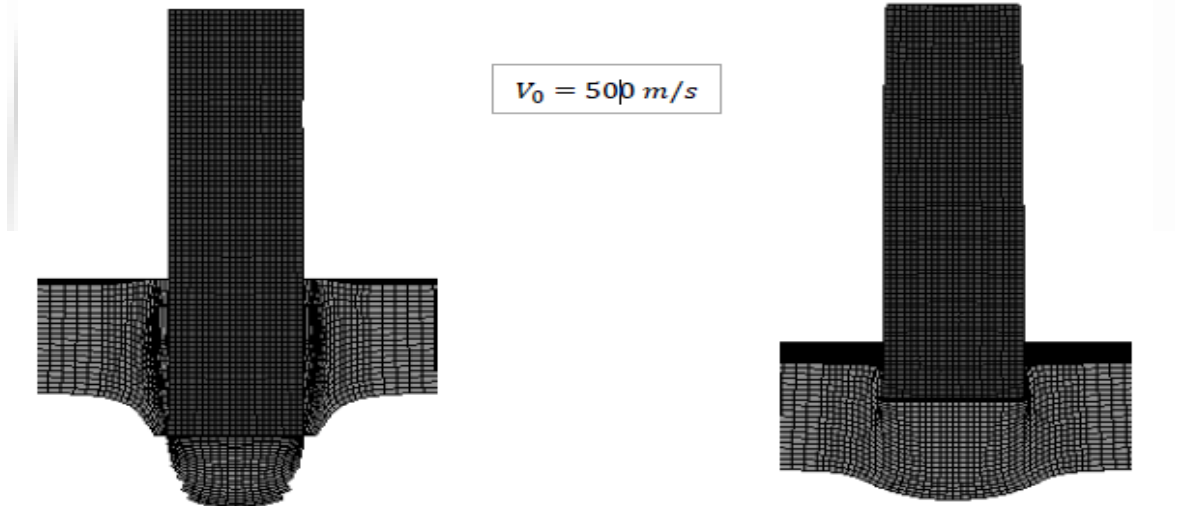
**Şekil 2.** Kullanılan Mermilerin Önden Görüntüsü



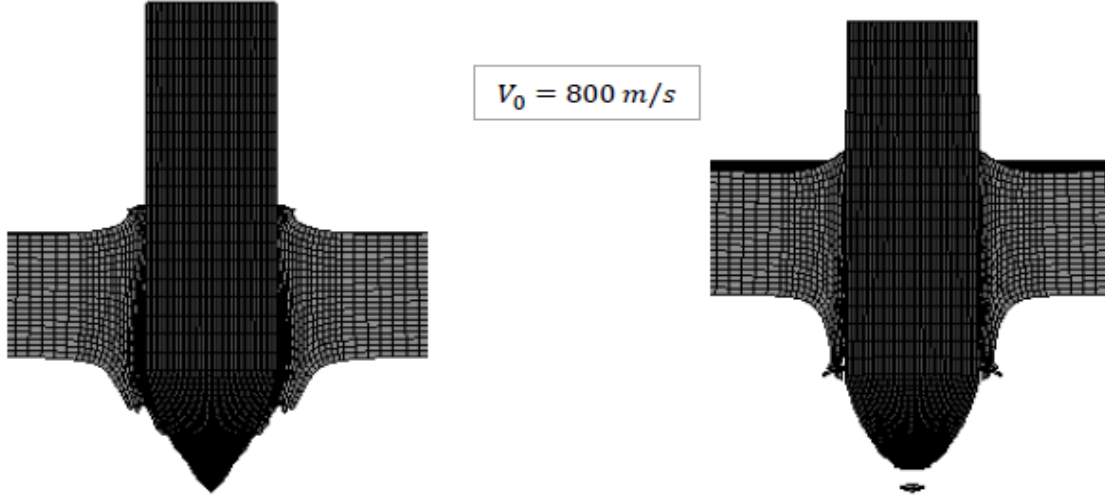
### 3. ANALİZ ÇALIŞMASI

Bu çalışmada, sonlu elemanlar analiz programı olan LS-DYNA aracılığı ile Alüminyum 1100-H12 ve RAMOR 500 malzemelerini kullanarak oluşturulan plakalara 3 farklı burun tipindeki mermilerin 500 ve 800 m/s fırlatma hızları ile çarptırılması ile oluşan etkileri incelenmiş ve analiz sonuçları detaylıca tartışılmıştır. Kullanılan hedef plakaların toplam kalınlıkları 5 mm olup, aynı kalınlıkta fakat çift katman olarak kullanılmasının avantajı veya dezavantajını da görebilmek için, 5 mm tekli ve 2.5+2.5 mm çift tabaka tasarlanmıştır. Merminin hedef plakasını delemeyişi yerlerde ise, hasarı tespit etmek için arka yüz sehiminin mermi hareket eksenindeki değerleri ele alınmıştır. Şekil 3,4 ve 5’de 5 mm kalınlığındaki tek katman Alüminyum 1100-H12 ve RAMOR 500 hedef plakasına farklı tipteki mermilerin 500 ve 800 m/s hız ile çarptırılması sonucu oluşan görüntüler verilmiştir.

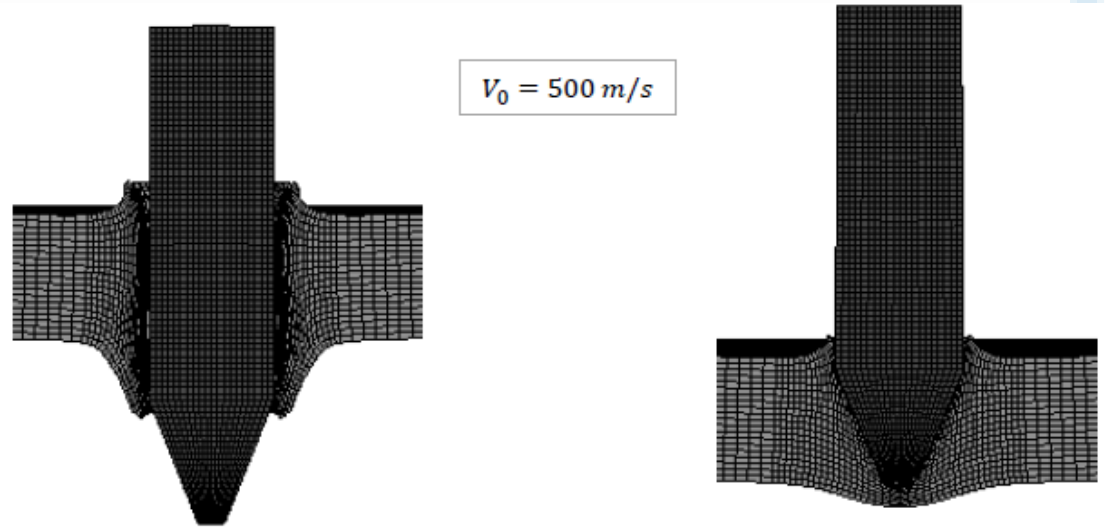
**Şekil 3.** Küt Burunlu Merminin Al 1100-H12 ve RAMOR 500 Üzerindeki Etkisi



Şekil 4. Eğrisel Açılı Merminin Al 1100-H12 ve RAMOR 500 Üzerindeki Etkisi

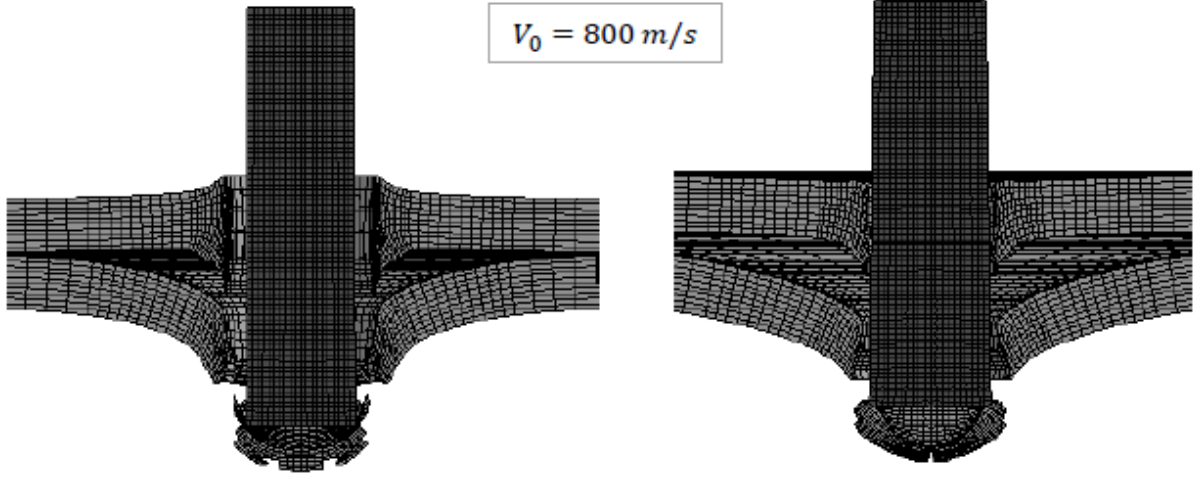


Şekil 5. Konik Uçlu Merminin Al 1100-H12 ve RAMOR 500 Üzerindeki Etkisi



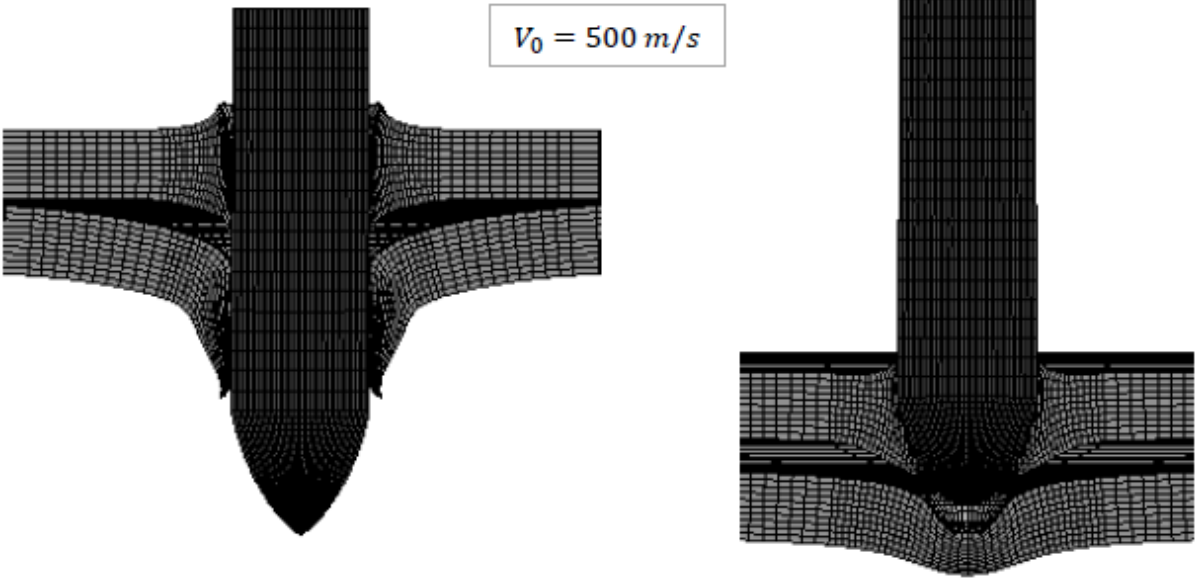
Şekil 3,4 ve 5’de görüldüğü üzere, farklı burunlardaki mermilerin farklı hızlarda fırlatılarak yapılan analiz sonuçlarında plakayı geçemeyen mermi durumları gözlemlenmiştir. Tek katmanlı plakaların etkisini daha iyi incelemek için ise 2.5+2.5 mm çift katmanlı hedef plakaları bundan sonraki bölümde çalışılmıştır. Çift katmanlı yapıda olan plakalar birbirine kaynak ile bağlanmamıştır, bu yüzden merminin ön plaka ile bulunduğu noktadaki enerjisi arka plakaya da aktarılacaktır. Şekil 6,7 ve 8’de 5 mm kalınlığındaki çift katman Alüminyum 1100-H12 ve RAMOR 500 hedef plakasına farklı tipteki mermilerin 500 ve 800 m/s hız ile çarptırılması sonucu oluşan görüntüler verilmiştir.

Şekil 6. Küt Burunlu Merminin Al 1100-H12 ve RAMOR 500 Üzerindeki Etkisi

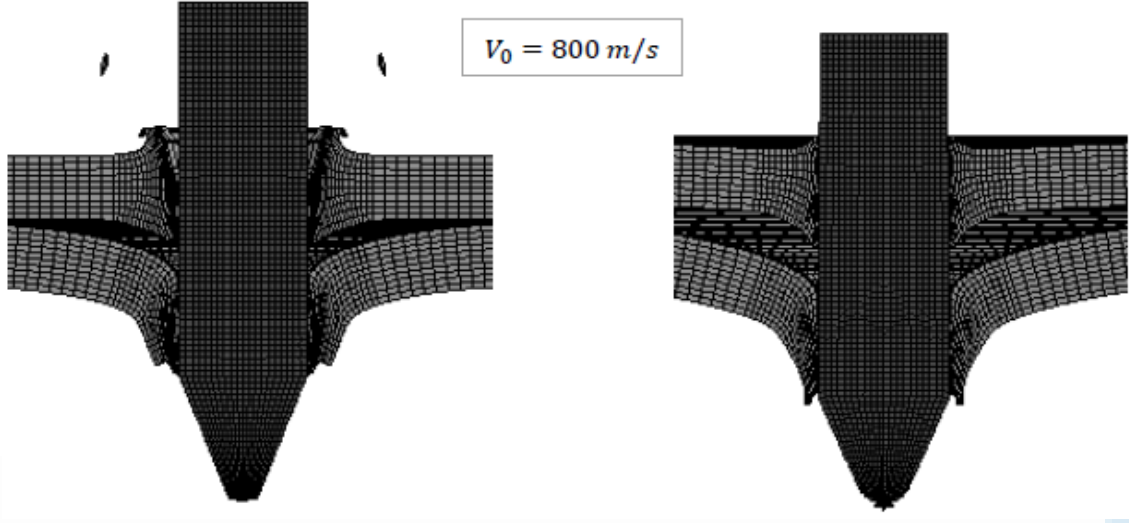


Alüminyum malzemenin mekaniksel özellikleri çelik malzemedan daha düşük olduğu için, merminin çarpma anında deforme etme şeklinden anlaşılacağı üzere, alüminyum plakada deforme boşluğu daha fazladır ve yanlara doğru açılma eğilimindedir. Aynı zamanda, merminin ilk çarptığı andaki titreşim etkisi ise alüminyum malzemede daha fazladır, bu durum ikinci şekil ile karşılaştırıldığında belli olmaktadır.

Şekil 7. Eğrisel Açılı Merminin Al 1100-H12 ve RAMOR 500 Üzerindeki Etkisi



Şekil 8. Konik Uçlu Merminin Al 1100-H12 ve RAMOR 500 Üzerindeki Etkisi



Şekil 4, 5, 6, 7 ve 8'deki çarpışma görüntülerinde, soldaki Alüminyum 1100-H12, sağdaki ise RAMOR 500 içindir.

#### 4. ANALİZ BULGULARI

Bu çalışma kapsamında, 3 farklı mermi tipi ile (küt, eğrisel açılı ve konik), Alüminyum 1100-H12 ve RAMOR 500 hedef plakalarına 500 ve 800 m/s ilk hızları ile ateşleme analizleri yapılmıştır. Mermilerin plakaları tamamen deforme ettiği durumlarda artık hızları, mermilerin plakaları tamamen deforme edemediği durumlarda ise arka sehim değerleri ele alınmıştır. Tek katman ve çift katman olarak aynı kalınlıklarda oluşturulan hedef plakaların farklılıkları sonuçlar eşliğinde değerlendirilmiştir. Alüminyum 1100-H12 hedef plakasına çarptırılan mermilerin ilk hızları, artık hızları ve balistik hız limitleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Alüminyum 1100-H12 Hedef Plakası İçin Nümerik Sonuçlar  
Alüminyum 1100-H12

Mermi Tipi	Hedef Plaka	İlk Hız m/s	Artık Hız m/s	Balistik Hız Limiti $V_{bl}$ -m/s
Küt	Tek - 5 mm	500	412	200.31
Küt	Tek - 5 mm	800	714	255.15
Konik	Tek - 5 mm	500	424	187.38
Konik	Tek - 5 mm	800	751	194.93
Eğrisel Açılı	Tek - 5 mm	500	437	171.80
Eğrisel Açılı	Tek - 5 mm	800	757	182.96
Küt	Çift -2.5+2.5 mm	500	417	195.07
Küt	Çift -2.5+2.5 mm	800	724	240.64
Konik	Çift -2.5+2.5 mm	500	427	183.94
Konik	Çift -2.5+2.5 mm	800	753	191.03
Eğrisel Açılı	Çift -2.5+2.5 mm	500	445	163.93
Eğrisel Açılı	Çift -2.5+2.5 mm	800	761	174.46

RAMOR 500 hedef plakasına çarptırılan mermilerin ilk hızları, artık hızları ve balistik hız limitleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. RAMOR 500 Hedef Plakası İçin Nümerik Sonuçlar

Mermi Tipi	Hedef Plaka	İlk Hız m/s	Artık Hız m/s
Küt	Tek - 5 mm	500	0
Küt	Tek - 5 mm	800	418
Konik	Tek - 5 mm	500	0
Konik	Tek - 5 mm	800	422
Eğrisel Açılı	Tek - 5 mm	500	0

Eğrisel Açılı	Tek - 5 mm	800	438
Küt	Çift -2.5+2.5 mm	500	0
Küt	Çift -2.5+2.5 mm	800	452
Konik	Çift -2.5+2.5 mm	500	0
Konik	Çift -2.5+2.5 mm	800	457
Eğrisel Açılı	Çift -2.5+2.5 mm	500	0
Eğrisel Açılı	Çift -2.5+2.5 mm	800	470

Çizelge 2’de görüldüğü üzere, 3 farklı mermi tipinin RAMOR 500 hedef plakasına 500 m/s ilk hız girdisi ile çarptırılması sonucu, plakada tam deformasyon gerçekleşmemekte ve bununla birlikte arka sehim değerleri 5 mm tek plaka için tablodaki sırası ile 1.5, 1.8 ve 2 mm, 2.5+2.5 mm çift plaka için ise 4.57, 5.34 ve 6 mm bulunmuştur. 500 m/s hız ile tam delme sağlanmadığı için karşılaştırma yapılamamaktadır, bu nedenden dolayı balistik hız limiti hesaplaması uygulanmamıştır.

## 5. SONUÇ

Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte, gerçek atış testlerinin sonlu elemanlar analiz programları sayesinde, çok düşük yanılma oranı ile gerçekleştirilmesi mümkün kılınmıştır. Malzeme modeli, ağ sistemi, sınır koşulları ve temas ilişkileri programı doğru bir şekilde kullanabilmek için en önemli parametrelerdir. Bu bilgiler kapsamında, küt, konik ve eğrisel açıda 3 farklı merminin, tek plaka 5 mm ve çift plaka 2.5+2.5 mm karşısında etkisi incelenmiştir. Malzeme olarak hem Alüminyum 1100-H12 hem de RAMOR 500 kullanılarak mukavemet karşılaştırmaları yapılmıştır.

- Çarpma mekaniği ve LS-DYNA kullanımı hakkında bilgi birikimini geliştirmek amacı ile gerekli literatür taraması yapılarak, bu alanda eksik olan malzemeler ve mermi yapıları ile ilgili bir öngörü oluşturulmuştur.
- Ağ sistemi çözüm süresine ve doğruluk payına doğrudan katkı sağlayacağı için, çarpmanın gerçekleşeceği alanda sık, çarpma etkisinin sadece enerjisinin hissedileceği alanda ise daha esnek model tasarlanmıştır.
- Mermilerin plakayı tam deldiği ve delemediği iki farklı hız girdisi programda kullanılarak, karşılaştırma yapılması sağlanmıştır.
- Alüminyum malzemedden tasarlanan hem tek katmanlı hem de çift katmanlı plakaya çarptırılan tüm mermiler iki farklı hızda da tam delme gerçekleştirmektedir.
- Çelik malzemenin mukavemet değerinin yüksek olması sebebi ile 500 m/s hız ile hiçbir mermi tam deformasyon uygulayamamıştır.
- Küt burunlu mermi, burun yapısı sebebi ile deforme ederken plakadan kütle koparma eğilimindedir, diğer iki tip mermi ise sivri yapılarından dolayı hedef plakasında kütle kaybına neden olmayıp, dışa doğru yapraklanma hareketine yol açmaktadır.
- Çift tabaka halinde tasarlanan ve modellemesi yapılan zırh sistemi, aynı kalınlıkta olmasına rağmen tek plakalı hedef plakasından daha düşük enerji sönmüleme gücüne sahiptir. Bu durum, bu yayındaki hem çelik hem de alüminyum malzeme analizleri ve tüm mermi burun yapılarında geçerlidir.
- Tek plaka sisteminin kullanılması, çift katman sisteminin üretim ve birleştirme maliyetleri ve mukavemet durumları göz önünde tutulduğunda, tercih edilmesi sonlu elemanlar analiz programı sonuçlarına göre ortaya çıkmıştır.

## 6. TEŞEKKÜR

Bu yayının sürecindeki desteklerinden dolayı Sinerji Silah ve Mühimmat A.Ş.’ne teşekkür ederiz.

## 7.KAYNAKÇA

Bhure, V., Tiwari, G., Iqbal, M., & Gupta, P. (2020). The Effect of Target Thickness on Ballistic Resistance of Thin Aluminium Plates. *Materials Today: Proceedings*, 1999-2013.

Dong, H., Wu, H., Liu, Z., Gao, X., Pi, A., Li, J., & Huang, F. (2020). Penetration characteristics of pyramidal projectile into concrete target. *International Journal of Impact Engineering*.

Ghosh, P., & Ramajeyathilagam, K. (2020). Numerical investigation on damage behaviour of circular composite laminate under low velocity impact. *Materials Today: Proceedings*.

Huang, Q., Feng, S., Lan, X.-K., Song, Q., Zhou, T., & Dong, Y. (2021). Partial penetration of annular grooved projectiles impacting ductile metal targets. *Defence Technology*, 1115-1125.

Kartikeya, K., Chouhan, H., Ram, K., Prasad, S., & Bhatnagar, N. (2022). Ballistic evaluation of steel/UHMWPE composite armor system against hardened steel core projectiles. *International Journal of Impact Engineering*.

Khaire, N., Bhure, V., & Tiwari, G. (2020). Finite element analysis of impact response of foams in sandwich panels. *Materials Today: Proceedings*.

Luo, D., Wang, Y., Wang, F., Cheng, H., Zhang, B., & Zhu, Y. (2020). The influence of metal cover plates on ballistic performance of silicon carbide subjected to large-scale tungsten projectile. *Materials and Design*.

Meyer, C., Catugas, I., Gillespie, J., & Haque, B. (2021). Investigation of normal, lateral, and oblique impact of microscale projectiles into unidirectional glass/epoxy composites. *Defence Technology*.

Rosenberg, Z., & Vayig, Y. (2021). On the friction effect in the perforation of metallic plates by rigid projectiles. *International Journal of Impact Engineering*.

Scazzosi, R., Giglio, M., & Manes, A. (2021). Experimental and numerical investigation on the perforation resistance of double-layered metal shields under high-velocity impact of soft-core projectiles. *Engineering Structures*.

Stergiou, T., Baxevanakis, K., Roy, A., Sazhenkov, N., Nikhamkin, M., & Silberschmidt, V. (2022). Effect of nose geometry on penetration capability of nonaxisymmetric thin projectiles. *ICSI 2021 The 4th International Conference on Structural Integrity*, 250-256.

Xie, Y., Wang, T., Wang, L., Yang, Y., & Sha, X. (2022). Numerical investigation of ballistic performance of SiC/TC4/UHMWPE composite armor against 7.62 mm AP projectile. *Ceramics International*, 24079-24090

## 2,4,6-Trinitrotoluen'in (Tnt) Bakır Nanopartiküllerle Donatılmış Polianilin Modifiye Camı Karbon Elektrot Kullanılarak Elektrokimyasal Analizi

Arş. Gör. Dr. Şener Sağlam<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

### Özet

2,4,6-Trinitrotoluen (TNT), özellikle savunma ve askeri amaçların yanı sıra terör faaliyetlerinde de kullanılan ve ciddi düzeyde toprak ve yer altı kirlenmesine neden olan en popüler nitroaromatik patlayıcıdır. Nitroaromatik enerjik bileşikler özellikle toksik olduğundan, insanlarda ve hayvanlarda cilt tahrişi, anemi, katarakt ve anormal karaciğer fonksiyonu gibi sağlık sorunlarına neden olabilirler. Bu nedenle bu maddelerin hassas ve seçici analizleri çok önemlidir. TNT'nin tayini için spektroskopi, sıvı kromatografisi (LC), gaz veya sıvı kromatografisiyle birleştirilmiş kütle spektrometrisi (MS) (GC/MS ve LC/MS) gibi farklı analitik teknikler raporlanmıştır. Diğer taraftan, bu teknikler pahalı, zaman alıcı ve fazla çözücü harcamaktadır. Bu yöntemlere alternatif olarak elektrokimyasal yöntemler yüksek seçicilik ve duyarlılık, düşük maliyet, kolay kullanım, hızlı tepki verme ve taşınabilirlik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, sensör çalışma elektrotu iki basamakta hazırlanmıştır. İlk basamakta, camı karbon elektrotun (GCE) yüzeyi,  $50 \text{ mV s}^{-1}$  tarama hızında 20 döngü sayısında  $0,0 - 1,4 \text{ V}$  potansiyel aralığında döngüsel voltametri yöntemi ile gerçekleştirilen elektropolimerizasyon işlemiyle polianilin (PANI) ile kaplanmıştır. Daha sonra, polianilin-modifiye GCE  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  susuz bakır sülfat ve  $0,02 \text{ mol L}^{-1}$  trisodyum sitrat içeren suda çözünmüş karışım içerisinde  $-1,2 \text{ V}$  potansiyelde elektrokimyasal olarak modifiye edilmiş, ve GC/PANI/CuNPs elektrot oluşturulmuştur. Çalışma elektrotunun hazırlanmasından sonra, TNT için  $0,5-20 \text{ mg L}^{-1}$  derişim aralığında kare dalga voltametrisi ölçümü gerçekleştirilmiş, ve karakteristik pik potansiyelleri  $-0,54 \text{ V}$ ,  $-0,72 \text{ V}$  ve  $-0,87 \text{ V}$ 'ta elde edilmiştir. TNT'nin her bir karakteristik pik potansiyelindeki kalibrasyonu, derişime karşı elde edilen akım değerleri için doğrusallık göstermiştir. TNT için belirtme sınırı (LOD)  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ 'dir.

**Anahtar Kelimeler:** 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT), polianilin, kare dalga voltametrisi (SWV), elektropolimerizasyon, bakır nanopartiküller.

---

### Electrochemical Analysis of 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) Using Polyaniline Modified Glassy Carbon Electrode Decorated with Copper Nanoparticles

#### Abstract

2,4,6-Trinitrotoluene (TNT) is the most popular nitroaromatic explosive that has been used especially for defense and military purposes and also terrorism activities and resulted in severe levels of soil and

underground contamination. Because nitroaromatic energetic compounds are especially toxic, they can cause health problems in humans and animals such as skin irritation, anemia, cataracts, and abnormal liver function. Therefore, sensitive and selective analysis of these substances is very important. Different analytical techniques have been reported for the determination of TNT such as spectroscopy, liquid chromatography (LC), mass spectrometry (MS) coupled to gas, and liquid chromatography (GC/MS and LC/MS). On the other hand, these techniques are expensive, time-consuming, and solvent waste. As an alternative to these methods, electrochemical methods are preferable because of their high selectivity and sensitivity, low cost, easy operation, fast response, and portability.

In this work, the sensor working electrode was prepared in two steps. In the first step, the glassy carbon electrode's (GCE) surface was coated with polyaniline (PANI) conductive polymer using electropolymerization by cyclic voltammetry which was performed within the potential range of 0.0 – 1.4 V, with a 50 mV s<sup>-1</sup> scan rate for 20 cycles. Later, polyaniline-modified GCE was electrochemically modified at a -1.2 V potential in water containing 0.01 mol L<sup>-1</sup> copper sulfate anhydrous and 0.02 mol L<sup>-1</sup> trisodium citrate, and GC/PANI/CuNPs electrode was formed. After the working electrode preparation, square wave voltammetry (SWV) was performed within the 0.5-20 mg L<sup>-1</sup> concentration range for TNT, and characteristic peak potentials were obtained at -0.54 V, -0.72 V, and -0.87 V. Calibration of TNT at each characteristic peak potential yielded a linear dependence on current density versus concentration. The limit of detection (LOD) for TATP was 0.15 mg L<sup>-1</sup>.

**Keywords:** 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT), polyaniline, square wave voltammetry (SWV), electropolymerization, copper nanoparticles.

## 1. GİRİŞ

En popüler nitroaromatik tipi enerjetik madde olan 2,4,6-Trinitrotoluen (TNT), askeri amaçlarla ve savunma sanayiinde sıklıkla kullanılmakla beraber maalesef terörist aktivitelerde de kullanılmaktadır (Sağlam et al., 2018). Enerjetik maddelerin kirlenmiş topraklarda ve iyileştirilecek askeri alanlarda heterojen bir şekilde dağılmış olması, kirliliğin doğasını ve dağılımını belirlemede saha analiz tekniklerini son derece önemli ve değerli kılmaktadır. TNT'nin eser miktar analizi için spektroskopik ve kromatografik (gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS), sıvı kromatografisi-kütle spektrometrisi (LC-MS) vb.) farklı teknikler olmakla beraber, bu teknikler pahalı, zaman alıcı ve fazla çözücü harcamaktadır (Üzer et al., 2013). Bu tekniklerden daha düşük maliyetli bir seçenek olan voltametri yönteminin ise yüksek duyarlılık ve seçicilik, düşük maliyet, kolay kullanım ve taşınabilirlik özellikleri sebebiyle avantajları bulunmaktadır (Arman et al., 2022).

Voltametri, bir indikatör veya çalışma elektrotunun polarize olduğu şartlar altında, uygulanan potansiyelin bir fonksiyonu olarak oluşan akımın ölçülmesinden analit hakkında bilgi edinilen, elektrot potansiyelinin değiştirilmesi ile elektrolitik hücreden geçen akımın değişmesine dayanan elektroanalitik metodların genel adıdır. Elektrokimyasal ölçümlerde potansiyel ölçüm cihazı yanında çalışma elektrodu, referans elektrot ve karşıt elektrot olmak üzere üç farklı elektrot kullanılmakta olup, ölçümler elektrokimyasal hücre adı verilen düzeneklerde yürütülür. Elektrokimyasal tayinler de kullanılan çalışma elektrotlarının yüzeyleri uygun malzemeler (iletken polimerler, karbon temelli malzemeler ve nanopartiküller) ile modifiye edilerek sensör çalışma elektrotları oluşturulup çok daha hassas tayinlere olanak sağlamaktadır. Nitroaromatik enerjetik maddelerden TNT'nin kimyasal yapısında bulunan kolay indirgenebilen nitro-grupları sayesinde elektrokimyasal yöntemlerle tayin edilebilmektedir.

Bu çalışmada, camsı karbon (GC) çalışma elektrodunun yüzeyi öncelikle döngüsel voltametri (CV) yöntemi ile gerçekleştirilen elektropolimerizasyon işlemiyle polianilin (PANI) iletken polimeri ile kaplanmıştır (Sağlam et al., 2015). Ardından oluşturulan GC/PANI çalışma elektrodunun yüzeyi kronoamperometri yöntemiyle bakır nanopartiküller (CuNPs) ile modifiye edilmiştir (Zhang et al.,

2020). Hazırlanan GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu öncelikle CV ve empedans ölçümleri ile karakterize edilmiş olup ardından da TNT için elektrokimyasal tayin yöntemi geliştirilmiştir.

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1. Çalışma Elektrodunun Temizlenmesi**

Çalışma elektrodu olarak kullanılan camsı karbon çalışma elektrodu önce alümina süspansiyonu üzerinde dairesel hareketlerle birkaç dakika boyunca çevrilmiştir. Daha sonra saf su ile temizlenmiş ve elektrotlara saf su içerisinde 5 dk boyunca ultrasonik banyoda bekletilmiştir. Son olarak çalışma elektrodu asetonitril:izopropil alkol (1:1; v/v) karışımı içerisinde tekrar 5 dk boyunca ultrasonik banyoda bekletilmiştir.

### **2.2. Anilin (ANI) Monomer Çözeltisinin Hazırlanması**

Anilin monomer çözeltisini hazırlayabilmek için öncelikle bir beherde 0,7102 g sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , destek elektrolit) tartılmış ve üzerine 46  $\mu\text{L}$  ANI çözeltisi ( $1 \times 10^{-2}$  M) ilave edilmiştir. ANI tamamen çözününceye kadar çözelti ultrasonik banyoda tutuldu ve çözeltinin pH'sı derişik  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile 1'e ayarlanıp balon jojeye alınmıştır. Balon jojeye alınan çözelti son hacmi 50 mL olacak şekilde destile suyla tamamlanmıştır.

### **2.3. GC Çalışma Elektrodu Yüzeyinin Polianilin ile Modifiye Edilmesi**

Çalışmada GC elektrot çalışma elektrodu, Ag/AgCl elektrot referans elektrodu ve Pt elektrot yardımcı elektrot olarak kullanılmıştır. Modifikasyon aşamasında hazırlanan anilin monomer çözeltisinden 5 mL çalışma hücresi içerisine alınmıştır. Elektropolimerizasyon işlemi döngüsel voltametri (CV) yöntemiyle (0 V) – (1,4 V) potansiyel aralığında 50  $\text{mV s}^{-1}$  tarama hızında ve 20 döngü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucundan GC/PANI çalışma elektrodu oluşturulmuştur (Sağlam et al., 2015).

### **2.4. GC/PANI Çalışma Elektrodu Yüzeyinin Bakır Nanoparçacıklar (CuNPs) ile Modifikasyonu**

Bu aşamada ise 5 mL 0,01 mol  $\text{L}^{-1}$  susuz bakır sülfat ve 0,02 mol  $\text{L}^{-1}$  trisodyum sitrat içeren suda çözülmüş çözelti çalışma hücresi içerisine alınmıştır. GC/PANI çalışma elektrodunun CuNPs ile modifikasyonu kronoamperometri yöntemiyle -1,2 V potansiyelde 360 saniye'de gerçekleştirilmiştir (Zhang et al., 2020). Bu işlem sonucundan GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu oluşturulmuştur.

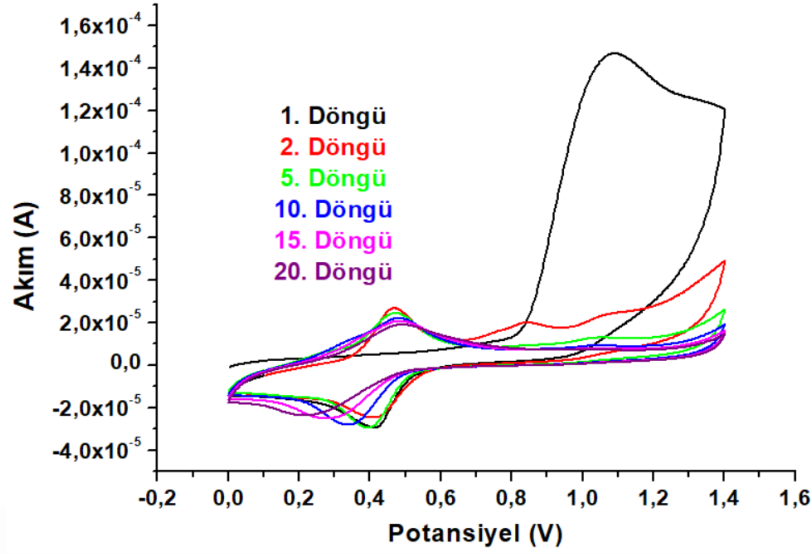
### **2.5. TNT'nin Elektrokimyasal Tayini**

TNT'nin GC/PANI/CuNPs modifiye çalışma elektrodu ile elektrokimyasal tayini kare dalga voltametri (SWV) yöntemi kullanılarak aseton:destile su (1:19, v:v) çözücü karışımı ortamında 0,5 M KCl destek elektroliti varlığında (0,2 V) – (-1,6 V) potansiyel aralığında gerçekleştirilmiştir.

## **3. BULGULAR**

### **3.1. GC/PANI/CuNPs Çalışma Elektrodunun Hazırlanması**

GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu iki basamakta hazırlanmıştır. İlk basamakta GC çalışma elektrodu PANI ile modifiye edilmiştir. Elektropolimerizasyon işlemi döngüsel voltametri (CV) yöntemiyle (0 V) – (1,4 V) potansiyel aralığında 50  $\text{mV s}^{-1}$  tarama hızında ve 20 döngü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Döngüsel voltametri yöntemi kullanılarak  $1,0 \times 10^{-2}$  mol  $L^{-1}$  anilin (ANI) monomerinin elektropolimerizasyon voltamogramları.

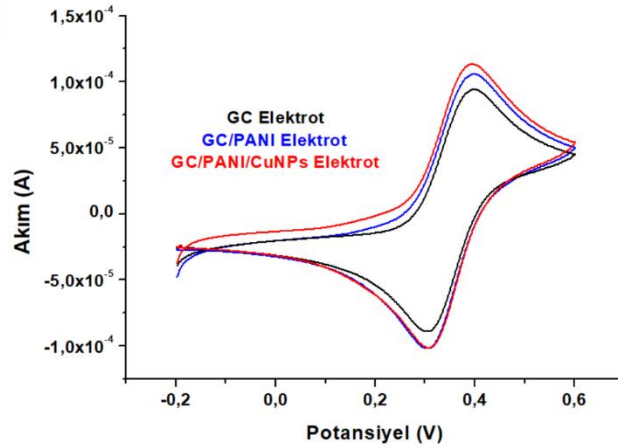
Şekil 1 incelendiğinde ANI monomeri için 1,08 V ve 0,48 V'te oksidasyon pikleri ve 0,33 V civarında da redüksiyon piki elde edilmiştir. Özellikle 1,08 V'teki oksidasyon piki incelendiğinde döngü sayısı arttıkça çözelti ortamında bulunan monomer miktarının azaldığı ve elektrot yüzeyinde biriken polimer miktarının arttığı görülmektedir. İkinci basamakta ise GC/PANI çalışma elektrodunun yüzeyi kronoamperometri yöntemiyle CuNPs ile modifiye edilmiş ve GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu oluşturulmuştur.

### 3.2. Hazırlanan GC/PANI/CuNPs Çalışma Elektrodunun Karakterizasyonu

Hazırlanan GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu, TNT analizinde kullanılmadan önce döngüsel voltametri ve empedans ölçümleri (Potentistat EIS yöntemi ile) yapıp karakterize edilmiştir.

- **Döngüsel Voltametri Ölçümleri (CV Scans)**

GC, GC/PANI ve GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodunun  $0,1$  mol  $L^{-1}$  KCl destek elektroliti varlığında  $5$  mmol  $L^{-1}$   $[Fe(CN)_6]^{3-/4-}$  çözelti ortamında (-0,2 V) – (0,6 V) potansiyel aralığında, ve  $50$  mV  $s^{-1}$  tarama hızında döngüsel voltametri yöntemiyle ölçümleri alınmıştır.

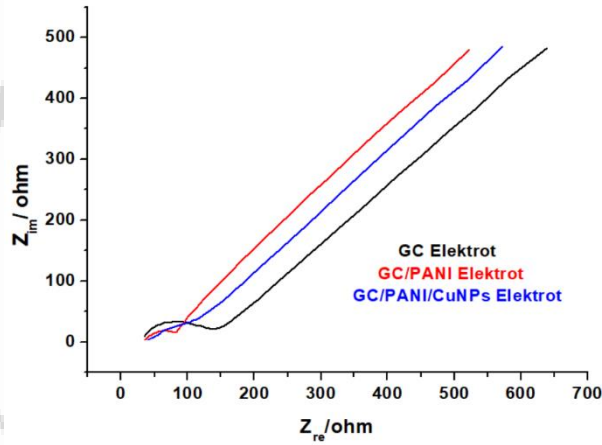


**Şekil 2.** GC, GC/PANI ve GC/PANI/CuNPs çalışma elektrotlarının CV karakterizasyonu

Şekil 2 incelendiğinde GC, GC/PANI ve GC/PANI/CuNPs çalışma elektrotları ile  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  için yapılan elektrokimyasal ölçümler sonucunda yükseltgenme ve indirgenme pikleri sırasıyla 0,39 V ile 0,30 V'ta elde edilmiştir. GC çalışma elektrodu ile yapılan ölçümde yükseltgenme ve indirgenme piklerine ait akım değerleri sırasıyla 94,24  $\mu\text{A}$  ve -89,08  $\mu\text{A}$ ; GC/PANI çalışma elektrotu ile yapılan ölçümde yükseltgenme ve indirgenme piklerine ait akım değerleri sırasıyla 105,77  $\mu\text{A}$  ve -100,77  $\mu\text{A}$ , ve GC/PANI çalışma elektrotu ile yapılan ölçümde yükseltgenme ve indirgenme piklerine ait akım değerleri sırasıyla 113,25  $\mu\text{A}$  ve -101,87  $\mu\text{A}$  olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar her üç elektrodun da elektroaktivitesinin olduğu göstermektedir.

- **Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi**

Elektrokimyasal empedans spektroskopisi yöntemiyle GC, GC/PANI ve GC/PANI/CuNPs çalışma elektrotlarının iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Belirtilen çalışma elektrotlarına 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  KCl destek elektroliti varlığında 5 mmol  $\text{L}^{-1}$   $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$  çözelti ortamında Potentiostat EIS yöntemi uygulanarak empedans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Başlangıç ve bitiş frekans aralıkları; 100 mHz – 1 MHz, points/decade: 10 mV'tur.



Şekil 3. GC, GC/PANI ve GC/PANI/CuNPs çalışma elektrotlarının empedans ölçümleri

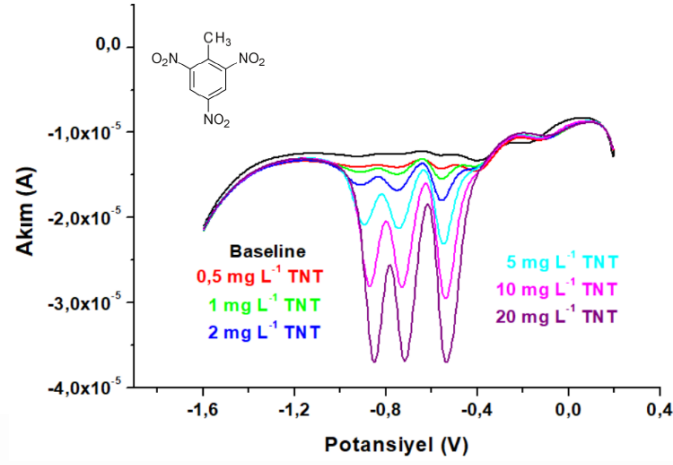
Elektrokimyasal empedans spektroskopisi yöntemi hazırlanan elektrotların elektron transfer özelliklerini değerlendirmede kullanılmakta olup bu ölçümler sonucunda elektrotların  $R_{ct}$  (yük transfer direnci) değerleri hesaplanabilir (P. Randviir & E. Banks, 2013). Yük transfer direnci iletkenlik ile ters orantılıdır ve yük transfer direnci büyük olan bir elektrodun iletkenliği düşüktür.

Şekil 3 incelendiğinde GC elektrot ile yapılan empedans ölçümü sonucunda en büyük yarı daire (semi circle) çapı elde edilmiş ve  $R_{ct}$  değeri 117,4  $\Omega$  bulunmuştur. GC/PANI çalışma elektrodu ile yapılan ölçüm sonucunda elde edilen  $R_{ct}$  değeri ise 69,37  $\Omega$  olarak bulunmuştur. GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu için ise  $R_{ct}$  değeri oldukça küçük olup empedans ölçümü sonucunda yarı daire elde edilmemiştir.  $R_{ct}$  değerinin çok küçük olması GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodunun elektriksel iletkenliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

### 3.3. TNT'nin GC/PANI/CuNPs Çalışma Elektrodu ile Elektrokimyasal Tayini

TNT'nin GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu kullanılarak 0,5-20  $\text{mg L}^{-1}$  derişim aralığında elektrokimyasal tayini SWV yöntemi kullanılarak aseton:destile su (1:19, v:v) çözücü karışımı ortamında 0,5 M KCl destek elektroliti varlığında (0,2 V) – (-1,6 V) potansiyel aralığında

gerçekleştirilmiştir. TNT için karakteristik pik potansiyelleri -0,54 V, -0,72 V ve -0,87 V olarak bulunmuştur.



**Şekil 4.** GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu ile 0,5-20 mg L<sup>-1</sup> derişim aralığında TNT'nin SWV yöntemiyle elektrokimyasal analizine ait voltamogramlar.

**Tablo 1.** 0,5 – 20 mg L<sup>-1</sup> derişim aralığındaki TNT'nin SWV yöntemiyle -0,54 V, -0,72 V ve -0,87 V'taki elektrokimyasal tayini sonucu elde edilen akım değerleri.

TNT Derişimi (mg L <sup>-1</sup> )	-0,54 V'ta Elde Edilen Akım Değeri (µA) I <sub>-0,54 v</sub>	-0,72 V'ta Elde Edilen Akım Değeri (µA) I <sub>-0,72 v</sub>	-0,87 V'ta Elde Edilen Akım Değeri (µA) I <sub>-0,87 v</sub>
0,50	14,28	14,12	14,08
1	15,45	14,93	14,68
2	18,01	16,82	16,18
5	23,09	21,30	20,82
10	29,52	28,14	28,04
20	36,99	36,88	37,00

Tablo 1'de verilen akım değerleriyle elde edilen kalibrasyon doğru denklemleri aşağıda verilmiştir.

TNT'nin -0,54 V potansiyeldeki lineer kalibrasyon doğru denklemi (0,5 – 10 mg L<sup>-1</sup> aralığındaki) aşağıdaki gibidir.

$$I_{-0,54 v} = 1,585 C_{TNT} + 14,205 \quad (r = 0,993)$$

$I_{-0,54 v} = -0,54 V$ 'taki akım değerleri (µA) ve  $C_{TNT} = \text{mg L}^{-1}$  cinsinden TNT derişimi

TNT'nin -0,72 V ve -0,87 V potansiyeldeki lineer kalibrasyon doğru denklemleri (0,5 – 20 mg L<sup>-1</sup> aralığındaki) aşağıdaki gibidir.

$$I_{-0,72 v} = 1,176 C_{TNT} + 14,489 \quad (r = 0,991) ; I_{-0,72 v} = -0,72 V \text{'taki akım değerleri (µA)}$$

$I_{-0,87V} = 1,198 C_{TNT} + 14,113$  ( $r = 0,991$ ) ;  $I_{-0,87V} = -0,87 V$ 'taki akım değerleri ( $\mu A$ )

TNT için belirtme sınırı (LOD)  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ 'dir. (Doğru denklemi  $A = mC + n$ , A= analitik veri, C= derişim, m= eğim, n= kayım ve  $\sigma_{bl} = \text{boş çözeltinin standart sapması olmak üzere; belirtme sınırı (LOD)} = 3 \sigma_{bl}/m$ ).

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma sonucunda camsi karbon çalışma elektrodunun yüzeyi polianilin iletken polimeri ve bakır nanoparçacıklarla modifiye edilerek TNT'nin elektrokimyasal tayini için GC/PANI/CuNPs sensör çalışma elektrodu geliştirilmiştir. Hazırlanan GC/PANI/CuNPs çalışma elektrodu CV ve empedans ölçümleriyle karakterize edilmiştir. TNT'nin elektrokimyasal analizi ise SWV yöntemi kullanılarak  $0,5-20 \text{ mg L}^{-1}$  derişim aralığında gerçekleştirilmiştir.

#### Referanslar

- Arman, A., Sağlam, Ş., Üzer, A., & Apak, R. (2022). Electrochemical determination of nitroaromatic explosives using glassy carbon/multi walled carbon nanotube/polyethyleneimine electrode coated with gold nanoparticles. *Talanta*, 238, 122990. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2021.122990>
- P. Randviir, E., & E. Banks, C. (2013). Electrochemical impedance spectroscopy: an overview of bioanalytical applications. *Analytical Methods*, 5(5), 1098–1115. <https://doi.org/10.1039/C3AY26476A>
- Sağlam, Ş., Üzer, A., Erçağ, E., Apak, R., Sağlam, Ş., Üzer, A., Erçağ, E., & Apak, R. (2018). Electrochemical Determination of TNT, DNT, RDX, and HMX with Gold Nanoparticles/Poly(Carbazole-Aniline) Film-Modified Glassy Carbon Sensor Electrodes Imprinted for Molecular Recognition of Nitroaromatics and Nitramines. *Analytical Chemistry*, 90(12), 7364–7370. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b00715>
- Sağlam, Ş., Üzer, A., Tekdemir, Y., Erçağ, E., & Apak, R. (2015). Electrochemical sensor for nitroaromatic type energetic materials using gold nanoparticles/poly(o-phenylenediamine-aniline) film modified glassy carbon electrode. *Talanta*, 139, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.02.059>
- Üzer, A., Sağlam, Ş., Tekdemir, Y., Ustamehmetoğlu, B., Sezer, E., Erçağ, E., & Apak, R. (2013). Determination of nitroaromatic and nitramine type energetic materials in synthetic and real mixtures by cyclic voltammetry. *Talanta*, 115, 768–778. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.06.047>
- Zhang, Y., Ma, Y., & Wang, L. (2020). Simple Copper Nanoparticle/Polyfurfural Film Modified Electrode for the Determination of 2, 4, 6-Trinitrotoluene (TNT). *Analytical Letters*, 53(16), 2671–2684. [https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1751182/SUPPL\\_FILE/LANL\\_A\\_1751182\\_SM7421.DOCX](https://doi.org/10.1080/00032719.2020.1751182/SUPPL_FILE/LANL_A_1751182_SM7421.DOCX)

Presentation ID / Sunum No: 37

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6353-0648

## Aykırı Değer Tespit Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Diğer Ön İşleme Adımlarının Otomatik Makine Öğrenmesi (Automl) İle İlişkisinin İncelenmesi

Araştırmacı Gizem Aydın<sup>1</sup>, Araştırmacı Aslı Nur Tunçer<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Ereteam

\*Corresponding author: Gizem Aydın

### Özet

Veri setlerinin detaylı şekilde analiz edilmesi için, uçtan uca ön işleme aşamalarından geçirilmesi ve aykırı değerlerle etkin bir şekilde uğraşılması gerekmektedir. Aykırı değerler, popülasyonun geri kalanından farklı veri nesnelere olarak da bilinmektedir. Gerçekleştirilen analizlerde sıkça karşılaşılmaktadır. Makine öğrenimi algoritmalarının birçoğu bu aykırı değerlerden etkilenecek yanlış bilgi ve sonuçlara yol açabilmektedir. Bazı durumlarda ise bilgilendirme açısından fayda sağlayabilmektedir. Bu nedenle analize başlandığında aykırı değerler dikkate alınmalıdır. Bu çalışma, veri setlerindeki aykırı değerleri farklı yöntemler ile tespit edilerek aralarındaki en etkili yöntemlerin belirlenmesini içermektedir. Yapılan çalışmada, Tukey, Z-Score, Hampel Filter, Isolation Forest, Rosner, DBScan ve MAD yöntemleri karşılaştırılmıştır. DBScan kümeleme ile Z-Score yöntemlerinin küçük ya da orta boyutlu verilerle, Isolation Forest ve Tukey yöntemlerinin ise büyük boyutlu verilerle daha etkili çalıştığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Otomatik Makine Öğrenimi, Ön İşleme, Aykırı Değer

---

### **Outlier Detection Methods and Investigation of the Relationship of Other Pre-Processing Steps With Automatic Machine Learning (Automl)**

### **Abstract**

In order to analyze the data sets in detail, they need to be passed through end-to-end preprocessing stages and effectively deal with outliers. Outliers are known as data objects that are different from the rest of the population. It is often encountered in the analyzes performed. Many of the machine learning algorithms are affected by these outliers, which can lead to incorrect information and results. In some cases, it may benefit from information. Therefore, outliers should be taken into account when starting the analysis. This study includes the determination of the most effective methods among them by detecting the outliers in the data sets with different methods. In the study, Tukey, Z-Score, Hampel Filter, Isolation Forest, Rosner, DBScan and MAD methods were compared. It was concluded that DBScan clustering and Z-Score methods work more effectively with small or medium-sized data, while Isolation Forest and Tukey methods work more effectively with large-sized data.

**Keywords:** Automated Machine Learning (Automl), Preprocessing, Outlier

---

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki ve hayatımızdaki veri miktarı giderek artmaktadır. Her zaman elimizin altında bulunan bilgisayarlar, telefonlar hatta tüm elektronik eşyalar, belkide daha önce önemsemediğimiz süpermarketteki seçimlerimizi, finansal alışkanlıklarımızı ve kıyafet seçimlerimizi çok kolay bir şekilde kaydetmektedir. Hepimiz, verilerin bu artışı ile veriyi anlamamız arasındaki büyüyen uçuruma tanıklık edebiliriz. Yani veri hacmi arttıkça insanların anladığı oran azalmaktadır. Ancak elde edilen bu verilerde, açıklığa kavuşturulması gereken potansiyel olarak yararlı bilgiler bulunmaktadır (Džeroski, 2008).

Birçok veri kümesi, olağandışı büyük veya küçük değerlere sahip aykırı değerler içermektedir. Verilerde bulunan aykırı değerler, verileri analiz ederken onlar üzerinde olumsuz bir etkiye neden olabilir veya veriler hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir. Bu nedenle aykırı değerler istatistiksel analizlerin önemli bir parçasıdır (Rorabacher, 1991). Aykırı değerlerin tespiti için birkaç yöntem bulunmaktadır. Bazı yöntemler aykırı değerlere karşı çok duyarlıyken Tukey gibi yöntemler ise direnç gösterebilmektedir. Bunun nedeni, her etiketleme yönteminin aykırı değerleri tespit etmek için farklı ölçümlere sahip olması ve verilerin örnek boyutuna veya dağıtım türüne göre farklı şekilde değişmesidir. Bu çalışmada ise aykırı değer tespit yöntemleri seçilen bir veri seti üzerinde çalıştırılarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

## 2. VERİ BİLİMİ

Veri bilimi, elde edilen verilerden anlamlı bilginin çıkarılmasını destekleyen ve yönlendiren bir dizi temel ilke olarak bilinmektedir (Provost ve Fawcett, 2013). Büyük hacimli verilerle ilgilenerek görünmeyen kalıpları bulmak ve iş kararları vermek için modern araçlar ve teknikler kullanan bir çalışma alanıdır. İstatistik, makine öğrenimi ve bilgisayar bilimi alanlarındaki gelişmeleri birleştirerek, büyük veri kümelerini alabilen analitik sistemlere doğru ilerlemektedir.

Veri bilimcileri, toplanan verileri bir araya getiren ve onlardan anlamlı sonuçları çıkartmak için analiz süreçlerini yöneten kişidir. Veri bilimcinin bilim adamı, istatistikçi ve bilgisayar uzmanı dâhil olmak üzere birçok geleneksel teknik rollere sahip olduğu bilinmektedir. Veriler aracılığıyla geleceği tahmin etmek, tüketici davranışını yönlendirmek ve kritik iş kararları vermek için çalışmaktadırlar (Chong ve Chang, 2021).

## 3. MAKİNE ÖĞRENİMİ

Yapay zekâ kavramı, 1956 yılında kullanılmış olsa da Alan Turing 1950 yılında yayınlamış olduğu “Computing Machinery and Intelligence” makalesi ile “Makineler düşünebilir mi?” sorusunu sormuş ve makinelerin düşünebileceğini söylemiştir (Nicolini vd., 2017). Önerdiği Turing testi ile makinelerin insan gibi düşünüp düşünemeyeceğini göstermek istemiştir. Bu test de bir insan, bir bilgisayar ve karşılarında da bir sorgulayıcı bulunmaktadır. Sorgulayıcı sorduğu soru karşısında karşısındakinin insan mı yoksa bilgisayar mı olduğunu anlayamaz ise testi geçtiği sayılmaktadır (Drozdov vd., 2011). Daha sonraki yıllarda da yapay zekâ alanında birçok önemli gelişme yaşanmıştır. 1964-1966 yılları arasında Joseph Weizenbaum, ELIZA sohbet botu ile doğal dil işleme yapay konuşma sistemlerinin ilk adımını atmıştır (Shah vd., 2016). IBM (International Business Machines; Uluslararası İş Makineleri) tarafından geliştirilen ve satranç oynayan bilgisayar Deep Blue, dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov’u altı maçlık bir oyunda mağlup etmiştir (Campbell vd., 2002). 2016 yılında bir yapay zekâ programı olan AlphaGo, Dünya Go Şampiyonu Lee Se-dol’u 5 maçın 4’ünü alarak onu yenmiştir (Granter vd., 2017). Bunlar gibi artan gelişmeler, kendi başlarına öğrenecek ve karar verecek sistemlerin gelişeceğini göstermektedir (Stiles, 1986).

Makine Öğrenimi, yapay zekânın temel alanlarından biridir. Makine öğrenmesi tarihsel olarak yapay zekâ arayışı sırasında ortaya çıkmıştır. Geçmiş araştırmalar, makinenin belirli bir aşamadan sonra verileri öğrenmek zorunda olduğunu göstermiştir. Böylece araştırmacılar, bu konu üzerine ortaya çıkan problemlere çeşitli yöntemler ile çıktı üretebilmek amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Makine öğrenmesi esas olarak 1959 yılında bilgisayar biliminin yapay zekâ kategorisinde sayısal öğrenme ve model tanıma çalışmaları sonucu geliştirilmiş bir alt daldır. Makine öğrenmesi yapısal işlev olarak

öğrenebilen ve veriler üzerinden tahminler gerçekleştiren algoritmaların çalışmalarını ve oluşum aşamalarını araştıran bir sistemdir.

Otomatik makine öğrenimi (AutoML), çok az insan müdahalesi gerektiren veya hiç gerektirmeyen makine öğrenimi modelleri oluşturma sürecini otomatikleştiren bir yöntemdir (Yao vd., 2018). Veri akışları gittikçe hızlanmakta ve daha hızlı karar vererek verilerden değer elde etmek herkes için önemli bir hâle gelmektedir. Veri analizi süreçlerini AutoML ile birleştirmek, kuruluşlardaki ihtiyacın daha hızlı karşılanabilmesi anlamına gelmektedir (Gudivada vd., 2017). Otomatik makine öğrenimi platformları analiz süreçlerinde zaman ve verimlilik konusunda avantaj sağladığı gibi farklı teknik bilgiye sahip kullanıcılara da hitap etmektedir. Bu süreç alandaki gelişimi pozitif yönde etkilemektedir. Farklı özelliklerde otomatik makine öğrenimi platformlarının bulunması alandaki gelişimi tetikleyecektir. Gelişimin sürekliliği baz alınarak oluşturulan platformlara olan ihtiyaç gün geçtikçe artış göstermektedir. Otomatik makine öğreniminin temel amacı, makine öğrenimi süreçlerinin otomatikleştirilmesidir. Ancak süreç otomatik bir şekilde ilerlese de konu ile ilgili teknik bilgiye gereksinim duyulmaktadır. Bu teknik bilginin elde edilme sürecinde katkı sağlayan platformların önüne çıkacağı düşünülmektedir.

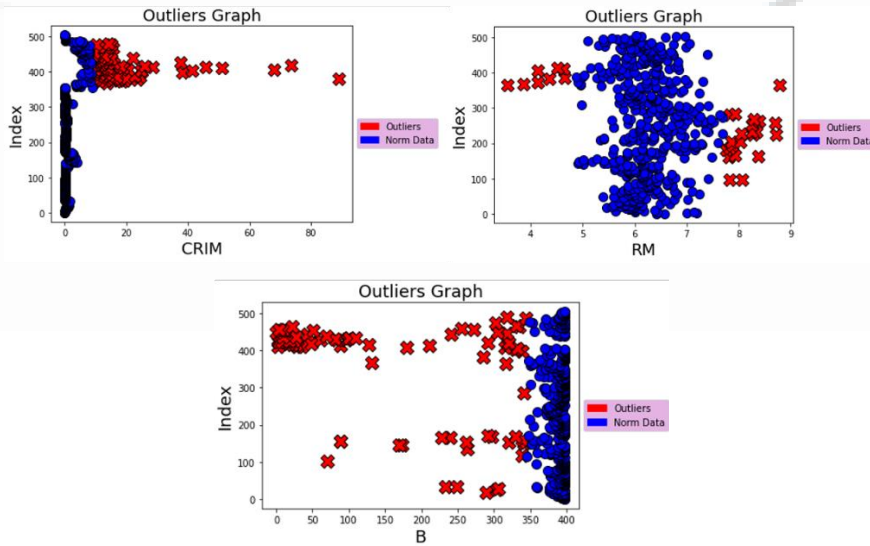
## 4. ARAŞTIRMA

### 4.1. Tukey Yöntemi

Tukey Yöntemi, herhangi bir dağılım varsayımı yapmadığından ve bir ortalamaya veya standart sapmaya bağlı olmadığından çok yararlı bir yöntemdir. Veri setinin medyan, alt çeyrek, üst çeyrek, alt uç ve üst uç gibi sürekli tek değişkenli veriler hakkında bilgi görüntülemek için iyi bilinen bir yöntemdir (Seo ve Gary M. Marsh, 2006). Tukey kuralı, aykırı değerlerin, çeyreklerden çeyrekler arası aralığın 1,5 katından daha fazla değerler olduğunu söylemektedir (Kannan vd., 2015).

Şekil 1.'de çalıştırılan Tukey yöntemi ile CRIM sütununda 66, RM sütununda 30, B sütununda ise 77 tane aykırı değer tespit edilmiştir.

Şekil 2. Tukey Methodu ile Aykırı Değer Tespiti

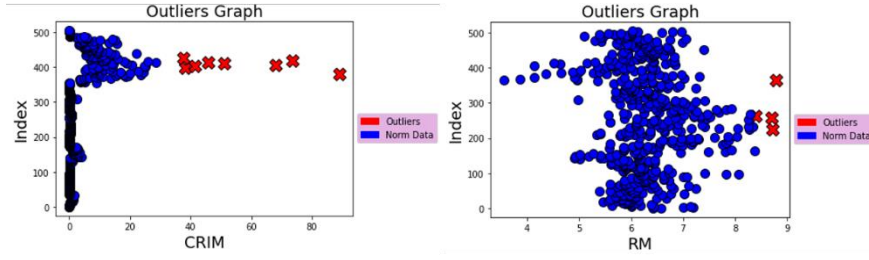


### 4.2. Z-Score Yöntemi

Aykırı değerler için kullanılabilir başka bir yöntem, ortalama ve standart sapmayı kullanan Z-Skorudur. Z-skoru, bir veri noktasının veri kümesinin geri kalanından ne kadar uzakta olduğunu söyleyen istatistiksel bir ölçüdür (Seo ve Gary M. Marsh, 2006).

Şekil 2.'de çalıştırılan Z-Score yöntemi ile CRIM sütununda 8, RM sütununda 4 aykırı değer tespit edilirken B sütununda ise hiç aykırı değer bulunamamıştır.

Şekil 3. Z-Score Methodu ile Aykırı Değer Tespiti

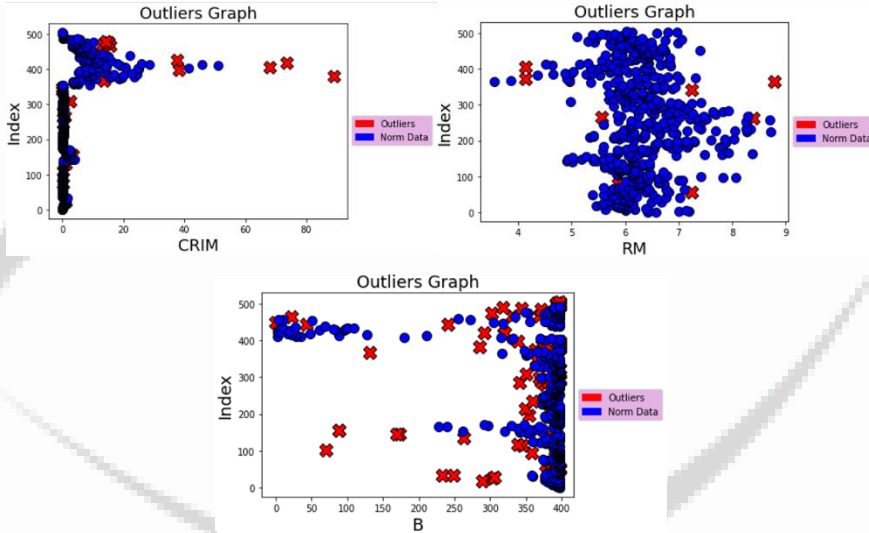


### 4.3. Hampel Filter Yöntemi

Hampel filter yöntemi, aykırı değerlerin çıkarılmasında oldukça sağlam ve etkili olduğu düşünülmektedir. Hampel filter, önceden tanımlanmış bir eşik, T ve verilen veri dizisinin seçilen yarım pencere uzunluğunun medyan değeri olmak üzere iki parametre üzerinde çalışır (Bhowmik vd., 2018).

Şekil 3.'de çalıştırılan Hampel Filter yöntemi ile CRIM sütununda 23, RM sütununda 9, B sütununda ise 99 tane aykırı değer tespit edilmiştir.

Şekil 4. Hampel Filter Methodu ile Aykırı Değer Tespiti

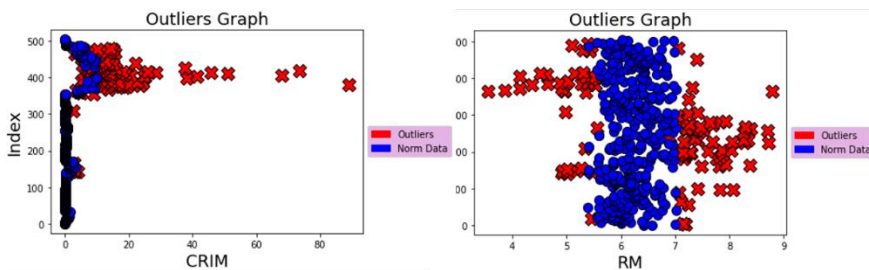


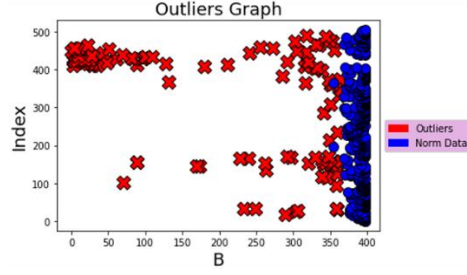
### 4.4. Isolation Forest Yöntemi

Isolation Forest yöntemi ormandaki her bir ağacın ilgili veri noktası ile olan uzaklığını hesaplar ve aykırı değer skorunu belirler. Veri setinde gerekli analiz süreçleri sonrası aykırı değer adaylarını araştırmayı amaçlar. Yüksek hassasiyet ile topluluk tabanlı denetimsiz aykırı değer algılama yöntemidir (Cheng vd., 2019).

Şekil 4.'de çalıştırılan Isolation Forest yöntemi ile CRIM sütununda 101, RM sütununda 101, B sütununda ise 101 tane aykırı değer tespit edilmiştir.

Şekil 5. Isolation Forest Methodu ile Aykırı Değer Tespiti



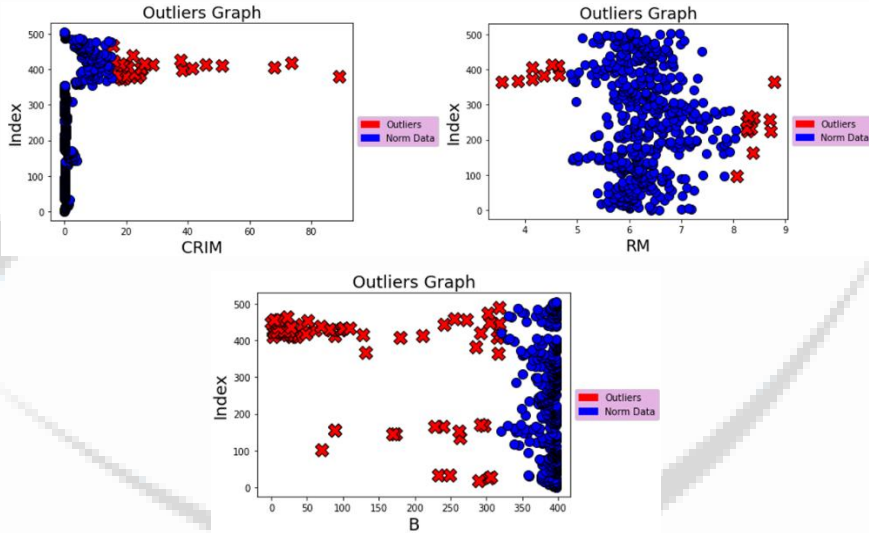


#### 4.5. MAD Yöntemi

Medyan Mutlak Sapma yöntemi, veri setinin aykırı değerlerinin varlığından büyük ölçüde etkilenmeyen temel yöntemlerden biridir. (Seo ve Gary M. Marsh, 2006). Zamanın bir noktasındaki tüm zaman serilerinin medyan veya "mean" değeri, o zaman damgasındaki tüm zaman serileri için normal davranışı tanımlar (Dave ve Varma, 2014).

Şekil 5.'de çalıştırılan MAD yöntemi ile CRIM sütununda 27, RM sütununda 19, B sütununda ise 63 tane aykırı değer tespit edilmiştir.

Şekil 6. MAD Methodu ile Aykırı Değer Tespiti

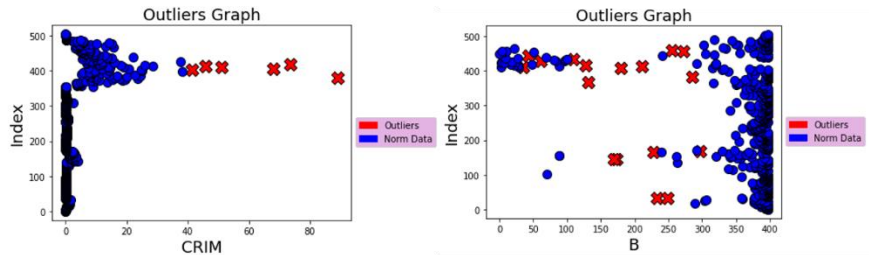


#### 4.6. DBScan Yöntemi

DBSCAN yoğunluk tabanlı ve denetimsiz bir makine öğrenme algoritmasıdır. Girdi olarak çok boyutlu verileri alır ve bunları model parametrelerine göre kümeler (Schubert vd., 2017).

Şekil 6.'da çalıştırılan DBScan yöntemi ile CRIM sütununda 6, B sütununda ise 17 tane aykırı değer tespit edilirken RM sütununda tespit edilememiştir.

Şekil 7. DBScan Methodu ile Aykırı Değer Tespiti

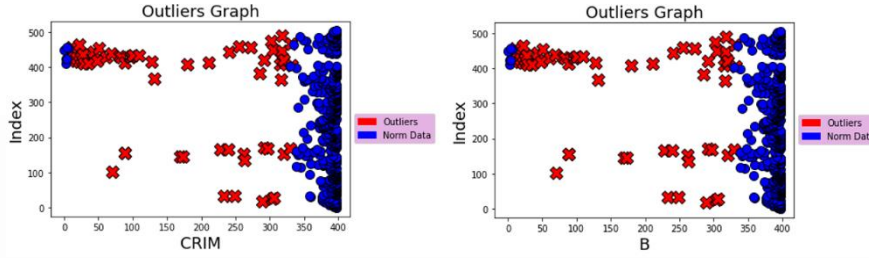


#### 4.7. Rosner Yöntemi

Rosner tarafından geliştirilen bir parametrik test, 25 veya daha fazla örneklem büyüklüğü için 10'a kadar aykırı değeri tespit etmek için kullanılabilir. Bu test, şüpheli aykırı değerler içermeyen verilerin normal olarak dağıldığını varsayar. Bu nedenle bu testi uygulamadan önce normallik testi yapılması gerekmektedir. Veriler normal dağılmamışsa, verilerin dönüştürülmesi gerekmektedir (US EPA, 2006).

Şekil 7.'de çalıştırılan Rosner yöntemi ile CRIM sütununda 63, B sütununda da 63 tane aykırı değer tespit edilirken RM sütununda aykırı değer tespit edilememiştir.

Şekil 8. Rosner Methodu ile Aykırı Değer Tespiti



#### 5. SONUÇ

Tukey, Z-Score, Hampel Filter, Isolation Forest, Rosner, DBScan ve MAD çeşitli aykırı değer etiketleme yöntemlerinin performansı, hangi yöntemlerin aykırı değerleri tespit etmek ve işlemek için daha güçlü bir yola sahip olduğunu değerlendirmek için sklearn kütüphanesi içerisinde bulunan boston veri seti kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir.

Veriler arasındaki uzaklık normal dağılım altında etkili olan aykırı değer etiketleme yöntemlerinde olası aykırı değerleri belirlemek için kullanılır. Z-Score ve Tukey yöntemleri maskeleyen problemlerden etkilenir, bu nedenle algılama hassasiyeti düşüktür. MAD iki standart sapmadan fazla olan herhangi bir nokta için potansiyel aykırı değer olarak işaretlemek olan tek boyutlu verilerde aykırı değerleri bulmanın en yaygın yollarından biridir. Rosner yönteminde küçük veriler için daha net sonuçlar elde edilmektedir. Rosner tespit edilen aykırı değeri küme içerisinden çıkartır ve tekrar bir hesaplama gerçekleştirir. Gerçekleştirilen hesaplama içerisinde veri boyutu önemli bir etkidir. Hampel Filter, Isolation Forest yöntemlerinin veri türü ve boyutuna göre aykırı değer tespit etme duyarlılığı değişiklik göstermektedir. DBScan yönteminin ise büyük veriler ile daha anlaşılır sonuçlar ortaya koyduğu gözlemlenmiştir.

Z-Score yöntemi ile daha az aykırı değer tespit edilirken, değerlerler arasındaki aralık gözle görülür şekildedir. Tukey yöntemi daha fazla aykırı değer tespit etmiş ancak veriler arasındaki uzaklık Z-Score göre daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak Z-Score yöntemi tek taraflı sınır baz alarak çalışırken, Tukey yöntemi verinin iki sınırını baz alarak bir çıktı üretmektedir. Bu durumda aykırı değer tespit yöntemleri arasında Tukey ve Z-Score en kullanılabilir yöntem olarak seçilmiş ancak veri ve boyuta göre sınırları açısından farklılık gösterebilmektedir.

#### KAYNAKÇA

Bhowmik, S., Jelfs, B., Arjunan, S. P., & Kumar, D. K. (2018). Outlier removal in facial surface electromyography through Hampel filtering technique. 2017 IEEE Life Sciences Conference, LSC 2017, 2018-January, 258–261. <https://doi.org/10.1109/LSC.2017.8268192>

Campbell, M., Hoane, A. J., & Hsu, F. H. (2002). Deep Blue. *Artificial Intelligence*, 134(1–2), 57–83. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(01\)00129-1](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(01)00129-1)

Cheng, Z., Zou, C., & Dong, J. (2019). Outlier detection using isolation forest and local outlier. *Proceedings of the 2019 Research in Adaptive and Convergent Systems, RACS 2019*, 161–168. <https://doi.org/10.1145/3338840.3355641>

- Chong, J., & Chang, Y. (2021). *How to Lead in Data Science*. MANNING.
- Dave, D., & Varma, T. (2014). A Review of various statistical methods for Outlier Detection. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*, 5(2), 137–140.
- Drozdo, V. N., Kim, V. A., & Lazebnik, L. B. (2011). [Modern approach to the prevention and treatment of NSAID-gastropathy]. In *Èksperimental'naiia i klinicheskaia gastroènterologiiia = Experimental & clinical gastroenterology*.
- Džeroski, S. (2008). Data Mining. In *Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set*. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00153-1>
- Entwistle, A. (1988). What Is Artificial Intelligence? *Engineering Materials and Design*, 32(3), 1–14. <https://doi.org/10.1201/9781003080626-1>
- Granter, S. R., Beck, A. H., & Papke, D. J. (2017). AlphaGo, deep learning, and the future of the human microscopist. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 141(5), 619–621. <https://doi.org/10.5858/arpa.2016-0471-ED>
- Gudivada, V. N., Ding, J., & Apon, A. (2017). Data Quality Considerations for Big Data and Machine Learning: Going Beyond Data Cleaning and Transformations Research Topic “Data Quality for Big Data and Machine Learning” in *Frontiers in Big Data View project Web Search Engines View project Data Quality Considerations for Big Data and Machine Learning: Going Beyond Data Cleaning and Transformations*. *International Journal on Advances in Software* (2017), 10.1(July), 1–20.
- Kannan, K. S., Manoj, K., & Arumugam, S. (2015). Labeling Methods for Identifying Outliers. *International Journal of Statistics and Systems(IJSS)*, (November).
- Nicolini, A., Lemyze, M., Esquinas, A., Barlascini, C., & Cavalleri, M. A. (2017). Predictors of noninvasive ventilation failure in critically ill obese patients: A brief narrative review. *Advances in Respiratory Medicine*, 85(5), 264–270. <https://doi.org/10.5603/ARM.a2017.0044>
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making. *Big Data*, 1(1), 51–59. <https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>
- Rorabacher, D. B. (1991). Statistical Treatment for Rejection of Deviant Values: Critical Values of Dixon's “Q” Parameter and Related Subrange Ratios at the 95% Confidence Level. *Analytical Chemistry*, 63(2), 139–146. <https://doi.org/10.1021/ac00002a010>
- Schubert, E., Sander, J., Ester, M., Kriegel, H. P., & Xu, X. (2017). DBSCAN revisited, revisited: Why and how you should (still) use DBSCAN. *ACM Transactions on Database Systems*, 42(3). <https://doi.org/10.1145/3068335>
- Seo, S., & Gary M. Marsh, P. D. (2006). A review and comparison of methods for detecting outliers in univariate data sets. *Department of Biostatistics, Graduate School of Public Health*, 1–53.
- Shah, H., Warwick, K., Vallverdú, J., & Wu, D. (2016). Can machines talk? Comparison of Eliza with modern dialogue systems. *Computers in Human Behavior*, 58, 278–295. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.01.004>
- Stiles, B. J. (1986). AIDS: how a problem became a priority. *Foundation News*, 27(2), 48–56.
- US EPA. (2006). *Data Quality Assessment: Practitioners Statistical Methods for*. (February), 1–190.
- Yao, Q., Wang, M., Chen, Y., Dai, W., Li, Y.-F., Tu, W.-W., ... Yu, Y. (2018). Taking Human out of Learning Applications: A Survey on

**Presentation ID / Sunum No: 40**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0001-6459-386X

## **Medikal Uygulamalarda Fiber Katkılı Kompozitlerin Yeri ve Önemi**

**Dr. Öğretim Üyesi Tarkan Akderya<sup>1</sup>, Rumeysa İncesu<sup>1</sup>,  
Dr. Öğretim Üyesi Cemal Bilir<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>*İzmir Bakırçay Üniversitesi*

### **Özet**

*Kompozit malzemeler, en az iki farklı malzemenin bir araya gelerek yeni bir malzeme oluşumunun gerçekleştiği bir malzeme grubudur. Fiber katkı polimer kompozitler, biyouyumluluk kabiliyetleri, implantasyon üzerine yüksek hücre yapışması sağlaması, biyobozunabilirlik kabiliyetleri, düşük inflammatuar reaksiyon göstermeleri, hafif ağırlıkları, yüksek mekanik özellikleri ve yüksek işlenebilirlik kabiliyetleri ve biyouyumlulukları gibi avantajlarından dolayı metal ve seramik malzemelere kıyasla tıp sektöründe oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Fiber katkı kompozit malzemeler üzerine, üstün özellikleri ve çeşitli endüstriyel kullanım alanlarına sahip olmaları nedeniyle birçok araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, fiber katkı kompozitlerde kullanılan lif türlerinden, liflerin sağladığı mekanik özelliklerden, biyotıbbi uygulamalar için önemli bir biyomalzeme grubu haline gelen poliaromatik yarı kristal yapılı termoplastik polimer olan polietereterketon (PEEK) yapılı kompozit malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve yaygın biyomedikal uygulamalarından bahsedilecektir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Fiber Katkılı Kompozitler, Biyomedikal Uygulamalar*

### ***Biomedical Applications of Fiber Reinforced Composite Materials***

### **Abstract**

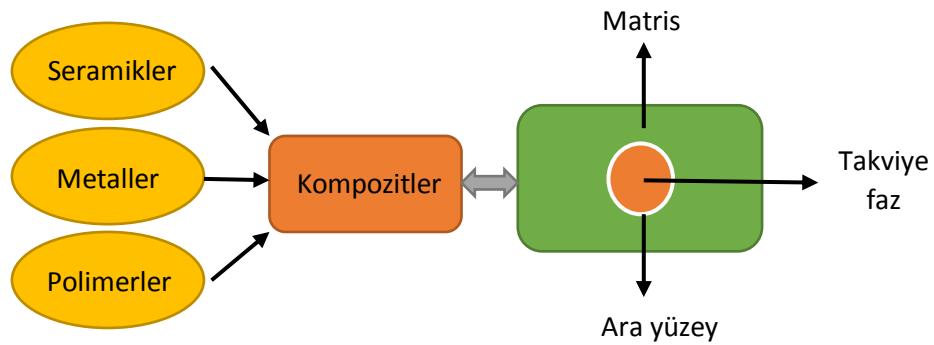
*Composite materials are a group of materials in which at least two different materials come together to form a new material. Fibre-reinforced polymer composites have a wide range of applications in the medical industry compared to metal and ceramic materials due to their advantages such as biocompatibility, high cell adhesion on implantation, biodegradability, low inflammatory reaction, lightweight, high mechanical properties and high machinability and biocompatibility. Many research and development studies are carried out on fibre-reinforced composite materials due to their superior properties and various industrial uses. In this study, the types of fibres used in fibre-reinforced composites, the mechanical properties provided by the fibres, and the physical and chemical properties of the polyaromatic semi-crystalline thermoplastic polymer polyetheretherketone (PEEK) composite material, which has become an important biomaterial group for biomedical applications, will be discussed.*

**Keywords:** *Fiber Reinforced Composites, Biomedical Applications*

## Giriş

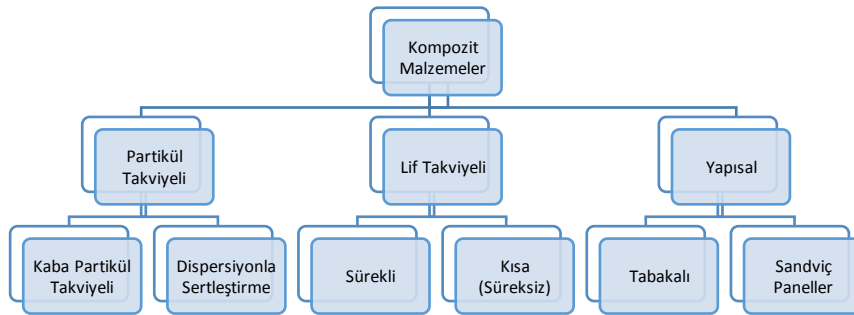
Biyomedikal alanda önemli bir yere sahip olan biyomalzemeler, çoğunlukla tıbbi uygulamalarda ve biyoteknoloji alanında kullanılırlar. Biyomalzeme, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirebilen, iskelet sistemini onarabilen ya da destekleyebilen ve biyouyumlu olan doğal veya yapay malzemelere denilmektedir. Biyouyumluluk ise malzemenin kullanıldığı in vivo veya in vitro ortamdaki süresi boyunca, vücut sistemine uygun cevap verme, vücut sistemiyle uyumlanma, malzeme ile temas eden dokuların normal fonksiyonlarına engel olmama ve iltihaplanma oluşturmama yeteneği olarak tanımlanabilir. In vivo veya in vitro olarak kullanılabilen, biyouyumluluğu yüksek biyomateryaller metalik biyomateryaller, biyoseramikler, polimer biyomateryaller ve biyokompozitler şeklinde sıralanabilir [1].

Kompozit malzemeler; en az iki farklı malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan bir malzeme grubudur. Bu malzemenin amacı, tek başına herhangi bir bileşeninde bulunmayan bir özelliği, malzemeleri bir araya getirerek bileşenlerinden daha üstün özelliklere sahip farklı bir materyale dönüştürmektir [1]. Kompozit malzemelerin yapısal gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Kompozit malzemelerin yapısal gösterimi

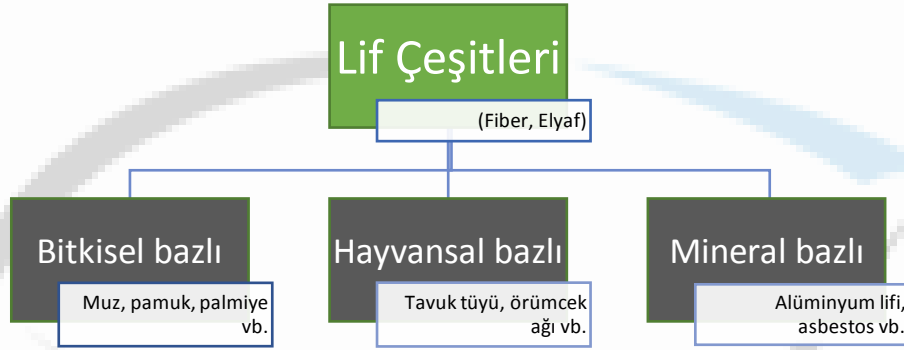
Genel olarak kompozitler bir matris faz ve bir takviye fazdan oluşurlar. Matris faz, kompozit bileşenleri bir arada tutan yapıştırıcı görevi görürken, takviye edici faz ise kompozit yapıya mekanik dayanıklılık verir. Ayrıca son ürüne istenilen fiziksel ve mekanik özellikleri verebilmek veya malzemenin performansını arttırmak amacıyla kompozit malzemelere çeşitli katkı maddeleri eklenebilir. Takviye edici malzemenin yapısına göre kompozitler üç kısımda incelenebilir: partikül takviyeli kompozitler, lif takviyeli kompozitler, yapısal kompozitler [2]. Bunlar Şekil 2’de şematize edilmiştir.



Şekil 2. Kullanılan takviye türüne göre kompozitler

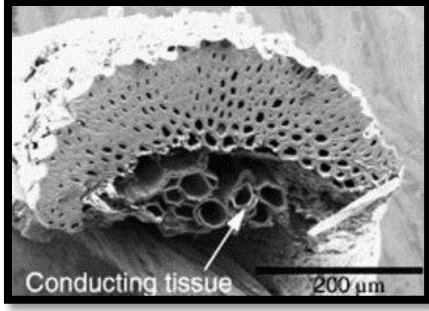
## Fiber ile Güçlendirilmiş Kompozitler ve Medikal Uygulamaları

Fiber (lif) takviyeli kompozitler ve bu kompozitlerin medikal alanda kullanımlarından bahsedilecek olursa; fiber takviyeli kompozitlerde takviye fazı olarak lif kullanılmaktadır. Lif, bir boyutu, diğer boyutuna göre çok büyük olan, doğal veya yapay olarak elde edilebilen, dayanımları ve elastisite modülleri aynı malzemenin büyük hacimli formuna göre çok büyük olan yapı malzemeleri olarak tanımlanır. Takviye edici faz olan bu liflerin malzemedeki temel görevi ise, malzeme üzerindeki çatlakları azaltırken aynı zamanda tokluğu artırarak malzeme özelliklerinde iyileştirme sağlamaktır [2]. Polimerlerin takviye edilmesindeki amaç ise; elastik modül, dayanım, kopma uzaması gibi mekanik özelliklerin ve biyoaktivitenin iyileştirilmesidir. Bu tür kompozit malzemelerde liflerin uzunluğu, malzemenin özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Kullanılan liflerin uzunluğu belirli bir sınıra üzerinde ise “sürekli lif takviyeli kompozitler”, belirli bir sınırın altında ise “kısa (sürekli) lif takviyeli kompozitler” olarak isimlendirilir. Lif uzunluğunun sınır değeri, lif olarak kullanılan malzemenin çapına, çekme dayanımına ve lif-matris bağ kuvvetine bağlı olarak değişen bir değerdir [2, 3]. Kompozitlerde liflerin malzeme kökenlerine göre sınıflandırılması Şekil 3’te gösterilmiştir.

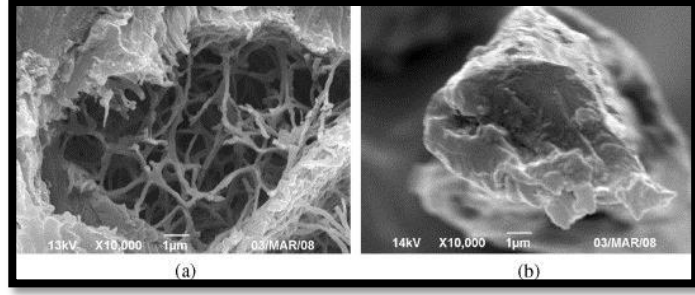


Şekil 3. Elde edildikleri malzemelere göre lif türleri

Lifler, takviye edici faz olarak kullanıldıkları kompozit malzemelerle, vücut içerisinde kendilerine uygulama alanı buldukları yumuşak ve sert doku ortamlarına mekanik olarak uyum göstermek zorundadırlar. Bu da liflerin birçok mekanik özelliğinin insan dokularının mekanik özelliği ile kıyaslanmasıyla gerçekleşir. Kullanılacağı ortama göre bu lifleri içeren kompozitlerin mekanik özelliği ve dokunun mekanik özellik değerleri birbirine eş veya yakın olmalıdır. Ayrıca bu lifler, hayvansal ve bitkisel kaynaklardan elde edilip farklı boyutta ve özellikte malzeme üretimine katkı sağlayabilmektedir [4]. Tablo 1’de bazı liflerin ve insan dokusunun mekanik özellikleri yer almaktadır. Ayrıca aşağıda Şekil 4 ve Şekil 5’te sırasıyla bitkisel ve hayvansal kaynaklı liflere ait SEM görüntüleri de verilmiştir.



Şekil 4. Sisal lifinin kesiti [5]



Şekil 5. (a) Tavuk tüyü lifi, (b) kuş tüyü lifi [5]

Tablo 1. Kompozit uygulamalar için farklı tipteki doğal liflerin mekanik özellikleri [5]

	Materyal	Kopma Uzaması (%)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Young Modülü (GPa)
Doğal fiberler	Muz	3	529-914	27-32
	Kenaf	3,5	295-1191	2,86
	Keten	1,3-10	300-1500	24-80
	Sisal	2-25	80-840	9-38
	Pamuk	3-8	264-800	5-12,6
	Örümcek ağı	17-18	875-972	11-13
İnsan dokusu	Elastik kıkırdak doku	30	3	-
	Aort	77-81	0,07-1,1	-
	İnsan derisi	78	7,6	-
	Kalp kapakçığı	10-15,3	0,45-2,6	-
	Tendon	9,4-12	53-150	1,5
	Sert doku	1-3	130-160	77-81

## Kompozitlerin Ortopedik Uygulamalarda Kullanımı

Günümüzde birçok insan için ciddi sorunlar oluşturan kemik rahatsızlıklarının iyileşme sürecine yardımcı olmak amacıyla hastanın yaşam standardının artırılabilmesi için vücut içerisine çeşitli biyomalzemeler yerleştirilebilir. Bu gibi durumlar kemiklerin yerine yapay kemiklerin kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapay kemik uygulamalarında ve kemik rahatsızlıklarının tedavisinde metal ve seramik malzemeler yaygın olarak kullanılıyorken, günümüzde bu malzemelere alternatif olarak polimer kompozit malzemeler eklenmiştir [2].

Polimer kompozitlerin sağlayabildiği korozyona direnç, metal yorgunluğunun ve metal iyonlarının salınımının görülmemesi ve kırılma eğiliminin azalması gibi birçok avantaj medikal alanda kompozit malzeme kullanımını artırmıştır. Metal iyonlarının, örneğin nikel ve krom, vücut içerisine salınımı implantı zayıflatmaktan başka, hasta üzerinde alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir [6].

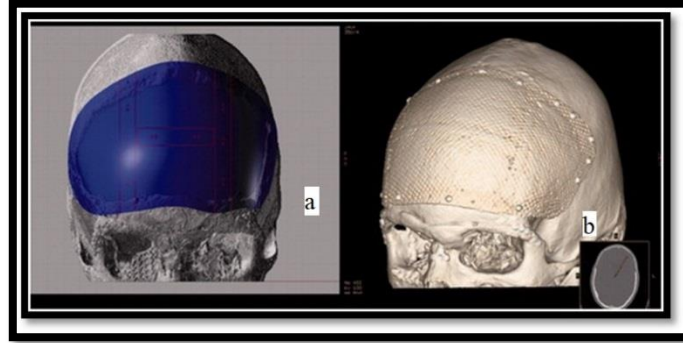
Ortopedik uygulamalarda kullanılan malzemeler ile ilgili karşılaşılan en önemli problem, kullanılan metal ve seramikler ile kemik arasındaki mekanik özelliklerin büyük oranda farklılık göstermesidir. Ortopedik uygulamalarda kullanılan metal ve seramikler, kemik ile implant arasındaki yükü paylaşırken, taşınan yük malzemenin sertliği ile doğru orantı içerisinde olur. Bu nedenle kemiğe göre daha sert olan bu malzemeler kullanıldığında ve kemiğin taşıyacağı yük miktarı implantın taşıyacağı yük miktarı ile kıyaslandığında yetersiz kalacaktır. Bütün bu sebepler, metal ve seramiklere kıyasla düşük elastik modüle sahip ancak dayanımı yüksek olan kompozit malzemelere olan ilgiyi artırmıştır [2].

Kompozit malzemeler ortopedik uygulamalarda özellikle kemik sabitleme plakalarında, kalça eklemi replasmanında ve kemik greftlerinde geniş kullanım alanı bulmaktadır [2]. Ortopedik uygulamalarda kullanılan FGK örnekleri Şekil 6’da verilmiştir.



**Şekil 6.** Hidroksiapatit kaplamalı ve kaplamasız, karbon fiber takviyeli termoplastik kalça protezi [7]

Ortopedik cerrahide kullanılan kompozit malzemelerde takviye faz olarak cam fiberin kullanılması, metaller, seramikler ve polimerlerden yapılmış implantlara nazaran kompozit malzemenin çeşitli eksikliklerini ortadan kaldırmıştır. Fiber ile güçlendirilmiş kompozit malzemenin osteoiletkenliğini ve osteoindüktivitesini iyileştirmek için, FGK implantlarının yüzeyine veya iç boşluğuna biyoaktif cam (BC) parçacıkları eklenerek gerçekleştirilecek bir operasyonda, bilgisayar destekli tasarım programı ile kusurlu alana uygun implant tasarımının öncesi ve sonrası Şekil 7’de gösterilmiştir [8]. Ayrıca Şekil 8 ve Şekil 9’da lif takviyeli kompozit malzemelerle üretilmiş FGK kalça eklem protezlerinin görsellerine yer verilmiştir.



**Şekil 7.** (a) Kranioplasti operasyonundan sonra FGK-BC implantının defekt alanı ve (b) bilgisayarlı tomografi rekonstrüksiyonu ile hastaya özel FGK-BC implantının bilgisayar destekli tasarımı [8].



Şekil 8. Karbon / cam elyaf katkılı alümina başlıklı ve kompozit gövdeli bir kalça protezinin görüntüsü [9].

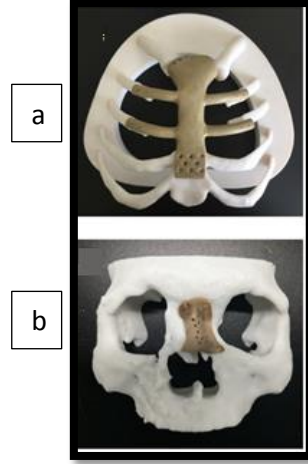


Şekil 9. Karbon fiber takviyeli termoplastik kalça protezi [10].

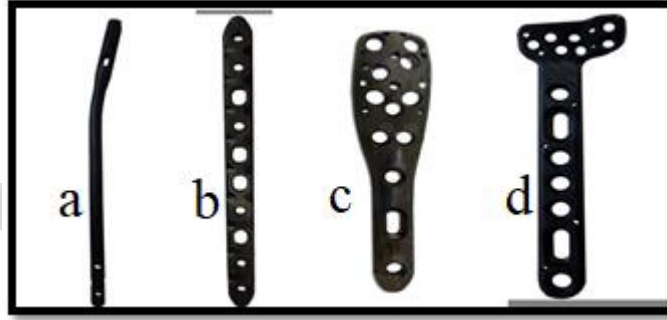
### PEEK Kompozitlerinin Özellikleri

Son yıllarda, kraniyomaksillofasiyal cerrahide adını sıkça duyuran polieter eter keton (PEEK) üzerinde geniş çapta araştırma yapılmıştır. Poliaromatik, yarı kristal yapılı ve termoplastik bir polimer olan PEEK, biyomedikal uygulamalar için uygun mekanik özelliklere sahip bir malzemedir. İnert bir bileşik olan PEEK'nin elastisite modülü (3–4 GPa), insan kortikal kemiğinkine (7–30 GPa) yakın olması sebebiyle omurga cerrahisi, ortopedik cerrahi, maksillofasiyal cerrahi gibi farklı cerrahi alanlarda kullanılmaktadır [11, 12].

Biyomedikal uygulamalar için kullanılan karbon fiber ile güçlendirilmiş PEEK (KFG-PEEK), kullanılan karbon fiber miktarına ve üretim yöntemlerine bağlı olarak malzemenin kopma uzaması azalırken, Young modülü ve çekme mukavemeti artar. Böylece insan kortikal kemiğine yakın bir elastik modülüne sahip olmuş olur. Bununla birlikte saf PEEK ve KFG-PEEK malzemeleri yüksek mukavemete sahip olmaları sebebiyle, femoral gövde, total kalça replasmanları ve kalça yüzey yenileme dahil birçok ortopedik uygulamada kullanılmaktadır [11,12]. PEEK'nin osteosentez plakaları, nazal, maksiller veya mandibular gibi rekonstrüksiyonlara ait uygulama görüntüleri Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmiştir.



**Şekil 10.** PEEK'nin klinik uygulamaları; (a) göğüs kemiği ve (b) burun rekonstrüksiyonları [11].



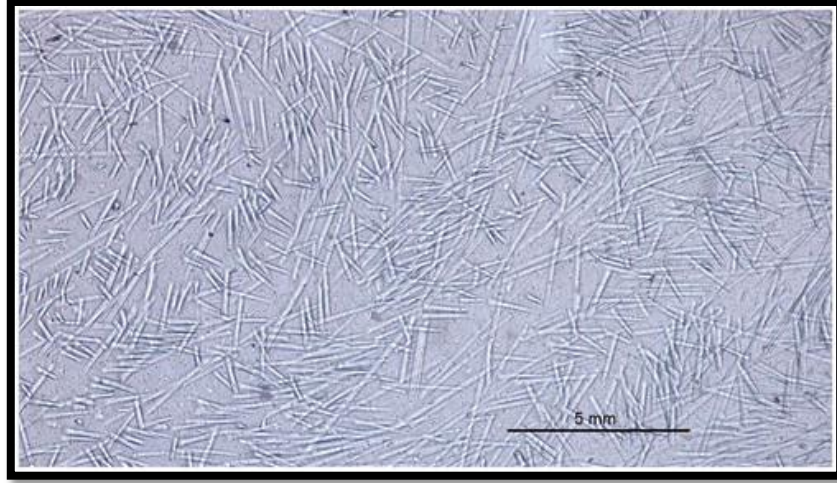
**Şekil 11.** KFG-PEEK: (a) 10 mm tibial tırnak, (b) dinamik sıkıştırma plakası, (c) proksimal humerus plak ve (d) distal radius volar plak [13].

### **Dental Alanda Fiber Takviyeli Kompozitlerin Gelişimine ve Durumuna Genel Bir Bakış**

Seramiklerin ex vivo fabrikasyon aşamaları, metallerin korozyona uğraması, metal iyonu ve nanopartikül salınımı, yük taşıyan diş restorasyonları ve cerrahi implantlar için tokluk ve mukavemet eksikliği gibi sebepler, hekimleri, bu restorasyonlara alternatif olan FGK'leri kullanmaya yöneltmiştir [8].

Dental restorasyonlar için ideal bir materyal hem yerinde kalıplanabilir olmalı hem de altta yatan diş yüzeyine dayanıklı yapışma sağlamalıdır. Ayrıca işlendikten sonra yüksek mukavemet ve yüksek tokluk sağlamalıdır. FGK'ler ise bu gereksinimleri malzeme bilimi perspektifinden karşılamaktadır [8].

Şekil 12'de ise dental alanda kullanılan ve cam fiber ile güçlendirilmiş bir kompozitin ışık mikroskobu altındaki görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 12.** Çift katmanlı direkt rezin kompozit restorasyonlarda kullanılan süreksiz cam FGK'nin ışık mikroskobu altındaki görüntüsü [8].

## Sonuç

Kompozit malzemeler sağlık, otomotiv, inşaat, doku mühendisliği, diş hekimliği vb. alanlarda çeşitli uygulamaları ve yara iyileşmesindeki etkinlikleri ile gelecek vaat eden malzemeler olarak görülmektedir. İmplantasyon üzerine yüksek hücre yapışması, biyouyumlu olması, biyolojik olarak parçalanabilir olması ve düşük inflamatuvar reaksiyon göstermesi gibi birçok avantajı vardır. Ayrıca biyouygulamalar için polimer kompozitlerin düşük maliyetli, doğal ve sentetik matrislerinin olması ve kolay üretilibilmeleri de avantajları arasında sayılabilmektedir.

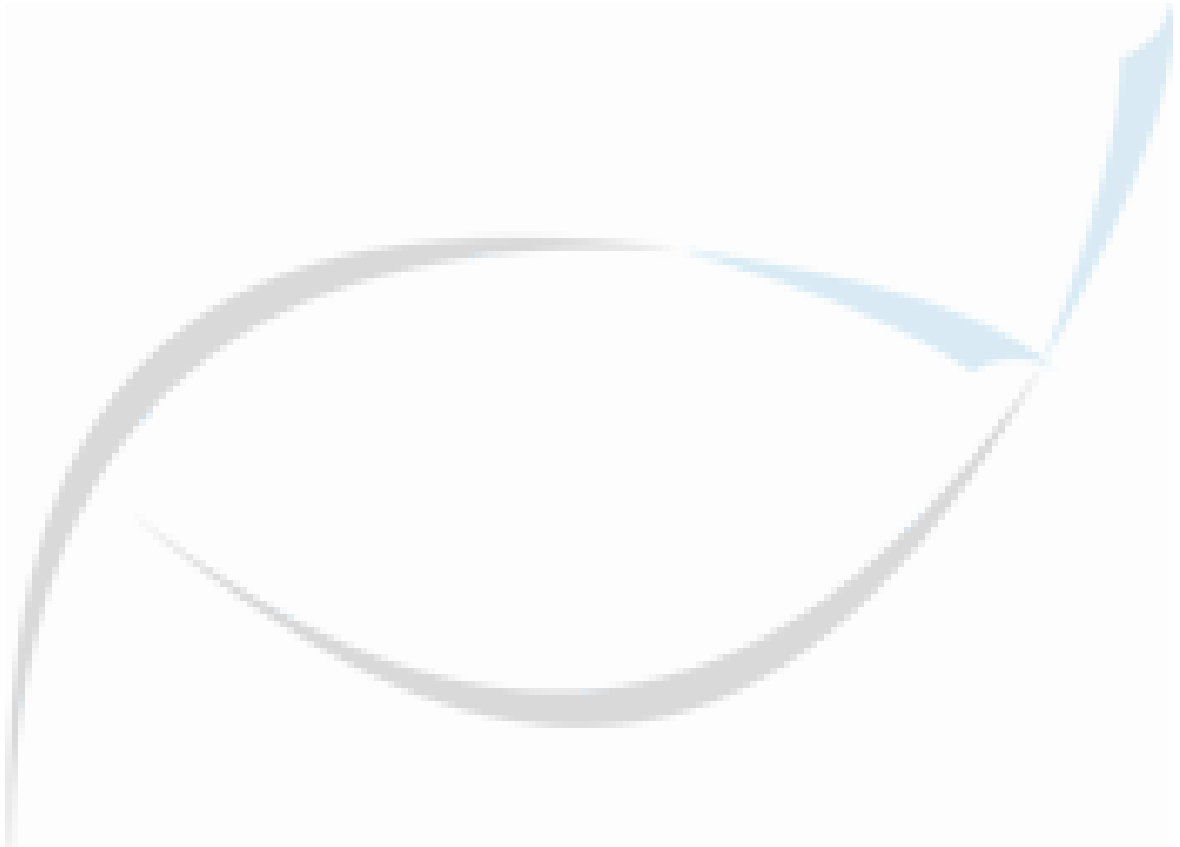
## KAYNAKÇA

- [1] Tüylek, Z., Biyomateryaller ve Sağlıkta Kullanımı. Bozok Tıp Derg. 2017; Cilt:7, Sayı: 4, 80-9.
- [2] Şahan, B. G. (2010). Hidroksiapatit Katkılı Yapay Kemik Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Bağlayıcı Ajanları Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [3] Topsakal, A., Özel, C. Lif Takviyeli Polimer Kompozit Malzemelerde Lif Türü ve Oranının Fiziksel ve Mekanik Özelliklere Etkisi. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi. 2018; Cilt: 5, Sayı: 1, 107-116.
- [4] Çırak, Z. D., Yakıncı, D. B. Tıbbi Uygulamalarda Kullanılan Biyouyumlu Malzemeler. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi. 2020; Cilt: 8, Sayı: 2, 515-526.
- [5] Cheung, H. Y., Ho, M. P., Lau, K. T. vd. Composites. 2019; Cilt: 40, Sayı: 7, 655-663.
- [6] Gümüşderelioğlu, M. Biyomalzemeler. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi. Temmuz 2002; 11.
- [7] Iftekhar, A. Biomedical Composites. University of Minnesota, Minneapolis. 2004; Chapter 12.4.
- [8] Vallittu, P. K., An overview of development and status of fiberreinforced composites as dental and medical biomaterials. Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica. 2018; Cilt: 4, Sayı: 1, 44-55.
- [9] Gloria, A., Ronca, D., Russo vd. Technical features and criteria in designing fiber-reinforced composite materials: from the aerospace and aeronautical field to biomedical applications. 2011; Cilt: 9, Sayı: 2, 151-163.
- [10] Kompozit Hayalleri. "Biyomedikal Uygulamalarında Kompozit Malzeme Kullanımı". Erişim:17.09.2021. <http://kompozithayalleri.com/biyomedikal-uygulamalarinda-kompozit-malzeme-kullanimi/>.

[11] Han, X., Yang, D., Yang, C. vd. Carbon Fiber Reinforced PEEK Composites Based on 3D-Printing Technology for Orthopedic and Dental Applications. Journal of Clinical Medicine. 2019; Cilt: 2, Sayı: 8, 240.

[12] Panayotov, I. V., Orti, V., Cuisinier, F. vd. Polyetheretherketone (PEEK) for medical applications. Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2016; Cilt:27, Sayı:7, 118.

[13] Steinberg E. L., Rath E., Shlaifer A., Checkik O., Maman E., Salai M. (2012). Karbon fiber takviyeli PEEK Optima—Ortopedik travma implantları için CF-PEEK kompozitlerinin kompozit malzeme biyomekanik özellikleri ve aşınma/enkaz özellikleri. Biyomedikal Malzemelerin Mekanik Davranışı Dergisi. 2013; Cilt: 17, sayı: 221-228.



## M-Tahminine Dayalı z-Istatistiğinin Karesinin q-Deforme Formu Üzerine

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Niyazi Çankaya<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Uşak Üniversitesi

### Özet

Rastgele değişken ve rastgele değişkenin bir fonksiyonu olarak istatistik, dağılım özelliğine sahiptir. Bir tür değişken dönüşümü olarak en iyi bilinen test istatistiği genellikle hipotezi test etmek için kullanılır. Bu çalışmada, M-tahminine dayalı z-test istatistiği önermek için q-deforme edilmiş bölme formu kullanılmıştır. M-fonksiyonu kapalı bir forma sahip olduğundan, kullanılan değişken dönüşümü için yeni bir dağılım üretmek için matematiksel bir adım yapmak kolay değildir. Bu nedenle, M-tahminine dayalı olarak z-istatistiğinin karesinin q-deforme edilmiş formunu belirlemek için hesaplama tekniklerini kullanmamız gerekiyor. Bilindiği gibi, z-istatistiğinin kare dağılımı ki-karedir ve gama dağılımının özel hali ki-karedir. Bu nedenle gama dağılımı kullanılmış ve parametreleri maksimum olabilirlik tahmin yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Hesaplama prosedürü kullanılarak oluşturulan test istatistiğinin değerleri, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling gibi uyum iyiliği testleri kullanılarak, yeni test istatistiğinin gama üzerinde bir dağılımın olup olmadığı şekil ve ölçek parametreleri tahmin edilerek test edilmiştir. Deforme olmuş bölme ve ağırlık fonksiyonuna sahip M-tahmini kullandığımızdan, bu yeni istatistiğin hesaplamalı dağılımını, tahmin edilen parametrelerle gama dağılımı takip eder. Ayrıca sonuçlar, konum ve ölçek parametreleri için M-tahminindeki ağırlık fonksiyonunun yeni test istatistiğinin dağılımını belirlediğini ve yeni istatistiğin hesaplamalı dağılımının gama dağılımı olduğu seçilen ağırlık fonksiyonu ve q'nun değerine göre gözlemlendi. Normallik varsayımı ihlal edildiğinden, bu yeni test istatistiği, bir hipotez gerçekleştirmek için kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** M-Tahmin, Sağlamlık, Test İstatistiği, Q-Deformasyon

---

### On the Q-Deformed Form of Square of Z-Statistic Based On the M-Estimation

#### Abstract

The random variable and the statistic as a function of random variable have a distributional property. The most well known test statistic as a kind of variable transformation is generally used to test the hypothesis. In this study, the q-deformed form of division is used to propose z-test statistic based on the M-estimation. Since the M-function has an implicit form, it is not easy to do a mathematical tractability to produce a new distribution for the used variable transformation. For this reason, we need to use the computational techniques to determine the q-deformed form of square of z-statistic based on the M-estimation. As is well-known, the distribution of square of z-statistic has the chi-square and the special form of gamma distribution is chi-square. For this reason, the gamma distribution is used and its parameters are estimated by using the maximum likelihood estimation method. The values of the generated test statistic via using the computational procedure are tested by using the goodness of fit tests such as Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling whether or not the new test statistic has a distribution on gamma with shape and scale parameters estimated. Since we use the deformed division

and the  $M$ -estimation having weight function, the computational distribution of this new statistic is followed by gamma distribution with the estimated parameters. Further, the results show that the weight function in the  $M$ -estimation for location and scale parameters determine the distribution of the new test statistic and the computational distribution of new statistic is observed to be gamma distribution according the chosen weight function and the value of  $q$ . Since the normality assumption is violated, this new test statistic can be used to perform a hypothesis.

**Keywords:**  $M$ -Estimation, Robustness, Test Statistic,  $Q$ -Deformation

## 1. GİRİŞ

İstatistik biliminde iki önemli kavram vardır. Bunlardan bir tanesi rastgele değişken ve ilgili değişkenin tanımı olarak yer almaktadır. Bu değişkenin tanımından hareket ile, bir deneyin sonuçları üzerinden olasılık fonksiyonu kurulur ya da rastgele değişken üzerine atanan gözlem değerlerinin bir olasılık (yoğunluk) fonksiyonu oluşturduğu bilinmektedir.

İstatistik bilimindeki ikinci kavram ise, bu rastgele değişkenin bir fonksiyonu olan matematiksel ifade ile ilgilenmektir. Bu durumda, rastgele değişkenin fonksiyonu olan istatistik tanımlanmaktadır. Bu istatistiğin, bir dağılımı olduğu varsayılabilir. Çünkü, bu istatistik aslında bir değişken dönüştürmesine karşılık gelmektedir. Örneğin, normal dağılımın konum parametresinin en çok olabilirlik tahmin edicisi bilinen aritmetik ortalamadır. Aritmetik ortalama,  $X$  değişkeni üzerinde yer alan  $x_1, x_2, \dots, x_n$  gözlem değerlerinin diğer bir ifade ile esasında  $X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n$  değerlerinin toplamının örnek hacmi olan  $n$ 'ye bölünmesi ile elde edilir. İlgili istatistik,  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  şeklinde gösterilir (Gut, 2005:157; Öztürk vd., 2006:1).

Uyum iyiliği test istatistikleri verilerin ya da istatistiklerin hangi dağılımdan geldiğini belirlemede kullanılır. İstatistik literatüründe, farklı sayıda uyum iyilikleri vardır ve bu uyum iyilikleri de özellikle dağılım fonksiyonu ve sıra bilgisi üzerinden gelen yapılar olarak kendi matematiksel kurgusunu oluşturur. Araştırmacılar olarak bizler, bu uyum iyiliği test istatistiklerini kullanarak; örneğin,  $\bar{X}$  istatistiğinin hangi dağılımdan geldiği konusunda, uyum iyiliği testini kullanabiliriz ya da matematik adımlarını işletmemiz gereklidir (Gut, 2005:157; Sheskin, 2003:78).

Bu çalışmadaki amaç, istatistik biliminde yer alan iki önemli durumun kullanılması olacaktır. Birinci durum, rastgele olarak bir dağılımdan üretilen yapay verilerin oluşturulması yani  $X$  değerlerinin elde edilmesi olacaktır. İkinci durum ise; bu değişkenin bir dönüştürmesi sonucu elde edilen, yeni istatistiğin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında, deforme tabanlı yaklaşım ele alınmaktadır. Bu nedenle de; popüler olan  $z$ -test istatistiğinin deforme bölme işlemi uygulanarak, dağılımı bilgisinin ne olacağı araştırılmaktadır. Hangi dağılımdan geldiğini belirlemek için ise, uyum iyilikleri test istatistikleri çalışma kapsamında kullanılmaktadır.

Çalışmanın akış şeması şu şekilde ilerlemektedir. Öncelikle, 2. bölümde önsel bilgiler verilmektedir. Konum ve ölçek parametrelerinin  $M$ -tahmin edicileri verilmiş ve oradan hareket ile de en çok olabilirlik tahmin edicileri verilmektedir. Gamma dağılımı, deforme bölme işlemi ve  $z$ -test istatistiğine yer verilmektedir. 3. Bölümde ise, araştırmanın sonuçları yer almaktadır. Deforme edilmiş  $z$ -test istatistiği önerilmekte ve  $M$ -tahmin edicileri ile kullanımı gösterilmiştir. Simülasyon algoritması verilip; simülasyon sonuçları ile birlikte, sonuç bölümü oluşturulmuştur.

## 2. ÖNSEL BİLGİLER

### 2.1. Konum ve Ölçek Parametrelerinin M-Tahmin Edicileri

Dağılımlarda parametrelerin varlığı veriyi modellemek için önemlidir. Ancak, uygulamalı sahada araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen iki temel istatistik vardır. Bunlar, konum ve ölçek parametreleridir. Bu parametreler, veri setini özetleme de kullanılan önemli bir özelliğe sahiptir. Herhangi bir fonksiyona konum ve ölçek parametreleri değişken dönüştürmesi aracılığı ile eklenebilir.

Veri setinin dağılımı ile ilgili varsayımlardan bağımsız olabilen en yaygın tahmin yöntemi, dayanıklı tahmin yöntemidir. En çok olabilirlik tahmini (EÇO) yönteminin bir genellemesi olan dayanıklı bir tahmin yöntemi olan M-tahmin yöntemini tanımlamak için EÇO yönteminin tanımını kullanabiliriz. EÇO tanımı, bir olasılık yoğunluk fonksiyonu içerir. M-tahmin çerçevesinde bir olasılık yoğunluk fonksiyonunun (OYF) kullanılmasının gerekli olmadığını belirtmek gereklidir. Konum ve ölçek parametrelerini içeren bir OYF kullanarak EÇO tahmin yönteminin tanımını verelim.  $\mu$  ve  $\sigma$  parametreleri için bir OYF yapısı aşağıdaki biçimde verilir:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} h\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) \quad (1)$$

$f(x; \mu, \sigma)$  fonksiyonunda yer alan parametreleri EÇO yöntemi ile tahmin etmek için aşağıda verilen olabilirlik fonksiyonunu kullanalım.

$$L(\mu, \sigma, \mathbf{X} = x_i) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \mu, \sigma), \quad (2)$$

$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  olmak üzere gözlem vektörünü temsil eder.  $n$  örneklem hacmini göstermektedir.  $x_1, x_2, \dots, x_n$  olmak üzere  $n$  gözlemin var olduğunu göstermektedir.

İstatistiksel çıkarım sürecinde, verilerin herhangi bir  $f$  fonksiyonundan geldiği varsayılmaktadır. İlgili  $f$  fonksiyonu için log-olabilirlik fonksiyonu aşağıda verilmektedir:

$$\begin{aligned} \log(L(\mu, \sigma, \mathbf{X} = x_i)) \\ = \sum_{i=1}^n \log(f(x_i; \mu, \sigma)) = \sum_{i=1}^n -\rho(x_i; \mu, \sigma) \end{aligned} \quad (3)$$

Log-olabilirlik fonksiyonu  $\log(L(\mu, \sigma, \mathbf{X} = x_i))$ ; ilgili parametrelere göre maksimize edildiğinde, konum ve ölçek parametreleri için en çok olabilirlik tahmin edicileri elde edilir. Bu tahmin edicilerin kullanılması yanı sıra, genelleştirilmiş bir formu olan M-tahmin edicileri de araştırmacılar tarafından kullanılabilir. Konum ve ölçek parametreleri için M-tahmin edicileri aşağıda sırasıyla verilmektedir.

$$\hat{\mu}(\mathbf{X}) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

ve

$$\hat{\sigma}(\mathbf{X}) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i (x_i - \hat{\mu}(\mathbf{X}))^2} \quad (5)$$

burada  $w_i \in [0,1]$  ağırlık fonksiyonudur. Bu fonksiyon, amaç fonksiyonu  $\rho$ 'nun konum ve ölçek parametrelerine göre türev alınması ve değişken  $x$ 'e bölünmesi sonucu elde edilir ve  $w_i = \rho'(x_i)/x_i$  şeklinde gösterilir (Lehmann ve Casella, 2006:429; Maronna vd., 2019:100).

## 2.2. Gamma Dağılımı

Gamma dağılımı, şekil ve ölçek parametrelerine sahip olan bir dağılımdır. Gamma dağılımı,  $\chi^2$  dağılımının genelleştirilmiş bir halidir ve  $\beta = 2$  ve  $\alpha = \frac{\nu}{2}$  olduğunda;  $\chi^2$  dağılımına olarak karşımıza çıkar. Bu durumda ise, sadece şekil parametresi olan  $\nu$  parametresi ile karşı karşıya kalırız.

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right), x > 0, \alpha > 0, \beta > 0 \quad (6)$$

şekil  $\alpha$  ve ölçek  $\beta$  parametrelerinin tahminleri için EÇÖ tahmin yöntemi kullanılmalıdır (Gut, 2005:192; Öztürk vd., 2006:295).

## 2.3. Entropi ve Deforme Edilmiş Bölme İşlemi

Entropi fonksiyonu, bir sistemin rastgelelik düzenini incelemek üzere elde edilen olasılık içeren yeni bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun analitik ifadesinde yer alan olasılık (yoğunluk) fonksiyonu  $f$  kullanılarak, entropi fonksiyonu aynı zamanda tanımlanabilir.

Shannon entropisinin bir genelleştirmesi olan Tsallis entropi fonksiyonu kullanılarak, genelleştirilmiş bir logaritma fonksiyonu aşağıda verilmektedir (Tsallis, 1988:1):

$$\log_q(f) = \frac{f^{1-q} - 1}{1 - q}, q \in R \setminus \{1\} \quad (7)$$

(7) denkleminde verilen ifade kullanılarak, logaritmada bölme kuralı aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\log_q\left(\frac{x}{y}\right) = \log_q x - \log_q y \quad (8)$$

ifadesi kullanılarak,

$$\left(\frac{x}{y}\right)_q = (x^{1-q} - y^{1-q} + 1)^{\frac{1}{1-q}}, x > 0, y > 0 \quad (9)$$

deforme edilmiş bölme işlemi elde edilir (Borgers, 2004:97).

## 2.4. z-Test İstatistiği

Wilks' Lambda kullanılarak, normal dağılım bilgisi altında en çok olabilirlik tahmin edicileri de kullanılarak z-test istatistiği oluşturulur ve aşağıda tanımlanmaktadır.

Aritmetik ortalama için test istatistiğinin yapısı

$$z = \frac{\bar{X} - \hat{\mu}(\bar{X})}{\hat{\sigma}(\bar{X})} \quad (10)$$

şeklindedir ve  $\mu \in R, \sigma > 0$  (Öztürk vd., 2006:222).

## 2.5. Uyum İyiliği Test İstatistikleri

Kolmogorov-Smirnov (KS) ve Anderson-Darling (AD) test istatistikleri veri seti ile önerilen fonksiyon arasındaki uzaklıkları inceleyen bir yapı üzerine kuruludur. Bu iki uyum iyiliği test istatistikleri, dağılım fonksiyonu  $F(x)$  üzerinden kurulan yapıya sahiptir (Sheskin, 2003:453). Bundan dolayı da, bu iki istatistik için ele alınan fonksiyonun dağılım fonksiyonunun analitik olarak var olması; ilgili test değerlerini hesaplarken, oluşan hesapsal hatayı düşürür (Çankaya vd., 2019:1264).

## 3. SONUÇLAR

### 3.1. Deforme Edilmiş z-İstatistiği

İstatistik, rastgele değişkenin bir fonksiyonudur. Bu fonksiyon, aslında bir değişken dönüştürmeye de karşılık gelir (Gut, 2005:157).

z-test istatistiği bölüm 2.4'de verilmişti. Bu test istatistiğini ve konum ile ölçek parametrelerinin tahmin edicilerini kullanarak, ilgili test istatistiği aşağıda verilen formda yazılabilir:

$$z = \frac{\bar{X} - \hat{\mu}(X)}{\hat{\sigma}(X)} \quad (11)$$

burada  $\hat{\mu}(X)$  ve  $\hat{\sigma}(X)$ , sırasıyla, konum ve ölçek parametrelerinin tahmin edicileridir ve rastgele değişken  $X$ 'in bir fonksiyonu olduğundan dolayı da bir istatistik olarak tanımlanmaktadır.

$\hat{\mu}(X)$  ve  $\hat{\sigma}(X)$  istatistikleri yerine, EÇÖ'nun genelleştirmesi olan M-tahmin edicileri alınabilir. M-tahmin edicilerinde seçilen ağırlık fonksiyonu elde edilen istatistikleri etkilediği aşikardır. Bizim çalışmamızda, gamma dağılımına olan uyum iyiliğini yakalayabilmek için ağırlık fonksiyonları seçimi farklılaştırılmıştır. Ayrıca belirtmek gerekir ki,  $\left(\frac{x}{y}\right)_q = (x^{1-q} - y^{1-q} + 1)^{\frac{1}{1-q}}$  ifadesi bir değişken dönüştürmeye karşılık gelmektedir. Ayrıca; bilindiği gibi, eğer  $X$ 'lerin dağılım bilgisi normal ise;  $z = \frac{x - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}$  değişken dönüştürmesi normal dağılıma karşılık gelecektir. Bu durumda, z-istatistiğinin karesi de  $\chi^2$  dağılımına karşılık gelir (Lehmann ve Casella, 2006:429). Böylelikle de, z-istatistiği için  $\chi^2$  veya genel hali olan Gamma dağılımını kullanmak yerinde bir karar olacaktır. Bu noktada, çalışmanın amacı öylesi bir değişken dönüştürmesi ile acaba hala Gamma dağılımına olan uyum devam edebilir mi diye bir soru sormak yerinde olacaktır.

Aşağıda, z-test istatistiğinin deforme edilmiş bölme işlemi kullanılarak matematiksel ifadesi verilmektedir. Ancak; öncelikle, z-istatistiğinin karesinin alınması gereklidir. Çünkü, deforme bölme işleminin tanımlı olabilmesi için  $x > 0$  ve  $y > 0$  kuralları vardır.

$$z^2 = \frac{(x - \hat{\mu}(X))^2}{\hat{\sigma}(X)^2} \quad (12)$$

ifadesini ele alalım. Bu ifade için, deforme bölme işlemi uygulanırsa;

$$z_{q,M} = \left( \frac{(x - \hat{\mu}(X))^2}{\hat{\sigma}(X)^2} \right)_q \quad (13)$$

$$= (\hat{\mu}(X)^{2-2q} - \hat{\sigma}(X)^{2-2q} + 1)^{\frac{1}{1-q}}$$

ifadesi elde edilir.  $\hat{\mu}(X)$  ve  $\hat{\sigma}(X)$  istatistikleri yerine herhangi bir keyfi istatistik alınabilir. Bu çalışmada, M-tahmin edicileri alınmaktadır. M-tahmin edicilerinin de  $w$  ağırlık fonksiyonu içermesinden dolayı da, uygun bir  $w$  fonksiyonu seçimi söz konusudur. Tabii, herhangi bir değişken dönüştürmesinin hangi dağılıma karşılık geldiğini belirlemek birebir ve örten özellikleri sağlanmaz ise kolay değildir. Diğer taraftan, ele alınan değişken dönüştürmesinde kullanılan değişken veya istatistiklerin yeni oluşturulan değişken de nasıl bir dağılım yapısı ortaya çıkaracağı da belli değildir. Örneğin, z-istatistiğinde, kullanılan  $\hat{\mu}(X)$  ve  $\hat{\sigma}(X)$  istatistikleri için düşünülen değişken dönüştürmesi ve istatistiklerin analitik ifadesi yeni z değişkeninin dağılımını belirlemede kolaylıklar veya zorluklar ile bizleri karşı karşıya bırakabilir. Ancak, burada önemli bir ayrıntı vardır. Madem ki, z-istatistiğinin dağılımının  $X$ 'lerin normal olması altında yine normal bir dağılım yapısı olduğu bilgisi dikkate alınır; buradan hareket edilip z-istatistiğinin karesinin de genel olarak  $\beta = 2$  parametrelili Gamma dağılımına karşılık geleceği bilgisi de elimizde mevcuttur. Buradan hareket ile, sezgisel olarak ele alınan değişkenin dağılımı ve istatistiklerin dağılımı üzerinden deforme edilmiş olan z-istatistiğinin de bir şekilde Gamma dağılımına uyum sağlayabileceğini beklemek yerinde bir yaklaşım olabilir. Eğer, ayarlama parametresi  $q$  ve M-tahmin edicilerindeki ağırlık fonksiyonu  $w$  değiştirilir ise, beklenildiği gibi  $z_{q,M}$  değerleri değişecektir. Tabii ele alınan (13) denklemindeki değişken dönüştürmesi hem  $q$  hem de kullanılan  $\hat{\mu}(X)$  ve  $\hat{\sigma}(X)$  istatistiklerindeki ağırlık fonksiyonları için dinamik bir yapı sergilemektedir. Araştırmacı,  $z_{q,M}$  kabaca ele alınan değişken dönüştürmesi yapısından dolayı, Gamma dağılımı sergileyebileceğini öne sürebilir ve bunun için ise, hesapsal dağılım yaklaşımı kullanmak zorunda kalır. Tabii; hesapsal dağılım yaklaşımında ise, varsayılan bir dağılım ile  $z_{q,M}$  dağılımının uyum sağlayıp sağlamayacağını araştırılması gereklidir. Biraz önce ele alınan tartışma gereği; z-istatistiğinin karesinin  $\chi^2$  dağılımına gideceğini varsayarak, bu durumda  $z_{q,M}$  istatistiğinin Gamma dağılımına sahip olabileceği düşünülebilir. Dediğimiz gibi; bu durumda ise, hem  $q$  hem de kullanılan  $\hat{\mu}(X)$  ve  $\hat{\sigma}(X)$  istatistiklerindeki ağırlık fonksiyonlarına ve  $z_{q,M}$  değişken dönüştürmesine bağlıdır. Ancak, en azından  $q$ -yapısının klasik yaklaşımın bir deformasyonu olduğunu bildiğimize göre,  $\chi^2$  dağılımının bir üst genellemesi olan Gamma dağılımına gidebilir deriz. Bu nedenden dolayı da, Gamma dağılımı sezgisel düşünülüp önerilmiştir. Ancak; araştırmacılar farklı durumlar için, aşağıda verilen algoritmayı kullanıp uyarlayarak yeni hesapsal dağılım denemesi yapabilirler. Biz bu çalışmada, sayfa sayısını arttırmamak için genel bir özetleme ile  $q$ -deformasyonunun nasıl bir yapı sağladığını yani  $q$ -deformasyonu ile komşu yeni fonksiyonlara geçilebileceğinin farkındalığını vermek istedik. Böylelikle, eğer uygulamalı sahadaki araştırmacılar kendi çalışmalarında; öne sürdükleri hipotezi ret veya kabul etmek gibi bir yaklaşım içinde olurlar ise, seçecekleri z-istatistiğinde yer alan  $q$  parametresini ve M-tahmin edicilerindeki ağırlık fonksiyonlarını değiştirerek istedikleri beklentisel sonuçlarını hedefleyebilirler.

### 3.2. Simülasyon Algoritması

Simülasyonun algoritması aşağıda verilmektedir:

1. Yapay veri üret:  $n$  örneklem hacimli  $\mu = 5$  ve  $\sigma = 1$  parametre değerli olan normal dağılımdan yapay verilerini üret
2. Yapay verilerine önerilen ağırlık fonksiyonlarını üret: Düzgün(0,1)
3. Konum için M-tahmin edicisini hesapla: Denklem (4)
4. Ölçek için M-tahmin edicisini hesapla: Denklem (5)
5. z-istatistiğinin karesini hesapla: z-istatistiğinde pay ve paydaların karesini al ve pay ile paydanın pozitif olma koşulunu sağla

6. Deforme edilmiş bölüm işlemini kullanarak yeni z-istatistiğini yani deforme edilmiş z-istatistiğini hesapla
7. Elde edilen deforme z-istatistiklerinin karesinin dağılımını, Gamma dağılımı ile modelle ve Gamma dağılımının parametreleri  $\alpha$  ve  $\beta$ 'yi EÇÖ ile tahmin et
8.  $z_{q,M}$  istatistiğinin dağılımının  $\text{Gamma}(\alpha, \beta)$  dağılımına sahip olup olmadığını uyum iyiliği istatistikleri ile teste tabi tut ve test istatistiklerinin  $p$ -değerlerini hesapla.

Araştırmacı, normal dağılımdan üretilen  $x$  yapay değerlerini,  $w$  ve gamma fonksiyonlarını ve ayrıca deformasyon parametresi  $q$ 'nun değerini değiştirebilir. Belirtmek gerekir ki, seçilen bu değerler gamma dağılımına olan uyum iyilikleri incelemesi sonucu ilgili KS ve AD test istatistiklerinin  $p$ -değerlerini değiştirmektedir. Birçok duruma bağlı olduğu yani dinamik bir değişim yapısı olduğu için  $p$ -değerleri 0.85'e yakın böylece gamma dağılımına uyum derecesi yüksek iken 0.5'li değerlerde orta derecede gamma dağılımına yakınlık varken, 0.05 gibi değerlerde  $z_{q,M}$  istatistiğinin dağılımının Gamma dağılımından geldiği düşünülse bile zayıf bir benzerlik durumu söz konusudur. Zayıf bir durum söz konusu olduğunda ya da araştırmacı yüksek olan  $p$ -değerini daha da yüksek bir değere çıkarmak istediğinde; yapması gereken yeni bir dağılım ya da mevcut dağılımların bir karmasını denemek olabilir.

### 3.3. Simülasyon Sonuçları

**Tablo 1:**  $z_{q,M}$  İstatistiğinin Gamma Dağılımına Olan Uyumunu Gösteren  $p$ -Değerleri

		Gamma dağılımına uyumunu gösteren $p$ -değerleri	
$X$ gözlemi için örneklem hacmi		Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
$q=0.90$	$n = 100$	0.4461	0.4194
	$n = 150$	0.4134	0.3684
	$n = 200$	0.3564	0.2863
$q=0.95$	$n = 100$	0.6177	0.6715
	$n = 150$	0.7377	0.8007
	$n = 200$	0.6944	0.7673

Tablo 1'de verilen sonuçlar simülasyon çalışmasından elde edilmiştir.  $z_{q,M}$  test istatistiği 100000 tane adet üretilmiştir. Bu her bir  $m = 100000$  veri için KS ve AD uyum iyilikleri hesaplanmıştır. Bu uyum istatistikleri, 1000 kez tekrar edilmiş ve böylelikle de her seferinde ilgili  $\text{Gamma}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$  dağılımına gidip gitmediği 1000 tane denemiş olan istatistiklerden gözlenmiştir ve bu 1000 uyum iyiliğinin hesaplanan  $p$ -değerlerinin ortalaması alınmıştır. Böylelikle,  $z_{q,M}$  istatistiğinin dağılımının  $\text{Gamma}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$  dağılımından geldiğini söylemek yerindedir.

Tablo 1'de bu ortalama değerleri verilmektedir. Bu ise, her bir 100000 örneklem hacimli  $z_{q,M}$  deforme edilmiş test istatistiğinin  $\text{Gamma}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$  dağılımına uyumunun  $p$ -değerlerinin ortalaması üzerinden ne kadar uyumlu olduğunu göstermektedir. Burada, Gamma dağılımının şekil  $\alpha$  ve ölçek  $\beta$  parametrelerinin EÇÖ ile tahmin edicileri üzerinden elde edilen uyum iyiliği test istatistikleridir ve MATLAB 2013a ortamında yer alan "kstest" ve "adtest" kodları kullanılmıştır.

#### 4. SONUÇLAR

$z$ -test istatistiğinin  $q$ -deforme bölme işlemi formu önerilmiştir. Önerilen bu istatistiğin dağılımı ile ilgilenilmiş ve Gamma dağılımına uyum sağladığı tespit edilmiştir. Böylece,  $q$ -deformasyonu ile  $\chi^2$  dağılımının genel dağılımı olan Gamma dağılımına gidilebildiği gözlenmiştir. Gamma dağılımına olan uyumu ise, KS ve AD uyum iyiliği test istatistikleri ile yapıp; farklı örneklem hacimlerinde ve farklı durumlarda uyumun  $p$ -değerinin değişebileceği gözlenmiştir. Bu ise, beklenen bir sonuçtur, çünkü her bir örneklem hacmi aslında bir şekilde Gamma dağılımının farklı değerli tahmin edilmiş olan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerine karşılık gelebilir. Bu durum ise,  $p$ -değerini değiştirebilir ya da yeni dağılım önerilmesini gerektirebilir.

Çalışma kapsamında verilen algoritma kullanılarak,  $p$ -değerinin farklı durumlarda nasıl değişebileceği incelenebilir.

#### KAYNAKÇA

BORGES, E. P. (2004). "A possible deformed algebra and calculus inspired in nonextensive thermostatistics", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 340 (1-3): 95-101.

ÇANKAYA, M. N., YALÇINKAYA, A., ALTINDAĞ, Ö., ve ARSLAN, O. (2019). "On the robustness of an epsilon skew extension for Burr III distribution on the real line", *Computational Statistics*, 34 (3): 1247-1273.

GUT, A., (2005) *Probability: A Graduate Course*, (Vol. 200, No. 5). New York: Springer.

LEHMANN, E. L. ve CASELLA, G. (2006). *Theory of Point Estimation*, Springer Science & Business Media.

MARONNA, R. A., MARTIN, R. D., YOHAI, V. J., ve SALIBIÁN-BARRERA, M. (2019) *Robust Statistics: Theory And Methods (with R)*, John Wiley & Sons.

MOORE, H. ve SANADHYA, S. (2009) *MATLAB for Engineers*, (p. 672). New York: Pearson Education International.

ÖZTÜRK, F., AKDİ, Y., AYDOĞDU, H. ve KARABULUT, İ. (2006) *Parametre Tahmini ve Hipotez Testi*, Bıçaklar Kitabevi.

SHEKIN, D. J. (2003) *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*, Chapman and Hall/CRC.

TSALLIS, C. (1988). "Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics", *Journal of statistical physics*, 52(1): 479-487.

**Presentation ID / Sunum No: 47**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-0136-7635

## **Derin Ağlar Kullanarak Ekg Sinyali ile Uyku Apnesi Sendromu Teşhisi**

**Dr. Öğretim Üyesi İdil Işıklı Esener<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

\*Corresponding author: İdil Işıklı Esener

### **Özet**

Uyku Apnesi Sendromu (Sleep Apnea Syndrome – SAS), uyku bozukluklarının en önemlilerinden biri olmakla birlikte, uyku sırasında yumuşak dokuların gevşemeye başlaması ve nefes alma sırasında oluşan negatif basınç ile üst solunum yolunun geçici (hipopne) ve/veya tamamen (apne) durması sonucu havanın akciğerlere gitmesinin engellemesi olarak tanımlanmaktadır. SAS, hastanın solunum çabası gösterip göstermediğine göre obstrüktif, merkezi veya ikisinin bir arada görüldüğü birleşik uyku apnesi olarak değerlendirilmektedir. SAS tanısı için, hastalardan uyku laboratuvarında tüm gece boyunca Polisomnografi (PSG) ile toplanan solunum, elektrokardiyogram (EKG), elektroensefalogram, elektromiyogram, oksijen satürasyonu, göğüs ve karın hareketi gibi çeşitli sinyaller toplanmakta ve bu sinyallerin birlikte analiz edilmesi sonucu solunumun kaç defa ne kadar süre ile durduğu, o andaki oksijen satürasyonu belirlenerek apne indeksi, hipopne indeksi, apne/hipopne indeksi ve solunum bozukluğu indeksi gibi standart kriterler değerlendirilmektedir. Bu sürecin uzun ve pahalı olmasının yanısıra, hastanın başka bir yerde birçok sensör ile rahat uyuyamaması sonucu testin tekrarlanma olasılığının oluşması, tanıda PSG'e alternatif yöntemler arayışı doğurmaktadır. SAS tipinden bağımsız olarak, apne/hipopne sırasında kandaki oksijen miktarı azalıp karbondioksit miktarının artması sonucu EKG sinyallerinin form ve ve genliğinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu nedenle, yalnızca EKG sinyali değerlendirilerek, az sayıda sensör ile kişinin kendi yatağında ölçümlerinin alınması ile tanıya olanak sağlayan Bilgisayar Destekli Teşhis (Computer Aided Diagnosis – CAD) sistemleri literatürde önem kazanmıştır. Bu çalışmada, EKG sinyallerini kullanarak kişide SAS teşhisi yapabilen bir CAD sistemi tasarlanmış ve PhysioNet Apnea-ECG veritabanı üzerinde doğrulanmıştır. Bu sistemde EKG sinyalleri herhangi bir öznitelik çıkarımına tabi tutulmadan ResNet50 ve MobileNetV2 mimarileri ile 2-sınıflı olarak sınıflandırılmıştır. ResNet50 mimarisi ile SAS teşhisi %99.47 doğruluk, %99.29 hassasiyet ve %99.67 kesinlik ile gerçekleştirilirken, MobileNetV2 ile %99.25 doğruluk, %99.51 hassasiyet ve %98.99 kesinlik elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uyku Apnesi Sendromu, Elektrokardiyogram, Bilgisayar Destekli Teşhis, Resnet50, Mobilenetv2

### **Diagnosis of Sleep Apnea Syndrome Via Ecg Signals Using Deep Networks**

#### **Abstract**

Sleep Apnea Syndrome (Sleep Apnea Syndrome - SAS), defined as the blockage of air access to the lungs as a result of complete (apnea) and/or temporary (hypopnea) cessation of the upper respiratory tract due to relaxation of the soft tissues during sleep and the negative pressure during breathing. SAS is considered to be obstructive, central or mixed depending on whether the patient exhibits respiratory effort. Standard criteria such as apnea index, hypopnea index, apnea/hypopnea index and respiratory

disorder index are evaluated for the diagnosis of SAS by analyzing various signals such as respiration, electrocardiogram (ECG), electroencephalogram, electromyogram, oxygen saturation, chest and abdominal movements, collected by Polysomnography (PSG) all night in the sleep laboratory. Besides the time-consumption and expensiveness of this process, the possibility of repeating the test as a result of the patient's inability to sleep comfortably with many sensors elsewhere, leads to a search for alternative methods to PSG in diagnosis. Regardless of the SAS type, decrement of oxygen and increment of carbondioxide rates in the blood cause variations in the form and amplitude of ECG. Hence, Computer Aided Diagnosis (CAD) systems allowing SAS diagnosis by evaluating only the ECG signals collected in the patient's own bed with fewer sensors, have gained importance in the literature. In this study, a CAD system for SAS diagnosis using ECG signals is designed and validated on the PhysioNet Apnea-ECG database. This system defines SAS diagnosis as a 2-class classification of ECG signals using ResNet50 and MobileNetV2 architectures without any feature extraction. SAS diagnosis was performed with 99.47% accuracy, 99.29% sensitivity, and 99.67% specificity by the ResNet50 architecture while 99.25% sensitivity, 99.51% sensitivity, and 98.99% specificity are achieved by the MobileNetV2.

## 1. INTRODUCTION

Sleep Apnea Syndrome (Sleep Apnea Syndrome - SAS), defined as the blockage of air access to the lungs as a result of complete (apnea) and/or temporary (hypopnea) cessation of the upper respiratory tract due to relaxation of the soft tissues during sleep and the negative pressure during breathing [1]. SAS is considered to be Obstructive (OSA), Central (CSA) or Complex (CompSA) depending on whether the patient exhibits respiratory effort [2, 3]. Standard criteria such as apnea index, hypopnea index, apnea/hypopnea index and respiratory disorder index are evaluated for the diagnosis of SAS by analyzing various signals such as respiration, electrocardiogram (ECG), electroencephalogram, electromyogram, oxygen saturation, pulse oximeter, chest and abdominal movements, collected by Polysomnography (PSG) all night in the sleep laboratory [2-4]. Computer Aided Diagnosis (CAD) systems for evaluating PSG recordings are proposed in the literature. These systems are focused on diagnosing recordings as having apnea/hypopnea [5-14], whether they have OSA [15-19], and diagnosis of apnea as OSA, CSA, or CompSA [20-22]. Although single sensor such as pulse oximeter [5-7, 15], respiration [8, 9, 16, 20-22], snore-related sounds [10, 17], EEG [11, 18], or multi-sensors from the PSG [12-14, 19] are utilized in these systems, the possibility of repeating the test as a result of the patient's inability to sleep comfortably with many sensors elsewhere, besides the time-consumption and expensiveness of PSG process, leads to a search for alternative methods in diagnosis. Regardless of the SAS type, decrement of oxygen and increment of carbondioxide rates in the blood cause variations in the form and amplitude of ECG. Hence, CAD systems allowing SAS diagnosis by evaluating only the ECG signals collected in the patient's own bed with fewer sensors, have gained importance in the literature [23-30].

In this study, a CAD system for SAS diagnosis using ECG signals is designed and validated on the PhysioNet Apnea-ECG database. This system defines SAS diagnosis as a 2-class classification of ECG signals using ResNet50 and MobileNetV2 architectures without any feature extraction. SAS diagnosis was performed with 99.47% accuracy, 99.29% sensitivity, and 99.67% specificity by the ResNet50 architecture while 99.25% sensitivity, 99.51% sensitivity, and 98.99% specificity are achieved by the MobileNetV2.

This paper is organized as follows: The utilized database and methods are explained in the following section. The experimental results are presented in Section 3 while the main conclusions are assigned in Section 4.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Database

The Apnea-ECG dataset, collected by Penzel et. al. [31], which is publicly available at Physionet [32] is used for the verification of the study in this paper. This database consists of 7-to-10-hour-length

single-lead ECG recordings of 70 subjects, 57 men and 13 women, whose weight ranges from 53 to 150 kg, between the ages of 27 and 63, collected during sleep and sampled at a frequency of 100 Hz. The machine-generated QRS annotations of the recordingd are also available in the database. Besides, 8 of these 70 subjects have the accompanying respiration, oxygen saturation, oronasal airflow, chest and abdominal respiratory effort signals. Each minute of the 35 ECG recordings are annoated by sleep disorder experts as whether it contains apnea or not. The database also allows the diagnosis of subjects as apnea, borderline and normal, with the number of apneas (Apnea Index – AI) and hypopneas (Hypopnea Index – HI) observed per hour.

## 2.2. ResNet50 Architecture

Residual Network (ResNet) architectures comprise of additional shortcut connections within the residual blocks in order to solve the vanishing gradients and degradation problem [33]. Due to these connections creating shortcut paths by skipping one or more layers, ResNet architectures are trained by deeper networks. The ResNet50 architecture is a variant of ResNets which has 48 Convolution, one Maximum Pool and one Average Pool layers.

## 2.3. MobileNetV2 Architecture

The MobileNetV2 architecture with an initial fully convolution layer with 32 filters followed by 19 bottleneck layers, built on a reversed residual architecture where the connections are made between these bottleneck layers [34]. By using lightweight convolutions in the middle extension layer to filter out the features resulted from the non-linearity issue, the MobileNetV2 improves the performance of MobileNets which are small, low-latent, low-power architectures.

## 3. EXPERIMENTAL STUDY

The apnea/not apnea annotated single-lead ECG signals of 35 subjects in the Apnea-ECG dataset are used in this paper. The SAS diagnosis is realized by a 2-class classification scheme using the MobileNetV2 and ResNet50 architectures trained by a randomly selected 80% of the data.

**Table 3:** Train/test seperation of the data

Label	Count	Training Count	Testing Count
Apnea Data	31506	25205	6301
NotApnea Data	30208	24166	6042
<b>Total</b>	61714	49371	12343

Performance evaluation of this study is realized via the accuracy, sensitivity, and specificity metrics. The mathematical definitions of these metrics are given in Eq. (1) where the terms  $TP$ ,  $TN$ ,  $FP$ , and  $FN$  are the numbers of true positives, true negatives, false positives, and false negatives, respectively.

$$\begin{aligned}
 Accuracy &= \frac{TP}{TP + TN + FP + FN} \\
 Sensitivity &= \frac{TP}{TP + FN} \\
 Specificity &= \frac{TN}{TN + FP}
 \end{aligned} \tag{1}$$

The values of these metrics achieved by the ResNet50 and MobileNetV2 architectures are given in Table 2 while the confusion matrices constructed by these architectures are presented in Table 3.

**Table 2:** Performance evaluation of the architectures

Architecture	Accuracy	Sensitivity	Specificity	Training Time
<b>ResNet50</b>	99.47%	99.29%	99.67%	192 min 40 sec
<b>MobileNetV2</b>	99.25%	99.51%	98.99%	190 min 18 sec

**Table 3:** Confusion matrices constructed by the architectures

Architecture	Confusion Matrix			
	Ground Truth		Classified to	
Apnea			Not Apnea	
<b>ResNet50</b>	<b>Apnea</b>		6256 (99.29%)	45 (0.71%)
		<b>Not Apnea</b>	20 (0.33%)	6022 (99.67%)
	<b>Not Apnea</b>		6270 (99.51%)	31 (0.49%)
		<b>Apnea</b>	61 (1.01%)	5981 (98.99%)

#### 4. CONCLUSION

The SAS diagnosis using just a single-lead ECG signal instead of an ensemble of multiple signals collected via the PSG, is studied in this paper. The feature extraction stage is not included and a 2-class scheme for the classification stage is projected in the CAD system designed for this study. This means not any features but the ECG signals themselves are introduced to the classification stage to decide whether they have apnea or not. The classification is realized using a 5-fold cross-validation technique via the MobileNetV2 and ResNet50 architectures, and the diagnosis performance is measured by means of accuracy, sensitivity, and specificity. Besides the achievement of about 99% accuracy, sensitivity, and specificity, the ResNet50 architecture is found to be more specific in SAS diagnosis. This study is a basic introductory analysis in which the ECG signals are determined as with apnea or not apnea. It is planned to design a CAD system that can diagnose OSA, CSA, CompSA on the detected apnea using apnea index, hypopnea index, and apnea/hypopnea index to be calculated by determining the total number of apneic moments in the signals detected to be apnea and how long those moments last, in the future studies.

#### REFERENCES

- [1] Young, T., Palta, M., Dempsey, J., Skatrud, J., Weber, S., Badr, S. (1993). The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *New England Journal of Medicine*, 328 (17), 1230–1235.
- [2] Bixler, E. O., Vgontzas, A. N., Lin, H.-M., Ten Have, T., Rein, J., Vela-Bueno, A., Kales, A. (2001). Prevalence of sleep-disordered breathing in women. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 163 (3), 608–613.
- [3] Ward Flemons, W., McNicholas, W. T. (1997). Clinical prediction of the sleep apnea syndrome. *Sleep Medicine Reviews*, 1 (1), 19–32.

- [4] Nieto, F. J., Young, T. B., Lind, B. K., Shahar, E., Samet, J. M., Redline, S., D'Agostino, R. B., Newman, A. B., Lebowitz, M. D., Pickering, T. G. (2000). Association of sleep-disordered breathing, sleep apnea, and hypertension in a large community-based study. *sleep heart health study. JAMA*, 283 (14), 1829-1836.
- [5] Rolón, R. E., Larrateguy, L. D., Di Persia, L. E., Spies, R. D., Rufiner, H. L. (2017). Discriminative methods based on sparse representations of pulse oximetry signals for sleep apnea-hypopnea detection. *Biomedical Signal Processing and Control*, 33, 358–367.
- [6] Jung, D. W., Hwang, S. H., Cho, J. G., Choi, B. H., Baek, H. J., Lee, Y. J., Jeong, D. U., Park, K. S. (2018). Real-time automatic apneic event detection using nocturnal pulse oximetry. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65 (3), 706–712.
- [7] Morales, J. F., Varon, C., Deviaene, M., Borzee, P., Testelmans, D., Buyse, B., van Huffel, S. (2017). Sleep apnea hypopnea syndrome classification in SPO2 signals using wavelet decomposition and phase space reconstruction. In: 2017 IEEE 14th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp. 43–46.
- [8] Huang, W., Guo, B., Shen, Y., Tang, X. (2017). A novel method to precisely detect apnea and hypopnea events by airflow and oximetry signals. *Computers in Biology and Medicine*, 88, 32–40.
- [9] Koley, B. L., Dey, D. (2013). Automatic detection of sleep apnea and hypopnea events from single channel measurement of respiration signal employing ensemble binary SVM classifiers. *Measurement*, 46 (7), 2082–2092.
- [10] Karunajeewa, A. S., Abeyratne, U. R., Hukins, C. (2011). Multi-feature snore sound analysis in obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome. *Physiological Measurement*, 32 (1), 83–97.
- [11] Übeyli, E. D., Cvetkovic, D., Holland, G., Cosic, I. (2010). Analysis of sleep EEG activity during hypopnoea episodes by least squares support vector machine employing AR coefficients. *Expert Systems with Applications*, 37 (6), 4463–4467.
- [12] Álvarez-Estévez, D., Moret-Bonillo, V. (2009). Fuzzy reasoning used to detect apneic events in the sleep apnea-hypopnea syndrome. *Expert Systems with Applications*, 36 (4), 7778–7785.
- [13] Cohen, G., de Chazal, P. (2015). Automated detection of sleep apnea in infants: A multi-modal approach. *Computers in Biology and Medicine*, 63, 118–123.
- [14] Maali, Y., Al-Jumaily, A. (2013). Multi Neural Networks Investigation based Sleep Apnea Prediction. *Procedia Computer Science*, 24, 97–102.
- [15] Alvarez, D., Gutierrez-Tobal, G. C., Vaquerizo-Villar, F., Barroso-Garcia, V., Crespo, A., Arroyo, C. A., Del Campo, F., Hornero, R. (2016). Automated analysis of unattended portable oximetry by means of Bayesian neural networks to assist in the diagnosis of sleep apnea. In: 2016 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges, pp. 1–4.
- [16] Caseiro, P., Fonseca-Pinto, R., Andrade, A. (2010). Screening of obstructive sleep apnea using Hilbert-Huang decomposition of oronasal airway pressure recordings. *Medical Engineering & Physics*, 32 (6), 561–568.
- [17] Montero Benavides, A., Fernández Pozo, R., Toledano, D. T., Blanco Murillo, J. L., López Gonzalo, E., Hernández Gómez, L. (2014). Analysis of voice features related to obstructive sleep apnoea and their application in diagnosis support. *Computer Speech & Language*, 28 (2), 434–452.
- [18] Emin Tagluk, M., Sezgin, N. (2011). A new approach for estimation of obstructive sleep apnea syndrome. *Expert Systems with Applications*, 38 (5), 5346–5351.

- [19] Rios, S. A., Erazo, L. (2016). An automatic apnea screening algorithm for children. *Expert Systems with Applications*, 48, 42–54.
- [20] Sezgin, N., Emin Tagluk, M. (2009). Energy based feature extraction for classification of sleep apnea syndrome. *Computers in Biology and Medicine*, 39 (11), 1043–1050.
- [21] Emin Tagluk, M., Akin, M., Sezgin, N. (2010). Classification of sleep apnea by using wavelet transform and artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*, 37 (2), 1600–1607.
- [22] Guijarro-Berdiñas, B., Hernández-Pereira, E., Peteiro-Barral, D. (2012). A mixture of experts for classifying sleep apneas. *Expert Systems with Applications*, 39 (8), 7084–7092.
- [23] Martín-González, S., Navarro-Mesa, J. L., Juliá-Serdá, G., Kraemer, J. F., Wessel, N., Ravelo-García, A. G. (2017). Heart rate variability feature selection in the presence of sleep apnea: An expert system for the characterization and detection of the disorder. *Computers in Biology and Medicine*, 91, 47–58.
- [24] Sharma, H., Sharma, K. K. (2016). An algorithm for sleep apnea detection from single-lead ECG using Hermite basis functions. *Computers in Biology and Medicine*, 77, 116–124.
- [25] Alvarez-Estevéz, D., Moret-Bonillo, V. (2016). Spectral Heart Rate Variability analysis using the heart timing signal for the screening of the Sleep Apnea–Hypopnea Syndrome. *Computers in Biology and Medicine*, 71, 14–23.
- [26] Bozkurt, F., Uçar, M. K., Bozkurt, M. R., Bilgin, C. (2020). Detection of abnormal respiratory events with single channel ecg and hybrid machine learning model in patients with obstructive sleep apnea. *IRBM*, 41 (5), 241–251.
- [27] Faust, O., Barika, R., Shenfield, A., Ciaccio, E. J., Acharya, U. R. (2021). Accurate detection of sleep apnea with long short-term memory network based on RR interval signals. *Knowledge-Based Systems*, 212, 106591.
- [28] Sharma, M., Agarwal, S., Acharya, U. R. (2018). Application of an optimal class of antisymmetric wavelet filter banks for obstructive sleep apnea diagnosis using ECG signals. *Computers in Biology and Medicine*, 100, 100–113.
- [29] Tripathy, R. K. (2018). Application of intrinsic band function technique for automated detection of sleep apnea using HRV and EDR signals. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 38 (1), 136–144.
- [30] Li, K., Pan, W., Li, Y., Jiang, Q., Liu, G. (2018). A method to detect sleep apnea based on deep neural network and hidden Markov model using single-lead ECG signal. *Neurocomputing*, 294, 94–101.
- [31] Penzel, T., Moody, G. B., Mark, R. G., Goldberger, A. L., JH Peter, J. H. (2000). The Apnea-ECG Database. *Computers in Cardiology*, 27, 255-258.
- [32] Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R., Mietus, J. E., Moody, G. B., Peng, C. K., Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation* [Online], 101 (23), e215–e220.
- [33] He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2016) Deep Residual Learning for Image Recognition. In: 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 770-778.
- [34] Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., Chen, L-C. (2018). MobileNetV2: Inverted residuals and linear bottlenecks. In: 2018 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 4510-4520.

ORCID ID:

## Akupresür Mantığı İle Basınç Noktalarına Baskı Uygulayabilir Havlu Kumaşından Tasarımlar

Araştırmacı Hatice Kurt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursalı Grubu

\*Corresponding author: Hatice Kurt

### Özet

Çeşitli yaşam zorlukları, insanların vücutları üzerinde olumsuz bir etki yaratmaktadır. Özellikle dış ortam, iş stresi kişi üzerinde negatif etki oluşumuna neden olmaktadır. Gün boyu yüklenen bu etki, bazı insanlarda işten eve geldiği zamanda devam etmektedir. Kimi baş ağrısı, ayak ağrısı, sırt ağrısı yaşamaktadır. Yaşanılan bu ağrılar kimi zaman geçmeyerek tüm gece insanı huzursuz etmektedir. Akupresür tekniği ile havlu kumaşının entegre oluşumu yenilikçi bir ürünün doğmasına olanak sunmuştur. Akupresür (akubası), vücudumuzda dolaşan yaşam enerjisi konseptine dayanan geleneksel bir Çin tıp tekniğidir. Bu teknik, vücuttaki bazı ana organlara bağlı basınç noktaları ile çalışır. Bu noktalara doğru şekilde basınç uygulayarak, çeşitli sağlık sorunlarını tedavi edebilirsiniz. Baş ağrısı, soğuk algınlığı/grip ve yorgunluk gibi can sıkıcı sağlık sorunlarını bu şekilde hafifletebilirsiniz. Bu bağlamda tasarlanan havlu yapıda havlu ve paspas ürün grupları ile basınç noktalarına etki edilmesi hedeflenmiştir. Doğası gereği bir tür akupunktur ve refleksoterapinin bir karışımı olan akupresür, evde kendinize uygulayabileceğiniz noktalar sayesinde vücudu sakinleştirip, dinlendiren etkiye sahiptir. Havlu tasarımlarında yapılacak yöntem ile kişi belirli noktalara basınç uygulayarak etkinin hissedilmesi ve kullanıcıyı rahatlatması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akupresür, Havlu, Baskı

### PROJE KAPSAMINDA

İlk olarak Pazar araştırması yapılmış ve gerekli malzeme ekipman listelenmiştir. Akupresür konusu detaylı incelemelerde bulunulmuş ve havlu kumaşında uygulanan dokuma teknikleri üzerine bir araştırma yapılmıştır. Yüzeyle verilmek istenen yüksek ve alçak bukle yapısı üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ışığında yüksek hav ve alçak hav tekniği beraberinde kabartma tekniğinden de yararlanılarak belirli boşluk yapısına sahip yüzeyler desen sırasında verilmiştir. Bu bağlamda desenlerin tasarlanması sonrası dokuma aşamasına geçilmiştir. Havlu ve paspas dokumaları yapılmıştır. Yüzeyle bulunan girintili yapı sayesinde kullanıcıya farklı bir deneyim kazandırılacaktır. Sektörde var olan havlu tasarımları incelenmiş ve projenin konusunu oluşturan akupresür mantığı hiç bir havlu oluşumunda yer verilmemiştir. Ev tekstilinde, havlu ve paspas alanında yapılan farklı dokuma tekniği ile kişi, buklelerin etkisini basınç noktalarında hissedebilecektir. Düz bir düzleme basmak veya

Düz bir düzleme baş koymaktan farklı bir konfor sunulacaktır. İster ev ortamında ister çocuklar için anaokulu ve kreşlerin zeminlerinde bu yapıya yer verilerek yüzeyinde yer alan tasarım ile stresin azaltılması sağlanmıştır.



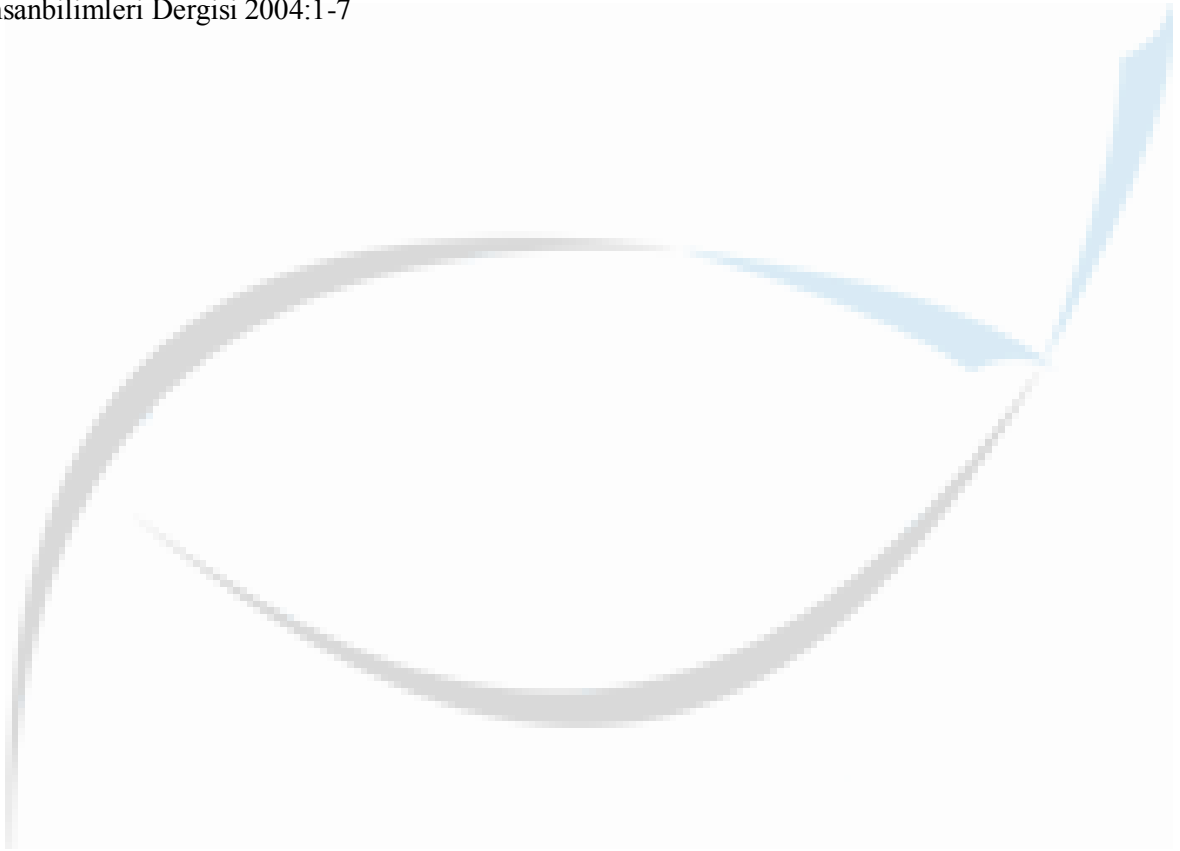
## SONUÇLAR

Proje sonucunda mevcut paspas tasarımlarına yeni bir bakış açısı ile nitelikli özellikler eklenmiştir. Yüzeyde yapılan örgü tekniği ile paspasta yüksek hav-alçak hav ve kabartma tekniği uygulanarak 3 boyutlu yapı elde edilmiştir. Kullanıcıların yüzeyde bulunan yükseltilere teması sağlanmıştır. Kullanım alanları değişebilir. Elde edilen fonksiyonel yapı ile kişi ister banyolarında isterse çocuk odalarında ürünü tercih edebilir. Tasarımsal ve işlevsel açıdan paspas ürün gamına nitelikli bir ürün eklenmiştir.

## KAYNAKLAR:

[1] Çevik, B (2017). Akupres Uygulamasının Ağrı Yönetimine Etkisi, 26: 257-261

[2] Arslan S, Çelebioğlu A. Postoperatif ağrı yönetimi ve alternatif uygulamalar. 10. Uluslararası İnsanbilimleri Dergisi 2004:1-7



**Presentation ID / Sunum No: 50**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-0545-3733

## **Sürtünme Karıştırma Kaynağı**

**Araştırmacı Mehmet Fatih Demirdöğen<sup>1</sup>, Doç. Dr. Süleyman Kılıç<sup>2</sup>,  
Prof. Dr. Fahrettin Öztürk<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Temsan Makina Tekstil San. ve Tic. A. Ş.

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

<sup>3</sup>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

<sup>4</sup>Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.

\*Corresponding author: Mehmet Fatih Demirdöğen

### **Özet**

Günümüzde makine imalatında birçok farklı imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biriside son yıllarda kullanımı hızla artan sürtünme karıştırma kaynağıdır. Hafif metallerin kaynak edilmesinde oldukça verimli bir yöntemdir. Aynı veya farklı iki malzemenin karıştırıcı bir takım aracılığıyla, dönen takımın oluşturduğu sürtünme sonucu ortaya çıkan ısı ve karıştırma etkisi ile kaynak işlemi yapılmaktadır. İşlem sırasında malzemelerin sıcaklığı ergime noktasının altında kalmaktadır. Bu yüzden malzemelerin iç yapılarında füzyon kaynağına kıyasla fazla değişim olmamaktadır. Bazı metallerin füzyon kaynağıyla kaynaklanmasında görülen mukavemet azalışı, sürtünme karıştırma kaynağı sayesinde en aza indirilerek ana malzemenin mukavemet değerinin %90'ına kadar ulaşan bir verimlilik söz konusu olmaktadır. Özellikle ısıl işlem görmüş alüminyum kaynak yapılmak istendiğinde tercih edilmektedir. Bu çalışmada, sürtünme karıştırma kaynağı detaylıca ele alınmıştır. Güncel gelişmeler özetlenmiş ve proses parametrelerinin ekileri incelenmiştir. Sonuç olarak, yapılan iyileştirmeler, optimizasyonlar ve otomasyon sistemleri sayesinde sürtünme karıştırma kaynağı sanayide daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürtünme Karıştırma Kaynağı, Alüminyum, Mukavemet

### **Friction Stir Welding**

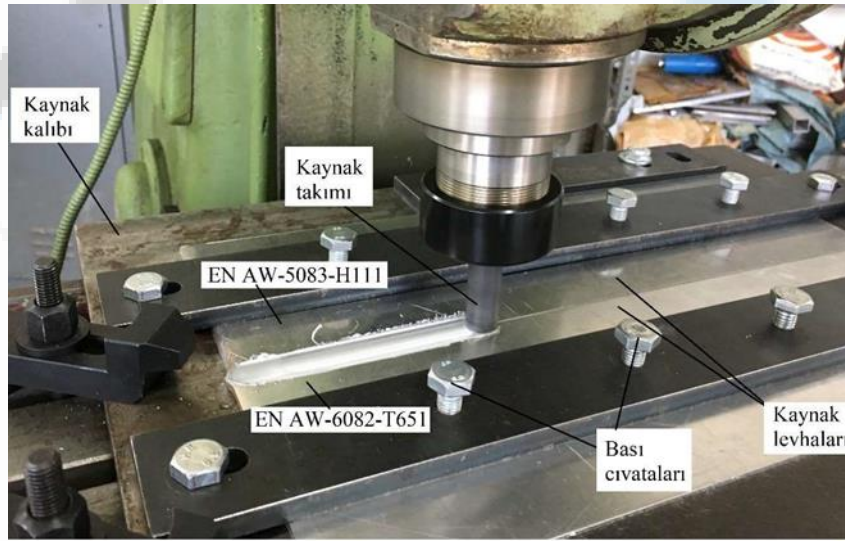
#### **Abstract**

KeyToday, many different manufacturing methods are used in machine manufacturing. One of these methods is friction stir welding. The use of friction stir welding has rapidly increased in recent years. It is a very efficient method for welding of light metals. The welding process is made with the effect of heat and mixing of the same or two different materials by means of a mixing tool, resulting from the friction created by the rotating tool. During the process, the temperature of the materials remains below the melting point. Therefore, there is not much change in the internal structures of the materials compared to fusion welding. The decrease in strength observed in welding some metals with fusion welding is minimized by the friction stir welding, resulting in an efficiency reaching up to 90% of the strength value of the base material. It is especially preferred when heat treated aluminum is desired to be welded. In this study, friction stir welding is discussed in detail. Current developments are summarized and the effects of the process parameters are examined. As a result, thanks to the improvements, optimizations, and automation systems, friction stir welding has started to be used more widely in the industry.

## 1. GİRİŞ

Sürtünme karıştırma kaynağı metallerin birleştirilmesi için gerekli olan yüksek enerji ihtiyacı ve tehlikeli gazların doğaya salınımı gibi olumsuz durumları ortadan kaldıran son derece verimli ve teknolojik bir kaynak yöntemidir (Singh, Al Haque, Singh, & Pun, 2022). Ayrıca diğer geleneksel kaynak yöntemleriyle birleştirilmesi mümkün olmayan ya da kaynak işlemi gerçekleşse dahi mukavemet açısından büyük problemlerle karşılaşılan hafif metaller için kaynak imkânı sağlamaktadır. Sağladığı yüksek dayanım ve işlem kolaylığı sayesinde son zamanlarda oldukça popüler bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Hafif metallerin yanında çeliklerde de uygulama kolaylığı ve sarf malzeme kullanılmaması ile tercih sebebi olmaktadır. Sürtünme karıştırma yöntemi ile kaynak işleminin haricinde yüzeyde yapılan işlem sonrası sertleştirme ve mukavemet artırma amacı ile de kullanılmaktadır.

Sürtünme kaynağı telaffuz edildiğinde birçok yöntemle karşılaşılmaktadır. Bunları doğrusal, lineer ve sürtünme karıştırma gibi yöntemler olarak genel itibariyle söylemek mümkündür. Bu yöntemler kendi içlerinde farklılık göstermektedirler. Sürtünme karıştırma prosesi ve sürtünme karıştırma kaynağından bahsetmek istediğimizde Şekil 1’de gösterildiği gibi, iki malzemenin karıştırıcı birtakım kullanılarak, takımın malzemeye sürtünmesi suretiyle açığa çıkan ısı sonucunda malzemenin iç yapısı özellikleri değiştirilerek mukavemet artışı sağlanması veya kaynatılması olarak tanımlayabiliriz (Öcalır, 2019).



Şekil 1: Sürtünme karıştırma kaynağının uygulanması (Öcalır, 2019)

Sürtünme karıştırma kaynağının temelinde, kaynak edilecek malzemeler dikkate alınarak özel bir geometriyle tasarlanmış, kaynak işlemine uygun bir takım malzemesi seçilerek imal edilmiş takımın, kaynak edilecek malzemelere sürtünerek oluşturduğu ısı ve karıştırma etkisiyle iki malzemenin birleştirilmesi işleminin gerçekleştiğini görürüz (Kumar Rajak, Pagar, Menezes, & Eyvazian, 2020).

Metalik malzemelerin özellikle hafif olmasının yanında yüksek mukavemete sahip alüminyum ve magnezyum alaşımlarının birleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yüzden son yılların en önemli birleştirme yöntemleri arasında sayılmaktadır. Karıştırma prosesi ile metalik malzemelerin yüzey sertliği ve mukavemet değerlerini modifiye etmekte mümkündür. Bu yüzden prostedeki veya kaynak işlemindeki işlem parametreleri mikro yapısal değişimi etkilediği için mekanik özelliklere tesiri oldukça paraleldir. Kaynak işlemi sırasında kullanılan takım geometrisi, kaynak hızı, takım dönme hızı gibi

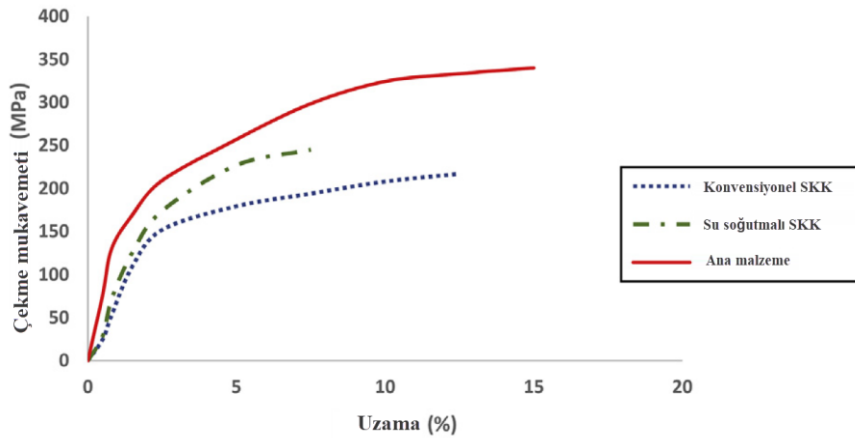
parametreler malzeme akışı ve kaynak dikişinin mukavemeti üzerinde etkiye sahiptir (Ma, Feng, Chen, & Shen, 2018).

Sürtünme karıştırma kaynağı düşük ısı girdisi ve farklı metallerin kaynağında intermetalik bileşim oluşumu asgari düzeyde tutabilmesi sebebiyle de diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında büyük avantaj sağlamaktadır. Birbirinden farklı alüminyum alaşımı ve çelik sürtünme kaynak bağlantılarının yüksek kalitede olmasının temel nedeni süper difüzyon olarak davranışı olarak öne sürülmektedir. Takım malzemesi ve takım tasarımı intermetalik tabakanın kalınlaşmasını önlemek ve karıştırma yoluyla metaller arasında metalürjik bir bağın sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir (Wan & Huang, 2018).

Sürtünme karıştırma kaynağı ile düz levhalar haricinde silindirik şekle sahip parçaların kaynak edilmesi de mümkündür. Böylelikle havacılık ve uzay sanayinde kullanılan silindirik şekle sahip alüminyum tüpler ve kazanlar malzemenin yüksek mukavemeti korunarak kaynak edilmektedir. Robotik sürtünme karıştırma kaynağı yöntemiyle yüksek doğruluk ve kaliteli bir kaynak birleşimi elde edildiği için tercih sebebi olmaktadır (Wang, Zhao, & Hao, 2018).

Sürtünme karıştırma kaynağı yönteminin verimliliğini artırma amacıyla vibrasyon etkisi altında sürtünme karıştırma kaynağı yapılmış olup, bu çalışmalar sonucunda vibrasyon etkisinde yapılan kaynak dikişlerinde mukavemet artışları tespit edilmiştir. Vibrasyonlu kaynak prosesi eksantrik bir milin elektrik motoru tarafından tahrik edilmesi sonucu tablaya titreşim verilmektedir (Fouladi et al., 2017).

Sürtünme karıştırma kaynağının verimliliği araştırılırken yapılan diğer bir proses tipi ise su altında sürtünme karıştırma kaynağının yapılmasıdır. Bu yöntemle sağlanan kaynak dikişlerindeki mukavemet değerleri, geleneksel yöntemle yapılan dikişlerde ölçülen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fathi ve arkadaşlarının (Fathi, Ebrahimzadeh, Farasati, & Teimouri, 2019) yaptığı çalışmalar sonucunda su soğutmalı kaynak prosesinde gerçekleşen kaynak dikişinin mukavemetinin fazla olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Su soğutmalı sürtünme karıştırma kaynağı mukavemet değerleri (Fathi et al., 2019)

Bu çalışma kapsamında sürtünme karıştırma kaynağı hakkında genel ve güncel bilgiler verilmiştir. Sürtünme karıştırma kaynağına etki eden parametrelerin neler olduğu ve dikkat edilmesi gereken noktalar belirtilmiştir.

## 2. AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Sürtünme karıştırma kaynağı diğer geleneksel kaynak yöntemlerine göre düşük maliyetli, çevreci, ana malzemede görülen hafif deformasyon, yüksek verimlilik gibi avantajlara sahiptir. Alüminyum ve magnezyum alaşımlarını erimeden kaynaklayabilmesi, katılaşma esnasındaki sorunları ortadan kaldırmakta olup alüminyum ve magnezyum alaşımlarının kaynak edilmesinde popüler bir

yöntemlerden biri olmaktadır. Bu yüzden havacılık ve uzay , yapay zeka teknolojileri, gemi ve demiryolu taşımacılığı sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Wei, Lu, Chen, & Xu, 2022). Farklı malzemelerin füzyon kaynak yöntemiyle kaynatılmasında görülen intermetalik etki, sürtünme kaynağı sırasında ısıl denge sağlandığında en aza indirilebilmektedir (Yugandhar et al., 2022).

Kaynak bölgesinin ısınması, kaynak için kullanılan takımın geometrisine, dönme hızına ve ilerlemesine bağlıdır. Herhangi bir sebeple kaynak bölgesinde yeterli ısı oluşumu gerçekleşmemesi durumunda kaynak dikişinde çeşitli birleşme hatalarının meydana gelmesi sonucu mukavemet düşer (Yugandhar et al., 2022). Takımın kaynak esnasında bilerek veya kazara saptırılması kaynak edilen parçalara ve konumlarına bağlı olarak kaynak dikişinden beklenen verimin alınamamasına yol açar (Hadji, Badji, Gaceb, & Cheniti, 2022). Takımın malzemeye dalma miktarının optimum düzeyde olmayıp, az veya fazla olduğunda kaynak dikişinin mukavemeti azalmaktadır (K. A. Kumar, 2022).

### 3. GÜNCEL GELİŞMELER

Wei ve arkadaşları (Wei et al., 2022) yaptıkları çalışmada, sürtünme karıştırma makinesinde geleneksel kaynak, ultrasonik destekli kaynak ve ısı borularıyla kaynak bölgesinin ısı kontrolü sağlanması suretiyle üç farklı ortam şartlarında kaynak dikişini incelemişlerdir. Isı kontrolü sayesinde kaynak ekseninin her iki yanında homojen ısı elde edilmesi tane boyutundaki farklılıkları azaltmıştır. Ultrasonik destekli yapılan kaynakta moleküllerin hareketine yardımcı olduğu için geniş bir alanda tanelerin homojen dağılımı gözlemlenmiştir. Geleneksel kaynak yönteminden farklı olarak uygulanan iki yöntemde de kaynak bağlantısının mukavemet ve uzamasında artış görülmüştür.

Yaknesh ve arkadaşları (Yaknesh, Sampathkumar, & Sevel, 2022), magnezyum alaşımları AZ31B ve AZ91C alaşımlarına sahip 6 mm kalınlıktaki plakalar üzerinde silindirik konik ve silindirik konik dişli pim olmak üzere 2 farklı takımla kaynak parametreleri (kaynak hızı, dönme hızı, takım aksel kaçıklık vs.) değiştirilerek bağlantı yapmışlardır. Takım ilerleme hızı ve takımın kaynak ekseninden kaçıklığının artması kaynak bölgesinde hatalara sebep olmakla beraber mukavemeti azalttığı görülmüştür. AZ31B ve AZ91C alaşımlarında kusursuz bir kaynak dikişi isteniyorsa takım merkez ekinde tutulması gerektiği ifade edilmiştir.

Cha ve arkadaşları (Cha, Hou, & Zhang, 2022), AZ31 magnezyum alaşımlarının ultra ince tane yapısı ile yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları süperplastisite özelliğini elde etmek üzere çift taraflı sürtünme karıştırma prosesi uygulamışlardır. Gerçekleştirilen proses sayesinde tane boyutu iki kattan fazla azalmıştır. İşlem sonrasında yüksek açılı tane sınırı ve ultra ince tanenin artışı süperplastisite için en uygun temeli oluşturmuştur.

Kumar ve arkadaşı (Yokesh Kumar & Sevel, 2022), 6 mm kalınlıktaki bakır alaşımı CDA 101 levhaların sürtünme karıştırma kaynağı ile kaynağında kaynak parametrelerinin mukavemete etkisini incelemişlerdir. Silindirik konik pim geometrisine sahip bir takım ile 1100 dev/dak dönme hızı, 6 kN aksel kuvvet ve 20 mm/dak - 45 mm/dak ilerleme hızına kadar deneyler yapılmış olup en verimli sonucu 20 mm/dak'da elde etmişlerdir. Kaynak bölgesinde tanelerin ve ısının homojen dağılması sebebiyle verimli bir birleştirme gerçekleşmiş ve kaynak bölgesinde ana malzeme mukavemetinin %85,38'ine karşılık gelen 200,65 MPa'lık bir çekme mukavemeti elde etmişlerdir.

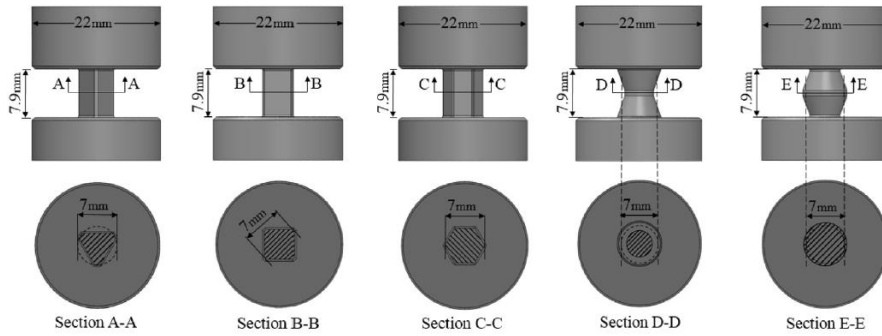
Rani ve arkadaşı (Rani & Mishra, 2022), çalışmalarında AA5083 ve AA6061 levhaları geleneksel yöntem ve haricinde SiC parçacıkları kullanarak çok geçişli sürtünme karıştırma kaynağını ile birleştirmiştir. 6 mm kalınlığındaki plakalara uygulanan işlemde, SiC ilave etmek için 0,36 mm genişlik 3 mm derinliğinde frezeleme işlemi ile kanal açılmıştır. İşlem sırasında plastik deformasyon sonrası dinamik yeniden kristalleşme esnasında tane boyutlarının oluşumu gerçekleşmektedir. Kaynak bölgesinde geçişin tekrarlanması ve SiC partiküllerinin homojen dağılımıyla tane küçültme işlemi verimli şekilde tamamlanmış olup bunlarında neticesinde mukavemet artışları görülmüştür.

Jogendra ve arkadaşları (J. Kumar, Majumder, Mondal, & Verma, 2022), yaptıkları çalışmada takım ilerleme ve dönme hızlarının yanında takım pim uzunluğunun kaynak birleşim noktasındaki mukavemet

ve sertlik değeri gibi mekanik özelliklere olan etkilerini incelemişlerdir. AA6063 alaşımının su altında sürtünme karıştırma kaynağı ile kaynatılmasını incelemek üzere yapılan bu çalışmada, kaynak kalitesini oluşturan etkenleri incelemek üzere balık kılıçığı diyagramı oluşturulmuştur. Su altında yapılan bu kaynakta maksimum kaynak verimliliği %91,04 ve uzama %12,5 olarak bulunmuştur. Mekanik özellikleri tahmin etmek üzere regresyon denklemi geliştirilmiş olup, analiz sonuçlarıyla gerçek sonuçlar karşılaştırıldığında çekme mukavemetinde %3,5, sertlik değerinde ise %3,017 hata ile tahmin sağlanmıştır. Ayrıca yapay zekâ sayesinde kaynak esnasında oluşabilecek ısıl durum simülasyonunu yapmışlardır.

Sun ve arkadaşları (Sun et al., 2022), AA5083 ve AA2024 alüminyum alaşıma sahip 2 mm kalınlıktaki levhaların T bağlantı şeklinde kaynatılmasını başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. Düşük dönme hızı ve yüksek ilerleme/kaynak hızlarında tünel şeklinde kusurlar olduğu görülmüştür. Dönme hızı arttırıldığında hatanın azaldığı görülmüştür. Bu alaşımların T kaynağında en uygun devir 1200 dev/dak ve ilerleme 20-40 mm/dak olarak belirlenmiştir. Kaynak işlemi sonucunda kaynak bölgesinin mukavemetini ölçmek için yapılan testlerde 2024 levhanın mukavemet değerinin %86'sına ulaşırken, 5083 levhanın %118'ine ulaşılmıştır.

Asadi ve arkadaşları (Asadi, Mirzaei, & Akbari, 2022), çalışmalarında magnezyum alaşımının bobin takımı yardımıyla sürtünme karıştırma kaynağıyla kaynatılmasını modellemek üzere Birleştirilmiş Eulerian-Lagrange (CEL) yöntemini kullanarak kaynağın sayısal modellemesini gerçekleştirmişlerdir. Sayısal modeli doğrulamak için sıcaklık ve kuvvet eğrilerini kullanılmıştır. Pim şekillerinin etkilerini araştırmak üzere Şekil 3.'de görülen farklı tiplerde bobin takımları tercih edilmiştir. Pim üzerindeki kenar sayısındaki artış, kaynak bölgesinde pik sıcaklığın yükselmesine, karıştırma bölgesinin genişlemesine, tane boyutunun büyümesi ve malzeme akışının iyileşmesine neden olduğu belirtilmiştir. Boyuna uzanan numunelerde en yüksek uzama ve çekme mukavemeti, malzeme akışının iyi olması ve verimli bir kaynaşma sebebi ile altıgen takımda görülmüştür.



Şekil 3: Karıştırma özellikleri incelenen takım geometrileri (Asadi et al., 2022)

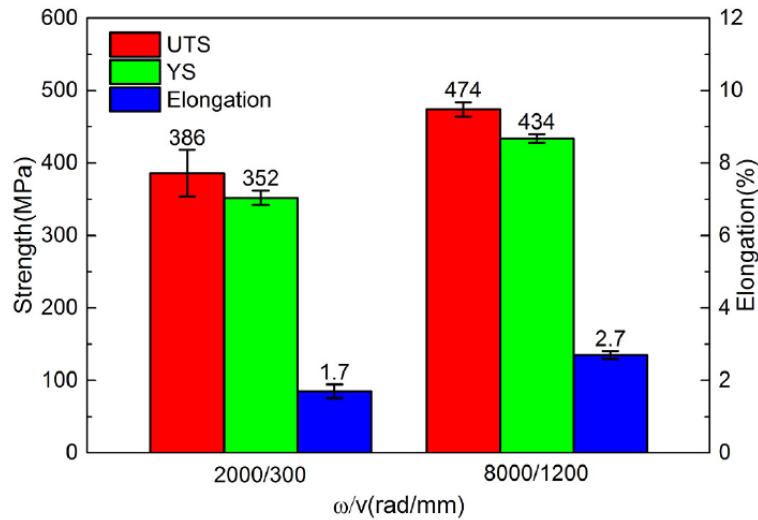
Karutha ve arkadaşı (K. P. V. Kumar & Balasubramanian, 2022), farklı Al ve Mg alaşımlarından yüksek sertlik elde etmek için işleme parametrelerini optimize etmeyi amaçlamışlardır. Deneyler yanıt yüzey metodolojisi-merkezi kompozit tasarımına göre değişen girdi faktörleriyle tasarlanmış ve yürütülmüştür. Deney sonuçları dikkate alınarak işlem faktörü ve sertlik arasında regresyon modeli geliştirilmiştir. ANOVA regresyon modelini doğrulamak ve her bir sertlik faktörünün katkısının yüzdesini değerlendirmek için kullanılmıştır. Etki oranlarına baktığımızda ise %43 ile kaynak hızına, %28 ile dönme hızına, %20 takım eğim açısına ve %9 ile etkileşime ait olduğu görülmüştür.

Singh ve arkadaşları (Singh et al., 2022), sürtünme karıştırma kaynağında takım dönüş hızı ve kaynak ilerleme hızının etkilerini incelemek üzere deneyler tasarlamıştır. Bu deneyler Taguchi L9 ortogonal dizisi ve ANOVA analiz yöntemleri kullanarak tasarlanmıştır. Deneylerde AA5052, AA5083 ve

AA6063 alaşımlar kullanılmıştır. 6 mm kalınlığa sahip plakalarda yapılan deneylerde 850, 1000 ve 1150 dev/dak dönme hızları ile 25, 35 ve 45 mm/dak kaynak hızları işlem parametresi olarak seçilmiştir. Yapılan deney sonuçlarında takım dönme hızındaki artışın kaynak mukavemetini arttırdığı görülmüştür. Yapılan analizlerin deney sonuçlarıyla uygunluğu teyit edilmiştir. Taguchi yönteminin optimum işlem parametrelerinin tahmin edilebilmesine yardımcı olduğu söylenmektedir.

Lu ve arkadaşları (Lu et al., 2022), sürtünme karıştırma kaynağında ortaya çıkan ısının kaynak kalitesine doğrudan etkili olduğunu göz önünde bulundurarak kaynak esnasında oluşan ısıyı analiz etmek üzere ısı üretim modeli oluşturmuşlardır. Analizler 18 mm kalınlıktaki AA2219 alaşımı üzerinden yürütülmüştür. JMatPro teknolojisi kullanılarak AA2219 alaşımının sıcaklığa bağlı malzeme parametreleri elde edilmiştir. Isı üretim modeli, DFLUX alt programı aracılığıyla ABAQUS simülasyon yazılımına aktarılarak sürtünme karıştırma kaynağı sürecinin simülasyonu sağlanmıştır. Simülasyon sonuçları deneylerle doğrulanmıştır.

Ni ve arkadaşları (Ni, Liu, Zhang, Huang, & Yu, 2022), 200 x 60 x 0,5 mm boyutlarında AA7075-T6 ultra ince levhaların sabit dönme hızı / kaynak hızı oranında kaynak edilmesi ve kaynak mukavemetini incelemiştirler. Konvansiyonel sürtünme karıştırma kaynağında 2000 dev/dak ve 300 mm/dak hızlar, yüksek hızlı sürtünme karıştırma kaynağında ise 8000 dev/dak ve 1200 mm/dak hızlar seçilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda ince levhalar için pimsiz takım kullanılması mükemmel kaynak kalitesine ulaşmayı sağlayacağı düşünüldüğü için AISI H13 çeliğinden imal edilmiş pimsiz bir takım seçilmiştir. Yüksek ilerleme ve devir hızlı kaynakta maksimum sıcaklık konvansiyonele göre daha yüksek iken, yüksek sıcaklığa maruz kalma süresi daha kısadır. Yüksek ilerleme ve devir, hızlı kaynakta konvansiyonele göre daha hızlı ısınma ve soğuma gerçekleşmektedir. Kaynak bölgesi iç yapısı incelendiğinde yüksek hızlı kaynakta daha homojen bir yapı ve kusursuz bir birleşme tespit edilmiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında Şekil 4'te görüldüğü gibi hızlı sürtünme karıştırma kaynağında kaynağın mukavemet değeri daha yüksektir. %87 oranında ana metal mukavemeti elde edilmiştir.

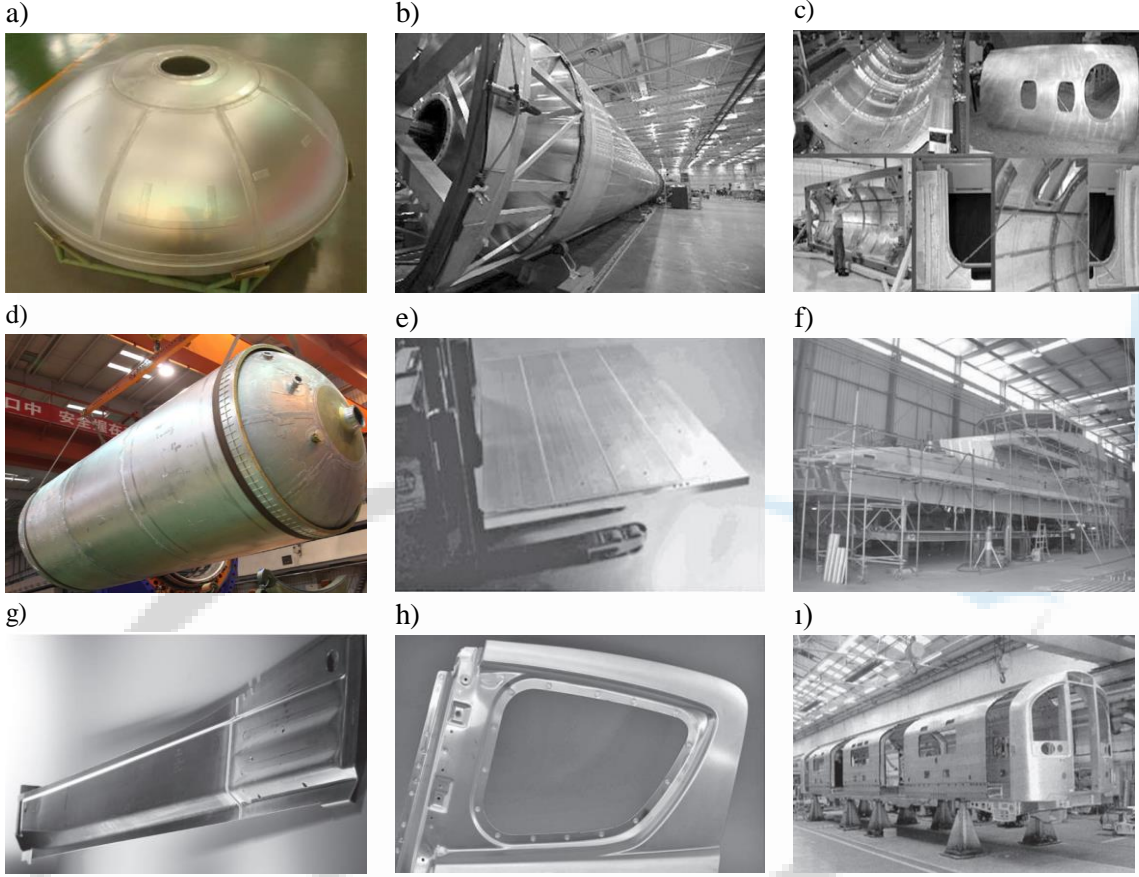


Şekil 4: Farklı hızlarda yapılan kaynak numuneleri test sonuçları (Ni et al., 2022)

#### 4. UYGULAMALAR

Şekil 5.a'da basınçlı kazan ve silindirlerin kubbe imalatında sürtünme karıştırma kaynağı uygulanarak sağlam kaynak bağlantıları oluşturulmuş olup verimli bir birleştirme gerçekleşmiştir. (Wang et al., 2018). Şekil 5.b'de Falcon 9 roket taşıyıcı imalatında Al-Li alaşımının kaynağında sürtünme karıştırma kaynağı kullanılmıştır (Sergeeva, 2013). Şekil 5.c'de sürtünme karıştırma kaynağının uçak kabinindeki bileşen bağlantılarında kullanılmasıyla otomatik perçinleme sisteminden 4 kat, manuel perçinlemeden 20 kat daha hızlı birleştirme sağlandığı belirtilmiştir (Sergeeva, 2013). Şekil 5.d'de sürtünme karıştırma kaynağı kullanılarak imal edilen tank görülmektedir (Wang et al., 2018). Şekil 5.e'de görülen dondurucu

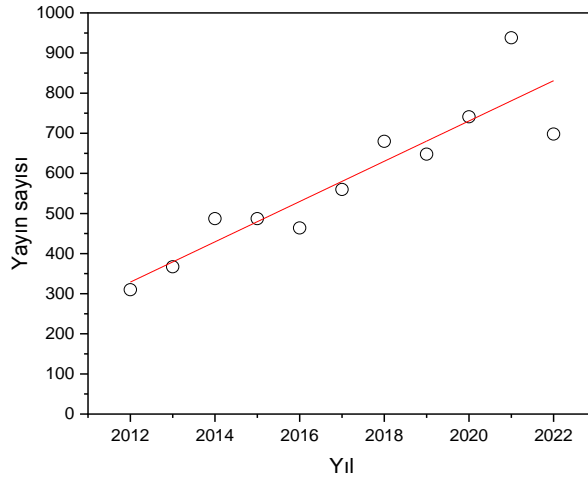
dolap panel blokları çizgi halinde sürtünme karıştırma kaynağı ile kaynatılmıştır. Bu uygulama 1996'da yapılan ilk uygulamadır (Kallee, 2010). Şekil 5.f'de görülen kıyı devriye gemisinin üst yapısının oluşturulmasında sürtünme karıştırma kaynağı kullanılmıştır (Kallee, 2010). Şekil 5.g'de görülen parça Audi R8 marka modele ait otomobil parçasının sürtünme karıştırma kaynağı ile imal edilmiş bileşenine aittir (Kallee, 2010). Şekil 5.h'da Mazda RX-8 marka model otomobilin arka kapı dış paneli kaynağı sürtünme karıştırma nokta kaynağı yöntemiyle birleştirilmiştir (Kallee, 2010). Şekil 5.i'de görülen alüminyum vagon gövdesi sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilmiştir (Kallee, 2010).



Şekil 5: Sürtünme karıştırma kaynağı uygulamaları

## 5. SON YILLARDA YAPILAN YAYIN SAYILARI

Friction Stir Welding ve Friction Stir Welding for Aluminium anahtar kelimeleri ile Science Direct veri tabanında yapılan araştırmalar sonucu elde edilen veriler Şekil 6.'da gösterilmiştir. Etkin ve teknolojik olan bu kaynak yöntemi ile ilgili her geçen yıl daha fazla araştırma yapılmış olup, kaynak yöntemi farklı açılardan incelenmektedir. Yıllara bağlı olarak ciddi artışlar görülmektedir. Yayın sayılarındaki artışlardan anlaşılacağı üzere yöntemin kullanım alanları hızla genişlemektedir. Bu sebeple de araştırma sayısı artmaktadır. Bu yöntemde proses parametreleri optimize edildiğinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu yüzden havacılık ve uzay endüstrileri için çok büyük potansiyele sahip bir yöntem olma özelliği göstermektedir.



**Şekil 6:** “Friction Stir Welding” anahtar kelimeleriyle yapılan çalışma sayılarının grafiği (sciencedirect.com, 2022)

## 6. SONUÇLAR

Sürtünme karıştırma kaynağı, füzyon kaynağıyla kaynak edilemeyen veya verimli kaynak dikişleri elde edilemeyen malzemelerin kaynak edilebilmesine imkan sağladığı için son yıllarda oldukça yaygın kullanılmaktadır. Avantajlarının yüksek olması, maliyetin düşük, uygulanabilirliğin kolay olması sebebiyle tercih edilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucu görülmektedir ki; sürtünme karıştırma kaynağı yapılan iyileştirmeler ve otomasyon sistemleri sayesinde sanayide daha da yaygın kullanım alanına sahip olacaktır. Özellikle havacılık sektöründe kullanımı artacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: MMF.A4.22.008 (This work was supported by Ahi Evran University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: MMF.A4.22.008)

## KAYNAKÇA

- Asadi, P., Mirzaei, M., & Akbari, M. (2022). Modeling of Pin Shape Effects in Bobbin Tool FSW. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*.
- Cha, S., Hou, H., & Zhang, Y. (2022). High-Temperature Deformation Behavior of the AZ31 Alloy Processed by Double-Sided FSW Technology. *Metals*, 12(3), 422.
- Fathi, J., Ebrahimzadeh, P., Farasati, R., & Teimouri, R. (2019). Friction stir welding of aluminum 6061-T6 in presence of watercooling: Analyzing mechanical properties and residual stress distribution. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 2(2), 107-115.
- Fouladi, S., Ghasemi, A. H., Abbasi, M., Abedini, M., Khorasani, A. M., & Gibson, I. (2017). The effect of vibration during friction stir welding on corrosion behavior, mechanical properties, and machining characteristics of stir zone. *Metals*, 7(10), 421.
- Hadji, I., Badji, R., Gaceb, M., & Cheniti, B. (2022). Dissimilar FSW of AA2024 and AA7075: effect of materials positioning and tool deviation value on microstructure, global and local mechanical behavior. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118(7), 2391-2403.
- Kallee, S. (2010). Industrial applications of friction stir welding. In *Friction stir welding* (pp. 118-163): Elsevier.
- Kumar, J., Majumder, S., Mondal, A. K., & Verma, R. K. (2022). Influence of rotation speed, transverse speed, and pin length during Underwater friction stir welding (UW-FSW) on Aluminum AA6063: A novel criterion for parametric control. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*.
- Kumar, K. A. (2022). Effect of tool plunge depth (TPD) on the microstructure and mechanical properties of FSW dissimilar joints reinforced with SiC nano particles. *Materials Today: Proceedings*, 52, 355-360.
- Kumar, K. P. V., & Balasubramanian, M. (2022). Optimization of FSW Processing Factors on Hardness for Dissimilar AA6061-T6 and AZ31B O Alloys. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 68(3), 166-174.
- Kumar Rajak, D., Pagar, D. D., Menezes, P. L., & Eyvazian, A. (2020). Friction-based welding processes: friction welding and friction stir welding. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 34(24), 2613-2637.
- Lu, X., Luan, Y., Meng, X., Zhou, Y., Zhao, N., & Liang, S. Y. (2022). Temperature distribution and mechanical properties of FSW medium thickness aluminum alloy 2219. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-13.
- Ma, Z., Feng, A., Chen, D., & Shen, J. (2018). Recent advances in friction stir welding/processing of aluminum alloys: microstructural evolution and mechanical properties. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 43(4), 269-333.
- Ni, Y., Liu, Y., Zhang, P., Huang, J., & Yu, X. (2022). Thermal cycles, microstructures and mechanical properties of AA7075-T6 ultrathin sheet joints produced by high speed friction stir welding. *Materials Characterization*, 187, 111873.
- Öcalır, Ş. (2019). Farklı iki malzemenin sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilmesinde kaynak parametrelerinin bağlantının mekanik özelliklerine ve korozyon direncine etkilerinin incelenmesi. *Doktora Tezi*.

- Rani, P., & Mishra, R. (2022). Influence of Reinforcement with Multi-Pass FSW on the Mechanical and Microstructural Behavior of Dissimilar Weld Joint of AA5083 and AA6061. *Silicon*, 1-15.
- sciencedirect.com. (2022). Friction Stir Welding, Friction Stir Welding. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/>
- Sergeeva, E. (2013). Friction stir welding in aerospace industry. *The Paton Welding Journal*, 5, 56-60.
- Singh, L., Al Haque, M. S., Singh, A., & Pun, A. K. (2022). Study and optimize tensile strength of FSW joints using AA5083 filler by Taguchi & Anova. *Materials Today: Proceedings*, 48, 1718-1722.
- Sun, T., Shen, Y., Ni, R., Hou, W., Yan, Y., & Cao, F. (2022). Influences of Process Parameters on Morphology and Mechanical Properties of FSW-T-Joint of 2024/5083 Al Alloy Sheets. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1-14.
- Wan, L., & Huang, Y. (2018). Friction stir welding of dissimilar aluminum alloys and steels: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99(5), 1781-1811.
- Wang, G., Zhao, Y., & Hao, Y. (2018). Friction stir welding of high-strength aerospace aluminum alloy and application in rocket tank manufacturing. *Journal of Materials Science & Technology*, 34(1), 73-91.
- Wei, C.-G., Lu, S., Chen, L.-Y., & Xu, M.-Y. (2022). Comparison Study on Welding Temperature and Joint Characteristics of AZ31 Magnesium Alloy by Ultrasonic and Heat Pipe Assisted FSW. *Metals*, 12(2), 267.
- Yaknesh, S., Sampathkumar, K., & Sevvel, P. (2022). Effect of Tool Pin Geometry and Process Parameters During FSW of Dissimilar Alloys of Mg. *Materials Research*, 25.
- Yokesh Kumar, B., & Sevvel, P. (2022). Impact of speed of traverse during joining of CDA101 plates by FSW process. *Scientia Iranica*.
- Yugandhar, K., Balaji, P., Chandu, P., Prasanna, R. V., Magesh, M., & Loganathan, T. (2022). A STUDY ON FSW PARAMETERS OF JOINING DISSIMILAR METALS-AL AND FE.

Presentation ID / Sunum No: 51

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-5870-1171

## Beyaz Çay Yapraklarından Yeşil Sentez ile Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Aktivitesi

Araştırmacı Bahri Emirhan Özdemir<sup>1</sup>, Prof. Dr. Nurcihan Hacıoğlu Doğru<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

\*Corresponding author: Bahri Emirhan Özdemir

### Özet

Malzeme sentezinde çevreye zararsız teknolojilerin geliştirilmesine yönelik artan ihtiyaç nedeniyle, nanoteknoloji ve biyoteknolojinin interaksyonundan ortaya çıkan nanopartiküllerin biyosentezi artan bir ilgi görmüştür. Mikroorganizmalar ve bitkiler kullanılarak inorganik materyallerin, özellikle metal nanopartiküllerin biyosentezine büyük çaba sarf edilmektedir. Bu çalışmada indirgeyici ve stabilize edici ajan olarak beyaz çay yapraklarının su ekstraktı kullanılarak gümüş nanopartikül (AgNP) elde edilmiş ve test mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktivitesi değerlendirilmiştir. AgNP ekstraktının antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için Gram-negatif (*Acinetobacter baumannii* ATCC 19606, *Escherichia coli* NRRLB 3704, *Proteus vulgaris* ATCC 13315, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853), Gram-pozitif bakteri (*Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P, *Staphylococcus haemolyticus* ATCC 43252) ve maya (*Candida albicans* ATCC 10231) kullanılmıştır. Ekstrakt 8.0-27.0 mm inhibisyon zonlarıyla güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Bu durum AgNP'lerin gelecekte iyi bir alternatif tedavi yaklaşımı olacağını ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyosentez, Gümüş Nanopartikül, Beyaz Çay, Antimikrobiyal Aktivite

### *Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles Green Synthesized by White Tea Leaves*

#### **Abstract**

Biosynthesis of nanoparticles as an emerging highlight of the intersection of nanotechnology and biotechnology has received increased attention due to growing need to develop environmentally benign technologies in material synthesis. A great deal of effort has been put into the biosynthesis of inorganic material, especially metal nanoparticle using microorganisms and plants. The silver nanoparticles (AgNPs) synthesized using water white tea leaf extracts as reducing and stabilizing agent were reported and evaluated for antimicrobial activity against test microorganisms in the study. Gram-negative bacteria (*Acinetobacter baumannii* ATCC 19606, *Escherichia coli* NRRLB 3704, *Proteus vulgaris* ATCC 13315, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853), Gram-positive bacteria (*Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P, *Staphylococcus haemolyticus* ATCC 43252) and yeast (*Candida albicans* ATCC 10231) were used for determining the antimicrobial activity of AgNPs extract. This extract was showed strong antimicrobial activities with inhibition zones at 8.0-27.0 mm. It was observed that AgNPs may be a good alternative therapeutic approach in future.

**Keywords:** Biosynthesis, Silver Nanoparticle, White Tea, Antimicrobial Activity

**Acknowledgement:** This research is a part of Mr. Bahri Emirhan ÖZDEMİR's TÜBİTAK-2209 A Project which is supported with the frame of Undergraduate Students Grant in Biological Science.

## 1. GİRİŞ

Nanopartikül terimi, boyutları 100 nm ve altında olan parçacıkları ifade etmektedir. Büyük yapılı maddelerin aksine nanopartiküller nano boyuttaki yapıları ile kendilerine özgü fiziksel, kimyasal, elektronik, mekanik, manyetik, termal, dielektrik, optik ve biyolojik özelliklere sahiptirler (Durán vd., 2011). Metal nanopartiküller özgün yapılanmaları sayesinde elektronik ve malzeme endüstrisinde kullanım için yüksek işlev taşımakta ve antimikrobiyal maddelerin üretimi, ilaçların taşınımı, hastalık teşhis ve tedavisi gibi tıbbi uygulamalarda yeni yöntemlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadırlar (Gaikwad vd., 2013; Składanowsk vd, 2017). Nanopartiküllerin bu özelliğinden dolayı son yıllarda nanopartikül sentezlemek çok önemli bir boyut kazanmaktadır. Nanopartiküllerin üretiminde fiziksel ve kimyasal yöntemler uygulanmaktadır. Kimyasal yöntemler yüksek enerjiye, indirgeyici/stabilize edici ajanlara ve toksik kimyasallara ihtiyaç duyan pahalı ve kararsız yöntemlerdir. Ayrıca, üretilen nanopartiküller biyolojik yan etkilere sahip olabilir (Składanowski vd., 2017). Bundan dolayı nanopartikül üretiminde biyolojik toksik olmayan, çevre dostu, ekonomik sentezler daha ön plana çıkmaktadır. Nanopartikül sentezi için bitkiler, funguslar, aktinomisetler ve bakteriler kullanılabilir. Bunlar altın, gümüş, platin, demir sülfür, kadmiyum sülfür, selenyum, çinko oksit, bakır gibi toksik olmayan metal nanopartiküller üretebilir (Qi vd., 2016).

Ana vatanı Çin ve Tayland olarak bilinen, dünyada sudan sonra tüketilen ikinci içecek olan *Camellia sinensis*, Theaceae (çaygiller) familyası üyesi, nemli iklimlerde yetişen, yaprak ve tomurcukları içecek maddesi üretmekte kullanılan önemli bir tarım bitkisidir. *C. sinensis* adlı bitkinin yapraklarından ve tomurcuklarından elde edilerek farklı işleme yöntemine göre siyah çay, yeşil çay, oolong çay, beyaz çay, pu-erh çay gibi farklı çeşitleri elde edilmekte olup dünyada yaygın kullanımı olan önemli ticari ürünler haline gelmektedir (İlgaz vd., 2006). İşletme farklılıkları sonucu üretilen farklı çay çeşitlerinin özgün tat ve aromaya sahip olmasına ek olarak farklı biyolojik aktiviteye sahip olduğu birçok araştırmada incelenmiştir. Çay polifenollerini, özellikle katesin türevleri, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan güçlü antioksidan ajanlarıdır. Antioksidan bileşenler, serbest radikalleri temizleme ve dolayısıyla oksidatif stresi inhibe etme yetenekleri nedeniyle büyük ilgi uyandırmıştır. Özellikle içerdikleri kimyasal bileşikler nedeniyle birçok araştırmada, çay ekstraktlarında bulunan doğal antioksidanlara odaklanılmıştır. Ayrıca çayların içerdikleri polifenollerinin, antikanserojenik, antimutajenik ve korumadan sorumlu olduğu düşünülmektedir. Ticari çay çeşitleri içerisinde beyaz çay, çok az işlemeden geçirilmekte ve antioksidan, anti-inflamatuar, anti-mutajenik ve anti-kanser aktiviteleri gibi güçlü hipoaktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (El-Taher, 2011).

Nanopartikül geleneksel ürün ve metallere kıyasla üstün yüksek dayanıklılık, iletkenlik, biyoyoumluluk gibi fizikokimyasal özellikleri ve sentez işlemleri sonucunda çok az toksik yan ürün oluşturmamaları nedeniyle biyoteknoloji, tarım, tıp ve sağlık sektörü, elektronik ve enerjiyi depolama, biyomedikal teknolojiler, malzeme ve imalat sanayisi, gıda endüstrisi gibi birçok sektörde potansiyel uygulamaları mevcuttur. Bu nedenle gümüş vb. nanopartiküllerin biyolojik olarak toksik olmayan, çevre dostu, ekonomik sentez yollarıyla üretiminin araştırılması ve üretilecek bu partiküllerin kullanım amaçlarının belirlenmesi önemlidir.

Bu araştırmanın öncelikli hedefi, beyaz çay kullanılarak gümüş nanopartikülünün (AgNP) biyolojik olarak sentezini yapmak ve sentezlenen partikülün antimikrobiyal akitivitesini ortaya koymaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### Yeşil sentez yöntemi ile AgNP eldesi

Aktardan temin edilen kuru beyaz çay yaprakları (5 g) öğütülmüş ve steril 100 mL saf su ile 65-70 °C'de kaynatılmadan 60 dakika boyunca ekstrakte edilmiştir. Oda sıcaklığında (25 °C) kadar soğutulduktan sonra filtre kağıdı ile filtrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. AgNP sentezi için önceden hazırlanan 1mM 500 mL AgNO<sub>3</sub> sulu çözeltisi ile 125 mL beyaz çay yaprağı özütü 1000 mL'lik bir erlen içerisinde oda sıcaklığında sabit koşullarda reaksiyona bırakılmıştır. Gümüş iyonlarının indirgenmesi ile oluşan koyu renkli solüsyon 10.000 rpm'de 5dk santrifüj edilerek üst sıvı faz uzaklaştırılmış ve kalan katı kısım birkaç kez saf su ile yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen katı kısım (AgNP) etüvde 65°C'de 48 saat kurumaya bırakılmıştır (Bayğu, 2020).

### AgNP'lerinin antimikrobiyel etkisinin belirlenmesi

AgNP'lerin bakteri ve maya kültürleri üzerindeki antimikrobiyal etkisini belirlemek amacıyla disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır (Bauer vd., 1966). Antimikrobiyal çalışmalarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Kültür Koleksiyonu'ndan temin edilmiş olan *Escherichia coli* NRRL B-3704, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Proteus vulgaris* ATCC 13315, *Enterobacter aerogenes*, *Acinetobacter baumannii* bakterileri ile *Candida albicans* ATCC 10231 maya kültürü olmak üzere toplam 8 adet mikroorganizma kullanılmıştır. Mueller Hinton Agar üzerine yapılan Yayma işleminin ardından besiyerinin üzerine sterilize edilmiş diskler yerleştirilmiş ve her bir diskin üzerine de önceden pH 9'da üretilip saflaştırılmış AgNP'lerinden 10 µL konulmuştur. 24 saat inkübasyonun ardından disklerin etrafında zon oluşumu incelenmiştir.

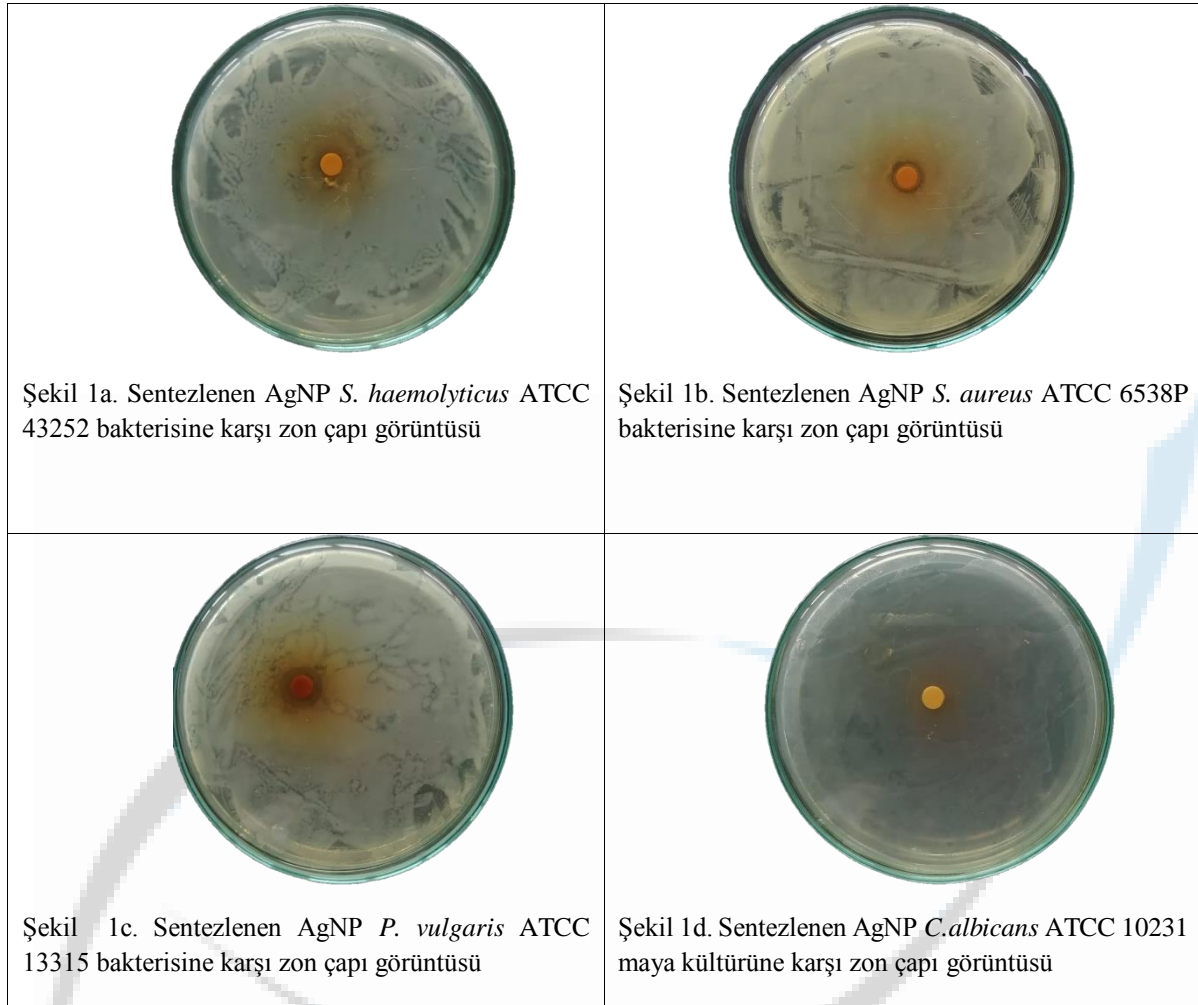
## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

AgNP'lerin antimikrobiyal etkisi uzun yıllardır bilinmektedir ve bu kapsamda literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada kurutulmuş beyaz çay yapraklarının ekstraktı kullanarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen AgNP'lerin patojen bakteri ve maya kültürlerine karşı antimikrobiyal aktiviteleri test edilmiştir. Bununla birlikte antimikrobiyal etkinin sadece AgNP kaynaklı olup olmadığını belirlemek için sadece beyaz çay yapraklarından elde edilen ekstraktın antimikrobiyal aktivitesi de incelenmiştir. Sentezlenen AgNP ve sadece beyaz çay yapraklarını içeren ekstraktların disk difüzyon metoduyla elde edilen antimikrobiyal aktivite bulguları Tablo 1 ve Şekil 1a, 1b, 1c ve 1d'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Sentezlenen AgNP ve beyaz çay ekstraktının antimikrobiyal aktivite bulguları

Test mikroorganizmaları	Ekstrakt		Kontrol antibiyotikleri	
	Sentezlenen AgNP	Beyaz çay ekstraktı	P10	NY100
<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	18.0	7.0	14.0	NT
<i>S. aureus</i> ATCC 6538P	7.0	12.0	15.0	NT
<i>S. haemolyticus</i> ATCC 43252	7.0	20.0	14.0	NT
<i>E. coli</i> NRRL B-3704	7.0	10.0	16.0	NT
<i>A. baumannii</i> ATCC 19606	27.0	13.0	12.0	NT
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853	20.0	10.0	8.0	NT
<i>P. vulgaris</i> ATCC 13315	7.0	12.0	13.0	NT

<i>C. albicans</i> ATCC 10231	11.0	10.0	NT	16.0
-------------------------------	------	------	----	------



Sentezlenen AgNP'nün *B. subtilis* ATCC 6633, *A. baumannii* ATCC 19606, *P. aeruginosa* ATCC 27853 ve *C. albicans* ATCC 10231 test kültürü dışında diğer mikroorganizmalara karşı belirgin bir antagonistik etkisi saptanamamıştır. Beyaz çay ekstraktının ise *B. subtilis* ATCC 6633 bakteri kültürü dışında diğer test mikroorganizmalarına karşı yüksek oranda antimikrobiyal aktivitesi gözlenmiştir. Ayrıca beyaz çay ekstraktının *S. haemolyticus* ATCC 43252, *A. baumannii* ATCC 19606 ve *P. aeruginosa* ATCC 27853 bakterilerine karşı mukayese antibiyotiği P10'dan yüksek antibakteriyal aktivitesi belirlenmiştir. AgNP'ün *B. subtilis* ATCC 6633, *A. baumannii* ATCC 19606, *P. aeruginosa* ATCC 27853 ve *C. albicans* ATCC 10231 test kültürlerine karşı beyaz çay ekstraktından görece yüksek antimikrobiyal etkisi de saptanmıştır (Tablo 1).

Genellikle NP'lerin sentezi için kimyasal yöntemler, çevresel ve biyolojik açıdan potansiyel risk oluşturan, dış indirgeme maddeleri ve toksik organik çözücüler içerir. Bu nedenle, NP sentezi için hızlı, temiz, toksik olmayan ve çevre dostu bir süreç geliştirilmesinde bitki özütlerinin kullanılması daha tercih edilen bir yaklaşımdır (Erci ve Torlak, 2019). Bu çalışmada zengin doğal kaynaklı polifenolik bileşikler ve flavonoidik grup içermesi nedeniyle NP sentezi için *C. sinensis* tercih edilmiştir (Salah vd., 1995). Bu çalışma ile birlikte siyah (Göl vd., 2020) ve yeşil çay (Elbossaty, 2017), beyaz çay (paladyum sentezi) (Azizi vd., 2017) örneklerinde benzer çalışmalar olmasına rağmen ilk kez NP'lerin hazırlanması için indirgeyici ajan olarak *C. sinensis* (beyaz çay) yaprak özütünün kullanılması NP'lerin biyolojik sentezinde çevre dostu bir yolla değerli bir kaynak olabileceği gösterilmiştir. Hem indirgeyici hem de stabilize edici ajan olarak beyaz çay yapraklarının kullanılabilmesi bu çalışmayla ortaya konmuştur. Bu

prosedür, geleneksel protokollere uygun maliyetli ve "yeşil" bir alternatif sunar ve düşük sentez sıcaklıkları ve zaman gereksinimi düşünüldüğünde endüstri için kolayca ölçeklendirilebilir bir sentez sürecini göstermektedir. Bununla birlikte özellikle bazı test mikroorganizmalarına karşı elde edilen düşük antimikrobiyal aktivite, sentez basamaklarının yapılacak optimizasyon çalışmalarıyla modifiye edilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bu çalışma kullanılan test mikroorganizmaları bakımından ilk olma özelliği taşımaktadır. Bundan sonra yapılacak kapsamlı çalışmalarda sentezlenen AgNP karakterizasyonunun yapılarak partikül boyutu, şekli ve testlerde kullanılacak dozların aydınlatılmasını gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular sentezlenen AgNP'lerin önemli bir biyolojik ajan olma kapasitelerini ortaya koymaktadır. bu ala

Son yıllarda NP biyosentez araştırmalarında hacim ve büyüme göz önüne alındığında, özellikle NP'lerin uygulamalarına yönelik çok daha yaygın ve yoğun araştırmalar görülmektedir. Fakat NP elde edilmesinde altta yatan biyosentez yöntemlerinin daha fazla araştırılması ve geliştirilmesi ve bununla birlikte yeni biyosentetik NP formlarının oluşturulması beklenmektedir. Ayrıca, Değişik şekillerde nanopartikül sentezleyip şeklin biyolojik aktivitelerinin belirlenmesindeki rolünü moleküler seviyede çalışmak ileriye dönük hedefler arasında olmalıdır. Ülkemizin sahip olduğu endemik bitki potansiyelini değerlendirerek farklı bitkiler ile nanopartikül sentezi gerçekleştirmek ileriye dönük hedefler arasında yer almaktadır.

## KAYNAKLAR

- Azizi, S., Shahri, M.M., Rahman, H.S., Rahim, R.A., Rasedee, A., Mohamad, R. (2017) Green synthesis Palladium nanoparticles mediated by white tea (*Camellia sinesis*) extract with antioxidants, antibacterial and antiproliferative activities towards the human leukaemia (MOLT-4) cell line. *Int J Nanomed.*, 12, 8841-8853.
- Bauer, A.W., Kirby, M.M., Sherris, J.C., Turck, M.D. 1966. Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45, (4), 493-496.
- Bayğu, G. (2020). Cimin üzümü yaprağı kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen gümüş nanopartikülünün genotoksik etkisinin kanat benek testi ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi.
- Durán N, Marcato PD, Durán M, Yadav A, Gade A, Rai M. 2011. Mechanistic Aspects in the Biogenic Synthesis of Extracellular Metal Nanoparticles by Peptides, Bacteria, Fungi, and Plants. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 90(5): 1609-1624.
- El-Taher, E.M. (2011). Kombucha: A new microbial phenomenon and industrial benefits. *African J. Biol. Sci.* 7(2): 41-60.
- Elbeshehy, E.K., Elazzazy, A.M., Aggelis, G. (2015). Silver Nanoparticles Synthesis Mediated by New Isolates of *Bacillus Spp.*, Nanoparticle Characterization and Their Activity Against Bean Yellow Mosaic Virus and Human Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1-13.
- Erci, F., Torlak, E. (2019). Antimicrobial and Antibiofilm Activity of Green Synthesized Silver Nanoparticles by Using Aqueous Leaf Extract of *Thymus Serpyllum*. *Sak Univ J Sci.* 23(3): 333-339.
- Gaikwad, S., Ingle, A., Gade, A., Rai, M., Falanga, A., Incoronato, N., Galdiero, M. (2013). Antiviral Activity of Mycosynthesized Silver Nanoparticles Against Herpes Simplex Virus and Human Parainfluenza Virus Type 3. *International Journal of Nanomedicine*, 8, 4303.

- Göl, F., Aygün, A., Seyrankaya, A., Gür, T., Yenikaya, C., Şen, F., (2020). Green synthesis and characterization of *Camellia sinensis* mediated silver nanoparticles for antibacterial ceramic applications, *Materials Chemistry and Physics*, 250,123-137.
- Ilgaz, A.Ş., Kalcıoğlu, Z., İslamoğlu, E. (2006). Türk Beyaz Çayı Üretim Yönetiminin Optimizasyonu ve Türk Beyaz Çayının Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Çaykur Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Atatürk Çay Ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Teknoloji Kısım Müdürlüğü. 1-37.
- Salah, N., Miller, N.J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G.P., Rice-Evans, C. (1995) Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain- breaking antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 22, 339-346.
- Składanowski, M., Wypij, M., Laskowski, D., Golińska, P., Dahm, H., Rai, M. (2017). Silver and Gold Nanoparticles Synthesized from *Streptomyces* sp. Isolated from Acid Forest Soil With Special Reference to its Antibacterial Activity Against Pathogens. *Journal of Cluster Science*, 28(1): 59-79.
- Qi, P., Zhang, D., Zeng, Y., Wan, Y. (2016). Biosynthesis of CdS Nanoparticles: A Fluorescent Sensor for Sulfate-Reducing Bacteria Detection. *Talanta*, 147, 142-146.

## Endüstri 4.0 Çağında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarındaki Teknolojik Gelişmeler

**Araştırmacı Kaya Bulut Soydan<sup>1</sup>, Dr. Öğretim Üyesi Tarkan Akderya<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Menemen, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Menemen, İzmir, Türkiye

### Özet

*Bu araştırmanın amacı tüm dünyayı etkisi altına alan dijital dönüşüm çağının iş sağlığı ve güvenliği alanında ortaya çıkaracağı yenilikleri ele alarak kullanım alanlarına göre bu yeniliklerin getirilerini sunmak ve Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeleri belirlemektir. Yazılım ve programlama, simülasyon ve artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti ve akıllı üretim, Endüstri 4.0 tasarım prensibi, Endüstri 4.0'in temel kavram ve terimleri, büyük veride bulut hesaplama, simülasyon, siber fiziksel sistemler, Endüstri 4.0 iş profili ve yeterlikleri, giyilebilir yeni nesil sensörler, iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında makine bağlantılı iletişim sistemi ve yeni nesil kolaboratif robotlar ile yapay zeka tasarımlar, süreçler, operasyonlar ve hizmetlerle ilgili ürünler ve üretim sistemleri Endüstri 4.0'in temel bileşenleridir. Dünyada artan iş kazalarının altında yatan ilk ve en büyük neden çalışanların elverişsiz koşullarıdır. Bu koşullar arasına işçi, makine ve işyerinden kaynaklanan faktörler girmektedir. Endüstri 4.0 çağında ortaya çıkan akıllı fabrikalar ile üretimde insan faktörünün en aza indirileceği, bu nedenle de gelişen teknolojilerin iş kazalarını azaltacağı öngörülmektedir. Bu öngörüden hareketle araştırmada daha önce yapılan araştırmalardan yararlanılmış, iş sağlığı ve güvenliği alanına entegre edilen, iş kazalarını önlemek amacıyla kullanılan en güncel teknolojiler ve bu teknolojik gelişmelerin avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, İş Sağlığı ve Güvenliği, Bulut Hesaplama, Giyilebilir Sensörler, Yazılım ve Programlama, Nesnelerin İnterneti

---

### **Technological Advances in Occupational Health and Safety Applications in the Age of Industry 4.0**

#### **Abstract**

*The purpose of this study the age of digital transformation, which affects the whole world of innovation which have emerged in the field of Occupational Health and safety according to use and deliver this innovation by taking the benefits of technological developments in occupational health and safety practices in the age of Industry 4.0 is to identify. Software and programming, simulation and augmented reality (AR), Internet of things "the Internet of Things, IoT, Industry 4.0 and Smart Manufacturing, Industry 4.0 design principles, basic terms and concepts of Industry 4.0, Big Data, Cloud Computing, simulation, cyber physical systems, Industry 4.0 business profile and competencies, wearable sensors, a new generation of wearable sensors, Industry 4.0 and OHS applications, the new generation of artificial intelligence and machine is connected with the communication system Kobot designs, processes, operations and production systems are the basic components of related products and*

services. The first and biggest reason underlying the increasing number of occupational accidents in the world is the unfavorable conditions of employees. Among these conditions, factors arising from the worker, machine and workplace are included. It is envisaged that the human factor will be minimized in production with intelligent factories that have emerged in the era of Industry 4.0, and therefore developing technologies will reduce occupational accidents. Based on this prediction, previous research was used in the research, the introduction of the latest technologies integrated into the field of occupational health and safety and used to prevent occupational accidents was evaluated by considering the advantages and disadvantages of these technological developments together with SWOT analysis.

**Key Words:** Industry 4.0, Occupational Health and Safety, Cloud Computing, Wearable Sensors, Software and Programming, Internet of Things

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, dünya çapında tüketim talebindeki artış ve sürdürülebilir bir üretim türüne duyulan ihtiyaçtan ötürü, “dördüncü sanayi devrimi” veya "Endüstri 4.0" olarak adlandırılan yeni bir endüstriyel dönem ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0, şirketlerin ürünlerini üretme, geliştirme ve dağıtma yöntemlerinde devrim yaratmış, üretici boyutuyla, bilişim ve analitik düzlemde yapay zekâ ve makine öğrenimi dahil olmak üzere yeni teknolojileri üretim tesislerine ve operasyonlarına entegre edebilmiştir. Endüstri 4.0 kavramları ve teknolojileri, üretimin yanı sıra petrol ve gaz, madencilik ve diğer endüstriyel segmentler dahil olmak üzere hemen her tür endüstriyel şirketlerde uygulanabilirliği ile dikkat çekmektedir.

Endüstri 4.0'ın, bir üretim yansıması olarak yeni yüzyılda daha hızlı ve daha kesin karar verme odaklı, üretime tamamen yeni bir yaklaşım sunan, iş ve yönetim organizasyonu tarzı ile iş görev performansını artıran, çalışan sağlığı ve güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecek bir paradigma olduğu belirtilebilir. Endüstri 4.0'ın inovatif değişimleri sayesinde, çalışma ortamında düşme, çarpma gibi olayların önlenmesinin kolaylaşabileceği, yetkisiz erişimleri engellemek ya da sorumlu olmayan personel tarafından donanımların kullanılmasını önlemek için giyilebilir koruyucu ekipmanlar sayesinde çalışanların fizyolojik değerlerinin kolaylıkla takip edilebileceği, nesnelerin internet teknolojisi ile yapay zekâ destekli sistemlerin iş sağlığı ve güvenliği alanında sunabileceği kolaylıklar dikkat çekmektedir.

## 2. Literatür Özeti

Endüstri 4.0 çağında, iş sağlığı ve güvenliği kavramlarının tarihsel gelişim süreçleri, tanım ve önemi boyutuyla çok sayıda araştırmacı tarafından derinlemesine ele alınmıştır. Ülkemizde 2000'li yıllardan sonra özellikle iş sağlığı ve güvenliği alanında uzmanların yoğunlaşması dikkat çekmektedir.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde, Endüstri 4.0 kavramı ile iş sağlığı ve güvenliği kavramları üzerine teorik ve pratik uygulamalardaki teknolojik gelişmelerin rolü ve önemi üzerinde önemle durulması gerektiği ortaya çıkarılmıştır.

Endüstri 4.0, üretim ve ilgili endüstrilerin ve değer yaratma süreçlerinin dijital dönüşümü olarak bilinmekle birlikte, değer zincirinin organizasyonu ve kontrolünde yeni bir aşamayı temsil ettiği ifade edilebilir. Küresel olarak kabul edilen Endüstri 4.0 bir vizyon olduğu kadar, arkasındaki itici güçlerin ve teknolojilerin etkisi, konsept ortaya çıktıktan sonra çeşitli sektörler açısından incelenmiştir. Özünde Endüstri 4.0'ı mümkün kılan teknolojilerin amacının, birden fazla düzeyde verimlilik elde etmek, mevcut üretim süreçlerini dönüştürmek, değer zinciri boyunca uçtan uca bilgi akışları oluşturmak ve yenilerini gerçekleştirmek için bağlantılı varlıklardan gelen veriler dahil olmak üzere mevcut verilerden ve bol miktarda ek veri kaynaklarından, hizmetler ve iş modelleri boyutuyla fayda sağlamak olduğu görülmektedir. Endüstri Devrimi, Allen [1] tarafından, modern tarihte, tarım ve zanaat ekonomisinden sanayi ve makine imalatının egemen olduğu bir ekonomiye geçiş süreci olarak

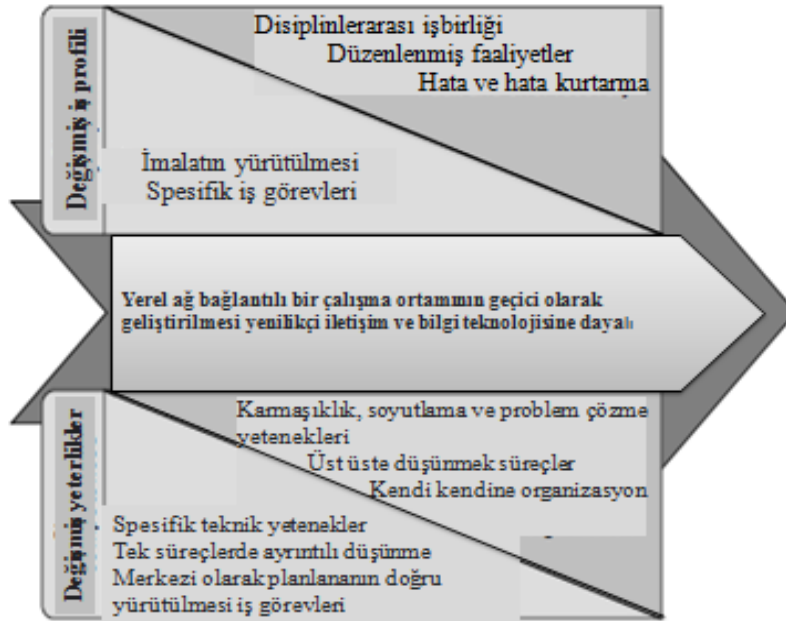
tanımlanmaktadır. Bu teknolojik değişiklikler, topluma yeni çalışma ve yaşama biçimleri getirmiş ve toplumu temelden dönüştürmüştür.

İş sağlığı ve güvenliği, işçi popülasyonundaki hastalık ve yaralanma eğilimlerini inceleyen ve bunları önlemek için stratejiler ve düzenlemeler öneren ve uygulayan halk sağlığı alanıdır. Kapsamı geniştir ve toksikoloji ve epidemiyolojiden ergonomi ve şiddetin önlenmesine kadar çok çeşitli disiplinleri kapsar [2]. İş sağlığı, tüm mesleklerde çalışanların en yüksek düzeyde fiziksel, zihinsel ve sosyal refahını teşvik eden ve sürdüren bir halk sağlığı çalışma alanıdır [3]. Başka bir deyişle, iş sağlığı ve güvenliği, işçilerin sosyal, zihinsel ve fiziksel refahını, yani "bütün olarak insanı" kapsar. Genel olarak, yukarıda verilen iş sağlığı ve güvenliği tanımı, en geniş bağlamda hem sağlığı hem de güvenliği kapsar [4].

### 3. Endüstri 4.0 Çağında İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarındaki Teknolojik Gelişmeler

Dünyada artan iş kazalarının altında yatan ilk ve en büyük neden elverişsiz çalışma koşullarıdır. Bu koşullar arasına işçi, makine ve işyerinden kaynaklanan faktörler girmektedir. Endüstri 4.0 çağında ortaya çıkan akıllı fabrikalar ile üretimde insan faktörünün en aza indirileceği, bu nedenle de gelişen teknolojilerin iş kazalarını azaltacağı öngörülmektedir.

Dombrowski ve Wagner'e [5] göre endüstriyel devrimler, anahtar teknolojilerin gelişmesiyle toplumu değiştirmiştir. Endüstri devriminin vizyonu, ölçek ekonomisi ile kapsam ekonomisinin bir kombinasyonunu gerçekleştirmek için teknolojik kavramlar ve çözümler tarafından tetiklenir. Endüstri 4.0 devrimi insanlarla makineler arasındaki iş birliğini hayata geçirmeyi amaçlamaktadır. 'Endüstri devrimi' terimi, dünyanın değişimini ifade eder. Sanayide teknolojik ekonomik ve sosyal sistemler bu devrime dahildir.



Şekil 3.1 Endüstri 4.0 İş Profili ve Yeterlikler [5]

Endüstri 4.0, yenilikçi iletişimin gelişimi ve bilgi teknolojileri dağıtım ve ağ ortamı için mükemmel bir zemin oluşturmuştur. Şekil 3.1'de gösterilen iş profillerindeki değişiklik öncelikle azalan yönetici üretim görevleri ile karakterize edilir ve konuya özel daha az iş görevleri ifade edilir. Bu nedenle 4.0 endüstri devrimi, iş sağlığı güvenliği boyutuyla iş görevleri, yönetim ve planlama sistemine ek olarak, çalışma ortamındaki faktörlerin çalışanın psikolojik taleplerine yansıtılması süreciyle bir eylem alanı olarak tanımlanabilir [5].

Endüstri 4.0 ile gerçek zamanlı iletişim, büyük veri, insan-makine iş birliği, uzaktan algılama, izleme ve süreç, kontrol, otonom ekipman ve ara bağlantı, modern endüstride önemli varlıklar haline gelmiştir. Büyük değişiklikler olarak Endüstri 4.0 teknolojik gelişmeleri uygulandığında, iş sağlığı ve güvenliğinin önleyici yönetiminde kazanımlar risk altında olmayacaktır [6].

Son zamanlardaki eğilimler, çeşitli yasal reformların başlatılmasına rağmen mesleki yaralanmaların sayısında büyük bir sıçrama olduğunu ortaya koymaktadır. Bu tehlikelerin işçiler üzerindeki etkisini anlamak temel ihtiyaçtır. Herhangi bir iş yeri ölümünü önlemek amacıyla hemen harekete geçmek için her çalışanın bilmesi gereken bu risk faktörlerini belirlenmesi amaçlanmalıdır. Bu riskler biyolojik, kimyasal, fizyolojik tehlikeler vb. gibi çeşitli kategorilere ayrılmıştır. İşyerinde bu tehlikelerin üstesinden gelmek veya en azından birkaç durumda azaltmak için temel hiyerarşik stratejik model Endüstri 4.0 devrimi ile tartışılmaktadır. Bu stratejilerin işyeri tehlikelerini ortadan kaldırmak için yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Endüstri 4.0 devrimi ile giyilebilir teknolojiler, çalışanların gerçek zamanlı izlenmesi ve işyerlerinden kaynaklanan potansiyel tehlikelerin ortadan kaldırılması açısından önemlidir [7]. Tablo 3.2’de tehlike türleri ve bunlara yönelik alınabilecek önlemlere yer verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Sağlık Sunucularının ve Acil Müdahale Ekiplerinin Karşılaştığı Tehlikeler [7]

<b>Tehlike Türü</b>	<b>Tanım</b>	<b>Önlem</b>
Vektörle Bulaşan Hastalıklar	Sıtma gibi vektörler yoluyla yayılan hastalıklar, kolera gibi bulaşıcı hastalıklardan olumsuz etkilenen ülkelerde de yaygındır.	Uzun kollu giysiler giyilmelidir. Böcek kovucular kapsamlı kullanılmalıdır. Risk, kuluçka dönemi ve ana semptomlar hakkında farkındalık oluşturulmalıdır.
Su ve Gıda Kaynaklı Hastalıklar	Bazı halk sağlığı acil durumları, sağlık çalışanlarının genellikle temiz gıda ve suya erişiminin olmadığı bölgelerde ortaya çıkmaktadır.	Kalitesi belirlenemeyen su tüketiminden kaçınılmalıdır. Soğuk salata gibi pişmemiş yemeklerden kaçınılmalıdır, her zaman pişmiş yiyecekler tercih edilmelidir. Yiyecekler optimum sıcaklıkta saklanmalıdır.
Aşıyla Önlenebilir Hastalıklar	Bulaşıcı hastalık bulaşma riskinin yüksek olduğu bölgelerde; hastalık aşı ile önlenebilir ise, sağlık çalışanlarının aşı ile önlenebilir hastalığa karşı bağışıklama yaptırmaları şiddetle tavsiye edilir.	Aşı ile önlenebilen aşağıdaki yaygın hastalıklar için aşı yapılabilir: Sarıhumma (Zorunlu bağışıklama) Kolera (risk değerlendirmesine göre) Hepatit A ve B Kuduz Kızamık Menenjit ACYW-135 (devam eden bir salgın ise zorunludur)
Isı Stresi	Aşırı sıcaklığa maruz kalan sağlık çalışanları, sıcak bitkinliği ve felç gibi koşullar geliştirme riski altında olabilir. Bazı durumlarda, ısı krampları ve ısı döküntüleri de görülebilir. Baş dönmesi, avuç içi terlemesi ve buhara veya sıcak yüzeye maruz kalmaktan kaynaklanan yanıklar diğer güvenlik endişeleridir.	Geçirgen veya geçirimsiz malzemeden yapılmış tam kişisel koruyucu donanım takımları giyilmelidir. Soğutma alanları olan bir rehabilitasyon merkezinde yeterli dinlenme önerilir. Temiz suya erişim sağlanmalıdır. Hidrasyon durumunun izlenmesi gerekmektedir.
Kaymalar ve Düşmeler	Çoğu zaman, işçiler kayma, takılma ve düşme nedeniyle kazalara eğilimlidir. Hava durumu, bu duruma katkıda bulunan en önemli faktördür. Diğer faktörler arasında yağ, zayıf drenaj sistemi, yetersiz aydınlatma vb. zemin kirleticileri bulunur.	Zeminlerin ve çevrenin bakımı sürekli yapılmalıdır. Yeterli ve parlak aydınlatma sağlanmalıdır. Hava durumunun kontrol edilmesi önerilir. Rahat ayakkabılar giyilmelidir. Kazalara neden olabilecek engellerin kaldırılması gerekmektedir. Döküntü varsa, derhal temizlenmelidir.
Karayolu Trafik Yaralanmaları	Halk Sağlığı acil durumları hem acil durum personelinin hem de temel malzemelerin hızlı hareket etmesini gerektirir. Bu bazen sağlık çalışanları ve acil müdahale ekipleri için risk oluşturur.	Yol altyapısının uygunluğu araştırılmalıdır. İyi sürüş becerileri gerektirmektedir. Bozuk yol koşullarında sorunsuz çalışabilen araçlar kullanılmalıdır.

Ergonomik Tehlikeler	Belirli görevleri yerine getirirken ağır yüklerin elle taşınması veya uygunsuz duruşlardan kaynaklanabilirler.	Görevlerin planlanması önerilir. Basamak yerine rampa kullanımı önerilir.
----------------------	--	---

Sağlık ve güvenlik tehditlerini en aza indirmek ile olası tehlikeleri önlemek ve azaltmak için çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir. İş sağlığı ve güvenliği kontrolleri hiyerarşisi aşamaları şunlardır: 1. Aşama - Eliminasyon, 2. Aşama - İkame, 3. Aşama - Mühendislik Kontrolleri, 4. Aşama - İdari Kontroller, 5. Aşama - Kişisel Koruyucu Donanım.

İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak endüstriyel kullanım alanına sahip sensörler şunlardır: 1. Fizyolojik izlemede sensörler, 2. Çevresel algılamada sensörler, 3. Düşme kazalarını azaltan sensörler, 4. Stres seviyelerini tespit etmek için sensörler, 5. Giyilebilir Yeni Nesil Sensörler [8, 9].

#### 4. Sonuç

Endüstri devrimi yaklaşık 200 yıl önce gerçekleşmiş olsa da insanların nasıl yaşadığı ve işletmelerin nasıl çalıştığı üzerinde derin etkiler bırakmıştır. Günümüzün modern şehirlerinin ortaya çıkmasından sorumludur. Endüstri 4.0 Devrimi'nin teknolojik ve ekonomik yönleri önemli sosyokültürel değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Ayrıca Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeler de ülkeler düzeyinde farklılıklar bulunmaktadır. Endüstri 4.0 çağı ile iş sağlığı ve güvenliğinin dijitalleşmesi sonucu çalışanlar eş zamanlı izlenebilecek ve meydana gelen her olumsuzluğa anında müdahale edilebilecektir. Endüstri 4.0, iş sağlığı ve güvenliği alanında, gerçek zamanlı konum belirleme, radyo frekanslı tanıma, nesnelerin interneti gibi teknolojik gelişmelerle iş kazalarını önlemek amacıyla, koruyucu ve önleyici faaliyetleri gerçekleştirerek yeni ve farklı yöntemler ortaya koymaktadır. Borçelik isimli firma “Gerçek Zamanlı Konum Belirleme” olarak tanımlanan sistemi, Covid-19 pandemisi döneminde çalışanlarının konumlarını belirleyerek sosyal mesafeyi sağlamak ve enfekte olan çalışanların temas mesafelerini korumaları amacıyla kullanmıştır. Yine Endüstri 4.0 çağında yaşanan teknolojik gelişmelerin bir ürünü olan “Radyo Frekanslı Tanıma” teknolojisi, iş yerinde çalışanların karşılaşılabilecekleri düşme, çarpma gibi olası kazaları önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Giyilebilir radyo frekanslı tanıma etiketli kişisel koruyucu donanımlar ayrıca çalışanların fizyolojik değerleri konusunda bir izleme imkânı sağlamaktadır [10]. Nesnelere internet sistemi vasıtasıyla birbirine bağlanıp verileri bulut bilişim sistemine aktararak bu verilere her yerden ulaşım sağlanmaktadır. Böylelikle tespit edilen aksaklıklar anında yetkililere bildirilmektedir. Bu teknolojinin sağladığı çözümler ile meydana çıkması muhtemel sorunlar anında tespit edilerek iş kazalarına bağlı yaralanmaların sayısı azalmıştır.

En çok iş kazası olan sektörlerin başında gelen inşaat sektöründe de Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren teknolojik gelişmeler sayesinde iş kazalarının minimum seviyeye indirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan “Yapı Bilgi Modellemesi” tabanlı kalite kontrolü sayesinde tehlike oluşturan unsurlar, muhtemel çarpışmalar ile düşmeler, yangın gibi tehlikeleri algılayarak iş kazalarının önlenmesi amaçlanmıştır [11]. Sonuç olarak elde edilen bulgular da dikkate alındığında; Endüstri 4.0 çağında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarındaki teknolojik gelişmeler işçiler ve endüstri için önem ifade etmekle birlikte hızla ilerlemekte ve gelişme kaydetmektedir.

## **Kaynaklar**

- [1] Allen, R. C. (2009). *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- [2] Diaz, K., Howard, V., & Hutto, B. (2017). Patterns of Sedentary Behavior and Mortality in U.S. Middle-Aged and Older Adults: A National Cohort Study, *Oct 3;167(7):465-475*. doi: 10.7326/M17-0212. Epub 2017 Sep 12.
- [3] National Occupational Safety and Health Council (2006)., Ministry of Manpower and Transmigration of the Republic of Indonesia. 2006. Vision, Mission, Policy, Strategy and Program of the National Occupational Safety and Health (OSH) 2007–2010. Available at: <http://www.ilo.org/public/english/region/asro/jakarta/download/natosh.pd.05.04.2022>
- [4] Hamalainen, P., Takala, J. and Saarela, K. (2006) Global Estimates of Occupational Accidents. *Safety Science*, 44, 137-156. [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms\\_105146.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/publication/wcms_105146.pdf) <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2005.08.017.12.05.2022>
- [5] Dombrowski, U. & Wagner, T. (2014). “Mental Strain as Field of Action in the 4th Industrial Revolution”, *Procedia CIRP*, 17.
- [6] Badria, B., Boudreau-Trudel, S. & Ahmed, S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Adel Safety Science* 109 :03–411.
- [7] Rajendrana, P. etc. (2021) *The Automation Advantage: Embrace the Future of Productivity and Improve Speed, Quality, and Customer Experience Through AI*, 1st Edition  
1260473295 · 9781260473292.
- [8] Mamun, M. A. A. ve Yuce, M. R. (2019). Sensors and Systems for Wearable Environmental Monitoring Toward IoT-Enabled Applications: A Review, *IEEE Sensors Journal*, 19(18): 7771-7788, doi: 10.1109/JSEN.2019.2919352.
- [9] Rodic, B. (2017). Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. *Organizacija*, 50(3), 193-207.
- [10] Bauk, S. & Colomer, J. (2016). An RFID model for improving workers’ safety at the seaport in transitional environment, *33(2):1-11*  
Doi: [10.3846/16484142.2016.1233512](https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1233512) 6.04.2022.
- [11] Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., Venugopal, M. (2013). Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Automation in Construction*, 29, 183-195.

## Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0998-1269

### **Carotenoid Extraction Methods From Food Waste: A Review**

**Araştırmacı Seçil Sürmelihiindi<sup>1</sup>, Dr. Öğretim Üyesi Aysel Elik<sup>2</sup>, Prof. Dr. Fahrettin Göğüş<sup>1</sup>,  
Doç. Dr. Derya Koçak Yanık<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi

<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi

\*Corresponding author: Seçil Sürmelihiindi

#### **Abstract**

*Carotenoids are colored organic pigments responsible for yellow, red and orange color of many plants, some animals, algae and bacteria. Tomato and red pepper wastes can be given as a good example for carotenoid sources. In addition to that, some marine animals such as fishes and crustaceans contain lots of carotenoids. Traditional carotenoid extraction methods are time-consuming, costly, and non-efficient. Therefore new carotenoid sources and extraction methods (Microwave assisted extraction, ultrasound assisted extraction, supercritical fluid extraction, enzyme assisted extraction) are recently take attention of scientist. In this study, some recent studies on carotenoid extraction from food waste were addressed. According to literature, carrots and tomatoes are found to be the most popular sources of carotenoids. Considering all the methods, it has been observed that the best method for tomatoes is ultrasound assisted extraction. In the same way, the most effective method for carrots has also been found to be the microwave assisted extraction.*

**Key words:** Carotenoids, food waste, extraction

#### **1. INTRODUCTION**

Carotenoids are natural fat-soluble pigments which demonstrate orange, yellow, purple and red colors. They belong to tetraterpenoid category due to containing mostly 40 carbon atoms. Some carotenoids have a 45C or 50C skeleton, which are called higher carotenoids. About 40 kinds of higher carotenoids are existing in some species of archaea. In addition, carotenoids composed of carbon skeletons with less than 40 carbons are called apocarotenoids. Almost 120 kinds of apocarotenoids are existing in some species of plants and animals as deterioration products of 40 carbon containing carotenoids. Carotenoids can be classified in 2 groups such as xanthophylls and carotenes. Xanthophylls are molecules that contain oxygen atoms as hydroxy, carbonyl, aldehyde, carboxylic, epoxide and furanoxide groups.  $\beta$ -cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin, astaxanthin, fucoxanthin and peridinin are well known xanthophylls.  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene and lycopene are oxygen free carotenoids and they are called carotenes.  $\beta$ -carotene, is found in human body as pioneer of vitamin A, a pigment that acts as antioxidant. While the common source of carotenoids is plants, they are also found in microorganisms and animals. Almost 850 naturally occurring carotenoids had been reported (Maoka, 2020; Shen, et al., 2009). Red palm oil from the African palm is the best plant source for  $\beta$ -carotene. It contains about 40 mg/g  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -carotene. In addition to that, almost 20 mg/g of other carotenoids found in red palm oil (Sandmann, 2015). Because of their extensive properties, carotenoids are used in different industries such as food, pharmaceutical, feed and cosmetic. The market value of carotenoid is expected to grow from USD 1.5 billion to USD 2.0 billion respectfully from 2019 to 2026 (Kultys & Kurek, 2022).

## **2. CAROTENOID SOURCES**

### **2.1. Vegetable And Fruit Based Carotenoid Sources**

Many fruits and seeds change their color into red or purple during the ripening stage. This color change is due to the formation of carotenoids and/or anthocyanins. For example, the color of the pericarp of tomato turns from greenish-yellow to deep red during the ripening stage. This color change is due to the conversion of phytoene to lycopene in the pericarp of the tomato (Maoka, 2020). Yellow-fleshed fruits such as apricot and mango, enclose extensive amount of carotenoids in their chromoplasts. Where carotenoids are preponderantly responsible for pigmentation, the color of the fruit sometimes may be useful to categorize by their carotenoid composition. Carrots, kale and broccoli are found to be a good source of  $\beta$ -carotene and lutein. Tomatoes contain large amount of lycopene. In addition to this, red pepper is the main source of zeaxanthin. Some studies shows that also papaya and squash are good sources for carotenoids (Shieber & Weber, 2016).

### **2.2. Animal Based Carotenoid Sources**

Marine food wastes are a good source for carotenoids. Carotenoids are responsible for coloring of fish and crustaceans as mostly green, blue, purple, brown and red colors. They are especially obtained from shrimps due to high amount of shrimp consumption around the world. Especially crustacean wastes such as shell and cephalothorax are used for extraction of carotenoids. Shell and cephalothorax forms almost 40-50% of the crustacean weight (Gulzar & Benjakul, 2018). Shrimp shell can be used by the industry due to their high content of chitin, lipids and carotenoids (Sinthusamran, Benjakul, Kijroongrojana, Prodpran, & Agustini, 2018).

## **3. CAROTENOID EXTRACTION METHODS**

The carotenoid source, extraction conditions and methods are important on the yield and stability of carotenoids. In this direction, there are studies investigating some new methods such as microwave assisted extraction, ultrasound assisted extraction, supercritical fluid extraction method and comparing them with traditional (soxhlet extraction) methods in terms of yield and quality. The use of organic solvents in extraction techniques is a challenging issue and there is an increasing trend in replacing them by green extraction techniques and green solvents. Moreover the uses of food waste on extraction of valuable compounds is another issue take attention of scientist due to increasing concern on food security.

### **3.1. Soxhlet Extraction**

Soxhlet extraction is a traditional solid-liquid extraction that uses continuous reflux of organic solvents to let the passage of non-volatile biological molecules to be mass transferred (Reddy Pocha, Chia, Chew, Halimatul Munawaroh, & Show, 2018). Hexane, ethanol, acetone and chloroform are commonly used solvents in carotenoid extraction (Prado, Veggi, & Meireles, 2014). This technique recovers the highest amount of carotenoid when compared to the other methods. However, it is time consuming and requires significant amount of solvents which results in high cost (Saini & Keum, 2017).

### **3.2. Microwave Assisted Extraction**

Microwave-assisted extraction is a technique in which microwave radiation is used to heat the solvent to help the transfer of the solutes from the matrix into the solvent. In some cases microwave radiation can result in cell wall rupture in plant material and so may also help to easy release of bioactive molecules into the solvent in microwave extraction. Microwave assisted extraction is a simple, quick and low-cost method for carotenoid extraction. This method requires low amount of solvents and short extraction time. However, by this method, less amount of carotenoids can be obtained compared to Soxhlet extraction. If extraction time is extended, it may cause thermal degradation of carotenoids. Hence optimization of extraction parameters like as microwave power, irradiation time is a critical issue in microwave extraction process (Saini & Keum, 2017) (Elik, Koçak Yanık, & Göğüş, 2020).

### **3.3. Ultrasound Assisted Extraction**

In ultrasound assisted extraction, ultrasound waves create mechanical energy and applied to samples. This sonication bring about cavitation, generation of small vacuum bubbles or small gaps in liquid due to the internal collapse which results after reaching high temperature (4500°C) and high pressure (50 MPa) (Weggler, Gruber , Teehan , Jaramillo, & Dorman, 2020). Most of the desired compound is extracted in the first 10 minutes. Additionally, ultrasound assisted extraction can be performed at lower temperature, avoids thermal damage of extracted compounds and loss of volatile components during boiling (Prado, Veggi, & Meireles, 2014).

### **3.4. Supercritical Fluid Extraction**

Supercritical fluid extraction is one of those the most advantageous methods because of its wide extraction range ability (de Andrade Lime, Kestekoglou, Charalampopoulos, & Chatzifragkou, 2019). A supercritical fluid takes its source from a fluid being forced to a higher temperature and pressure compared to its critical point. Due to this, liquid and gas phases become indiscernible from each other. In supercritical fluid extraction mostly pressurized fluids are used as solvents (Jitan, Alkhoori, & Yousef, 2018). In most supercritical fluid extraction applications, CO<sub>2</sub> is used (Prado, Veggi, & Meireles, 2014).

### **3.5. Enzyme Assisted Extraction**

Enzyme plays an ideal role as catalyst that is able to assist in the extraction of desired compounds (Kultys & Kurek, 2022). The main material is pretreated with some enzymes for the hydrolyzation of cell walls and obtaining the phytochemicals which are bonded to carbohydrate chains and lipids found in cell. In this method, there are some important factors such as type, dosage and enzyme condition, particle size of main material, water content and etc. (Shinwari, 2021). When it is compared to ultrasound or microwave assisted extraction, enzyme assisted extraction has more advantages such as high yield, low energy consumption. In this method, proteases, pectinases, cellulase, tannases and carbohydrates are mostly used. This method is highly efficient, rapid and selective. Carotenoids obtained with this method are highly pure (Kultys & Kurek, 2022).

## **4. LITERATURE SURVEY ON CAROTENOID EXTRACTION**

New carotenoid extraction techniques and food wastes used as carotenoid sources are compiled in Table 1. Microwave assisted extraction, ultrasound assisted extraction, supercritical fluid extraction, enzyme assisted extraction are the recently used extraction techniques for carotenoid extraction. Sweet potato, tomato, shrimp, carrot, sunflower and mango have recently come to the fore as some food wastes considered as sources of carotenoids.

Table 1. Summary of recent studies on carotenoid extraction from food waste

Waste	Method	Solvent	Carotenoids and Concentration				Conditions	Reference
			$\beta$ -carotene ( $\mu\text{g/g}$ )	Lycopene ( $\mu\text{g/g}$ )	Lutein ( $\mu\text{g/g}$ )	Total Carotenoid ( $\mu\text{g/g}$ )		
Sweet Potato Flesh	Supercritical Fluid Extraction	Ethanol	383.7 $\pm$ 21.0	-	46.9 $\pm$ 6.7	430.6 $\pm$ 27.7	59 °C, 30 min	[9]
Sweet Potato Peel			144.2 $\pm$ 9.4	-	20.9 $\pm$ 5.2	165.1 $\pm$ 14.6		[9]
Tomato Flesh			91.0 $\pm$ 8.4	113.2 $\pm$ 9.3	25.4 $\pm$ 5.1	229.6 $\pm$ 22.8		[9]
Tomato Peel			154.4 $\pm$ 9.7	82.5 $\pm$ 7.3	16.6 $\pm$ 4.0	253.5 $\pm$ 21.0		[9]
Bulgarian Tomato (Stella)	Conventional Organic Solvent Extraction	Acetone	310.7 $\pm$ 5.4 - 397 $\pm$ 13.3	90.6 $\pm$ 1.6 - 135.9 $\pm$ 4.5	-	434.2 $\pm$ 3.7 - 568.4 $\pm$ 2.1	20 °C, 5-20 min	[10]
Tomato pomace	Ultrasound Assisted Extraction	EL/EA	-	1334 $\pm$ 83.9	-	-	63.4 °C, 20 min	[11]
White Shrimp Cephalothorax		<i>n</i> -hexane	-	-	-	900.0	15 min	[5]
Carrot Bio-waste		Flaxseed oil	78.37	-	-	82.66 $\pm$ 0.06	-	[12]
Sunflower waste	Enzyme-Assisted Extraction	n-Hexane	-	-	-	14490.0	-	[13]
Mango waste	Microwave-Assisted Extraction	-	168.6	-	-	-	3 min	[14]
Carrot peel		Hexane/Acetone /Ethanol	1126 $\pm$ 101	-	-	2190 $\pm$ 81	55 °C	[15]
Carrot pomace		Flaxseed oil	2507.97 $\pm$ 0.49	-	-	4132.83 $\pm$ 1.05	9.4 min	[18]

## 5. CONCLUSION

Microwave assisted extraction, ultrasound assisted extraction, supercritical fluid extraction, enzyme assisted extraction are the recently used extraction methods for carotenoid extraction. Tomato, sweet potato, shrimp, sunflower have been recently valorized as carotenoid sources. However, in literature, carotenoid extraction studies have been concentrated on extraction from tomato waste. It is emphasized that ultrasound-assisted extraction of carotenoids is the most efficient extraction method for carotenoid extraction from tomato based waste. On the other hand, microwave assisted extraction have been reported as better than ultrasound assisted extraction for extraction of carotenoids from carrot processing waste.

## REFERENCES

1. Maoka, T. Carotenoids as natural functional pigments. *J Nat Med* **74**, 1–16 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
2. Yao Shen, Yumin Hu, Ke Huang, Shi'an Yin, Bo Chen, Shouzhao Yao, Solid-phase extraction of carotenoids, *Journal of Chromatography A*, Volume 1216, Issue 30, 2009, Pages 5763-5768, ISSN 0021-9673, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.06.009>.
3. Sandmann G. Carotenoids of biotechnological importance. *Adv Biochem Eng Biotechnol.* 2015;148:449-67. [https://doi.org/10.1007/10\\_2014\\_277](https://doi.org/10.1007/10_2014_277) PMID: 25326165.
4. Schieber, A. & Weber, Fabian. (2016). 5. Carotenoids. 10.1016/B978-0-08-100371-8.00005-1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00005-1>
5. Sittichoke Sinthusamran, Soottawat Benjakul, Kongkarn Kijroongrojana, Thummanoon Prodpran, Tri Winarni Agustini, Yield and chemical composition of lipids extracted from solid residues of protein hydrolysis of Pacific white shrimp cephalothorax using ultrasound-assisted extraction, *Food Bioscience*, Volume 26, 2018, Pages 169-176, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.10.009>
6. Saini, Ramesh Kumar & Keum, Young-Soo. (2017). Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry.* 240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.099>
7. Prado, Juliana & Veggi, Priscilla & Meireles, M. Angela. (2014). Extraction Methods for Obtaining Carotenoids from Vegetables - Review. *Current Analytical Chemistry.* 10. <https://doi.org/29-66.10.2174/1573411011410010005>
8. Kultys, E.; Kurek, M.A. Green Extraction of Carotenoids from Fruit and Vegetable Byproducts: A Review. *Molecules* **2022**, 27, 518. <https://doi.org/10.3390/molecules27020518>
9. de Andrade Lima, Micael et al. "Supercritical Fluid Extraction of Carotenoids from Vegetable Waste Matrices." *Molecules (Basel, Switzerland)* vol. 24,3 466. 28 Jan. 2019, <https://doi.org/10.3390/molecules24030466>
10. Prokopov, Tsvetko, Milena Nicolova, and Donka Taneva. 2017. "Improved Carotenoid Extraction from Bulgarian Tomato Peels Using Ultrasonication". *The Annals of the University Dunarea De Jos of Galati. Fascicle VI - Food Technology* 41 (1), 41-49. <https://www.gup.ugal.ro/ugaljournals/index.php/food/article/view/1317>.

11.Silva, Y.P.A., Ferreira, T.A.P.C., Celli, G.B. *et al.* Optimization of Lycopene Extraction from Tomato Processing Waste Using an Eco-Friendly Ethyl Lactate–Ethyl Acetate Solvent: A Green Valorization Approach. *Waste Biomass Valor* **10**, 2851–2861 (2019).

<https://doi.org/10.1007/s12649-018-0317-7>

12.Tiwari, S., Upadhyay, N., Singh, A.K. *et al.* Organic solvent-free extraction of carotenoids from carrot bio-waste and its physico-chemical properties. *J Food Sci Technol* **56**, 4678–4687 (2019).

<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03920-5>

13.Ricarte, G.N., Coelho, M.A.Z., Marrucho, I.M. *et al.* Enzyme-assisted extraction of carotenoids and phenolic compounds from sunflower wastes using green solvents. *3 Biotech* **10**, 405 (2020).

<https://doi.org/10.1007/s13205-020-02393-0>

14.Vélez- Erazo, E. M., Pasquel- Reátegui, J. L., Dorronsoro- Guerrero, O. H., & Martínez- Correa, H. A. (2021). Phenolics and carotenoids recovery from agroindustrial mango waste using microwave- assisted extraction: Extraction and modeling. *Journal of Food Process Engineering*, 44(9), e13774. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13774>

15.Hiranvarachat, Bhudsawan & Devahastin, Sakamon. (2014). Enhancement of microwave-assisted extraction via intermittent radiation: Extraction of carotenoids from carrot peels. *Journal of Food Engineering*. 126. 17–26.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.024>

16.Gulzar, Saqib & Benjakul, Soottawat. (2018). Ultrasound waves increase the yield and carotenoid content of lipid extracted from cephalothorax of Pacific white shrimp ( *Litopenaus vannamei* ): Shrimp lipids extracted by ultrasonication. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 120. 1700495.

<https://doi.org/10.1002/ejlt.201700495>

17.Chaitanya Kumar Reddy Pocha, Wen Yi Chia, Kit Wayne Chew, Heli Siti Halimatul Munawaroh, Pau Loke Show, Current advances in recovery and biorefinery of fucoxanthin from *Phaeodactylum tricornutum*, *Algal Research*, Volume 65, 2022, 102735,

<https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102735>

18.Aysel Elik, Derya Koçak Yanık, Fahrettin Göğüş, Microwave-assisted extraction of carotenoids from carrot juice processing waste using flaxseed oil as a solvent, *LWT*, Volume 123, 2020, 109100, ISSN 0023-6438,

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109100>

19.Wegglar, Benedikt & Gruber, Beate & Teehan, Paige & Jaramillo, Roman & Dorman, Frank. (2020). Inlets and sampling.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813745-1.00005-2>

20.Samar Al Jitan, Saeed A. Alkhoori, Lina F. Yousef, Chapter 13 - Phenolic Acids From Plants: Extraction and Application to Human Health, Elsevier, Volume 58, 2018, Pages 389-417, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64056-7.00013-1>.

21.Kaunsar Jabeen Shinwari, Chapter 4 - Emerging technologies for the recovery of bioactive compounds from saffron species, *Saffron*, Academic Press, 2021, Pages 143-182,

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821219-6.00004-X>.

**Poster Presentation / Poster Sunum**

ORCID ID:

**Termal İzolasyon Özellikli Spor Eşofman Tasarımları**

**Araştırmacı Artuğ Anıl Sağır<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bursalı Grubu

\*Corresponding author: Artuğ Anıl Sağır

**Özet**

Sportif hayat tarzı popülaritesini arttırmakta ve spor hazır giyim marketi her geçen gün hacimsel olarak büyümektedir. Türk İstatistik Kurumu verilerine göre internet üzerinden yapılan alışveriş harcamalarının %67,2'lik oranını giyim ve spor malzemeleri oluşturmaktadır. Spor giyim ürünlerinin nerede, nasıl, hangi amaçla kullanıldığı, ne beklendiği ve potansiyel eksiklikleri düşünülmüştür. Görülmüştür ki spor giyiminde terleme, oluşan teri de konforu tehdit etmeyecek şekilde uzaklaştırma ciddi önem arz ederken aynı zamanda ürünün giyim, tuşe, uzun kullanım ömrü gibi özellikleri için de yüksek performans beklenmektedir. Havlu tekniği ile dokunmuş, yüksek kalitede pamuk ipliği kullanılan aynı zamanda vücuda temas eden ipliklerin Polycool iplikleri olarak seçilerek ter ve ısı transferinin kolaylıkla sağlandığı üst-sportif giyim ürünleri tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Havlu, Pamuk, Tekstil, Spor Giyim

Türkiye İstatistik Kurumu'nun açıklamış olduğu, Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırmasına göre internet üzerinden yapılan alışverişlerin %67,2'si 'giyim ve spor malzemeleri' olduğu görülmektedir. Bununla beraber Türkiye'de iş hayatında yer alan kadınlar için sportif hayat tarzının iyi görünmek ve sağlıklı olmak için gereklilik olduğunu düşünmektedir. Ürünlerin sunmuş olduğu konfor özellikleri ve ekstra fonksiyonlar tüketici tercihini olumlu yönde etkilemektedir. Spor giyim için özel tasarlanan ürünlerden beklenen temel özellikler ; hareket konforu sağlama ve spor esnasında oluşan terin kıyafet yardımı ile vücuttan uzaklaştırılmasıdır. Pamuk lifinin ter emebilme becerisi yüksektir fakat bünyesinden bunu uzaklaştırabilmesi zaman almakta ve konforu negatif etkilemektedir. Bu sebeple sıvı iletimini kolaylaştırması açısından üründe Polycool ipliği kullanılmış ve ürünün fonksiyonel yapısı artırılmıştır.

**PROJE KAPSAMINDA**

Polycool nem transferi özelliğine sahip bir iplikdir. Nem transferi özelliğinin bilinen klasik ipliklerden üstünlüğü içeriğinde kanallar yardımıyla emdiği nemi iç yüzeyden dış yüzeye kolaylıkla taşıyabilmesidir. Islaklık sabit kalmadığı için kumaşın vücuda değen kısmı kuru kalır, nefes alabilir ve konfor özellikleri gelişir. İpliklerin kanallı kesit yapıları özellikle kumaşın vücuda temas eden kısımlarına yoğunlukla kullanılmıştır. Oluşan teri olabildiğince hızla kumaş bünyesinden dışarı çıkartmaktadır. İplik karakteri sayesinde hem emici hem de sıvıyı yapı içerisinde uzun süre tutmadan uzaklaştırmaktadır. Havlu kumaşı bünyesindeki yüksek kalitedeki

pamuk ipliğinin nefes alabilme, yumuşak tuşe, konfor özelliklerinin de eklenmesi ile spor giysisi açısından performanslı bir ürün ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

## **SONUÇLAR**

Spor giysilerinin hazır giyim pazarındaki hacmini ve popülaritesini düşündüğümüzde, üründen beklentiler konfor özelliklerinin gelişmiş olması ve oluşan teri hızlıca emmesi ile birlikte hızlıca bünyesi dışına transfer ederim ıslak yüzey oluşturmamasıdır. Ürettiğimiz ürünlerin havlu yapısı tekniğinde ve yüksek kalitede pamuk lifleri kullanarak üretilmesi iyi bir tuşe, sağlıklı doğal bir lif, antialerjik ve iyi ısı performansı özellikleri sağlarken. Polycool ipliğinin vücut ile temas eden bölgelerde kullanılması oluşacak terin en hızlı şekilde emilip, insan vücudundan uzaklaşmasını sağlamakta ve sağlıklı, konforla kullanılacak bir ürün ortaya çıkmaktadır.

## **KAYNAKLAR:**

[1]Taşdelen Group. (2022.08.15). Polycool,

<https://tasdelengroup.com/tr/nem-kontrollu-iplikler>.

[2]Türkiye İstatistik Kurumu. (2022.08.15). Hanehalkı Bütçe Araştırması Tüketim Harcamaları Birleşik Makro Veri Seti.

<https://www.tuik.gov.tr/media/microdata/pdf/hanehalki-butce.pdf>.

**Presentation ID / Sunum No: 58**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-5837-2654

## **Wi-Fi Direct Haberleşmede Belirli Şartlara Göre Güç Tüketimi ve Performans Analizi**

**Arş. Gör. Nur Kevser Atasoy<sup>1</sup>, Doç. Dr. Selçuk Ökdem<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği, Aksaray, Türkiye*

<sup>2</sup>*Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Kayseri, Türkiye*

### **Özet**

WI-FI Direct Haberleşme IEEE 802.11 protokolünü kullanan, P2P kablosuz ağ teknolojilerinde kullanımı artarak yaygınlaşan bir teknolojidir. Diğer kablosuz ağ teknolojileri gibi WI-FI Direct haberleşmede de güç tasarrufu önemli konulardan birisidir. WI-FI Direct, bazı koşullar altında güç tüketimi artmaktadır. Bu koşullar, P2P Grup oluşturmada cihazın Standart, Otonom veya Kalıcı grup modunda olması, haberleşmede kullanılan host (haberleşmede kullanılan telefon, laptop gibi cihazlar) sayısının değişmesi, hostların birbirine olan uzaklıkları sayılabilir. Bu çalışmada, WI-FI Direct haberleşmede yukarıda sayılan koşullara göre güç tüketimi OMNET++ ağ simülasyon programı ve INET frameworkü ile test edilmiştir. Simülasyon programından elde edilen veri setleri (.vec ve .sca dosyaları) kullanılarak Anaconda Jupyter Notebook geliştirme ortamı ile performans analizi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** WI-FI Direct Haberleşme, Kablosuz Ağlar, Omnet++, Inet

### **Power Consumption And Performance Analysis According To Specific Conditions In Wi-Fi Direct Communications**

### **Abstract**

WI-FI Direct Communication is a technology that uses the Ieee 802.11 protocol and is becoming increasingly common in P2P wireless networking technologies. Like other wireless network technologies, power saving is one of the important issues in WI-FI Direct communication. WI-FI Direct increases power consumption under some conditions. These conditions can be counted as the device being in Standard, Autonomous or Permanent group mode in creating a P2P Group, the change in the number of hosts used in communication (devices such as phones, laptops used in communication), and the distances of the hosts from each other. In this study, power consumption in WI-FI Direct communication was tested with OMNET++ network simulation program and INET framework according to the conditions listed above. Performance analysis was made with Anaconda Jupyter Notebook development environment using data sets (.vec and .sca files) obtained from the simulation program.

**Keywords:** WI-FI Direct Communication, Wireless Network, Omnet++, Inet

## 1. GİRİŞ

Kablosuz ağ teknolojilerinden olan WI-FI Direct haberleşme, WI-FI nin kullanmış olduğu IEEE 802.11 protokolünü kullanmaktadır. İki cihazın WI-FI direct ile iletişim kurabilmesi için her ikisinin de aynı WI-FI ağında bulunması yeterlidir ve bunu yaparken de internet paketinden harcamaz. WI-FI Direct haberleşme, araç ağlarında, android tabanlı akıllı telefonlarda, arabalar arası hızlı ve ucuz iletişimde, dosya aktarımı, oyun gibi etkileşimlerde kullanılabilir (Djajadi and R. J. Putra, 2014).

Kablosuz Ağ teknolojileri, taşınabilir olmaları, kullanımı pratik olmaları bakımından diğer ağlardan avantajlı olsalar da güç kaynaklarını etkin kullanmaları yönünden yetersiz kalabilmektedirler. Bu güç tüketimi WI-FI cihazlarının Standart, Otonom veya Persistent olmasına göre, cihazların birbirine olan uzaklıklarına ve cihaz sayısına göre değişmektedir (J. Zuo, Y. Wang, Q. Jin and J. Ma, 2015).

Bu çalışmada WI-FI direct cihazların standart ve otonom grup oluşturma durumlarına göre her bir grup oluşturma durumunda cihazların sayıları artırılmış ve her artırma işleminde de cihazların birbirine olan uzaklıkları değiştirilerek her bir host için güç tüketimi hesaplanmıştır. WI-FI ağının kapsama alanı teorik olarak 200 mdir ve bu sebeple cihazlara uzaklık testi yapılırken 50 m ve 200 m olarak ayarlanmıştır. Cihaz sayısı birinci testte 3, ikinci testte 6 ve üçüncü testte ise 9 host olarak belirlenmiştir.

## 1. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. OMNeT++ ve INET Framework'ü

OMNeT++, kablolu ve kablosuz ağlarda kullanılabilen C++ tabanlı simülasyon kitaplığı ve frameworküdür. OMNeT++, kontrollü deneyler yapmayı sağlar ve akademik çevre tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. OMNeT++, modüller için bir bileşen mimarisi sağlar. Bileşenler, C++ programlama dili kullanmanın yanı sıra, daha karmaşık modüller için yüksek seviyeli bir dil olan NED kullanımına imkân tanır (OMNeT++, 2022).

INET ise OMNeT++ da kablolu ve kablosuz iletişimi sağlayan frameworkdür. INET, MANET protokolü, bağlantı katmanı protokollerini desteklemektedir (OMNeT++&INET, 2022).

### 2.2. Grup oluşturma

WI-FI direct de iletişim kurulabilmesi için bir P2P Grup Şemasına ihtiyaç vardır. P2P Grup oluşturmak için cihazlardan biri GO olmalı, diğer cihaz/cihazlar istemci rolünde olmalıdır. P2P GO, erişim noktası rolündedir ve cihazın GO seçilebilmesi için P2P Grup şemasından birini sağlaması gereklidir. Bu Grup Oluşturma Şemaları Standart Grup Oluşturma, Otonom Grup Oluşturma ve Persistent Grup Oluşturmadır (D. Camps-Mur, A. Garcia-Saavedra and P. Serrano, 2013).

#### 2.2.1. Standart grup oluşturma

Standart Grup Oluşturmada, cihazlar üç yönlü bir el sıkışması gerçekleştirilir. Yani cihazlardan biri GO olabilmesi için cihazlar GO müzakeresi yapmaktadırlar. GO için rastgele bir 'intent value' değeri döndürülür ve değeri 0-15 arasındadır. 'Intent value' değeri yüksek olan cihaz GO olmaya hak kazanır. Eğer bu değer eşit olursa bağlantı kesici biti 1'e eşit olan cihaz GO olarak seçilir.

#### 2.2.2. Otonom grup oluşturma

Bu grup oluşturma biçiminde ise cihazlardan biri GO olmayı tercih eder. Böylelikle cihazlar arası GO Müzakeresinin önüne geçilerek iletişimde bağlantı kurma zamanı azaltılmış olur.

#### 2.2.3. Persistent grup oluşturma

Bu grup oluşturma modelinde ise bir önceki kurulan iletişime ait güvenlik kimlik bilgileri yeniden kullanılır. Böylece GO Müzakeresi ve WPS sağlama aşaması 1'i önlenerek cihazlar arasındaki bağlantı kurma süresi kısaltılabilir.

Yapılan çalışmada Persistent Grup Oluşturma modeli kullanılmamıştır.

### 2.3. Enerji tüketimi ayarları

Cihazların uzaklık ve Grup oluşturma durumlarına göre enerji tüketimlerini ölçmek için gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Cihazların enerji tüketimini ölçmek için enerji tüketim tipine "StateBasedEnergyConsumer" modülü atanmıştır. Daha sonra cihazların kapalı durumda, uyku modunda ve diğer tüm durumlar için toplam harcaması gereken enerji miktarı belirlenmiştir.

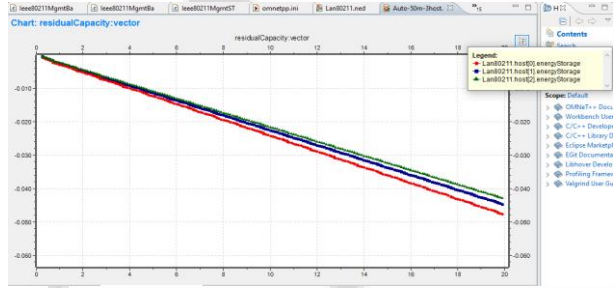
### 2.4. Jupyter Notebook da performans analizi

OMNeT++ dan elde edilen standart ve otonom grup oluşturmaya ait .csv dosyaları ile Jupyter Notebook da performans analizi yapılmıştır. Gerekli ayarlamaların ardından 'transmissionState:vector' ve 'sentDownPk:vector(packetBytes)' grafikleri oluşturulmuştur.

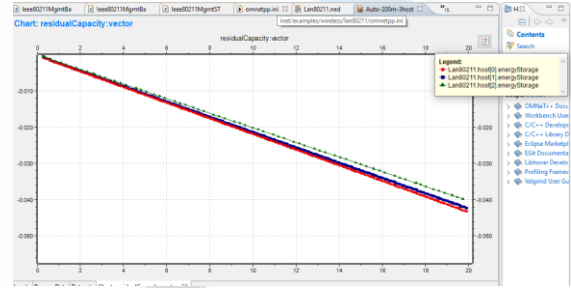
## 3. BULGULAR

### 3.1. Host sayısı ve uzaklıklarına göre güç tüketimi

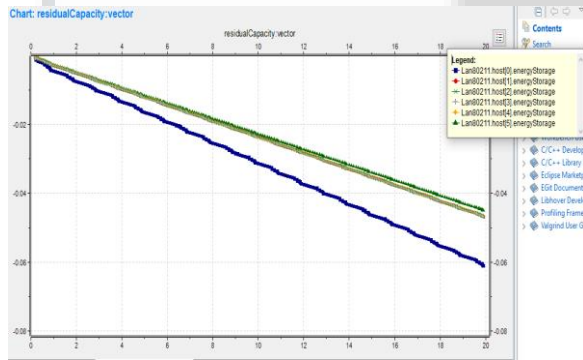
Şekil 1 'de Otonom grup oluşturma ile tüketilen enerji miktarlarına ait grafikler verilmiştir. Hostların güç tüketimine ait detaylı bilgi EK-A'da verilmiştir.



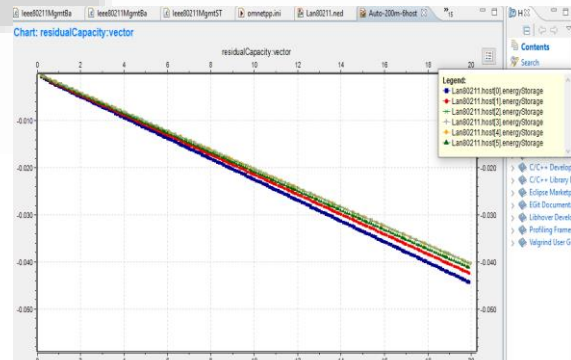
(a) 3 host ve 50 metre uzaklık



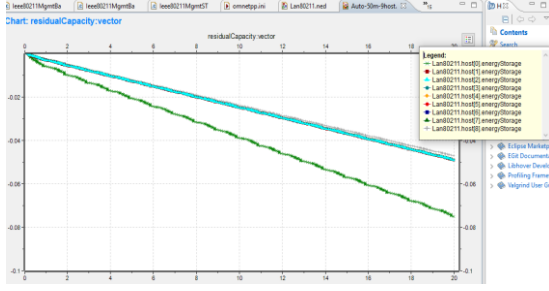
(b) 3 host ve 200 metre uzaklık



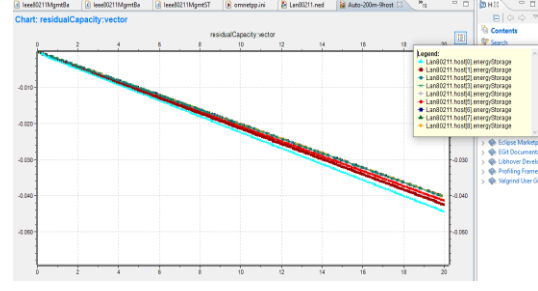
(c) 6 host ve 50 metre uzaklık



(d) 6 host ve 200 metre uzaklık



(e) 9 host ve 50 metre uzaklık

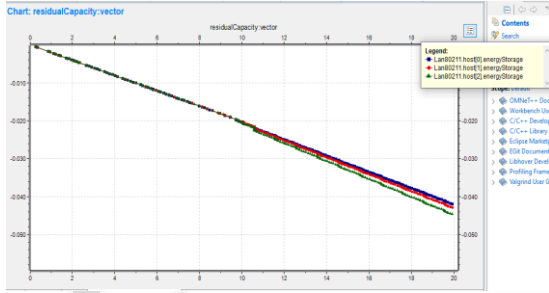


(f) 9 host ve 200 metre uzaklık

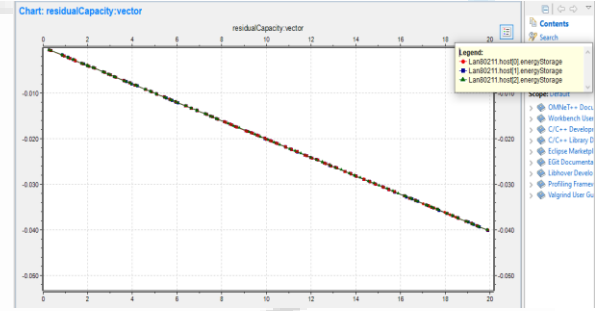
Şekil 1. Otonom Grup Oluşturma tüketilen enerji miktarı

Şekil 1’de görüldüğü üzere cihazlara Otonom Grup şeması uygulanmıştır. Her bir deney ortamında cihazların uzaklıkları değiştirilmiş ve cihazların tükettiği enerji miktarları ölçülmüştür. Şekillerde görüldüğü üzere hostlar arası mesafenin 50 m olması halinde daha fazla enerji tükettiği görülmektedir. Cihaz sayısının artması ile birlikte hem 50m hem de 200m deneyinde enerji tüketiminin daha fazla olduğu saptanmıştır.

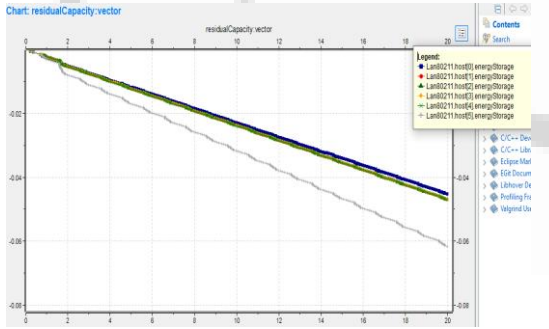
Şekil 2 ‘de Standart grup oluşturma ile tüketilen enerji miktarlarına ait grafikler verilmiştir. Hostların güç tüketimine ait detaylı bilgi EK-B’da verilmiştir.



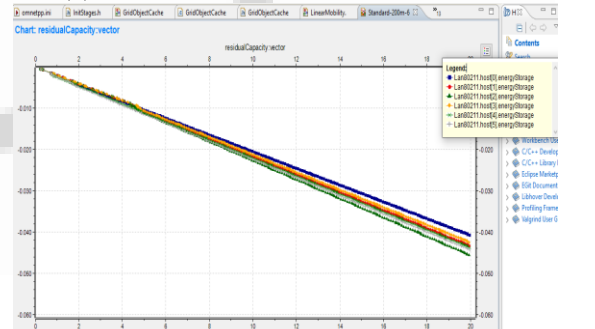
(a) 3 host ve 50 metre uzaklık



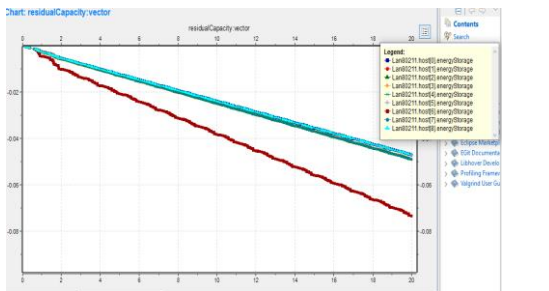
(b) 3 host ve 200 metre uzaklık



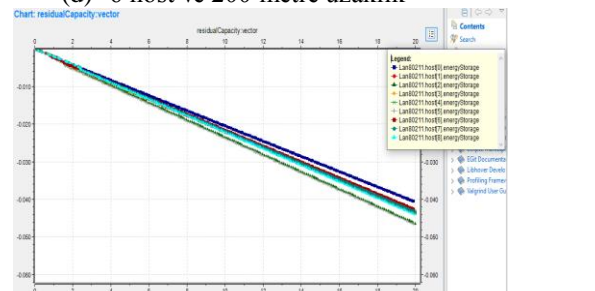
(c) 6 host ve 50 metre uzaklık



(d) 6 host ve 200 metre uzaklık



(e) 9 host ve 50 metre uzaklık



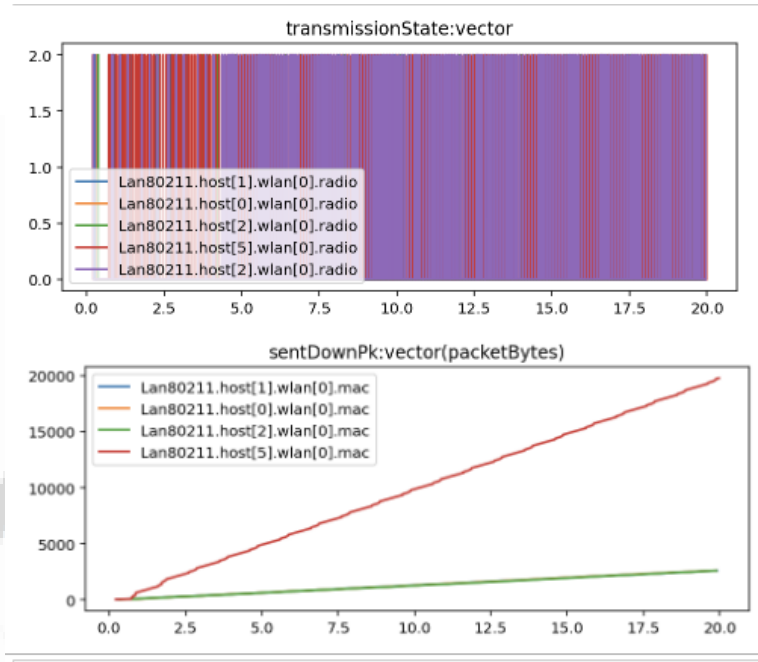
(f) 9 host ve 200 metre uzaklık

Şekil 2. Standart Grup Oluşturma tüketilen enerji miktarı

Şekil 2’de ki cihazlara da Standart Grup şeması uygulanmıştır. Her bir deney ortamında cihazların uzaklıkları değiştirilmiş ve cihazların tükettiği enerji miktarları ölçülmüştür. Şekillerde görüldüğü üzere hostlar arası mesafenin 50 m olması halinde daha fazla enerji tükettiği görülmektedir. Fakat Otonom Grup oluşturmadan farklı olarak max. enerji tüketen cihazlar değişmiştir. Yani Otonomda max. enerji tüketen host0 iken burada farklı cihazlarda max. değer görülmüştür. Yine Otonom Grup Oluşturma olduğu gibi cihaz sayısının artması ile birlikte hem 50m hem de 200m deneyinde enerji tüketiminin daha fazla olduğu saptanmıştır.

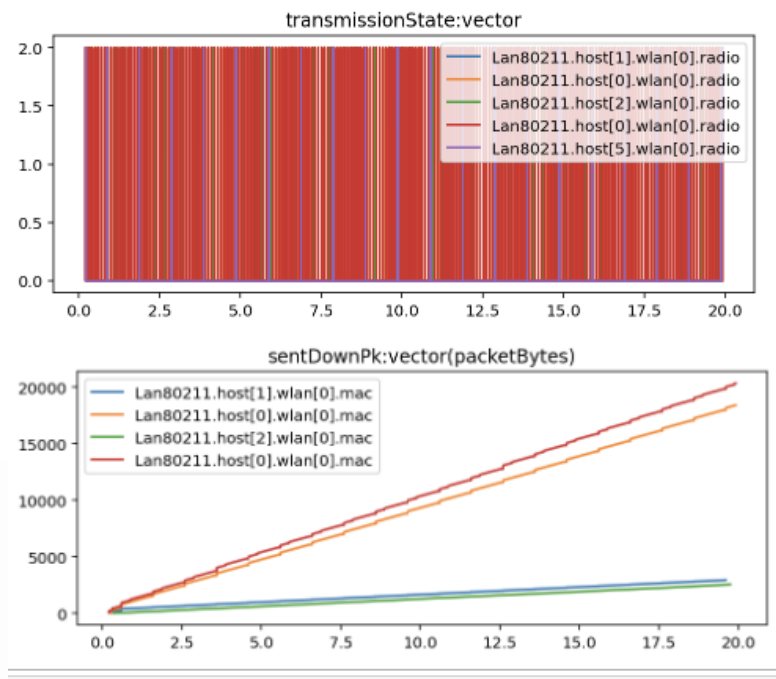
### 3.2. Performans analizi

Şekil 3 de Standart Grup oluşturmaya ait transmissionState ve sendDownPk grafiği verilmiştir.



Şekil 3. Standart Grup Oluşturma Performans Analizi

Şekil 4 de Otonom Grup oluşturmaya ait transmissionState ve sendDownPk grafiği verilmiştir.



Şekil 4. Otonom Grup Oluşturma Performans Analizi

#### 4. SONUÇLAR

Çalışmada, WI-FI direct kablosuz ağ ortamı oluşturulmuştur. Oluşturulan ortamda Access Point rolündeki GO'nun belirlenmesi için cihazlara Standart Grup ve Otonom Grup Oluşturma Şemaları uygulanmıştır. Yapılan çalışmadaki amaç, cihazların Standart ve Otonom durumunda iken güç tüketimlerini ölçmek ve OMNeT++ simülasyon sonucunda elde edilen veri setleri ile performans analizini gerçekleştirmektir.

Güç tüketimini öğrenmek için cihazlar arasındaki mesafe 50m ve 200m olarak ayarlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda otonom ve standart grup oluşturmanın her ikisinde de hostlar arası 50m iken 200m ye göre GO rolündeki hostların daha fazla enerji harcadığı görülmüştür. Yine her iki grup oluşturmada da host sayısı arttıkça harcanan enerji miktarında da artış gözlenmiştir.

Jupyter Notebook ile yapılan performans analizi sonucunda ise standart grup oluşturmada transmissionstate grafiğinin de iletim durumunun host2'de daha yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Alt katmana paket iletimi byte cinsinden değeri host5 de daha yoğun görülmüştür. Otonom grupta ise GO olarak seçilen host0'ın, transmissionstate grafiğinde iletim durumu ve alt katmana paket gönderme olan sentDownPk oranları diğer hostlara göre daha yüksek olarak görülmektedir.

## KAYNAKÇA

A.Djajadi and R. J. Putra, "Inter-cars safety communication system based on Android smartphone," *2014 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*, 2014, pp. 12-17, doi: 10.1109/ICOS.2014.7042402.

J. Zuo, Y. Wang, Q. Jin and J. Ma, "HYChat: A Hybrid Interactive Chat System for Mobile Social Networking in Proximity," *2015 IEEE International Conference on Smart City/SocialCom/SustainCom (SmartCity)*, 2015, pp. 471-477, doi: 10.1109/SmartCity.2015.115.

OMNeT++,(2022).“<https://omnetpp.org/intro/>”

OMNeT++&INET,(2022).”<https://inet.omnetpp.org/Introduction#:~:text=INET%20Framework%20is%20an%20open,exploring%20new%20or%20exotic%20scenarios.>”

D. Camps-Mur, A. Garcia-Saavedra and P. Serrano, "Device-to-device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 20, no. 3, pp. 96-104, June 2013, doi: 10.1109/MWC.2013.6549288.

## EK-A

Kullanılan Host Sayısı	host0	host1	host2	host3	host4	host5	host6	host7	host8
3 Host	-0.0477 J	-0.0447 J	-0.0429 J						
6 Host	-0.0610 J	-0.0467 J	-0.0467 J	-0.0468J	-0.0468 J	-0.0450 J			
9 host	-0.0749 J	-0.0490 J	-0.0490 J	-0.0489J	-0.0489 J	-0.0489 J	-0.0489 J	-0.0491J	-0.0471 J

Tablo 1. Otonom Grup Oluşturma 50 m ile tüketilen enerji miktarı

Kullanılan Host Sayısı	host0	host1	host2	host3	host4	host5	host6	host7	host8
3 Host	-0.0432 J	-0.0422 J	-0.0398 J						
6 Host	-0.0443 J	-0.0443 J	-0.0443 J	-0.0443 J	-0.0443 J	-0.0443 J			
9 host	-0.0443 J	-0.0424 J	-0.0398 J	-0.0400 J	-0.0399 J	-0.0413 J	-0.0398 J	-0.0400 J	-0.0400 J

Tablo 2. Otonom Grup Oluşturma 200 m ile tüketilen enerji miktarı

## EK-B

Kullanılan Host Sayısı	host0	host1	host2	host3	host4	host5	host6	host7	host8
3 Host	-0.0419 J	-0.0429 J	-0.0446 J						
6 Host	-0.0451 J	-0.0469 J	-0.0469 J	-0.0469 J	-0.0469 J	-0.0615 J			
9 host	-0.0469 J	-0.0488 J	-0.0490 J	-0.0488 J	-0.04874 J	-0.04879 J	-0.0487 J	-0.0489 J	-0.0469 J

Tablo 3. Standart Grup Oluşturma 50 m ile tüketilen enerji miktarı

Kullanılan Host Sayısı	host0	host1	host2	host3	host4	host5	host6	host7	host8
3 Host	-0.0401 J	-0.0401 J	-0.0401 J						
6 Host	-0.0407 J	-0.0432 J	-0.0456 J	-0.0424 J	-0.0437 J	-0.0443 J			
9 host	-0.0405 J	-0.0436 J	-0.0464 J	-0.0429 J	-0.0433 J	-0.0466 J	-0.0425 J	-0.0433J	-0.0440 J

Tablo 4. Standart Grup Oluşturma 200 m ile tüketilen enerji miktarı

**Presentation ID / Sunum No: 59**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-1026-0039

## **Tek Kullanımlık Havlu Solüsyonlarında Çinko Kullanılabilirliğinin Araştırılması**

**Araştırmacı Hasret Karakurt Mumcu<sup>1</sup>, Araştırmacı Mustafa Özgeç<sup>1</sup>,  
Araştırmacı Azize İnce<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Pakten Sağlık Ürünleri Tic. A. Ş.*

*\*Corresponding author: Hasret Karakurt Mumcu*

### **Özet**

Vücut temizleme mendilleri genellikle idrar kaçırma problemi yaşayan ve yatağa bağımlı hastalar tarafından oldukça sık kullanılmaktadır. Ayrıca bebek bakımı ve yetişkin temizliğinde kullanılan tek kullanımlık bu mendillerde bulunan solüsyon içeriklerini deriye aktararak, deri üzerine çeşitli özellikler kazandırır. Özellikle derinin hasar görmesi durumunda hücrelerin iyileştirilmesi işleminde bakım kremleri kullanılmaktadır. Hücrelerin iyileşmesini hızlandırarak cilt görüntüsünün eski haline dönmesini sağlamaktadır. Bu kremlerden çinko bazlı bakım kremlerine genellikle; güneş yanıkları, yaşlanmaya bağlı ortaya çıkan lekelerin giderilmesi, akne temizliği, egzama tedavisi, hafif dereceli yanıklar, sivilce tedavisi ve bebekler için pişik tedavisinde ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle çinko içeren ürünler krem bazlı olarak piyasada bulunurken, tek kullanımlık koruyucu havlu olarak yer almamaktadır. Bu çalışmada cilt onarılmasında oldukça etkili olan çinko bazlı solüsyonlardan oluşmuş tek kullanımlık havluların sağlık sektöründe kullanımının araştırılması amaçlanmıştır. Çinko bazlı solüsyon firmamızda halihazırda yer alan mevcut vücut temizleme mendillerine makine sistemi aracılığıyla entegre edilerek firmanın ürün portföyü genişlemiştir

**Anahtar Kelimeler:** Çinko, Hasta Sil, İdrar Kaçırma

### **Investigation Of Zinc Availability In Disposable Towel Solutions**

#### **Abstract**

Body cleaning wipes are often used by immobilized who have urinary incontinence problems. In addition, these disposable wipes used in baby care and adult cleaning transfer the solution contents to the skin, giving it various properties. Especially in case of damage to the skin, care creams are used in the healing process of cells. It accelerates the healing of cells and allows the skin image to return to its former state. From these creams to zinc-based care creams; sunburns, removal of aging spots, acne removal, eczema treatment, mild burns, acne treatment and diaper rash treatment for babies. Generally, zinc-containing products are available on the market as cream-based, but not as disposable protective towels. In this study, it is aimed to investigate the use of disposable towels made of zinc-based solutions, which are very effective in skin repair, in the health sector. The product portfolio of the company is expanded by integrating the zinc-based solution into the existing body cleaning wipes in our company through the machine system.

**Keywords:** Zinc, Patient Wipe, Urinary Incontinence

## 1. GİRİŞ

Günümüzde çocukların, yetişkinlerin ve hastaların hijyenik ürün ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına çocuk bezi, ıslak mendil, hijyenik ped ürünlerinde ve tüketimin giderek arttığı hasta bezi ürünlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Tüketicilerin kullanım alanına özgü olarak ürünler çeşitlenmekte ve performanslarını arttırmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir. Özellikle hayat standartlarının Tek kullanımlık hijyen ürünleri sınıfında yer alan ıslak mendiller, makyaj temizlik, cilt bakım, bebek temizlik, hasta bakım ve daha birçok alanda kullanılmaktadır.

Islak mendilin kullanımı Amerikalı Arthur Julius tarafından ilk ıslak mendil markası olarak Wet-Nap ile 1963'te Kentucky Fried Chicken müşterilerine dağıtılmak üzere tanıtılmıştır (Nice-pak, 2020). Özellikle 1970'lerde Kimberly-Clark'ın Huggies ve Procter & Gamble'in Pampers' in bebek mendilleri olarak pazarlanan ilk ıslak mendil ürünleri 1990 yılında piyasaya sürülerek sektör hızlı bir şekilde büyümüştür (Wikipedia, 2020).



Şekil 1. İlk Islak Mendiller

Islak mendil iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisi ıslak mendil ana bileşeni dokusuz yüzey kumaş, ikincisi ise ıslak mendilin sıvı bileşenidir. Hijyenik ürünlerde kullanılan dokusuz yüzey kumaş üretiminde doğal ve sentetik lifler veya bu liflerin kombinasyonları kullanılmaktadır. Bu üretim sırasında rejenere lif grubundan özellikle viskon tercih edilirken, yapay lif grubundan ise poliester tercih edilerek ıslak mendil kumaşlarının üretimi için kullanılmıştır.

Islak mendil üretiminde en çok kullanılan yöntem olan spunlace hattında dokusuz yüzey oluşturulurken liflerin bağlanması su jeli ile olduğundan ortam suludur. Cilt temizliğinde kullanılan spunlace dokusuz tekstil yüzeyleri yumuşak ve dayanıklı olup kumaşlarının boşluklu yapısı, kirin toplanmasına yardımcı olmaktadır.

Deri; duyuşal, ısı düzenleyici, sekresyon salgılayan, koruyucu fonksiyonları olan aktif bir organdır. Deri'de ciddi olmayan yaralanmalar merhem, krem vb. gibi bir takım pansuman ile giderilmektedir. Yaralanma kremleri cildi enfeksiyonlardan, iltihaplanmadan ve ayrıca çevrenin olumsuz etkilerinden (soğuk, rüzgâr, ultraviyole radyasyondan) koruyan koruyucu bir film oluşturmaktadır (Aktaş ve ark.2008).

Cilt hasarında ve zedelenmesinde kullanılan ve tüketim ürünleri arasında yer alan birçok üründe kullanılan kimyasallar incelenip ortak bileşen ortaya çıkarılmıştır. Bu kimyasallardan çinko, sivilce ve aknelere de oluşan iltihapları belirli oranda gidermekte ve kurutmaktadır. Krem içerisinde bulunan çinko asit mikrop oluşumunu engelleyip bir bariyer görevi sayesinde mikropları absorbe ederken aynı zamanda hücrelerin yenilenmesine de yardımcı olmaktadır (Çoğalgil 1994).



**Şekil 2.** Çinko İçerikli Zdrave Cilt Kremi

Yatağa bağımlı olan hastaların kişisel bakım ve temizliği sürekli yatmalarından dolayı zor olmakla beraber, hastanın temizliği dikkatli yapılmalıdır. Uzun süre yatmaktan ciltte oluşan basınç nedeniyle kan dolaşımı azalarak yeteri kadar oksijenlenme olmaz ve dokular üzerinde kırmızı lekeler görülür. Bununla birlikte dışkı da bu bölgeye temas ediyorsa çok hızlı bir şekilde yara oluşur. Çinko bağışıklık sistemini güçlendirir. Yaşa bağlı hastalıkların riskini azaltır. Yaraların iyileşmesine yardım eder. Hastanelerde yanıklara, belirlenmiş bazı ülserlere ve cilt yaralanmalarına yönelik bir tedavi aracı olarak kullanılır. Bu mineral, kolajen sentezinde, bağışıklık sistemi fonksiyonlarında ve enflamatuvar (iltihaplı) tepkinin artmasında kritik rol oynadığından doğru bir iyileşme süreci için gereklidir (Baldwin, ve diğerleri, 2001).

Çinko içeren kremler; pişik, sivilce, ufak tefek yanıklar ve güneş yanığı dahil olmak üzere hafif cilt sorunlarının tedavisinde etkili olmaktadır (Wood, 1998). Çinko oksit, cildin tahriş olmasını önlemek ve cildi iyileştirmek için bariyer görevi görmektedir.

Çinko katkılı ıslak mendil solüsyonu ile çalışma yapılmasının sebepleri aşağıda sıralanmaktadır;

- Vücut temizleme mendillerine çinko solüsyonu eklenerek sağlık sektörü çalışanlarının çalışma alanlarını ergonomik hale getirmek,
- Bakım personelinin yatalak hastalar için zorlandığı konulardan birisi olan banyo yaptırma durumu için hem hasta mahremiyeti hem de personelin işini daha kolay yapabilmesi için vücut
- Pişik oluşumunu önleyici etkisi nedeniyle kullanım yerlerinin sadece hasta temizlik havluları ile sınırlı tutmamak
- Ciltte oluşan alerjilerin oluşumunu önlemek, cilt tahrişlerinde, sivilce ve akne oluşumunu önlemeye yardımcı olmak
- Yatak başlangıç yaralarında (künt yaraları) için kullanılan pahalı kremler yerine daha uygun maliyetli çözümler üretmek,

Çinko bazlı solüsyon ile hazırlanması planlanan ıslak mendil kumaşı, nonwoven teknolojisinden spunlace üretim tekniği ile üretilmiş ürünler ile yapılacaktır. Spuncalca üretim tekniği ile üretilen nonwoven tercih edilmesinin sebebi son ürün maliyetinde düşürücü etken olması ve absorpsiyon miktarlarının diğer üretim tekniklerine göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Karafiber Tekstil Sanayi ve Tic. A.Ş. Şirketi'nden temin edilen, nonwoven teknolojisi ve spunlace tekniği ile üretilen ıslak mendil %70 Polyester %30 Viskon elyafı içeren plain, dot ve aperture desene sahip dokusuz yüzey kumaş numuneleri temin edilmiştir.

**Tablo 1.** Deneme Sistematiği

Kod	Gruplar	Mendil İçeriği	Birim Ağırlık	Desen	Etken Madde
1	Çinko Bazlı Islak Mendil	%70 PES %30 CV	50 gsm	Aperture	%5 Çinko Solüsyonu
2	Çinko Bazlı Islak Mendil	%70 PES %30 CV	50 gsm	Dot	%5 Çinko Solüsyonu
3	Çinko Bazlı Islak Mendil	%70 PES %30 CV	50 gsm	Plain	%5 Çinko Solüsyonu

Islak mendil üretimi, kalite kontrol analizleri uluslararası test standartlarına göre yapılmaktadır. Bu projede gerçekleştirilen testlerin tamamı Pakten Sağlık Ürünleri laboratuvarında uygulanmıştır. Numune üretimler Kansan ıslak mendil hattında gerçekleştirilmiştir.

### TEST METOTLARI

Çalışma kapsamında elde edilen ıslak mendil numunelerinin fiziksel özellikleri, Tablo 2'de verilen standartlara bağlı olarak tespit edilmiştir. Kumaş fiziksel, mekanik sıvı emme, stabilite, kimyasal ve subjektif testler Pakten Sağlık Ürünleri Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Islak Mendil Testleri ve Standartları

Kumaş Tipi	Test Tipi	Testler ve Standartları
Ham Kumaş	Fiziksel	Gramaj (NWSP 130.1. RO (15)) Kalınlık (NWSP 120.6. RO (15))
	Mekanik	Kopma Mukavemeti (ISO 13934-1) Kopma Uzaması (ISO 13934-1)
	Sıvı Emme Özellikleri	Damla Testi (ISO 9073-13: 2001) Absorbsiyon (Emme) Süresi (ISO EN 9073-6) Absorbsiyon (Emme) Kapasitesi (EDANA 10.3.99)
	Stabilite	Raf Ömrü
Islak Mendil	Kimyasal	PH, Vizkozite, Yoğunluk
	Epiderm Testleri	Cilt İritasyon (SIT) (OECD TG 439)
	Sübjektif	Panel Testi

Islak mendil numuneleri test edilmeden önce,  $25\pm 2$  °C sıcaklıkta ve  $50\pm 2\%$  bağıl nemde 24 saat kondisyonlanmıştır.

• **Gramaj;** 1 m<sup>2</sup> kumaşın gram cinsinden ağırlığı olup, dokusuz yüzey kumaşlarda da dokuma ve örme kumaşlardakine benzer şekilde tayin edilmektedir. Gramaj tayini ERT 40.3-90 standardı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu standarda göre; 24 saat boyunca standart atmosfer koşullarında ( $20^{\circ}\text{C}\pm 2$  sıcaklık ve  $\%65\pm 2$  bağıl nem) kondüsyonlanan ana kumaşın farklı bölgelerinden en az üçer adet her biri en az 50000mm<sup>2</sup> alana sahip (genellikle 250mm X 200mm) numuneler kesilmelidir. Dokusuz yüzey kumaşlarda lif oryantasyonundan kaynaklanabilecek

farklılıklar nedeniyle, daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için çalışmada 250mm\*200mm boyutlarında 5'er adet numune normal atmosfer koşullarında Precisa marka hassas terazide NWSP 130.1. R0 (15) standartlarına göre tartılarak birim ağırlıkları ölçülmüştür.



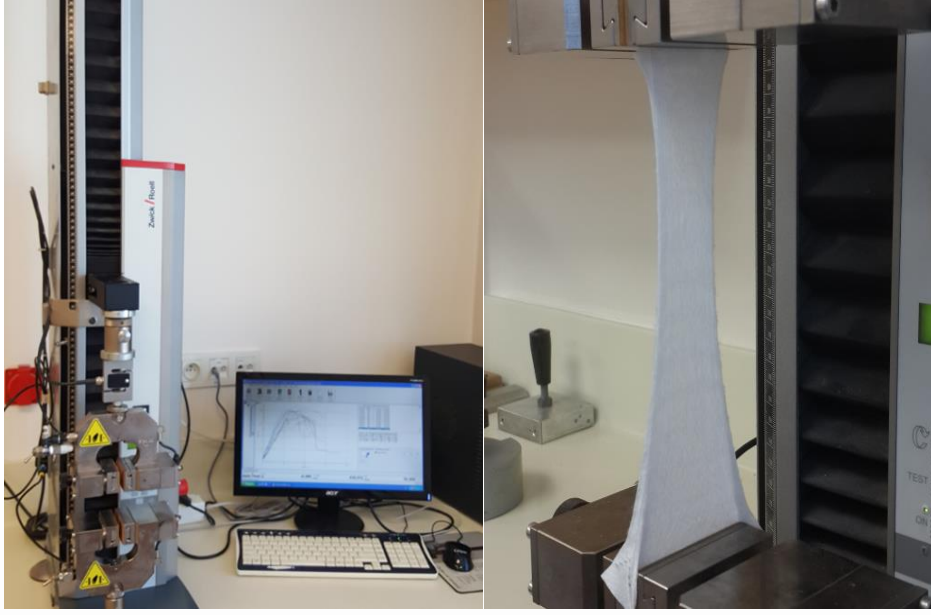
Şekil 3. Hassas Terazi

• **Kalınlık tayini için;** dokusuz yüzeyin gerilimsiz olarak üzerine yerleştirildiği sabit konumdaki referans plakası ile numunenin yüzeyine belli bir basınç uygulayan ve dikey olarak hareket edebilen dairesel baskı ayağı arasındaki mesafeyi mm olarak ölçmeye dayanmaktadır. Bu çalışmada incelenen numuneler ERT 30.5-99 standardına uygun olacak şekilde standart atmosfer koşullarında kalınlık testine tabi tutulmuşlardır. Numuneler, 24 saat boyunca standart atmosfer koşullarında ( $20^{\circ}\text{C}\pm 2$  sıcaklık ve  $\%65\pm 2$  bağıl nem) kondüsyonlandıktan sonra her bir numuneye 10 farklı bölgeden Mitutoyo kalınlık cihazı kullanılarak kalınlık ölçümü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Otomatik Kalınlık Ölçüm Cihazı

• **Kopma uzaması tayininde;** kopma meydana getiren kuvvetin kumaşın oluşturduğu boyut değişimi Zwick/Roell Z0.5 marka cihazda ISO 13934-1 standartlarına göre ölçülmüştür. Kopma mukavemeti ve uzama tayininde her bir numune için 5'er adet kumaş makine ve çapraz yönüne göre test edilmiştir. Islak kumaşların kopma uzaması ve kopma mukavemeti testleri için  $\%0,05$ 'i geçmeyen iyonik olmayan ıslatıcı içeren 1 lt çözelti içerisinde 2 saat bekletildikten sonra testler gerçekleştirilmiştir.



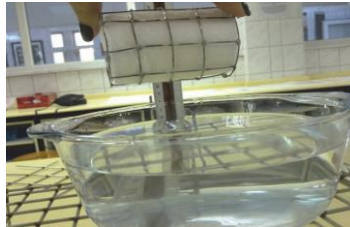
Şekil 5. "Zwick" Dinamik Yük Altında Kopma Cihazı ve Test Görüntüleri

- **Damla testi için;** 10 cm\*10 cm olarak kesilen kumaşlara mikropipet yardımıyla, 1 cm mesafeden 9 g/l oranında NaCl içeren 1 ml saf su kronometre yardımıyla beş tekrarlı olarak ISO 9073-13: 2001 standartlarına göre uygulanmıştır.



Şekil 6. Drop Testi Düzenegi

- **Sıvı absorpsiyon kapasitesi testi için,** emici yapının birim alanının belirtilen şartlar altında ve belirtilen sürede absorbe ettiği sıvı miktarının, yapının kuru kütlesine oranı EDANA 10.3.99 standartlarına göre hesaplanarak tayin edilmiştir. ISO EN 9073-6 standardına göre yapılan sıvı absorpsiyon süresi için kafes sistemi içerisine yerleştirilen numuneler 25 mm yükseklikten sıvı içerisine bırakılıp, tam battığı andaki süre hesaplanmıştır.



Şekil 7. Sıvı Absorpsiyon Süresi Testi

- **Stabilite testi** için ürünün belirlenen raf ömrü süresince fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kriterlerinde herhangi bir değişiklik olup olmadığını tayin etmek için belirli periyotlarda inkübatör, etüv ve oda şartlarında Nuve TK252 kodlu iklimlendirme kabini muhafaza edilmiştir.



**Şekil 8.** Stabilite Testi İçin Yaşlandırma Kabini

- Solüsyon; Beydağı firması ile ortak çalışma yapılarak çinkolu ıslak mendil solüsyon bazı hazırlanmıştır. Hazırlanan baz %5,%10%15 olarak kullanılması tavsiye edilmiştir. Solüsyon hazırlanma aşaması steril alanda kimyasalların belirli oranlarda eklenmesi ile oluşturulmaktadır.
- Islak mendillerin iritasyon özelliklerinin tespiti için akredite test kuruluşlarından destek alınmıştır. İritasyon testleri için Dulbecco's Modified Eagle's Medium (DMEM), içeren dokulara 18 ±3 saat ön inkübasyondan sonra sıvı test materyali için 30 µL, katı test materyali için 25 mg uygulama yapılmıştır. Dokular inkübasyonda 60±1 dakika tutularak (37±°C, 5±1% CO<sub>2</sub>, 90% ± 10% Nisbi nem içeren ortam) her test materyali için 3 doku kullanılmıştır.



**Şekil 9.** Deri İritasyon Testi

- Subjektif değerlendirmeler için gönüllü 20 katılımcının yer aldığı çalışmada mevcut ve antibakteriyel özellikteki ıslak mendiller verilerek kör panel testi gerçekleştirilmiştir. Subjektif konfor testi, kişide çevre şartlarına bağlı olarak üzerindeki giysiyle ilgili oluşan his ve düşüncelerin direkt olarak belirlenmesidir. Bu ölçüm için kişinin düşünce ve hislerini ölçen fiziksel bir cihaz bulunmadığından, tek yol psikolojik skalaların kullanılmasıdır. Önkol testi, duyu reseptörlerin yoğun bir şekilde bulunduğu alt kolun iç kısmına belirli basınçta belirli rutubet oranına sahip kumaş numunelerinin temas ettirilmesine dayanmaktadır. Bu çalışmada, ıslak mendillerin silme sonucu ortaya çıkardığı ıslaklık ve yapışkanlık hislerinin belirlenmesi için önkol testi uygulanmıştır. Tutum ise bir kumaşa dokunulduğunda hissedilen her şey ya da tüm hislerin toplamı olarak tanımlanabilir. Bu özelliği tek bir cihazla objektif olarak ölçmek mümkün değildir. Bu nedenle, en çok bilinen ve akla ilk gelen duyu özellik olan tutum, çoğu zaman kişiler tarafından yapılan ve subjektif olarak adlandırılan testlerle değerlendirilmektedir (Sular ve Okur, 2008). Bu çalışmada, farklı ıslatıcıların farklı kumaşlarla birleşimi sonucu elde edilen ıslak

mendillerin elle dokunulması sırasında kişide oluşturduğu hisler subjektif tutum değerlendirmeleriyle belirlenmiştir. Bu hisler, tüketicilerin ürünü tercih etmesinde büyük oranda belirleyicidir.

### 3. BULGULAR

Çalışmada üretilen ıslak mendiller 50 gsm 30Viskon/70Polyester karışım oranına sahip spunlace dokusuz kumaşlardan oluşturulmuştur. Üretimlerde solüsyonların aplikasyonu spreyleme yöntemiyle Z tipi katlamayla gerçekleştirilmiştir. 20\*25 cm ± 1 cm boyutlarında 1 adet kuru mendilin ağırlığı 2,6 g ±%10 g iken, kuru mendil için gereken solüsyon miktarı 1,3 g ±%10 g olarak belirlenmiştir. Üretilen 1 adet kuru mendil+ solüsyon miktarı 3,9 g ±%10 gr toplam ağırlığındadır. Sıcaklık 25 °C, bağıl nem %50, taze hava (hepa filtre) ve pozitif basınç yaratılan bir ortamda deneme üretimler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada numunelere uygulanan testlere ait bulguların ortalama değerleri Tablo 3.1’de detaylı olarak verilmiştir. Islak mendillerin, kullanım sırasındaki deformasyonlara karşı dayanımını belirleyen makine ve çapraz yönünde kopma mukavemeti değerleri arasında farklar olduğunun tespit edilmesi için Zwick cihazında dinamik yük altında uzama ve kopma mukavemetleri incelenmiştir.

**Tablo 3.** 70/30 Polyester/Viskon Spunlace Kumaşların Test Sonuçları

No	İçerik	Birim Ağırlık (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)	Uzama Mukavemeti [%]				Kopma Mukavemeti [N/5cm]			
				DRY-MD	DRY-CD	WET-MD	WET-CD	DRY-MD	DRY-CD	WET-MD	WET-CD
1.Numune Aperture (%5 Çinko Solüsyonu)	%70PES %30CV	50,3	0,70	27,5	125	30,5	123,5	85,4	31,6	68,5	28,5
		50,7	0,75	31	135	29	121,5	80,6	28,2	72,6	26,6
		50,4	0,71	32	122	27,5	125,5	81,7	35,5	84,7	26,3
		51,6	0,72	28,5	121	32	122,5	84,6	30,1	77,65	22,3
		49,8	0,72	29	130	29	123,3	80,7	32,6	88,6	27,1
<b>Ortalama</b>		<b>50,6</b>	<b>0,72</b>	<b>29,6</b>	<b>126,6</b>	<b>29,6</b>	<b>123,3</b>	<b>82,6</b>	<b>31,6</b>	<b>78,4</b>	<b>26,2</b>
2.Numune Dots (%5 Çinko Solüsyonu)	%70PES %30CV	51,2	0,72	30,6	124	28,5	113,5	88,6	27,5	80,7	22,5
		50,4	0,73	32,3	121	30	115	85,9	29,2	82,6	28,6
		50,8	0,72	28,5	122,5	31,5	117,6	84,5	27,6	91,5	24,4
		52,6	0,74	28,5	126	28	123,1	84,6	27,6	93,4	24,5
		49,6	0,73	29,6	117,5	29	119,6	88,6	28,2	92,9	22,3
<b>Ortalama</b>		<b>50,9</b>	<b>0,73</b>	<b>29,9</b>	<b>122,2</b>	<b>29,4</b>	<b>117,8</b>	<b>88,2</b>	<b>28,0</b>	<b>86,8</b>	<b>24,5</b>
3.Numune Plain (%5 Çinko Solüsyonu)	%70PES %30CV	50,4	0,78	32,3	127,6	28,5	130	91,3	26,3	91,1	27,1
		50,9	0,73	28,5	115,5	26,5	121,6	86,2	31,5	95,6	30,5
		53,1	0,74	30,5	122,5	29	125,6	83	33	95,6	30,5
		52,5	0,74	31,5	128	27,5	123,5	91,5	30,1	92,5	27,8
		52,3	0,75	31,5	129,5	28	119	84,6	33,5	90,2	31,5
<b>Ortalama</b>		<b>51,8</b>	<b>0,75</b>	<b>30,9</b>	<b>124,6</b>	<b>27,9</b>	<b>123,9</b>	<b>87,3</b>	<b>30,9</b>	<b>93,0</b>	<b>29,5</b>

Kopma mukavemeti test sonuçlarına göre (Tablo 3.) MD yönünde testi gerçekleştirilen D1, D2. ve D3 kodlu kumaşların, CD yönüne göre mukavemet değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca kuru kumaş mukavemet değerlerinin yaş kumaş mukavemet değerlerinden daha yüksek olduğu her üç kumaşta görülmektedir. Test edilen kumaşların kuru ve yaş haldeki

MD ve CD yönlerinin mukavemet ve uzama sonuçlarıyla ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin dokusuz yüzey oluşum aşamasında liflerin serim yönünden (bant akış yönüne doğru paralel şekilde) kaynaklanması olarak söylenebilir.

Mukavemet ve uzama değerleri için, bezin yan bantlarına uygulanan kuvvet şiddetini bezden ayırmadan doğru oranda karşılayabilmek için bu değerlerin yüksek olması istenmektedir.

### Sıvı Emme Özellikleri

**Tablo 4.** Damla, Sıvı Emme Süresi ve Sıvı Emme Kapasitesi Test Sonuçları

No	İçerik	Desen	Damla (sn)	Sıvı Emme Süresi (sn)	Sıvı Emme Kapasitesi (g/g)
1.Numune Aperture (%5 Çinko Solüsyonu)	%70PES %30CV	Aperture (Boşluklu doku)	4,2	13,57	3,00
			4,9	13,38	3,00
			4,7	13,39	2,50
			4,6	13,44	3,00
			4,8	13,62	2,50
<b>Ortalama</b>			<b>4,64</b>	<b>13,48</b>	<b>2,80</b>
2.Numune Dots (%5 Çinko Solüsyonu)	%70PES %30CV	Dots (Petek doku)	4,9	13,44	3,00
			4,8	13,36	2,50
			4,4	13,58	3,00
			4,5	13,48	3,00
			4,9	13,63	2,50
<b>Ortalama</b>			<b>4,70</b>	<b>13,50</b>	<b>2,80</b>
3.Numune Plain (%5 Çinko Solüsyonu)	%70PES %30CV	Plain (Düz doku)	4,5	13,51	3,00
			4,6	13,48	2,50
			4,3	13,32	3,00
			4,9	13,51	2,50
			4,7	13,88	2,50
<b>Ortalama</b>			<b>4,60</b>	<b>13,54</b>	<b>2,70</b>

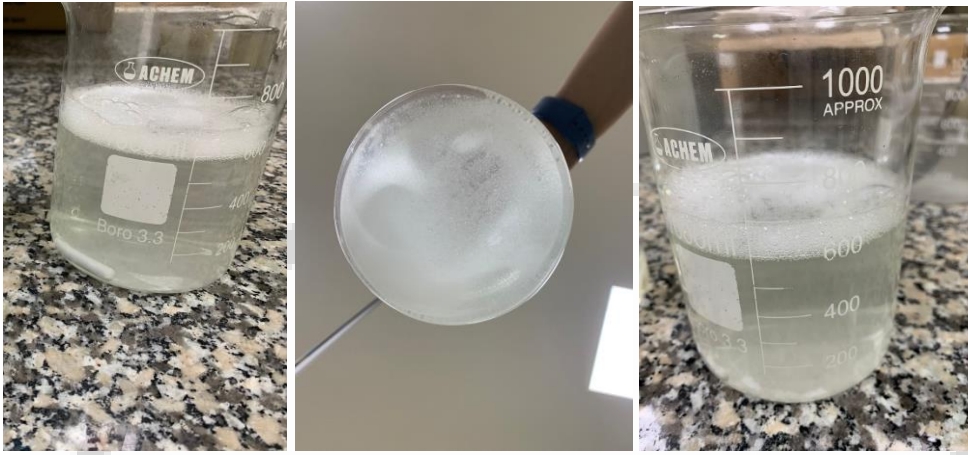
Ham kumaşlara uygulanan sıvı emme özelliklerinin test sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir. D1, D2 ve D3 kodlu kumaşların damla testi sıvı emme süresi ve sıvı emme kapasite değerlerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Islak mendillerin sıvı emme özelliklerinin belirlendiği bu testler için genellikle mendilden sıvıyı çabucak üzerine alıp, uzun süre tutması istenmektedir. Bunun için damla testinde sıvıyı 5 saniyeden daha kısa sürede üzerine aldığından bu kumaşların hidrofilitesinin iyi olduğu söylenebilir. Bu yüzden çalışmada polyester lifleri selüloz içerdiğinden dolayı viskon lifleriyle karıştırılarak bu durumun önüne geçilmiştir.

### Solüsyon Oluşturulması

Hazırlanan baz %5,%10%15 olarak kullanılması tavsiye edilmiştir. Pakten sağlık ürünleri laboratuvarlarında yapılan analizler ve solüsyon hazırlama aşamalarında %15’lik ıslak havlu solüsyonunda dibe çökme ve köpürme gözlenmesinden dolayı, aynı zamanda iyileştirme etkisinden daha fazla yararlanabilmek için %10’luk çinko bazlı solüsyon ile çalışma kararı alınmıştır.



Şekil 10; %5-10-15 oranında Çinko Glukonat solüsyonu çalışmaları



Şekil 11; %15 oranında Çinko Glukonat solüsyonu çalışmalarında yaşanan köpürme ve çökeltme problemi

### Raf Ömrü Tayini

Islak mendillerin geçen süre zarfına bağlı olarak, paket içerisinde ıslatıcı özelliklerini kaybetmemesi istenmektedir. Bu yüzden tüketiciyle buluştuğu formuna eşdeğer olması için etüv, oda sıcaklığı ve inkübatörde 1-2 ve 3 aylık zamanda yaşlandırma testi gerçekleştirilir. Üretilen ıslak mendillerden her bir numune için 3'er paket 15\*19 cm  $\pm$  1 cm boyutlarında 65 adet mendil paketlenip, ağızları sızdırmazlığı sağlayacak şekilde kapatılmıştır.



Şekil 12. Raf Ömrü Testinin Ürün Görşelleri (1. 2. ve 3. Ay)

Tablo 5. Raf Ömrü ve Kimyasal Değişimler

Raf Ömrü ve Kimyasal Özellikler		D1	D2	D3
	Ph	5	5	5
Uygulama Öncesi	Viskozite [cp]	10	10	10
	Yoğunluk [g/l]	0,988	0,989	0,989
4°C İnkübatör (3.Ay)	Ph	5,1	5,3	5,2
	Viskozite [cp]	10,1	10,4	10,6
	Yoğunluk [g/l]	0,990	0,989	0,991
	Ph	5,2	5,2	5,3

Raf Ömrü ve Kimyasal Özellikler		D1	D2	D3
25°C Oda Sıcaklığı (3.Ay)	Viskozite [cp]	10,3	10,8	11
	Yoğunluk [g/l]	0,990	0,990	0,991
40 °C Etüv (3.Ay)	Ph	5,6	5,6	5,6
	Viskozite [cp]	10,5	11	11,2
	Yoğunluk [g/l]	0,992	0,991	0,992

Sadece mendil özellikleri değil ayrıca raftaki şeklini koruması için ambalajların rengi, kokusu ve deformasyon gibi özelliklerinin de korunduğu tespit edilmiştir.

### İrritasyon Etkinliği

Test için incelenen denemenin her birinden 1 cm çapında numuneler hazırlanmıştır.

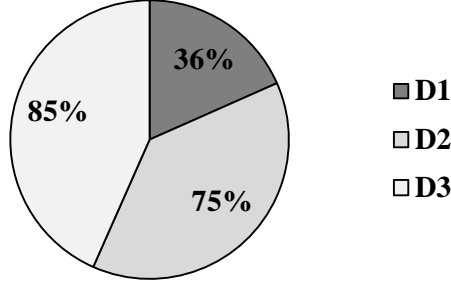
**Tablo 6.** Islak Mendil Cilt Etkinliği Analiz Sonuçları

Numune	Kod	Ortalama OD	Ortalama OS	Canlılık ort. (%)	% Canlılık SS	CV (%)
D1	NC	1,726	0,021	100	1,44	1,12
	PC	0,218	0,034	12,8	1,51	14,65
	TM	1,458	0,024	82,2	1,82	2,45
D2	NC	1,746	0,019	100	1,42	1,25
	PC	0,118	0,037	10,5	1,53	14,5
	TM	1,64	0,044	84,5	1,86	2,08
M2	NC	1,658	0,023	100	1,39	1,39
	PC	0,201	0,026	12,1	1,55	12,74
	TM	1,386	0,029	83,6	1,74	2,08

D1, D2 ve D3 numuneleri için EU ve GHs (Global Harmonize sistem) sınıflandırılmasına göre test materyaline maruz bırakılan 3 ayrı dokunun % relatif doku canlılık değeri, %50'den küçük ise (negatif kontrole göre) test materyali irritant olarak kabul edilmektedir. OECD TG 439 test standardı doğrultusunda yapılan deney sonuçlarına göre test materyalinin, canlılık ortalaması oranının %82,2, 84,5 ve 83,6 olduğu ve bu oranının deri irritasyonu yapıcı etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

### Subjektif Değerlendirmeler

Çalışma kapsamında elde edilen ıslak mendillerin, ıslak ve kuru formlardaki tutum ve performans özelliklerinin belirlenmesi için huzurevinde subjektif denemeler gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmelerde yaşlıların yaraları üzerine ıslak mendilleri kullanması ve yalnızca kumaşın teması sırasında ortaya çıkan hislere yoğunlaşmaları istenmiştir. Subjektif değerlendirmeler 68-90 yaş aralığında ve kadın ve erkeklerden oluşan bir tüketici kitlesi seçilmiştir.



**Şekil 13.** Tüketici Genel Değerlendirme

Tüketici paneli testlerinde sorulan mevcut ürüne göre yara iyileştirmeye yardımcı, kullanım rahatlığı, koku, temizlik ve ıslaklık miktarının yeterliliği gibi sorularda 50 panelist için genel değerlendirilme yapılmıştır. 18 kişinin D1 kodlu ıslak mendil, 15 kişinin D2 kodlu ıslak mendili ve 17 kişinin ise D3 kodlu ıslak mendili tercih ettiği görülmüştür. Panelistlerinin tercihinin aperture desenli ıslak mendil kumaşı olduğu tespit edilmiştir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Islak mendiller günlük kullanımda hızlı temizleme sağlayarak hayatı kolaylaştıran ürünlerin başında gelmektedir. Bebek veya yatağa bağımlı hastalarda bez değişimi esnasında ıslak mendil ile bez bölgesinin temizlenmesi pratik bir uygulama sunmaktadır. Bebek bezi ve yetişkin bezi kullanımında, sürekli olarak aşırı neme maruz kalan ve idrar ile birlikte tahrişe daha fazla açık kalan bez bölgesi hassas bir bakım gerekmektedir. Bu nedenle bez bölgesinin temizliğinin hem düzgün yapılarak idrar ve dışkıdan arındırılması hem de hassaslaşan bu bölgenin korunması gerekmektedir.

Bebek bezi değişiminde bez bölgesinde ciltle uyumlu mendiller ve çoğunlukla pişik kremleri kullanılmaktadır. Bunun yanında yatağa bağımlı bireylerde bu bakım azımsanmayacak kadar önemlidir. Hareket kısıtlılığı olan bu bireylerde buna bağlı olarak bası yaraları oluşmakta ve sürekli olarak kapalı kalan bez bölgesinde pişik oluşumuna açık hale gelmektedir. Bu çalışma kapsamında, yetişkin bireyler için cilt koruması sağlayan ıslak mendil solusyonu geliştirilmiş ve farklı oranlarda mendile emdirilerek uygun formülasyon oluşturulmuştur. Geliştirilen formülasyon, yetişkin temizliğine uygun olarak daha geniş, daha kalın ve emiciliği daha yüksek bir mendil ile birleştirilmiştir. Yapılan panel testleriyle geliştirilen ürün kullanıcılar tarafından da kabul görmüştür.

#### Yara İyileştirmeye Yardımcı Vücut Temizleme Mendil ve Genel Özellikleri

- *Yatan hasta ıslak mendil için*
- *Tüm vücutta tahriş etmeden hijyenik temizlik sağlar.*
- *İçerdiği Çinko Glukonat sayesinde yara iyileştirme destek olur.*
- *İçerdiği Papatya, Lavanta, Kalendula ve Aloe Vera ekstrakt sayesinde yarayı iyileştirmeye destek olur.*
- *İçerdiği Klorheksidin Glukonat sayesinde bakteri oluşumunu engeller.*
- *D-panthenol ve gliserin içeriği ile cildi nemlendirir.*
- *Paraben içermez.*
- *Formaldehit ve donörlerini içermez.*
- *Kullanım oranı %5'tir.*

- **Ürün Spesifikasyonu**

Görünüm: Berrak Sıvı

Yoğunluk: 0,990-1,050 g/ml

Renk: 0-298 Hazen

pH: 5,0-7,0

Viskozite: 40,00–150 cP

Çözünürlük (Su) : Suda çözünür

Çözünürlük (Yağ) : Yağda çözünmez



## KAYNAKÇA

- A. Mosca, F. R. (2006). In vitro antimicrobial activity of benzalkonium chloride against. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 566-568.
- Akalın, M., & Özen, M. S. (2010). *Tülbent Esaslı (Dokunmamış) Kumaşlar*. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Altuntaş, N., Sarıcı, D., Tayfur, A. Ç., Kışlal, F. M., Karadağ, F., Özkan, B., . . . Koçak, M. (2014). Benzalkonyum klorür: Yenidoğanın nadir bir kimyasal perine yanığı nedeni. *Pamukkale Tıp Dergisi*, 7(2), 159-162.
- Baldwin, S., Odio, M. R., Haines, S. L., O'Connor, R. J., Englehart, J. S., & Lane, A. T. (2001). Skin benefits from continuous topical administration of a zinc oxide/petrolatum formulation by a novel disposable diaper. *European Academy of Dermatology and Venereology*, 5-11.
- Bale, S., Tebble, N., Jones, V., & Price, P. (2004). The benefits of implementing a new skin care protocol in nursing homes. *Journal of Tissue Viability*, 44-50.
- Çoğalçıl, Ş. (1994). *Galvanik Stümlasyon ve Topikal Çinko Tedavisinin Yara İyileşmesi Üzerine Etkileri*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi.
- E. Devaki, T. R. (2019). Natural Antibacterial Finished Wet Wipes. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 45(7), 709-713.
- Erbay, D., Ergönül, D., Esenler, D., Çolpan, D., & Dokuzoğuz, D. (2002). Hastane Kökenli Metisilin Dirençli Staphylococcus aureus, Acinetobacter spp.ve Pseudomonas aeruginosa Suşlarının Çeşitli Dezenfektanlara Karşı Direnci. *Hastane Enfeksiyonları Dergisi*, 6, 191-194.
- Gencer, S. (2008). Hastane enfeksiyonlarının önlenmesi ve kontrolün olmazsa olmazı:EL YIKAMA. *İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri*(60), 71-78.
- Gökçe Yavuz, İ. T. (2018). Nanoteknolojik dezenfektanların heterotrofik biyofilmler üzerine etkisi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(4), 323-332.
- İnan, A., Akçay, S. Ş., Özyürek, S. Ç., Z.Tekin, S., Erdoğan, P., & İlknur Erdem, D. Ö. (2009). Hastane Kökenli Patojenlere Karşı Çeşitli Dezenfektan Ve Antiseptiklerin Etkinliği. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti*, 39(3-4), 97-102.
- Junkin, J., Moore-Lisi, G., & Selekof, J. L. (2005). What We don't Know Can Hurt Us. *Clinical Symposium on Advances in Skin and Wound Care*, (s. Las Vegas).
- Kalra, M. G., Higgins, K. E., & Kinney, B. S. (2014). Intertrigo and Secondary Skin Infections. *American Family Physician*, 569-573.
- Karayıldırım, Ç. K., & Çelenk, V. U. (2016). Antibacterial Efficiency of Benzalkonium Chloride Base Disinfectant According to European Standard 13727, Chemical Analysis and Validation Studies. *12*(1), 39-47.
- Langemo, D., Hanson, D., Hunter, S., Thompson, P., & Oh, I. E. (2014). Incontinence and Incontinence-Associated Dermatitis. *Advances in Skin & Wound Care*, 126-140.

Presentation ID / Sunum No: 60

**Poster Presentation / Poster Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-6687-4582

**Görüntü İşlemenin Mısırdaki Koçan, Tane ve Çimlendirilmiş Tohum Ölçümlerinde Kullanılması**

**Araştırmacı Onurcan Nesrin<sup>1</sup>, Doç. Dr. Fatih Kahrıman<sup>1</sup>**

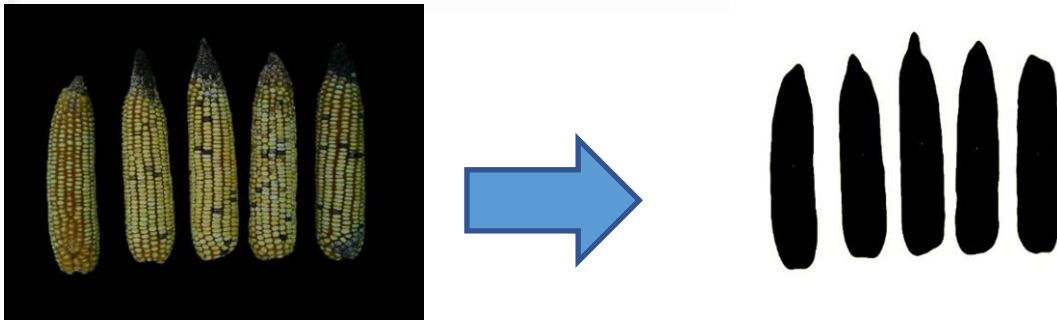
<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

**Özet**

Mısırdaki koçan ve tane ölçümleri agronomik araştırmalarda yaygın olarak toplanan parametrelerdir. Bu ölçümler uzun zaman almakta ve yüksek iş gücü gerektirmektedirler. Bu nedenle alternatif ölçüm tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntü işleme teknikleri bu amaçla kullanılacak alternatif teknikler arasındadır. Bu çalışmada mısır koçan ve tane örneklerinden görüntü işleme ile elde edilen ölçüm sonuçlarının referans ölçüm sonuçlarına benzerliği karşılaştırılmıştır. Referans ölçüm olarak koçan boyu (cm) ve koçan çapı (cm), tane eni (mm), tane boyu (mm), kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu ölçümleri alınmıştır. Çalışmada toplam 233 koçan, 1242 tohum örneği kullanılmıştır. Bu örneklerden alınan dijital görüntülerin analizi ile görüntü ölçümlerine ilişkin sonuçlar elde edilmiştir. Koçan ve tane morfolojisine ait sonuçlar arasındaki ilişkiler regresyon testi ile değerlendirilmiştir. Referans ve görüntü işleme yöntemleri arasında koçan boyu, koçan çapı, tane eni, tane boyu, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu ölçümleri için regresyon ( $R^2$ ) değerleri sırasıyla 0.9976, 0.8576, 0.7635, 0.7844, 0.9885 ve 0.9779 olarak hesaplanmıştır.

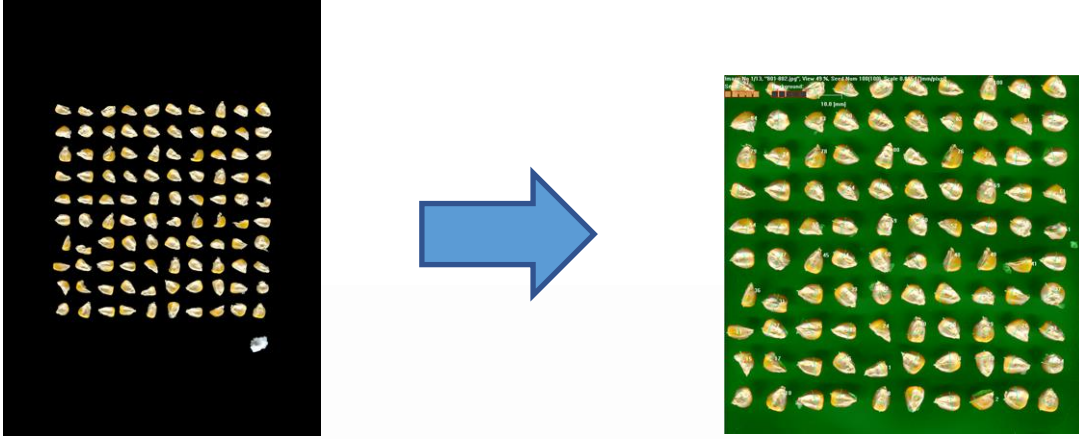
**Materyal ve Yöntem**

Araştırmada materyal olarak 9 farklı yerel mısır genotipi ve 3 standart çeşit kullanılmıştır. Her genotipte ait 5'li örnekler halinde koçan boyu (cm) ve koçan çapı (cm) manuel yöntemle ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Koçan örneklerinden dijital görüntüler 16 MP fotoğraf makinesi ile siyah fon kullanılarak alınmıştır. Bu koçan görüntüleri ImageJ yazılımında (Abramoff ve ark. 2004) analiz edilerek koçan boyu ve koçan çapı değerleri çıkarılmıştır (Şekil 1).



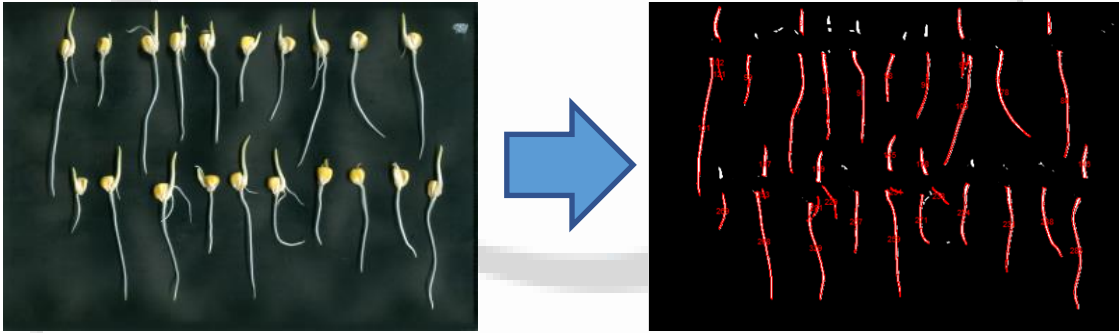
Şekil 1. Koçan görüntülerinin ImageJ programında işlenmesi.

Örneklerin tanelenmesinin ardından tohum örnekleri sırası karışmayacak şekilde tohum traylerine sıralanmış ve tane eni (mm), tane boyu (mm) ölçümleri alınmıştır. Sonrasında masaüstü tarayıcıda dijital görüntüler (300 dpi) toplanarak SmartGrain (Tanabata ve ark., 2022) yazılımında analiz edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Tane görüntülerinin SmartGrain programında işlenmesi.

Tane örnekleri 7 günlük çimlendirme testine alınmış ve çimlendirilmiş tohumların görüntüleri siyah fon kullanılarak masaüstü tarayıcı ile alınmıştır. Örneklerin sırası karışmayacak şekilde dijital kumpas kullanılarak kök ve sürgün uzunluğu (cm) belirlenmiştir. Dijital görüntülerden ImageJ programı (Abramoff ve ark. 2004) ile aynı özelliklere ait sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3).

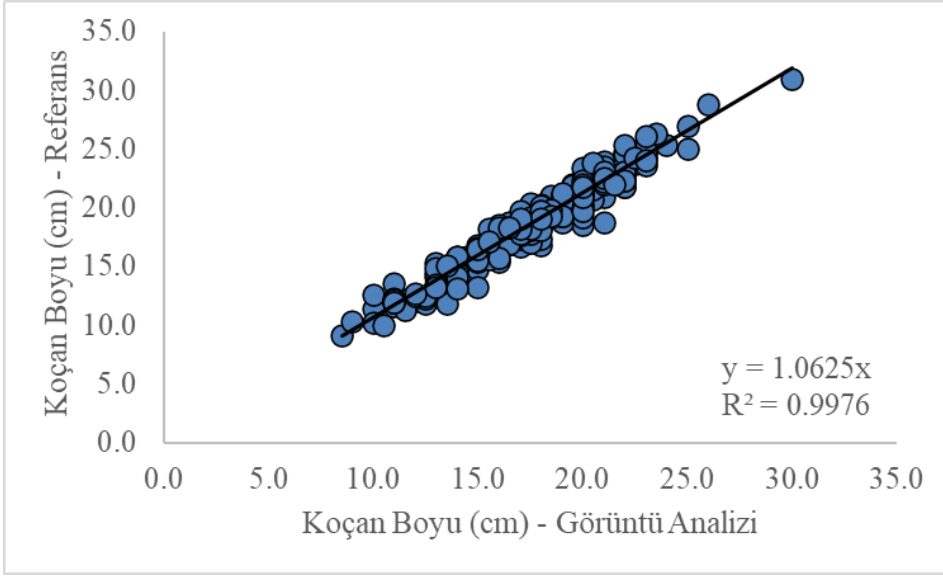


Şekil 3. Çimlendirilmiş tohum görüntülerinin ImageJ programında işlenmesi.

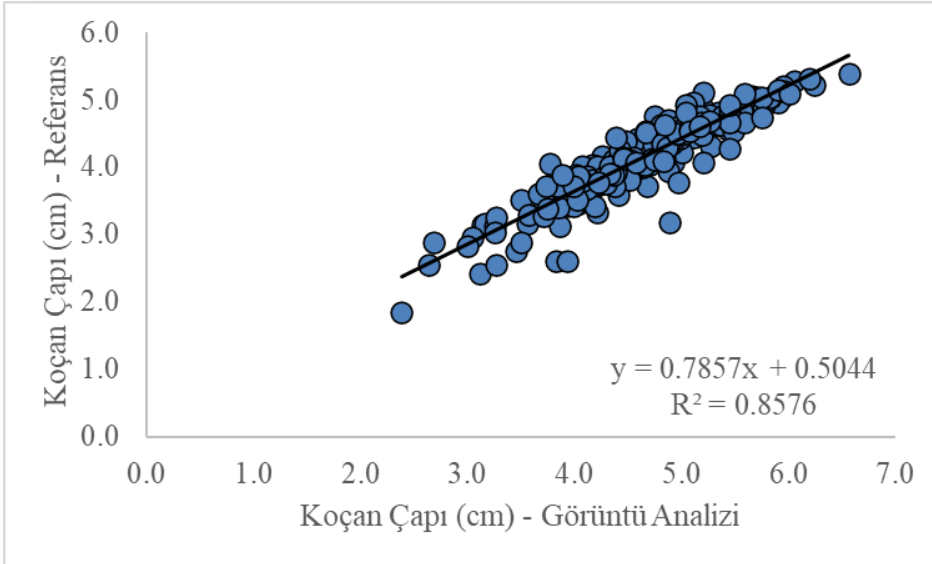
Koçan ve tane morfolojisi ve çim özelliklerine ait elde edilen veriler arasındaki ilişkiler regresyon grafikleri ile değerlendirilmiştir. Bu grafikler Excel programında oluşturulmuştur.

### Bulgular ve Tartışma

Koçan boyuna ilişkin regresyon grafiğine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen koçan boyu ölçümlerindeki varyasyonun %99.8'i görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir (Şekil 4). Koçan çapına ilişkin regresyon denkleminde referans ölçüm sonucunda elde edilen koçan boyu ölçümlerindeki varyasyonun %85.8'i görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir.

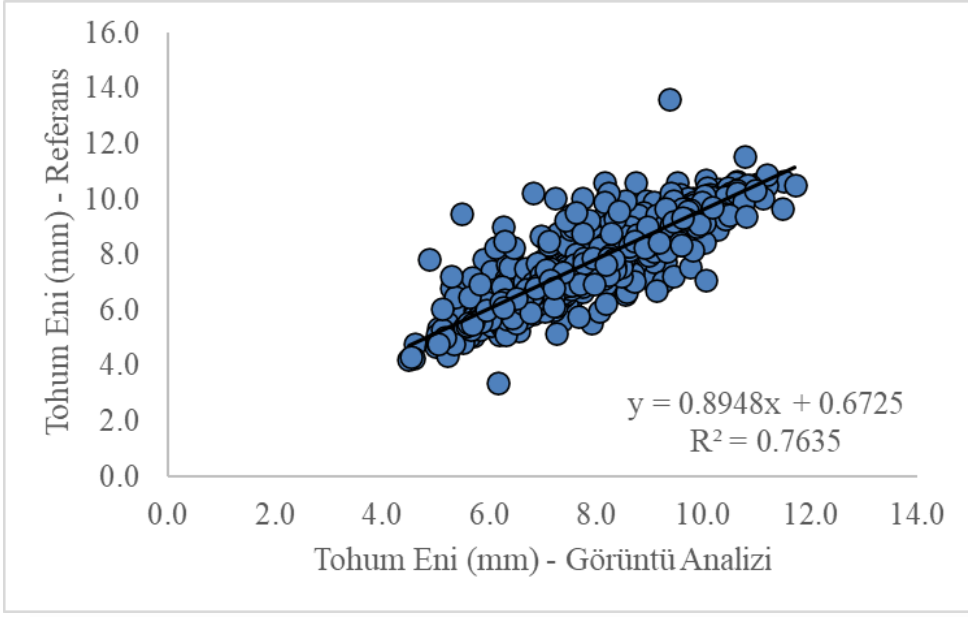


**Şekil 4.** Referans ve görüntü analizine dayalı koçan boyu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

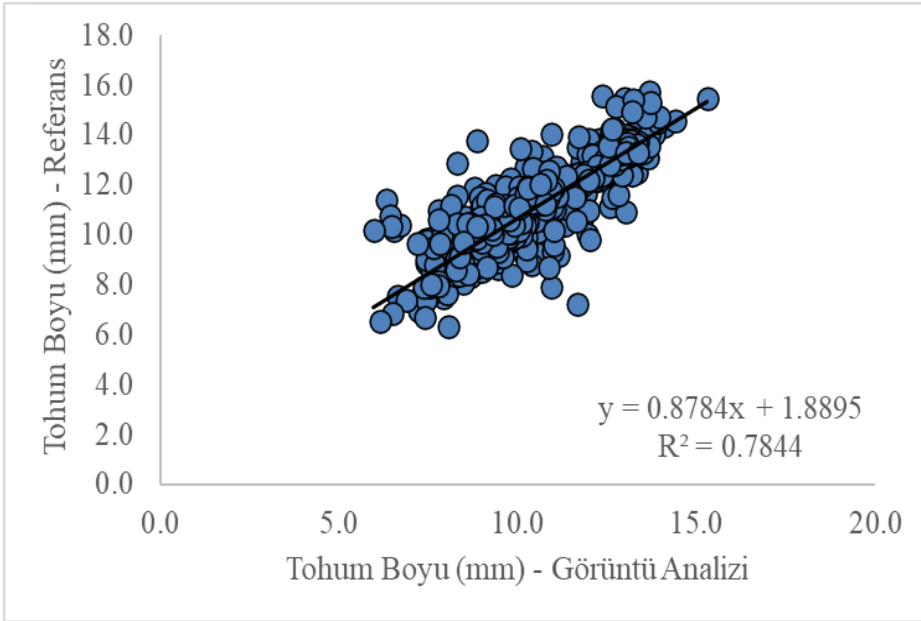


**Şekil 5.** Referans ve görüntü analizine dayalı koçan çapı ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

Tohum morfolojisi ile ilgili regresyon grafiklerine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen tohum eni ölçümlerindeki varyasyonun %76.3'ü (Şekil 6), tohum boyu ölçümlerindeki varyasyonun %78.4'ü görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir (Şekil 7).

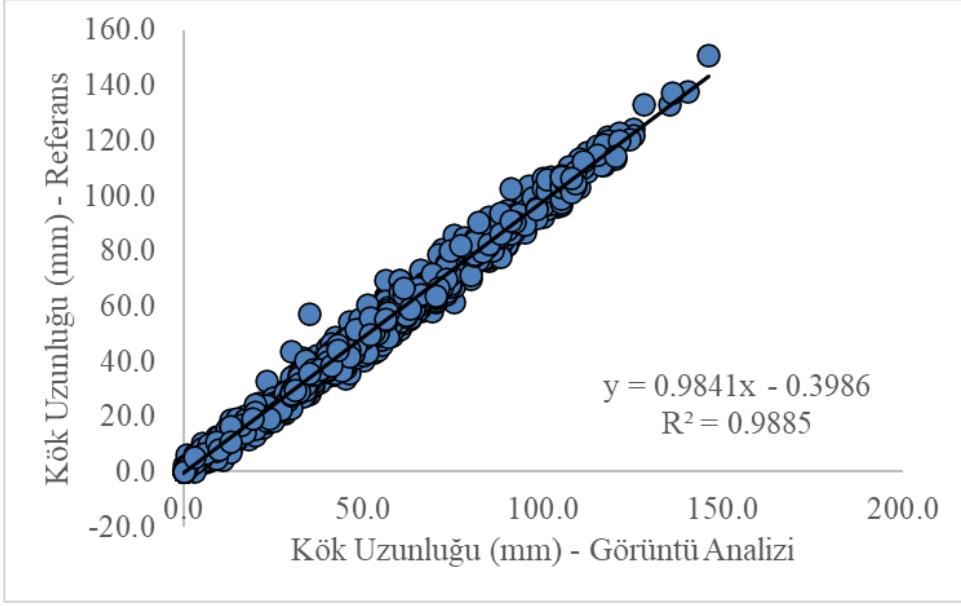


**Şekil 6.** Referans ve görüntü analizine dayalı tohum eni ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

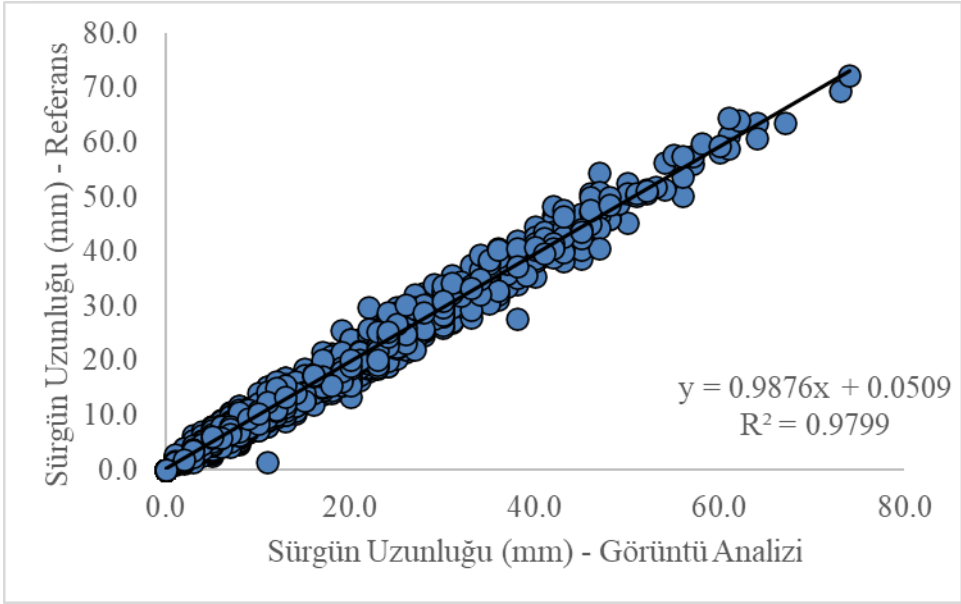


**Şekil 7.** Referans ve görüntü analizine ilişkin tohum boyu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

Kök uzunluğu regresyon denklemine göre referans ölçüm sonucunda elde edilen tohum boyu ölçümlerindeki varyasyonun %98.8'ü (Şekil 8), tohum boyu ölçümlerindeki varyasyonun %97.9'ü görüntü analizi ile elde edilen değerlerce açıklanabilmektedir (Şekil 9).



**Şekil 8.** Referans ve görüntü analizine dayalı kök uzunluğu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.



**Şekil 9.** Referans ve görüntü analizine dayalı sürgün uzunluğu ölçümleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar daha önce mısır bitkisel materyallerinin kullanıldığı önceki çalışmaların (Paulsen ve ark., 1989; Cirit ve ark., 2022; Liang ve ark. 2016; Wu ve ark., 2018) sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Elde edilen bulgular koçan boyunun, kök uzunluğu görüntü analizleri ile güvenilir şekilde tespit edilebileceğini, diğer ölçümlerde gerçekleşen sapmaların ise görüntü işlemede minimum değerinin alınmasından, referans yöntemde ise örneğin orta kısımdan ölçümün alınmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

## Kaynaklar

Abramoff, M. D., Magalhães, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image processing with ImageJ. *Biophotonics international*, 11(7), 36-42.

Cirit, M., Kaya, F., Kılıç, N., & Kahrıman, F. (2022). Mısırda Koçan ve Tane Ölçümlerinde Kullanılan Görüntü İşleme Yazılımlarından Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 20-25.

Liang, X., Wang, K., Huang, C., Zhang, X., Yan, J., & Yang, W. (2016). A high-throughput maize kernel traits scorer based on line-scan imaging. *Measurement*, 90, 453-460

Paulsen, M. R., Wigger, W. D., Litchfield, J. B., & Sinclair, J. B. (1989). Computer image analyses for detection of maize and soybean kernel quality factors. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 43, 93-101.

Tanabata, T., Shibaya, T., Hori, K., Ebana, K., & Yano, M. (2012). SmartGrain: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis. *Plant physiology*, 160(4), 1871-1880.

Wu, A., Zhu, J., Yang, Y., Liu, X., Wang, X., Wang, L., & Chen, J. (2018). Classification of corn kernels grades using image analysis and support vector machine. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(12), 1687814018817642

Poster Presentation / Poster Sunum

ORCID ID:

## **Hydroweave Teknolojili Havlu Kumaşından Evcil Hayvan Halı Tasarımları**

**Araştırmacı İrem Levent<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Bursalı Grubu

### **Özet**

Günümüz teknolojisinde tekstil sektöründe bir çok çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmalar endüstride etkisini göstermektedir. Diğer üretim sektörlerinde olduğu gibi tekstilde de ileri teknoloji desteği ile çok işlevli ve akıllı tekstiller ön plana çıkmaya başlamıştır. Akıllı tekstiller, herhangi bir etki veya etki değişimini algılama özelliğine sahip tekstil ürünleridir. Akıllı ürünlerin gelişimi gözlemlendiğinde uzun süreli, yüksek performans ve maliyet anlamında büyük rakamlardan oluşmasından kaynaklı öncelikle askeri, tıbbi ve uzay çalışmalarında ilgi görmüştür. Geliştiren akıllı tekstillerin çözümleri sağlık ve güvenlik alanının dışında son zamanlarda gündelik hayatımızda, görsel ve estetik etkilerini de sektörde göstermektedir.

Akıllı tekstillerden olan hydroweave teknolojisi, içerisine absorbe ettiği suyu buharlaştırarak kullanıcıya serinlik özelliği sunan bir kumaştır. Sıcak alanlarda termal izolasyon sağlayarak kişinin vücut ısısını koruma özelliğine sahiptir. Hydroweave® teknolojisi kullanılarak elde edilmiş giysinin giyilmesiyle vücut sıcaklığı 2 derece kadar azalmakta ve çalışanın randımanını artırarak, çalışma zamanını %16'ya kadar daha uzatmaktadır. Projede hydroweave teknolojisini pamuk karışımı kullanarak doğal iplikle zenginleştirilmek hedeflenmiştir. Pamuk karışımının kullanılmasıyla oluşturulacak hav yapısı hayvanlara daha yumuşak alanların oluşmasını sağlayacaktır. Havlı yapısı sayesinde içine absorbe ettiği suyun buharlaşma miktarını artırarak kullanım süresinin uzatacaktır. Buharlaşmanın getirdiği serinletme ve hayvan dostlarımızın alanlarının eksikliği ile sıcak havalarda bunaldıklarında rahat edebilmeleri için halı tasarım ürünleri oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hydroweave, Havlu, Tasarım

### **PROJE KAPSAMINDA**

Günümüz tekstil pazarında, giyilebilir, vücudu serinleten birden fazla sistem mevcuttur fakat bu alanda hayvanlar için geliştirilmiş serinletici alanlar bulunmamaktadır. Bu ihtiyacı göz önünde bulundurarak firmamızda hydroweave teknolojisiyle, yaz aylarında sıcaktan bunalan evcil hayvanlar için halı tasarımlarının yapılması hedeflenmiştir. Gerçekleştirilmek istenen tasarımda yapılan araştırmalara göre muadil ürün olmaması ve havlı yapının kullanılmasıyla daha yumuşak bir yüzey yapısı beraberinde içine absorbe ettiği su miktarının artışı ile kullanıcıya daha uzun süreli serinlik sağlamaktadır. Hayvanlar açısından aşırı sıcaklar, sıcak çarpması ve kalp durması gibi ölümcül sonuçlara yol açılabilecek önemli bir konudur. Evcil hayvanların aşırı sıcak havalara maruz kaldıklarında hissettikleri olumsuz duruma karşı çözüm odaklı bir yaklaşım ile proje süreci başlamıştır. Bu projede hydroweave teknolojisi ile 3 katmanlı havlı yapıya sahip halı formunda

tasarımlar ortaya çıkararak evcil hayvanlarımızın sıcağın bunaldığı dönemlerde serinlemesi öngörülmüştür.



## SONUÇLAR

Akıllı tekstil malzemelerine askeri, tıbbi ve uzay çalışmalarıyla adım atılmasıyla, gelişen akıllı teknoloji çözümleri gündelik hayatlarımıza etki etmeye başlamıştır. Hydroweave, içerisine hapsediği suyu buharlaştırarak giyen kişiyi serin tutabilen, yüksek performanslı bir kumaş yapısına sahiptir. Yapılan projede giysi dışına çıkılarak hayvanlar için özel tasarımlar oluşturulması istenmiştir. Oluşturulan tasarımlarda kullanılan fonksiyonel iplikler ile pamuk karışımının kullanımı projenin temel taşlarını oluşturmuştur. Yüzeyin 3 boyutlu yapıya sahip hav bukleleri ile tasarlanması, evcil hayvanlar için yumuşak bir konfor alanı sunacaktır. Proje sonucunda çıkan ürünler sıcak havalarda, hayvan dostlarımızın vücut ısısını absorbe eder ve dengede tutar. Absorbe edilen ısıyı, bulunan bölgedeki hava sıcaklığına bağlı olarak , 5-6 saat boyunca (aşırı sıcak bölgelerde 2-3 saat) muhafaza eder. Aşırı serinlik hissiyatı sunmadığı için vücut dengesi sabit tutularak kullanıcının hasta olmasının önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Projemiz kendi oyun alanında keyifli, yumuşak ve serin vakit geçirmek isteyen hayvan dostlarımızı düşünerek tasarlanmıştır.

## KAYNAKLAR:

- [1] Meriç, D. (2019). Akıllı tekstillerin ürün tasarımında kullanım olanakları ve moda tasarımına yönelik uygulamalar (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- [2] İşmal, Ö. E., & Yüksel, E. (2016). Tekstil ve moda tasarımına teknolojik bir yaklaşım: akıllı ve renk değiştiren tekstiller. Yedi, (16), 87-98.

Presentation ID / Sunum No: 62

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0545-3733

## H13 Sürtünme Karıştırma Kaynak Takımı Üretimini Araştırılması

Araştırmacı Mehmet Fatih Demirdöğen<sup>1</sup>, Doç. Dr. Süleyman Kılıç<sup>2</sup>,  
Prof. Dr. Fahrettin Öztürk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Temsan Makina Tekstil San. ve Tic. A. Ş.

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

<sup>3</sup>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

\*Corresponding author: Mehmet Fatih Demirdöğen

### Özet

Kaynak en önemli metal birleştirme yöntemlerinden birisidir. Birçok farklı çelik malzemeler başarılı bir şekilde kaynatılabilmekte iken hafif metallerin kaynağında, birleşme bölgelerinde mukavemet düşüşleri görülmektedir. Sürtünme kaynağı bu tür problemleri çözmek için geliştirilmiş bir kaynak türüdür. Dışarıdan elektrik, ışık, ısı gibi enerji türleri uygulanmadan, sadece bir takım ile temas ettiği metalin sürtünmesi sonucu ortaya çıkan ısı enerjisiyle kaynak işlemi gerçekleştirilmektedir. Sürtünme bölgesinde oluşan ısı etkisiyle metal yumuşayarak, takımın karıştırma kabiliyeti sonucu kaynak bölgesinde ergime sıcaklığına ulaşmadan diğer metalle birleşmektedir. Ortaya çıkan ısının büyüklüğü; sürtünme miktarı, sürtünme yüzey büyüklüğü ve ortamın termal durumuna bağlı olarak değişmektedir. Isının ortaya çıkmasının yanı sıra bu ısının kaynak bölgesinden ve takımdan uzaklaştırılması, takımın aşırı ısınmasının önüne geçilmesi de oldukça önemlidir. Bu yüzden takım malzemesi ve takım geometrisi sürtünme karıştırma kaynak prosesi içerisinde büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında, sürtünme karıştırma kaynağı H13 takım üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Sıcak iş takım çeliğinden beklenen sertlik değerleri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürtünme Karıştırma Kaynağı, Sürtünme Kaynağı, Sürtünme Karıştırma Kaynak Takımı, Kaynak Takımı

### Investigation Into Manufacturing Of H13 Friction Stir Welding Tool

#### Abstract:

Welding is one of the most important metal joining methods. While many different steel materials can be successfully welded, strength decreases are observed in the joint areas in the welding of light metals. Friction welding is a type of welding developed to solve such problems. Welding is carried out with the heat energy that comes out as a result of the friction of the metal in contact with a tool, without applying energy types such as electricity, light, heat from the outside. The metal softens with the effect of heat generated in the friction zone, and as a result of the mixing ability of the tool, it combines with the other metal before reaching the melting temperature in the weld zone. The magnitude of the heat released; The amount of friction varies depending on

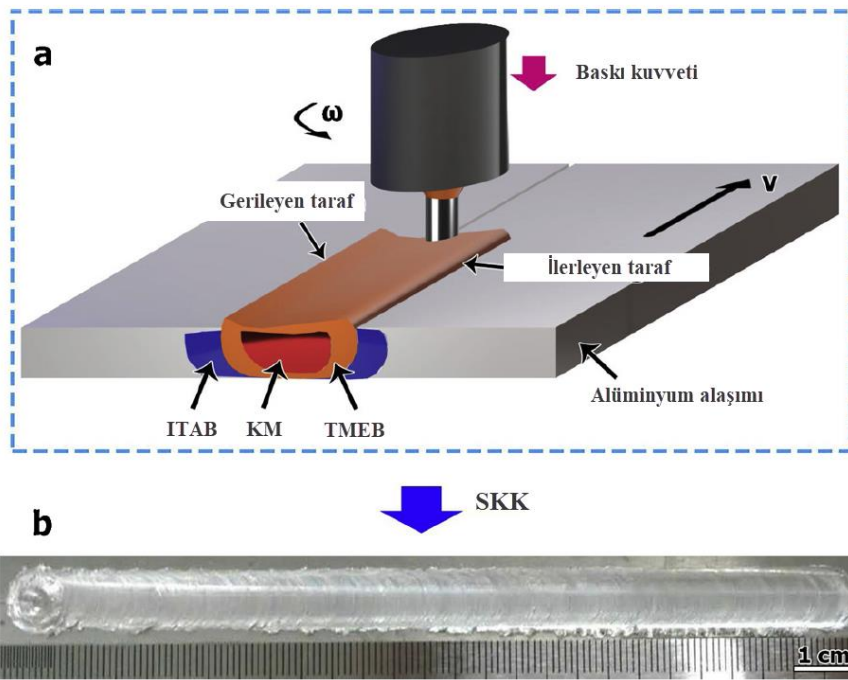
the friction surface size and the thermal state of the environment. In addition to the emergence of heat, it is also very important to remove this heat from the welding area and the tool, and to prevent the tool from overheating. Therefore, tool material and tool geometry are of great importance in the friction stir welding process.

Within the scope of this study, friction stir welding H13 tool production was successfully carried out. Hardness values expected from hot work tool steel were obtained.

**Keywords:** Friction stir welding, Stir welding, Friction stir welding tool, Welding tool

## 1. Sürtünme Karıştırma Kaynağı

Sürtünme karıştırma kaynağı, metallerin birleştirilmesinde son yıllarda kullanılan en önemli birleştirme yöntemlerinden birisidir. Sürtünme karıştırma kaynağı hafif metallerin kaynağında olduğu gibi magnezyum alaşımlarının kaynağında da büyük avantaj sağlamaktadır (Bilgin, Karabulut, & Özdemir, 2017). Havacılık sektörü başta olmak üzere otomotiv, gemi, demiryolu taşıtları, deniz taşıtları gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Son yıllarda sürtünme karıştırma kaynağı ile ilişki yeni teknolojiler dünya çapında hızla gelişmektedir (Singh, Singh, & Singh, 2018). Katı hal metal birleştirme yöntemi olan bu kaynak türünde verimli kaynak dikişleri oluşturulur. Az enerji tüketimi, doğaya zararlı gaz salınımı olmamasından dolayı çevre dostu bir yöntemdir. İki malzemeyi kaynak etmek için sarf malzemesi olmayan bir döner takımın malzemeye sürtünmesi ve ortaya çıkardığı ısı enerjisi ile malzemeyi yumuşatıp karıştırma etkisi ile iki malzemeyi birleştirmektedir. Takım dönüş hızı, ilerleme hızı, eksenel kuvvet, takım geometrisi ve oluşan kusurlar kaynak kalitesine etki etmektedir (Kumar Rajak, Pagar, Menezes, & Eyvazian, 2020). Şekil 1'de sürtünme karıştırma kaynak şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1: a) Karıştırma kaynak prosesi b) Kaynak eklemi görüntüsü (Kumar Rajak et al., 2020).

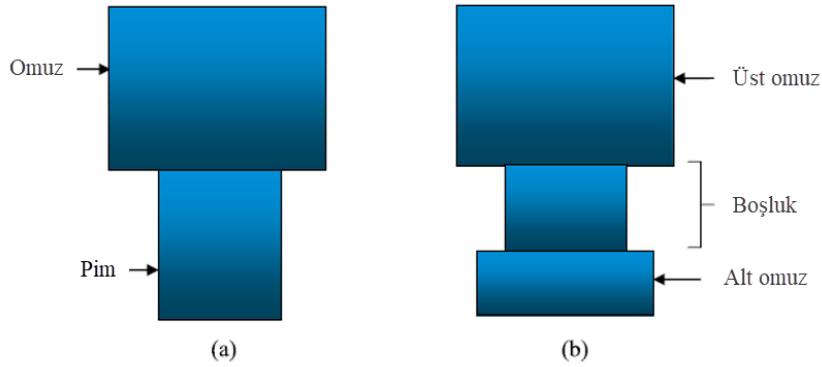
## 2. Takım Özellikleri

Sürtünme karıştırma takımı, kaynak işleminin verimli olabilmesi için prosesin isterlerine cevap vermelidir. Kaynak bölgesinde sıcaklığın yüksek olması sebebiyle takım mukavemetini

korunmalıdır. Takımın parçaya dalması ve ilerlemesi esnasında takıma direnç olarak karşı koyan aksel ve yanall yüklerle karşı dayanım göstermelidir. Takımın kırılmaması, plastik deformatsyona uğramaması için tokluğunun yüksek olması önemli bir etkidir. Sürtünme karıştırma prosesi içerisinde oluşan sıcaklık altında malzemenin sertlik, tokluk gibi özelliklerini kaybetmemesi gerekir. Ayrıca kaynak bölgesinde oluşan sıcaklığı üzerinden ortama atabilmesi, taşıdığı ısıyı kaynak yapılan makine ekipmana fazla iletmeden, ısıyı taşınım yoluyla ortama transfer etme kabiliyeti de önemlidir.

### 3. Takım Geometrisi

Sürtünme karıştırma kaynağı takımını genel itibarı ile omuz ve pimden oluşmaktadır. Şekil 2’de görüldüğü üzere iki farklı takım kullanılabilir. Şeklin solunda yer alan konvansiyonel takım ince parçaların kaynatılmasında kullanılırken, sağ tarafta yer alan takım ile kalın malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır. Tek omuz ve tek pimli takımlar, pim dalma derinliği ve tek omuzun sürtünme ile çıkardığı ısı enerjisinin yeterli olduğu durumlarda tercih edilir. Malzeme kalınlığı arttıkça ısı nüfuziyeti için daha fazla enerji gerektiğinden tek pim çift omuzlu bobin takım tercih edilmektedir. Bobin takımında kalınlığa bağlı olarak uzayan pim sayesinde karıştırma da verimli şekilde gerçekleşmiş olmaktadır (Fuse & Badheka, 2019).



Şekil 2: a) Konvansiyonel takım, b) Bobin takımını (Fuse & Badheka, 2019)

Kumar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar sonucunda pim geometrisi ile pimin malzeme karıştırma kabiliyeti arasında doğrudan bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kumar Rajak et al., 2020). Unfried ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda ise takım omuz geometrisinin mikro yapı ve mekanik özelliklere etkisi olduğu tespit edilmiştir (Unfried-Silgado, Torres-Ardila, Carrasco-García, & Rodríguez-Fernández, 2017).

### 4. Takım malzemesi seçimi

Takım malzemesi seçiminde; takımın çalışma sıcaklığı, takıma gelecek kuvvetler, takım aşınması gibi parametreler dikkate alınmalıdır. Sürtünme sonucu ortaya çıkan yüksek ısı, takımın malzemeye dalması sırasında üzerine etki eden aksel yük, kaynak sırasında ilerleme sonucu malzemenin göstereceği dirençle gelen yanall yükler dikkate alınarak sıcak iş takım çeliği olan DIN 1.2344 / AISI H13 sıcak iş takım çeliği seçilmiştir. Takıma ait kimyasal bileşim Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: DIN 1.2344 / AISI H13 sıcak iş takım çeliği kimyasal bileşimi (<https://www.doerrenberg.de/>)

Karbon	Krom	Molibden	Vanadyum
C	Cr	Mo	V
0,40	5,30	1,40	1,00

DIN 1.2344 çelik, yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerini ve dolayısıyla aşınma dayanımını yitirmeyen sıcak iş çeliğidir. Çok iyi bir ısıl kararlılığa ve tokluğa sahiptir. Sıcak şekillendirme kalıpları başta olmak üzere ekstrüzyon takımları, dövme kalıpları, alüminyum enjeksiyon kalıpları, sıcak kesme kalıpları ve plastik kalıpları gibi imalat araçlarında kullanılır. Darbe dayanımı yüksek olduğu için gerekli durumlarda kalın sac kesme kalıplarında da kullanılmaktadır (<https://www.doerrenberg.de/>).

Takım malzemesi olarak, sertlik alabilme ve ısıl işlem uygulanabilme gibi özelliklerinden dolayı AISI 4340 / DIN 1.6580 ıslah çeliği de kullanılmaktadır (Dimopoulos, Vairis, Vidakis, & Petousis, 2021).

## 5. Takım imalatı

Takım imalatı için gerekli malzeme ithalat yoluyla Almanya'da faaliyet gösteren Dörrenberg Edelsehl firmasından temin edilmiştir. Mil halinde alınan malzeme imalat için şerit testere ile kesilmiştir. Torna tezgahında alın tornalama ile istenen boy ve yüzey temizleme yapıldıktan sonra Şekil 3'te görülen WNMG elmas uç yardımıyla tormalanmıştır.



Şekil 3: Tormalama işleminde kullanılan elmas uç

Şekil 4'te malzemenin ısıtılma işlemi öncesi elde edilen sertlik değeri verilmiştir (14,8 HRC).



Şekil 4: Isıtılma işlemi öncesi ölçülen sertlik değeri

Tornalama işlemi biten malzemenin, sürtünme karıştırma kaynağında kullanılmadan önce yeterli sertliğe getirilebilmesi için sertleştirme işlemi uygulanmıştır. İşlem sonrası takımların görseli Şekil 5'te yer almaktadır. Uygulanan ısıtılma işlemleri ve süreleri aşağıdaki gibidir:

- 850 °C tuz banyosunda 90 saniye ısıtılarak yumuşatma işlemi yapılmıştır.
- 1050 °C tuz banyosunda 90 saniye ısıtılarak östenitleştirme sıcaklığına çıkarılmıştır.
- 550 °C tuz banyosunda soğutulularak sertleştirme işlemi yapılmıştır.
- 480 °C tuz banyosunda 1,5 saat menevişleme işlemi yapılmıştır.
- 460 °C tuz banyosunda 1 saat menevişleme son işlem olarak uygulanmıştır.



Şekil 5: Sertleştirme işlemi sonrası takım görüntüsü

Takım sertleştirme işlemi sonrası Şekil 6’da yer alan görselde ölçülen sertlik değeri 55 HRC’dir.



Şekil 6: Isıl işlem sonrası sertlik ölçümü

## 6. Dikkat edilmesi gereken noktalar

- Sürtünme karıştırma kaynağında kullanılacak olan takım ve işlem parametreleri çok önemlidir. Uygun takım geometrisi ve kaynak parametreleri seçilmediği takdirde kaynak kusurları oluşarak, verimli birleşmeler sağlanamaz (Safeen & Russo Spena, 2019).
- Takım dönüş hızının artması nedeniyle takımın omuz ve pim bölgesinde de sürtünme artarak ortaya daha fazla ısı açığa çıkmaktadır (Lambiase, Paoletti, & Di Ilio, 2018). Bu yüzden kaynak için gerekli ısı öngörülerek takım tasarımı buna göre yapılmalıdır.
- Takımın malzemeye dalması esnasında uygulanan kuvvet olan eksenel kuvvetin artması, sıcaklığı arttırdığı görülmüştür. Buna sebep olarak omuz ve malzeme yüzeyleri arasında kuvvet etkisi ile sürtünmenin artması görülmektedir. (Nie, Wu, & Gong, 2020)
- Takım malzemesi olarak termal şok ve aşınma direnci yüksek, ısı tesiri altında tokluğa sahip ve yüksek ısıl iletkenlik özelliği olan malzeme seçilmelidir (Keskin, 2019).
- Aynı dönme ve kaynak ilerleme hızlarında, konik dişli ve konik takımlarla yapılan kaynaklarda dişli takımın sürtünme yüzeyi daha fazla olduğu için daha fazla sıcaklık ortaya çıkardığı tespit edilmiştir (El-Sayed, Shash, & Abd-Rabou, 2018)

## 7. Sonuçlar

Sürtünme karıştırma kaynağı ve kaynak işleminde kullanılan takımla ilgili yapılan literatür taramaları sonucu elde edilen bilgiler ışığında gerçekleştirilen imalatta istenen sonuçlar elde edilmiştir. Sürtünme karıştırma kaynak takımı imalatı başarıyla sonuçlanmış olup, sıcak iş takım çeliğinden beklenen sertlik değerleri alınmıştır.

Kaynak prosesi tasarlanırken, kaynak edilecek malzeme, kaynak dikişi mukavemeti ve kaynak hızı göz önünde bulundurularak sürtünme karıştırma kaynak takımı seçimi yapılmalıdır. Kaynak takımı yeterli ısıyı ortaya çıkarmalı, karıştırma işlemini sağlamalı, kaynak bölgesinde oluşan ısıya

karşı dirençli olmanın yanında ısı altında iken mekanik özelliklerini koruyabilmelidir. Kaynak takım malzemesi veya geometrisi uygun seçilmediğinde kaynak bölgesinde çeşitli kaynak kusurları oluşması nedeniyle kaynak dikişinin mukavemeti azalacaktır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: MMF.A4.22.008 (This work was supported by Ahi Evran University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: MMF.A4.22.008)



## KAYNAKÇA

- Bilgin, M., Karabulut, Ş., & Özdemir, A. (2017). Alüminyum Magnezyum Alaşımlarının Sürtünme Karıştırma Kaynağı İle Kaynak Edilebilirliğinin Değerlendirilmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 5(2), 191-209.
- Dimopoulos, A., Vairis, A., Vidakis, N., & Petousis, M. (2021). On the Friction Stir Welding of Al 7075 Thin Sheets. *Metals*, 11(1), 57.
- El-Sayed, M., Shash, A., & Abd-Rabou, M. (2018). Finite element modeling of aluminum alloy AA5083-O friction stir welding process. *Journal of Materials Processing Technology*, 252, 13-24.
- Fuse, K., & Badheka, V. (2019). Bobbin tool friction stir welding: a review. *Science and Technology of Welding and Joining*, 24(4), 277-304.
- <https://www.doerrenberg.de/>. Retrieved from <https://www.doerrenberg.de/en/special-steels-en/>
- Keskin, E. Y. (2019). Investigation of weld quality for friction stir welding of extruded 6000 series aluminum alloys. *Master Thesis*.
- Kumar Rajak, D., Pagar, D. D., Menezes, P. L., & Eyvazian, A. (2020). Friction-based welding processes: friction welding and friction stir welding. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 34(24), 2613-2637.
- Lambiase, F., Paoletti, A., & Di Ilio, A. (2018). Forces and temperature variation during friction stir welding of aluminum alloy AA6082-T6. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99(1), 337-346.
- Nie, L., Wu, Y., & Gong, H. (2020). Prediction of temperature and residual stress distributions in friction stir welding of aluminum alloy. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106(7), 3301-3310.
- Safeen, M. W., & Russo Spena, P. (2019). Main issues in quality of friction stir welding joints of aluminum alloy and steel sheets. *Metals*, 9(5), 610.
- Singh, K., Singh, G., & Singh, H. (2018). Review on friction stir welding of magnesium alloys. *Journal of magnesium and alloys*, 6(4), 399-416.
- Unfried-Silgado, J., Torres-Ardila, A., Carrasco-García, J. C., & Rodríguez-Fernández, J. (2017). Effects of shoulder geometry of tool on microstructure and mechanical properties of friction stir welded joints of AA1100 aluminum alloy. *Dyna*, 84(200), 202-208.

**Presentation ID / Sunum No: 63**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-0722-5988

## **Dc Ark Arızasının Farklı Yöntemler ile Algılanması**

**Araştırmacı Kerim Kaya<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A. Ş.*

\*Corresponding author: Kerim Kaya

### **Özet**

*DC elektrik arki günümüz yenilenebilir enerji teknolojilerinin artması ile birlikte şebeke ve mikro ölçekte çok sık yaşanmaya başlanmıştır. Burada yaşanan arızanın çeşitli modellemeleri yapılarak arızalı-arızasız durum kıyaslama ve arızalı durumda oluşan arkın noktasal tespiti üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmamız gerçek deneysel verilere dayandırılmış olup özellikle arıza durumunda birden fazla yöntem kıyaslaması yapılmıştır. Hat üzerinde gerçekleşen arızalı ve arızasız durumlarda hat direnci; kısa pencere algoritması, uzun pencere algoritması, gerçel R, ohm yasası, hızlı fourier dönüşümü ve dalgacık dönüşümüne göre değişimleri gözlemlenmiştir. Çeşitli yöntemler ile hat direnç değişimi incelenmiş ve ark noktasının tespiti üzerindeki etkileri taranmıştır. Bu çalışmada kullanılan algoritma ile arızalı-arızasız durum kıyaslama ve çeşitli yöntemsel kıyaslamalar ile ark noktası ayırt edilebilmektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Seri ark, Paralel Ark, DA, DD, DA Ark, HFD*

### ***Detecting Dc Arc Fault With Different Methods***

### **Abstract**

*The DC electric arc has started to be experienced very frequently on the grid and micro scale with the increase of today's renewable energy technologies. Various modeling of the fault experienced here is carried out and studies are carried out on the comparison of the defective-non-defective condition and the point detection of the arc formed in the defective condition. This study is based on real experimental data and more than one method has been compared, especially in case of failure. Line resistance in defective and non-defective situations that occur on the line; the short window algorithm, the long window algorithm, the real R, Ohm's law, the fast Fourier transform, and the changes according to the wavelet transform were observed. The line resistance change was examined by various methods and the effects on the detection of the arc point were examined. With the algorithm used in this study, defective-non-defective state comparison and various methodological comparisons can be distinguished from the arc point.*

**Keywords:** *Series arc, Parallel Arc, DA, DT, DC arc, FFT*

## **1.GİRİŞ**

Yenilenebilir enerji kaynaklarının artması ile birlikte Doğru Akım (DA) donanımlarına ilgi artış göstermiştir. Özellikle DA ve Alternatif Akım (AA) şebekeler arasındaki farklar kıyaslandığında DA şebeke özellikleri ön plana çıkmıştır. Burada DA şebekelerin özellikle sıklığın sıfır olması,

iletkendeki deri etkisinin olmaması gibi nedenlerden dolayı daha yüksek iletken verimliliği ve yüksek güç taşınmasını sağlamaktadır. Ayrıca DA şebeke bileşenleri AA şebeke bileşenlerine göre oldukça az olmasından kaynaklı faz-sıklık uyumluluğu gerektirmemekte ve korona olayları yaşanmamaktadır.

Günümüze kadar, AA şebekeler ön planda olduğundan kaynaklı şebekelerde yaşanan arızalar çok ciddi hasarlara sebebiyet vermiştir. Özellikle yaşanan arızaların çoğu faz-toprak, faz-faz, iki faz-toprak ve üç faz arızalarıdır. AA elektrik şebekesinde oluşan arızalarda şebekeyi korumak amaçlı röle-kesici donanımı kullanılmaktadır. Röle-kesici donanımı ile arıza noktası yalıtılarak şebekede koruma sağlanmaktadır. AA şebekede meydana gelen arızaların neden olduğu hasarlar dışında DA şebekede oluşan arızalara pek önem verilmemiştir. Ancak 2000 yılından itibaren gelişen DA donanımlar ile birlikte yenilenebilir enerji santralleri kurulmuştur. Bunun yanı sıra gemi, uçak ve otomotiv sektöründe de DA donanımların kullanımı artmıştır. DA donanımların artmasıyla birlikte DA tertibatlar da meydana gelen arızalarda artış göstermiştir. Oluşan bu arızaları gidermek için DA şebekelerde yapılan araştırmalar ve incelemeler hız kazanmıştır. 2010 yılında ABD Ulusal Elektrik Kodu, 80V ve üzeri yüksek gerilime sahip GES gibi yenilenebilir enerji santrallerinde AADK bulundurma zorunluluğu getirmiştir (Xiong et al., 2018).

Bu çalışmada DA ark arızalarını ayırt etmede kullanılan sistem direnç değerinin farklı yöntemler kullanılarak değişimleri incelenmiştir. Bu değişim gözlemlenerek en iyi uygun metot seçilmiştir. DA kaynak gerilimi, iletken ve yük kullanılarak oluşturulan deney düzeneğinde mikrodenetleyicili adım motoru ile DA ark oluşturulmuştur. Önerilen yöntem, ark arızalarını hat üzerindeki konumlarına göre ayırt etmede etkilidir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Diferansiyel Eşitlik Algoritması (DEA)

Çevrim içi parametre kestirim yöntemlerinden biri olan DEA, hattaki arıza durumlarında hat direncini ve endüktansını hesaplamak için önerilmektedir. Bu teknik bir yük empedansı ile sonlandırılan Pi, T veya L hat modellerine dayanmaktadır. Ayrıca harmonik yükler altında çok daha etkilidir ve akım-gerilim dalgalarına bağlı değildir (Yildiz, Karagol, Nokta, & Euler, 2015)(Lian, Salama& Chikhani,1998).

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{2}(i_{m+1} + i_m) & ((i_{m+1} - i_m)) \\ \frac{\Delta t}{2}((i_{m+2} + i_{m+1})) & (i_{m+2} - i_{m+1}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{2}(v_{m+1} + v_m) \\ \frac{\Delta t}{2}(v_{m+2} + v_{m+1}) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{2}(i_{m+1} + i_m) & (i_{m+1} - i_m) \\ \frac{\Delta t}{2}(i_{m+2} + i_{m+1}) & (i_{m+2} - i_{m-1}) \\ \frac{\Delta t}{2}(i_{m+3} + i_{m+2}) & (i_{m+3} - i_{m-2}) \\ \frac{\Delta t}{2}(i_{m+4} + i_{m+3}) & (i_{m+4} - i_{m-3}) \\ \frac{\Delta t}{2}(i_{m+5} + i_{m+4}) & (i_{m+5} - i_{m-4}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{2}(v_{m+1} + v_m) \\ \frac{\Delta t}{2}(v_{m+2} + v_{m+1}) \\ \frac{\Delta t}{2}(v_{m+3} + v_{m+2}) \\ \frac{\Delta t}{2}(v_{m+4} + v_{m+3}) \\ \frac{\Delta t}{2}(v_{m+5} + v_{m+4}) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

## 2.2. Sürekli Zamanlı Fourier Dönüşümü

FD’de iki farklı dönüşüm yöntemi vardır. Sürekli ve ayrık dönüşüm olarak adlandırılır. Bu dönüşümler bir nesneyi dikgen iki uzay arasında eşlemektedir. SZFD aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir:

$$F(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-ikx} dx \quad (2.3)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} F(k)e^{-ikx} dk \quad (2.4)$$

## 2.3. Ayrık Zamanlı Fourier Dönüşümü

Bir sinyal içerisindeki ayrık zaman işaretinin AZFD aldığı zamanda aşağıdaki eşitlik ortaya çıkar:

$$X(e^{j\Omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\Omega n} \quad (2.5)$$

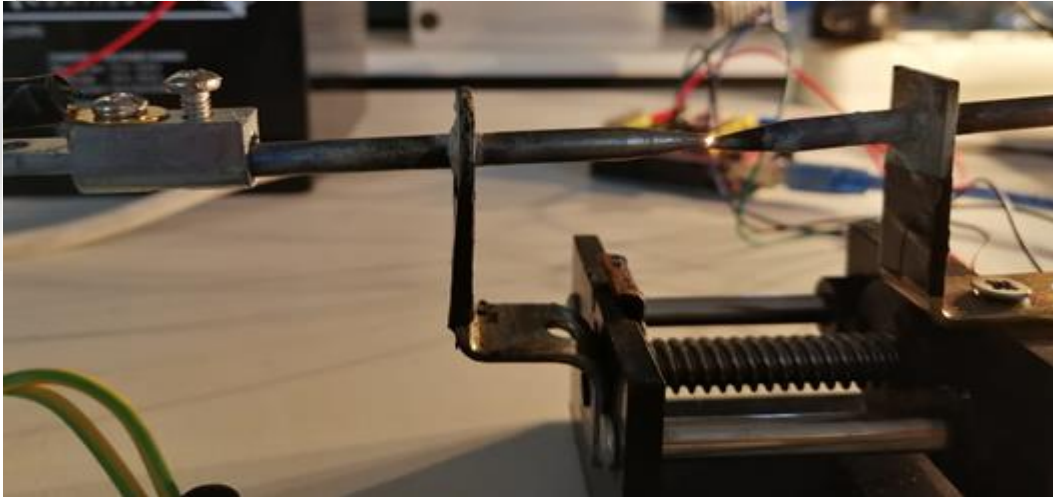
## 2.4. Dalgacık Dönüşümleri

SDD ile zamana göre sıklığı değişen sinyallerin analizi yapılabilmektedir. Burada amaç değişken zaman aralığı bütün sinyal diliminde kısa ve uzun aralıklarla hareket ettirilir ve faz çeşitliliği araştırılır.

$$SDD(s, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\phi_{s,\tau}^*(t) dt \quad (2.6)$$

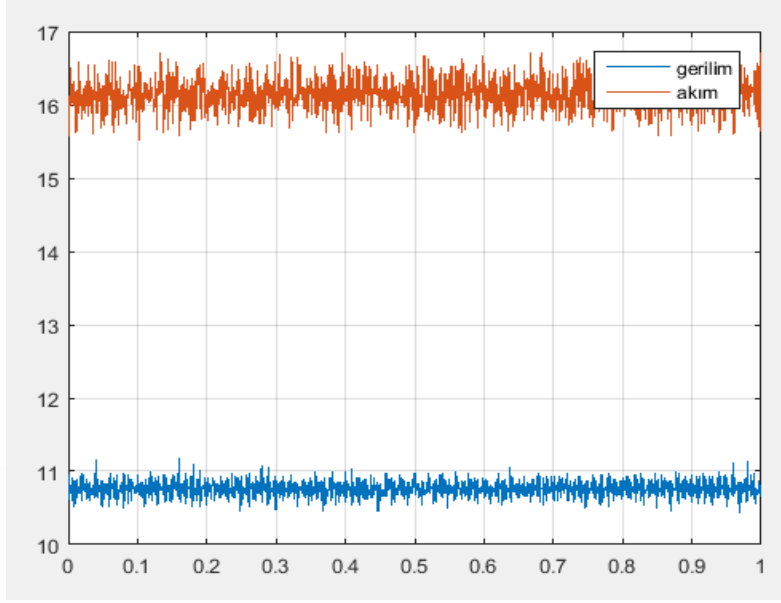
## 3.BULGULAR

Düzenek ile birlikte arıza ve arızasız durum kıyaslama yapılmıştır.



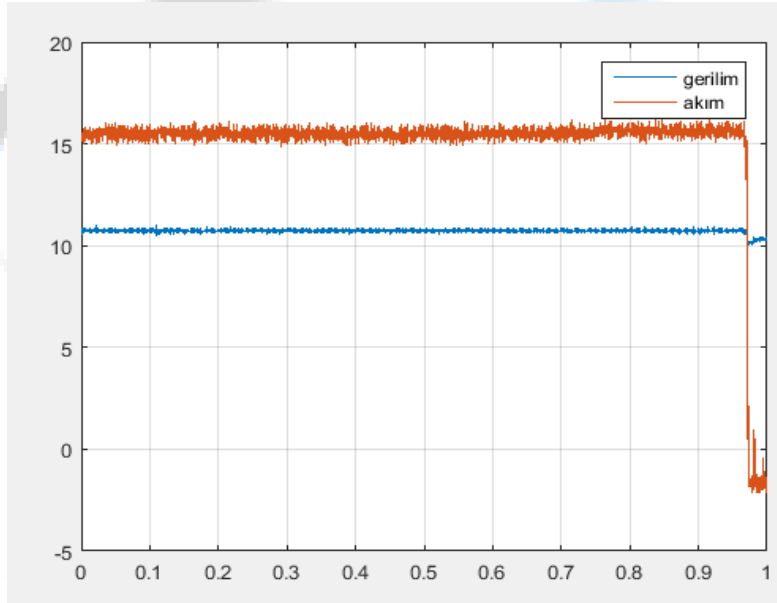
*Şekil 3.1. Deney Düzeneği*

### 3.1. Hat üzerinde arıza bulunmadığı zaman Akım-Gerilim Eğrisi



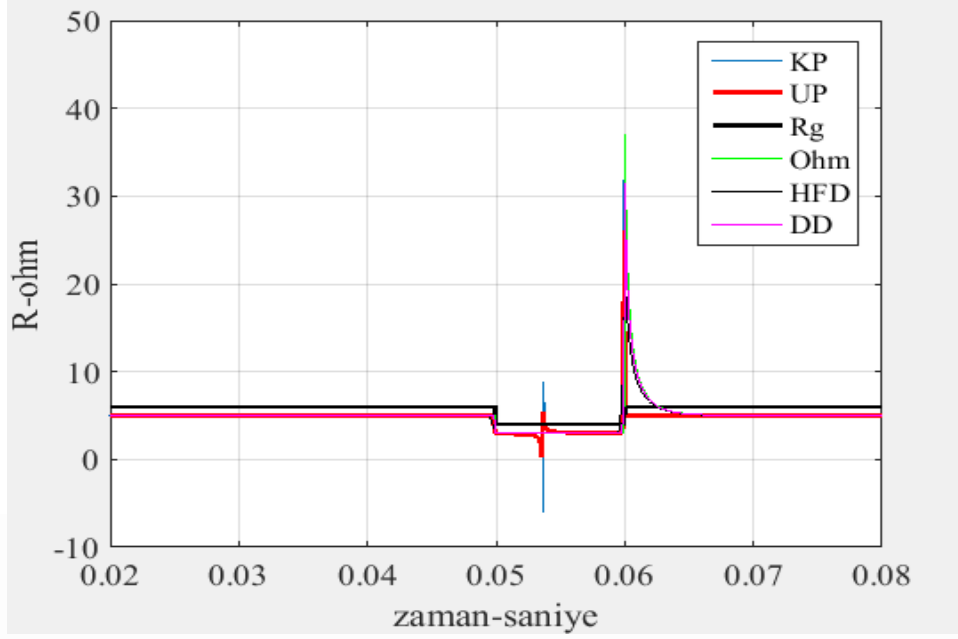
Şekil 3.2. V-I Grafiği

### 3.2. Hat üzerinde arıza bulunduğu zaman Akım-Gerilim Eğrisi



Şekil 3.3. V-I Grafiği

Hat üzerinde gerçekleşen arızalı ve arızasız durumlarda hattın direnç hesap yöntemleri olarak DEA içerisinde kullanılan kısa pencere algoritması, uzun pencere algoritması, gerçel R, ohm yasası, hızlı fourier dönüşümü (HFD) ve dalgacık dönüşümü (DD) kullanılmıştır. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi hat üzerinde arızasız ve arızalı durum için farklı yöntemler ile hesaplanan sistemsel direnç değişimleri DA ark arıza öncesi ve sonrası aynı görünüme sahiptir.



Şekil 3.4. Farklı yöntemler kullanılarak hesaplanan sistem dirençlerinin karşılaştırılması

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada DA-AA arızaları arasındaki temel farklar incelenmiş ve özellikle arıza noktasının tespit edilmesindeki temel zorluklar taranmıştır. Burada özellikle DA arızalarının arıza noktasının analizinde oldukça karmaşık ve belirlenmesinin zor olduğu görülmektedir. Temel yaklaşım parametreleri genel itibariyle şebekede meydana gelen direnç-endüktans değişimleri incelenmiştir. Özellikle direnç değişiminde meydana gelen zamansal kavramlar oldukça dikkat edilesi bir konu haline gelmiştir. DA şebekelerde oluşabilecek DA ark arızalarının ayırt edilebilmesi ve yerinin tespit edilebilmesi için kullanılan birden fazla kestirim yöntemlerin kıyaslaması yapılmış ve değişimleri gözlemlenmiştir. Özellikle şebeke direncindeki değişim parametresi ark arızasının belirlenmesinde oldukça önemli olup birçok kestirime göre değişimi incelenmiştir. Çıkan sonuçlar incelendiğinde kısa pencere algoritması, uzun pencere algoritması, gerçel R, ohm yasası, hızlı fourier dönüşümü ve dalgacık dönüşümü yöntemleri sonucunda direnç değişimlerinin oldukça birbirine yakın olduğu gözlemlenmiş ve kıyaslanmıştır.

#### KAYNAKÇA

Xiong, Q., Ji, S., Liu, X., Zhang, F., Zhu, L., Xiong, Q., ... Hebner, R. E. (2018). Detecting and localizing series arc fault in photovoltaic systems based on time and frequency characteristics of capacitor current. *Solar Energy*, 170(January), 788–799. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.06.004>

Yildiz, D., Karagol, S., Nokta, O., & Euler, İ. (2015). Çevrim İçi İletim Hattı Parametrelerinin ve Arıza Yerinin Hesaplanması Amacıyla Farklı Diferansiyel Eşitlik Algoritmalarının Kullanımı The Use of Different Differential Equation Algorithms to Calculate Online Transmission Line Parameters and Fault Locatio. *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/SIU.2015.7163175>

Bao Lian, M.M.A. Salama, A.Y. Chikhani, “A Time domain differential equation approach using distributed parameter line model for transmission line fault location algorithm”, *Electric Power System Research*, vol.46 , pp. 1-10, July 1998.

**Presentation ID / Sunum No: 64**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0001-5907-6964

## **Su Dağıtım Şebekesi Hidroliğinin Değişken Akım Algoritmasıyla Analizi**

**Arş. Gör. Mehmet Melih Koşucu<sup>1</sup>, Doç. Dr. Mehmet Cüneyd Demirel<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı*

### **Özet**

*EPANET, su dağıtım şebekelerinin hidrolik modellemesinde en yaygın kullanılan açık kaynaklı programlardan biridir. Bu program, kararlı akım ve genişletilmiş dönem simülasyonu yaklaşımlarıyla analiz yapmaktadır. Bu yaklaşımlar, şebekelerdeki akımların ortalama debi ve basınçlarını etkin bir şekilde hesaplayabilmektedir. Ancak EPANET'in mevcut versiyonlarında, su dağıtım şebekelerinde sıkıştırılamaz değişken akımların simüle edilebilme imkanı bulunmamaktadır. Halbuki vanaların açılma-kapanma hareketleri ile su tüketiminin hızlı bir şekilde değişmesi gibi olgular ancak değişken akım algoritmalarıyla modellenmektedir. Bu sebeple bu çalışmada, EPANET 3'ün hidrolik çözücü kapasitesi, su dağıtım şebekelerinde sıkıştırılamaz değişken akım hidroliğini modellemek için Rijit Su Sütunu Küresel Gradyan Algoritması (RWC-GGA) ile genişletilmiştir. EPANET 3 kaynak kodunda yapılan bu değişikliğin hidrolik açıdan anlamlı sonuçlar ürettiği, bir su dağıtım şebekesi üzerinde yapılan simülasyonla gösterilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Su Dağıtım Şebekeleri, Hidrolik Modelleme, Değişken Akımların Hidroliği*

***Analysis of Water Distribution Network Hydraulics with Unsteady Flow Algorithm***

### **Abstract**

*EPANET is one of the most widely used open source programs for the hydraulic modelling of water distribution networks. This program analyzes steady flows and extended period simulation. These approaches can effectively compute the average flow rates and pressures of flows in networks. However, in current versions of EPANET, it is impossible to simulate incompressible unsteady flows in water distribution networks. However, phenomena such as the opening-closing movements of the valves and the rapid change in water consumption can only be modelled with unsteady flow algorithms. Therefore, in this study, the hydraulic solver capacity of EPANET 3 is extended with the Rigid Water Column Global Gradient Algorithm (RWC-GGA) to model incompressible unsteady flow hydraulics in water distribution networks. A simulation has demonstrated on a water distribution network that this change in the EPANET 3 source code produces hydraulically meaningful results.*

**Keywords:** *Water Distribution Networks, Hydraulic Modelling, Unsteady Flow Hydraulics*

## 1. Giriş

Su dağıtım şebekesi hidroliğinin çözümü, EPANET yazılımında Küresel Gradyan Algoritması (Global Gradient Algorithm = GGA) ile sağlanır (Ormsbee, 2006). Bu algorithmada sistemin kütlesi ve enerjisi Newton tabanlı özyinelemeli bir şema ile korunur (Todini & Pilati, 1988). GGA yöntemi uygulanarak elde edilmiş olan denklemler, şebekedeki her bir boruda enerji dengesinin sağlanması üzerine kurulu olduğu için “Boru Denklemleri” olarak da adlandırılır (Boulos vd., 2006; Mays, 2000). Salgado-Castro (1988), çeşitli su dağıtım sistemi hidrolik analiz algoritmaları arasında en iyi yakınsama performansının ve en yüksek verimliliğin GGA'ya ait olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, EPANET geliştiricileri GGA'yı bir hidrolik çözücü algoritması olarak benimsemişlerdir (Mays, 2000). GGA, yinelemeli bir yaklaşıma dayalı olarak kararlı durum hidrolik denklemlerini çözer. Zamana bağlı koşullar altında, EPANET her zaman adımında ardışık kararlı durum denklemlerini çözer. Bu şekilde, Genişletilmiş Dönem Simülasyonu (Extended Period Simulation = EPS) analizi yürütülebilir. EPS analizi, kısa ve uzun vadeli kapasite belirleme, su dağıtım sistemlerinde optimizasyon ve su kalitesi ile ilgili araştırmalar için kullanılabilir (Nault, 2017). Orijinal GGA, son on yıldan beri mütemediyen geliştirilmektedir. Todini (2011), birbirlerine yakın mesafedeki tanklarda meydana gelen sahte salınım problemini çözmüştür, Avesani ve diğ. (2012) bu çözümü EPANET üzerinde uygulamıştır, ve Giustolisi ve diğ. (2012) bu yeniliklere PDA ile değişken alanlı tankların hidrolik analizini ekleyerek Genelleştirilmiş GGA'yı (Generalized GGA = G-GGA) literatüre kazandırmıştır.

Su dağıtım sistemlerinin hidroliğinin ve su kalitesinin modellenmesi, genelde münferit periyotlu kararlı analiz ve EPS analizi ile yapılmaktadır. Bununla birlikte, vana ayarlarındaki değişiklikler, pompanın kapanması/açılması ve tüketici talebi miktarındaki hızlı değişiklikler gibi su dağıtım sistemlerindeki kısa süreli hareketler, ne kararlı durum analiziyle ne de EPS analiziyle efektif bir şekilde modellenenmektedir. Bilhassa atalet ve sıkıştırılabilirlik etkilerinin var olduğu durumlarda değişken akım modellemesi gereklidir (Nault, 2017). Elastik Su Kolonu Modelleri (Elastic Water Column = EWC) – aynı zamanda su darbesi teorisi olarak da adlandırılır- bu iki olguyu (ataleti ve sıkıştırılabilirliği) dikkate alır (Boulos vd., 2006). Su darbesi teorisinin değişken akımları modellemedeki yüksek hassasiyetine rağmen (Sevuk, 1979), sıkıştırılabilirlik etkileri ihmal edilebilir seviyelerde olduğunda, sadece akım üzerindeki atalet etkilerini dikkate alan bir model tipi kullanılabilir (Jovic, 2013). Bu model tipi Rijit Su Sütunu (Rigid Water Column = RWC) olarak adlandırılır. RWC teorisine göre, bir akışkanın özgül ağırlığı sabittir ve sonuç olarak sütun ayrılması hadisesi gerçekleşmez (Watters, 1979). EWC modelleri, RWC modellerinden daha küçük zaman adımları gerektirir ve bu tür modeller için boruların mekansal ayrıştırılması gereklidir (Nault & Karney, 2016). Bu nedenle, sıkıştırılabilirlik ihmal edilebilir olduğunda, RWC teorisini kullanmak, EWC teorisinden hesaplama açısından daha verimli hale gelmektedir (Koşucu vd., 2022).

## 2. Rijit Su Sütunu Hidroliği

Kararlı durum hidrolik koşullarında, birbiriyle komşu olan iki düğüm noktası arasındaki yük farkı, aradaki yük kaybına eşit olmalıdır. Kararlı hal hidroliğinden olmayan ve fakat sıkıştırılamaz değişken akım (RWC) hidroliğinde bulunan bir terim vardır, bu terim atalet terimidir. Denklem (1) RWC hidroliğinin esas denklemdir:

$$H_u - H_d - F_j(Q_j) = \left( \frac{L_j}{gA_j} \right) \frac{\partial Q_j}{\partial t} \quad (1)$$

burada  $H_u$  ve  $H_d$  menba ve mansaptaki düğüm noktalarının piyezometre yükleridir (m);  $F_j(*)$ , j no'lu linkteki yük kaybını veren fonksiyondur (m);  $Q_j$  j no'lu linkin debisidir ( $m^3/s$ );  $L_j$  j no'lu

linkin uzunluğudur (m);  $g$  yerçekimi ivmesidir ( $m/s^2$ ),  $A_j$  j no'lu linkin enkesit alanıdır;  $t$  zamandır (s). Eşitliğin sağ tarafında yer alan terim değişkenliği ortaya çıkaran terimdir ve daha önce belirtildiği gibi atalet terimi olarak adlandırılır. Bu terim, kararlı hal hidroliginde sıfıra eşittir ve RWC denkleminde ivme büyüklüğünü de temsil etmektedir.

### Rijit Su Sütunu Küresel Gradyan Algoritması Denklemleri

Kütlenin korunumu prensibini ve denklem (1)'i dikkate alarak bütün su dağıtım şebekesi için genel bir matris eşitliği yazılabilir. Bu eşitlik şu şekilde gösterilebilir:

$$(2) \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{\kappa \Delta t} L_I + A_{11} & -A_{12} \\ -A_{21} & -A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_j^{t+1} \\ H_i^{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{10} H_0 + r^t \\ b_{tank}^t \end{bmatrix}$$

$$A_{22} = q_1(*) + \frac{1}{\theta \Delta t} S_{tank}^{t+1}, \quad b_{tank}^t = \left( \frac{1-\theta}{\theta} \right) (A_{21} Q_i^t + q_1^t) - \frac{1}{\theta \Delta t} S_{tank}^t H_1^t$$

$$r^t = \frac{1}{\kappa \Delta t} L_I Q_i^t - \left( \frac{1-\kappa}{\kappa} \right) (A_{11} Q_i^t - A_{10} H_0^t - A_{12} H_1^t)$$

burada  $A_{11}$  köşegen matrisi ( $s/m^2$ );  $L_I$  her bir terimi " $L_j / g A_j$ " olan köşegen atalet matrisi ( $s^2/m^2$ );  $A_{12} = A_{21}^T$  linkler ve piyezometre yükü bilinmeyen düğüm noktaları (tanklar ve bağlantı noktaları) arasındaki bağlantılılığı tanımlayan insidans matrisi,  $A_{10}$  linkler ve piyezometre yükü bilinen düğüm noktaları (rezervuarlar) arasındaki bağlantılılığı tanımlayan insidans matrisi;  $A_{22}$  basınca bağlı terimi ve tankların su talebini içeren köşegen matris;  $H_i^{t+1}$  bağlantı noktalarının ve tankların t+1 zaman adımındaki piyezometre yükü değeri;  $q_1$  piyezometre yükü bilinmeyen bağlantı noktalarının aktüel su talebini veren basınca bağlı su talebi operatörü ( $m^3/s$ );  $S_{tank}^{t+1}$  tankların yüzey alanları vektörü ( $m^2$ );  $\Delta t$  zaman adımı (s);  $\kappa$  momentumun zamansal ayrıklaştırma parametresi;  $\theta$  tankların zaman ağırlık faktörü;  $r^t$  ve  $b_{tank}^t$  ise önceki zaman adımına ait büyüklükleri içeren parametre ile entegrasyon parametresidir.

Denklem (2)'deki ilk satır, denklem (1)'nin su dağıtım şebekeleri için genelleştirilmiş halidir, ve ikinci satır, bir şebekedeki piyezometre yükü bilinmeyen düğüm noktaları için kütlenin korunumu yasasını temsil eden denklemdir.  $\kappa$  l'e eşitse, denklem tamamen kapalı hale gelir ve  $\kappa$  l'den küçükse bu denklem yarı kapalıdır. Aynı durum  $\theta$  için de geçerlidir, ancak yalnızca değişken seviyeli tankların bulunması halinde. Newton-Raphson yöntemi denklem (2)'ye uygulanırsa, aşağıdaki yinelemeli çözüm matrisi üretilir:

$$(3) \quad \begin{bmatrix} M^k & -A_{12} \\ -A_{21} & -D_{22}^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_j^{k+1} \\ H_i^{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_0^k + r^t \\ b_i^k \end{bmatrix}$$

$$M^k = \frac{1}{\kappa \Delta t} L_I + D_{11}^k, \quad b_0^k = D_{11}^k Q^k - A_{11} Q_j^k + A_{10} H_0$$

$$b_i^k = q_i^k + \left[ \frac{1}{\theta \Delta t} S_{tank}^k - D_{22}^k \right] H_i^k + b_{tank}^t$$

$$D_{22}^k = \frac{\partial q_i^k}{\partial H_i^k} + \frac{1}{\theta \Delta t} \left( S_{tank}^k + H_i^k \times \frac{\partial S_{tank}^k}{\partial H_i^k} \right)$$

burada  $M^k$  köşegen bir alt matris;  $D_{11}^k$  bütün linklerdeki yük kayıplarının debiye göre türevini için bir köşegen alt matris;  $D_{22}^k$  Jakobiyen köşegen alt matrisi; k ve k+1, t+1 zaman adımında bir önceki ve şu anki iterasyonları sembolize eden değerler;  $b_0^k$  her bir link için yük kayıplarını, yük

kayıplarının türevlerini ve bu linklere bağlı olan piyezometre yükü bilinen düğüm noktalarının yük değerini içeren vektör;  $b_i^k$  düğüm noktalarından çıkan debileri gösteren vektör.

Eğer denklem (3) genişletilir ve yeniden organize edilirse aşağıdaki denklemler üretilir:

$$H_i^{k+1} = - (C^k)^{-1} \left[ b_i^k + A_{21}(M^k)^{-1} (b_0^k + r^t) \right] \quad (4)$$

$$Q_j^{k+1} = (M^k)^{-1} [A_{12}H_i^{k+1} + b_0^k + r^t]$$

$$C^k = A_{21}(M^k)^{-1} A_{12} + D_{22}^k$$

burada  $C^k$  piyezometre yükü bilinmeyen düğüm noktalarını kapsayan bir köşegen matristir. Denklem (4)'ü çözdükten, ve geçici  $H_i^{k+1}$  and  $Q_j^{k+1}$  terimlerinin değerini bulduktan sonra,  $dH_i^k$  ve  $dQ_j^k$  terimleri şu şekilde bulunabilir:

$$dH_i^k = H_i^{k+1} - H_i^k \quad (5)$$

$$dQ_j^k = Q_j^{k+1} - Q_j^k$$

burada  $dH_i^k$  and  $dQ_j^k$  piyezometre yükü ve debi değerlerinin müteakip iterasyonlar arasındaki farklarıdır. Denklem (5)'in iterasyon formu aşağıdaki gibi yazılabilir:

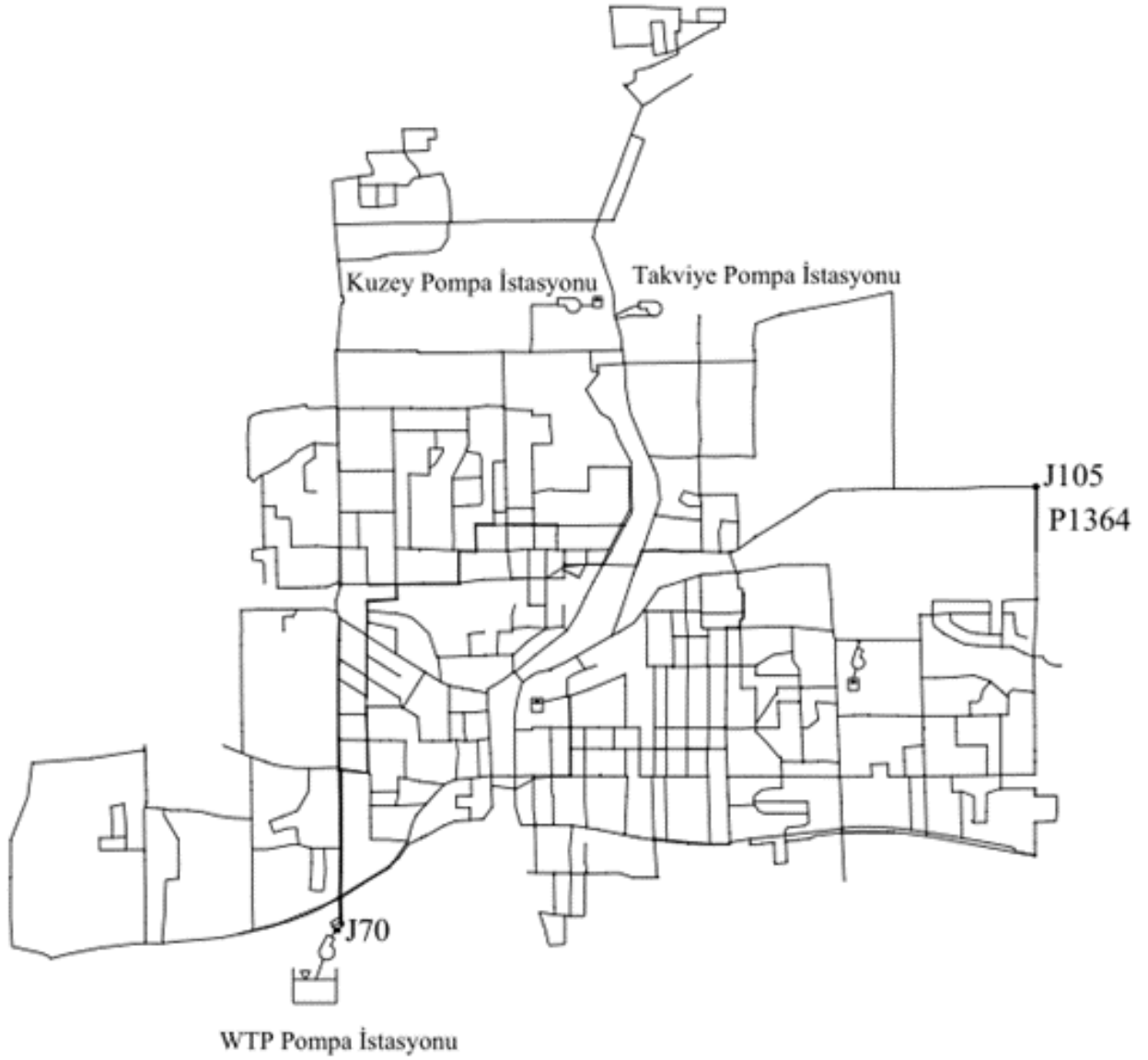
$$H_i^{k+1} = H_i^k + \lambda dH_i^k \quad (6)$$

$$Q_j^{k+1} = Q_j^k + \lambda dQ_j^k$$

Burada  $\lambda$ , 0 ile 1 arasında değerlere sahip olan bir hafifletme faktörü veya adım büyüklüğüdür. Bilindiği gibi, bu parametre EPANET 2'de 1.0 olarak alınır. Bilhassa PDA'da (Basınca Bağlı Analizde), numerik şemanın yakınsama performansını iyileştirmek için,  $\lambda$  adım boyutunun küçültülmesi gerekebilir (Elhay ve diğ., 2016; Siew & Tanyimboh, 2012; Yan ve diğ., 2019). RWC-GGA, yakınsaklığa ulaşamama riskini arttıran basınca bağlı terimi içerir. Çoğunlukla karmaşık su dağıtım sistemlerinde basınca bağlı analiz teriminin de katkısıyla bir yakınsama sorunu ortaya çıkar ve model histerik sonuçlar vermeye başlar. PDA tatbikatının karmaşık şebekelerde hızlı dalgalanma hareketleriyle birleştiği durumlarda, hidrolik modelin yakınsamama olasılığı artar. Bu sorunu çözmek için Yakınsaklık Takip Kontrol Yöntemi benimsenmiştir (Yan ve diğ., 2019). Bahsedilen yöntemde çeşitli  $\lambda$  adım büyüklüğü değerleri ardışık olarak test edilir ve en küçük hatayı üreten adım boyutu benimsenir.

### 3. Uygulama

EPANET 3'te RWC-GGA'yı tatbik etmek için kullanılan şebeke, Nault vd.'nden (2018) alınmıştır. Bu su dağıtım şebekesinde 1489 boru, dört pompa istasyonu, 17 vana, 1306 bağlantı noktası, üç tank ve bir rezervuar bulunmaktadır (**Şekil 1**). İşbu rezervuar su arıtma tesisini temsil etmektedir ve rezervuarın deşarj tarafında beş paralel pompanın bulunduğu bir pompa istasyonu bulunmaktadır. Bu çalışmada yürütülen senaryoda, başlangıç koşullarında tüketim suyunun %90'ından fazlası bu rezervuardan sağlanmaktadır. Toplam simülasyon süresi 10 dakikadır. Başlangıçta rezervuarın mansabında, P1, P3 ve P4 pompaları çalışır durumda ve P2 ve P5 pompaları inaktiftir. Bu şebekedeki pompa ve vanalar ile **Çizelge 1**'de verilen bir takım işlemler yapılmaktadır.

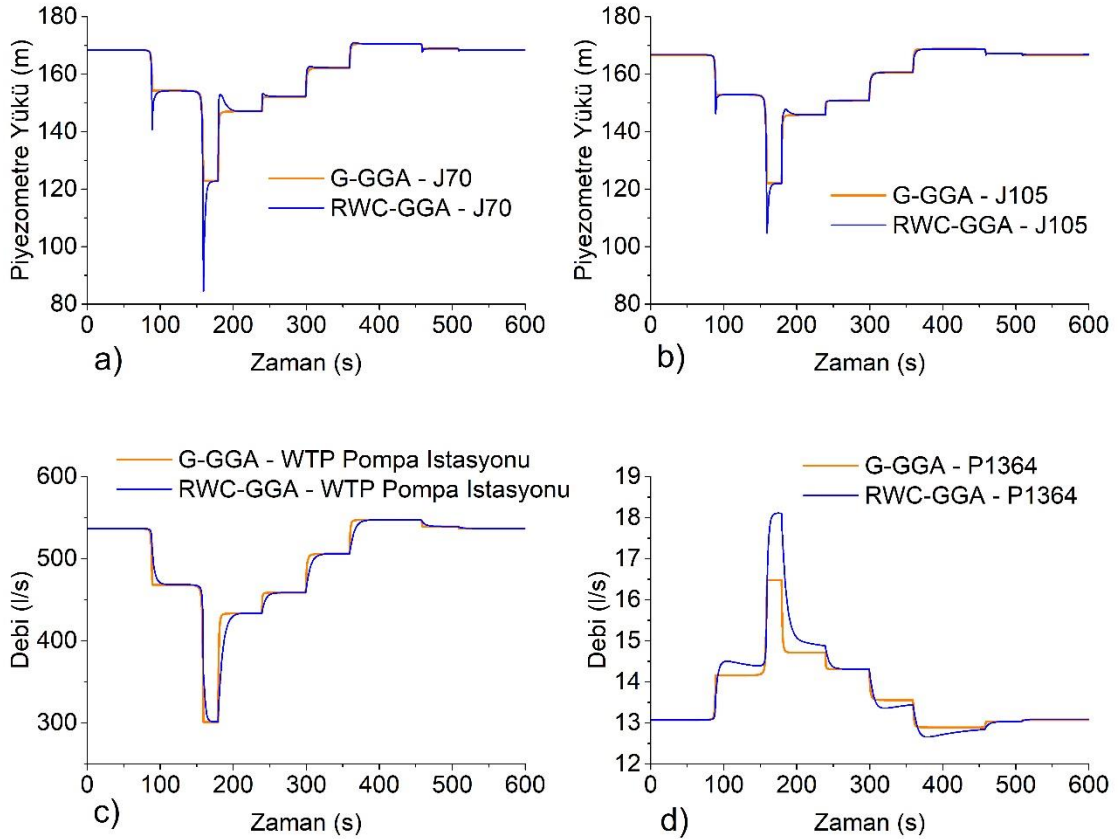


**Çizelge 1: Nault ve diğ. (2018) şebekesinde gerçekleştirilen işlemler**

Sıra	İşlem
0	P1, P3 ve P4 pompaları ve bunların deşarj vanaları P1V, P3V, ve P4V faaldir. P2 ve P5 pompaları ile bunların deşarj vanaları P2V ve P5V ise inaktiftir.
1	P4V vanası 00:01:00'da kapanmaya başlar, ve 00:01:30'da tamamen kapanır. P4 pompası 00:01:30'da kapatılır.
2	P3V vanası 00:02:00'da kapanmaya başlar, ve 00:02:40'ta tamamen kapanır. P3 pompası 00:02:40'ta kapatılır.
3	P2 pompası 00:03:00'da açılır. P2V vanası 00:03:00'da açılmaya başlar, ve 00:03:30'da tamamen açık hale gelir.
4	P5 pompası 00:04:00'da açılır. P5V vanası 00:04:00'da açılmaya başlar, ve 00:04:40'ta tamamen açık hale gelir.
5	P4 pompası 00:05:00'da açılır. Valve P4V vanası 00:05:00'da açılmaya başlar, ve 00:05:40'ta tamamen açık hale gelir.

- 6 P3 pompası 00:06:00'da açılır. Valve P3V vanası 00:06:00'da açılmaya başlar, ve 00:06:30'da tamamen açık hale gelir.
- 7 P2V vanası 00:07:00'da kapanmaya başlar, ve 00:07:40'ta tamamen kapanır. P2 pompası 00:07:40'ta kapatılır.
- 8 P5V vanası 00:08:00'da kapanmaya başlar, ve 00:08:30'da tamamen kapanır. P5 pompası 00:08:30'da kapatılır.

**Çizelge 1**'de bahsedilen işlemlerin yapıldığı simülasyonun sonuçları **Şekil 2**'de verilmiştir. J70 (WTP Pompa İstasyonunun deşarj bağlantı noktası) ve J105 (şebekenin kuzeydoğusundaki bir bağlantı noktası) bağlantı noktalarının piyezometrik yük diyagramları ve WTP Pompa İstasyonuyla P1364 borusunun (şebekenin kuzeydoğusundaki bir boru) debi diyagramları bu şekilde görülmektedir. J105 bağlantı noktasının piyezometrik yüküyle P1364 borusunun debi değerlerinin verilme sebebi, su dağıtım şebekelerindeki tedrici hareketlerin uzak noktadaki etkilerinin görülmek istenmesidir. **Şekil 2**'ye göre vana hareketinin olduğu anlarda piyezometrenin yükseldiğine ve alçaldığına olayları şahit olunmaktadır. Özellikle 160. saniye civarında (P3 pompasının kapanması ve P3V vanasının tamamen kapanmasına karşılık gelen saniyeler), en büyük piyezometre düşüşü gözlenir. Çünkü bu anda WTP Pompa İstasyonu'ndaki beş pompadan sadece bir pompa aktif halde kalmakta ve bu da büyük miktarda debi azalmasına neden olmaktadır. Yüksek debi azalmasının bir sonucu olarak, piyezometre düşüşü dalgasının miktarı tabii olarak yüksek olmaktadır. Öyle ki, bu piyezometre düşüşü yaklaşık 40 m civarında olmaktadır.



**Şekil 2:** Nault vd (2018) şebekesine ait piyezometre yükü ve debi grafikleri

Ayrıca, J70 ve J105 bağlantı noktalarının piyezometre yüklerindeki dalgalanma miktarları arasında bir mukayese yapılması, değişen debi miktarının etkisini gözler önüne sermesi açısından gerekli görülmüştür. Büyük debi değişimi gerçekleşen linklerin yakınındaki bağlantı noktalarındaki piyezometre dalgalanma büyüklükleri, düşük debi değişimine sahip linklerle bağlı olan bağlantı noktalarından daha büyüktür. Sonuç olarak, debideki yüksek değişim miktarı nedeniyle vana hareketleri sırasındaki piyezometre dalgalanmasının büyüklüğü J70 bağlantı noktasında, J105 bağlantı noktasına göre daha büyüktür.

Pompa istasyonundan geçen akım simülasyonun 160. saniyesinde yaklaşık 460 l/s'den 300 l/s'ye düştüğünde J70 bağlantı noktasındaki RWC-GGA ile modellenmiş basıncın hızlı bir şekilde düşmesi kayda değer bir gelişme olarak öne çıkmaktadır. Bu düşüş miktarı 40 m'yi bulmaktadır ki, bu fazlasıyla yüksek bir değerdir. Fakat bu kayda değer basınç düşmesini mevcut EPANET hidrolik çözücüsü olan GGA simüle edemediği için **Şekil 2**'deki turuncu çizgide mavi çizgideki gibi bir düşüş meydana gelmemektedir.

GGA'nın ortaya koyduğu sonuçlarla RWC-GGA'nın sonuçları arasındaki bir diğer büyük fark, P1364 borusunun debisinin simülasyonun 160. saniyesiyle 200. saniyesi arasında aldıkları değerlerdir. Bu borunun debisi bahsedilen zaman diliminde GGA simülasyonunda 16.5 l/s değerini alırken RWC-GGA simülasyonunda 18 l/s değerini almaktadır. Bu değerler, iki farklı algoritmayla yapılan simülasyonların sadece piyezometre yüklerini değil, debileri de farklı hesaplayabileceğini göstermesi açısından dikkate değerdir.

## Sonuç

Mevcut EPANET hidrolik algoritması olan GGA ile değişken akımların hidroliğinin efektif bir şekilde modellenemeyeceği bilinse de bir su dağıtım şebekesinin hidrolik modeli üzerinde bunun gösterilmesi önemli ve gerekli görülmüştür. Yapılan analizler göstermiştir ki, su dağıtım şebekelerinde açılma ve kapanma hareketleriyle akım ortamında ivmeye sebep olan vanaların hareketleri modellenirken değişken akımların hidroliği algoritmalarının esas alınması gerekmektedir. Bu algoritmalar arasından da verimliliği ve etkinliğiyle öne çıkan RWC-GGA hidrolik çözücüsünü tercih etmek makul bir seçenek olarak görünmektedir.

## Kaynaklar

- Avesani, D., Righetti, M., Righetti, D., & Bertola, P. (2012). The extension of EPANET source code to simulate unsteady flow in water distribution networks with variable head tanks. *Journal of Hydroinformatics*, 14(4), 960. <https://doi.org/10.2166/hydro.2012.013>
- Boulos, P. F., Lansey, K. E., & Karney, B. W. (2006). *Comprehensive Water Distribution Systems Analysis Handbook* (2nd ed.). MWH Soft.
- Elhay, S., Piller, O., Deuerlein, J., & Simpson, A. R. (2016). A Robust, Rapidly Convergent Method That Solves the Water Distribution Equations for Pressure-Dependent Models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2), 04015047. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000578](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000578)
- Giustolisi, O., Berardi, L., & Laucelli, D. (2012). Generalizing WDN simulation models to variable tank levels. *Journal of Hydroinformatics*, 14(3), 562–573. <https://doi.org/10.2166/hydro.2011.224>
- Jovic, V. (2013). *Non-Steady Flow in Pipe and Channel Networks Analysis and Pipe and Channel* (1st ed.). John Wiley & Sons.

- Koşucu, M. M., Albay, E., & Demirel, M. C. (2022). Extending EPANET Hydraulic Solver Capacity with Rigid Water Column Global Gradient Algorithm. *Journal of Hydro-Environment Research*, 42, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2022.04.002>
- Mays, L. W. (2000). *Water Distribution Systems Handbook*. American Water Works Association.
- Nault, J. D. (2017). *Comprehensive Simulation of One-Dimensional Unsteady Pipe Network Hydraulics: Improved Formulations and Adaptive Hybrid Modeling*. Ph.D. Thesis, University of Toronto.
- Nault, J. D., & Karney, B. W. (2016). Improved Rigid Water Column Formulation for Simulating Slow Transients and Controlled Operations. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142(9), 04016025. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)hy.1943-7900.0001145](https://doi.org/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001145)
- Nault, J. D., Karney, B. W., & Jung, B.-S. (2018). Generalized Flexible Method for Simulating Transient Pipe Network Hydraulics. *Journal of Hydraulic Engineering*, 144(7), 04018031. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)hy.1943-7900.0001432](https://doi.org/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001432)
- Ormsbee, L. E. (2006). The History of Water Distribution Network Analysis: The Computer Age. *Water Distribution Systems Analysis Symposium 2006*, 1–6. [https://doi.org/10.1061/40941\(247\)3](https://doi.org/10.1061/40941(247)3)
- Salgado-Castro, R. O. (1988). *Computer Modelling of Water Supply Distribution Networks Using The Gradient Method*. Ph.D. Thesis, Newcastle University.
- Sevuk, S. (1979). Steady and Unsteady Flow Simulation in Pipe Networks. *Advances in Engineering Software*, 1(3), 107–113. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0141-1195\(79\)90031-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0141-1195(79)90031-7)
- Siew, C., & Tanyimboh, T. T. (2012). Pressure-Dependent EPANET Extension. *Water Resources Management*, 26(6), 1477–1498. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9968-x>
- Todini, E. (2011). Extending the global gradient algorithm to unsteady flow extended period simulations of water distribution systems. *Journal of Hydroinformatics*, 13(2), 167. <https://doi.org/10.2166/hydro.2010.164>
- Todini, E., & Pilati, S. (1988). A gradient algorithm for the analysis of pipe networks. In B. Coulbeck & C. H. Orr (Eds.), *Computer Applications in Water Supply. Volume 1 System Analysis and Simulation* (Issue May, pp. 1–20). John Wiley & Sons.
- Watters, G. (1979). *Modern Analysis and Control of Unsteady Flow in Pipelines*. Ann Arbor Science.
- Yan, H., Wang, Q., Wang, J., Xin, K., Tao, T., & Li, S. (2019). A simple but robust convergence trajectory controlled method for pressure driven analysis in water distribution system. *Science of the Total Environment*, 659, 983–994. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.374>

Presentation ID / Sunum No: 65

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-5907-6964

## **Su Dağıtım Şebekesinin Hidrolik Modelinde Farklı Basınç Yönetimi Metotlarının Simülasyonu**

**Arş. Gör. Mehmet Melih Koşucu<sup>1</sup>, Doç. Dr. Mehmet Cüneyd Demirel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Laboratuvarı*

### **Özet**

*Su dağıtım şebekelerinde sistematik basınç yönetimi uygulamak kayıp suyu ve yüksek hidrolik basınçları azaltır. Sistematik yaklaşıma göre basınç yönetimi önce gerçek şebekenin dijital ikizinin (digital twin) bilgisayar ortamında kurulması ile başlar. Ardından literatürdeki algoritmaya dayalı basınç yönetimi türleri kullanılarak şebekenin hidrolik modeli farklı konfigürasyonlar için test edilir ve en ideali seçilerek aparatları ile birlikte gerçek şebekede uygulanır. Literatürde şu anda dört farklı basınç yönetimi türü vardır, bunlar sabit çıkışlı, zaman ayarlı, debi ayarlı ve kritik nokta ayarlı basınç yönetimi metotlarıdır. Basınç yönetiminde kullanılan esas cihaz, vananın ana elemanını yukarı ve aşağı hareket ettirerek çıkış basıncını dinamik olarak kontrol eden Basınç Düşürücü Vanadır (PRV). Açık kaynak kodlu bir yazılım olan EPANET'in mevcut versiyonlarında PRV'nin tanımı statik olarak yapılmıştır. Bu durum PRV dinamiğini gereğince modelleyebilmenin ve PRV ile farklı basınç yönetimi metotlarını simüle edebilmenin önünde bir engel teşkil etmektedir. Bu sebeple EPANET 3 yazılımının kaynak koduna PRV'nin çalışma prensiplerini fiziksel olarak hassas bir şekilde simüle edebilen Dinamik PRV modeli eklenmiştir. Böylece EPANET 3 ile su dağıtım şebekelerinde sabit çıkışlı, zaman ayarlı, debi ayarlı ve kritik nokta ayarlı basınç yönetimi metotlarının hidrolik analizinin yapılabilmesi sağlanmıştır. EPANET 3'e eklenen basınç yönetimi uzantısının kodları, Zenodo adlı platformda araştırmacıların, mühendislerin ve kod geliştiricilerinin istifadesine açık hale getirilmiştir (<https://zenodo.org/record/6243078>).*

**Anahtar Kelimeler:** *Su Dağıtım Şebekeleri, Hidrolik Modelleme, Basınç Yönetimi*

### ***Simulation of Different Pressure Management Methods in Hydraulic Model of Water Distribution Network***

### **Abstract**

*Applying systematic pressure management in water distribution networks reduces water loss and high hydraulic pressures. According to the systematic approach, pressure management starts with establishing the digital twin of a real network in the computer environment. Then, the hydraulic model of the network is tested for different configurations by using the pressure management types based on the algorithm in the literature, and the most ideal is selected and applied in the real network together with the apparatus. There are currently four types of pressure management in the literature: fixed outlet, time modulated, flow modulated, and remote node modulated pressure management methods. The primary device used in pressure management is*

*the Pressure Reducing Valve (PRV), which dynamically controls the outlet pressure by moving the central element of the valve up and down. In the current versions of EPANET, an open source software, the definition of PRV is made statically. This issue poses an obstacle to correctly modelling the PRV dynamics and simulating different pressure management methods with PRV. For this reason, the Dynamic PRV model, which can physically simulate the working principles of PRV, has been added to the source code of the EPANET 3 software. Thus, the new version of EPANET 3 provides hydraulic analysis of pressure management methods with fixed outlet, time modulated, flow modulated, and remote node modulated on water distribution networks. The codes of the pressure management extension added to EPANET 3 have been made available to researchers, engineers and code developers on the platform called Zenodo (<https://zenodo.org/record/6243078>).*

**Keywords:** *Water Distribution Networks, Hydraulic Modelling, Pressure Management*

## 1. Giriş

Su dağıtım sistemlerindeki yüksek basınçları makul bir seviyeye düşürerek yönetmek için kullanılan enstrümanların önde gelenlerinden biri basınç düşürücü vanalardır (PRV) (Walski vd. 2007). Su deposu barındırmayan cazibeli su dağıtım sistemlerinde PRV'nin kullanılması oldukça yaygındır. Şebeke basıncının istenenden yüksek olduğu durumlarda PRV aktif olarak çalışır ve bu yüksek basıncı düşürerek hem kayıp su miktarını, hem de boruların hasar görme riskini azaltır. Literatürde 4 çeşit basınç yönetiminin var olduğu bilinmektedir. Bunlar Sabit Çıkışlı Basınç Yönetimi (SÇBY), Zaman Ayarlı Basınç Yönetimi (ZABY), Debi Ayarlı Basınç Yönetimi (DABY) ve Kritik Nokta Ayarlı Basınç Yönetimi (KNABY) olarak sıralanabilir (Nicolini & Zovatto, 2009; Vicente ve diğ., 2015).

SÇBY en çok tercih edilen basınç yönetimi türüdür. Bu yönetim tipinde, şebekenin ana besleme borusunda debi veya zaman dikkate alınmadan herhangi bir zamanda sabit bir basınç seviyesi hedeflenir. İkinci basınç yönetimi tipinde basınç zamana göre ayarlanmaktadır. Bilindiği gibi, gündüz saatlerinin aksine geceleri basınçlar yüksektir. ZABY'de gece meydana gelmesi muhtemel olan yüksek basınçların gündüze göre daha düşük değerlerde olması hedeflenir, bu da şebeke borularında ve bağlantı teçhizatında arıza meydana gelme riskini ve su kayıplarını azaltır (Awad vd., 2009). DABY, şebekeye giren her bir farklı debi için bir basınç değeri sağlar. Bu yöntem tatbik edilirken şebekenin kritik noktasında yeterli basıncı oluşturmak için bir basınç-debi eğrisi kullanılır (Abdelmeguid, 2011). Son olarak, dördüncü basınç yönetimi tipi olan KNABY, şebekenin kritik noktasında izin verilen minimum basınç değerini sağlamayı amaçlar (Creaco vd., 2019). Su dağıtım şebekesinin giriş basıncı, kritik nokta basıncının su dağıtım şebekelerinde izin verilen minimum basınca eşit olacağı şekilde güncellenir (Koşucu vd., 2021). Bu yöntem aynı zamanda gerçek zamanlı basınç kontrolü olarak da adlandırılır (Campisano vd., 2010).

## 2. Dinamik PRV Modeli

PRV bilgisayar ortamında simüle edilirken kullanılan dinamik model, Prescott ve Ulanicki'nin (2003) geliştirdiği davranışsal PRV modelidir. Davranışsal model, PRV'nin iki bölümüne dayanmaktadır: esas vana ve kontrol boşluğu. İşlev olarak PRV, mansaptaki aktüel basınç değeri  $H_d$  (m) ile hedeflenen basınç değeri  $H_{set}$  (m) arasındaki farkı algılayan ve bu farkın minimize edilmesi için açılıp kapanan bir hidrolik kontrol devresi olarak tanımlanabilir. Fark değeri negatif olduğunda kontrol boşluğundan su çıkar ve pozitif olduğunda buraya su girer. Bu eylem, dahili iğneli vana vesilesiyle gerçekleşir. Böylece PRV, mansabındaki noktanın basıncını sabit tutmaya çalışır .

PRV'nin açıklık oranının  $x_m$  olduğu ifade edilirse denklem (1) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\frac{dx_m}{dt} = \frac{q_3}{A_{cs}(x_m)} \quad (1)$$

Burada:

$$q_3 = \begin{cases} \alpha_{open}(H_{set} - H_d) & \text{eğer } \frac{dx_m}{dt} \geq 0 \\ \alpha_{close}(H_{set} - H_d) & \text{eğer } \frac{dx_m}{dt} \leq 0 \end{cases}$$

(2)

Denklem (1) ve (2)'deki  $q_3$  ( $m^3/s$ ) kontrol boşluğuna giren veya buradan çıkan akımın debisini;  $A_{cs}$  ( $m^2$ ) kontrol boşluğunun enkesit alanını;  $\alpha_{open}$  ( $m^2/s$ ) ve  $\alpha_{close}$  ( $m^2/s$ ), PRV'nin içindeki iğneli vananın açılma ve kapanma hızlarını temsil etmektedir.

PRV'nin menbaındaki düğüm noktasının basınç yüksekliği,  $H_u$  (m) ile; vana açıklık oranının bir fonksiyonu olarak PRV kapasitesi,  $C_v(x_m)$  ile; ve PRV'den geçen net akımın debisi,  $Q_v$  ile gösterilmektedir. Bu durumda PRV'den geçen net akımın oluşturacağı yük kaybı denklem (3)'te verilmiştir:

$$H_u - H_d = \frac{1}{C_v(x_m)^2} Q_v^2 \quad (3)$$

PRV'nin kapasitesi vana açıklık oranına bağlıdır ve parçalı doğrusal bir fonksiyona sahiptir.  $x_m$ ,  $x_{m-tr}$ 'den küçük olduğunda fonksiyon lineer olur.  $x_m$ 'nin  $x_{m-tr}$ 'den büyük olması durumunda ise kübik fonksiyon kullanılır. PRV kapasitesinin ifadesi denklem (4)'te görülebilir:

$$C_v(x_m) = \begin{cases} C_{v-tr} \frac{x_m}{x_{m-tr}} & \text{eğer } x_m \leq x_{m-tr} \\ (k_1 x_m^3 + k_2 x_m^2 + k_3 x_m + k_4) C_{v-Max} & \text{eğer } x_m \geq x_{m-tr} \end{cases} \quad (4)$$

Burada  $C_{v-tr}$  ve  $x_{m-tr}$  vananın geçiş durumundaki kapasitesiyle, geçiş durumundaki açıklık oranıdır.  $C_{v-Max}$  vananın %100 açık haldeki kapasitesidir.  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ , ve  $k_4$  kübik fonksiyonun vana üreticisi tarafından verilen katsayılarıdır. Bu katsayılar şu şartı sağlamalıdır:  $k_1 x_{m-tr}^3 + k_2 x_{m-tr}^2 + k_3 x_{m-tr} + k_4 = \frac{C_{v-tr}}{C_{v-Max}}$  (Creaco vd., 2018). Ayrıca şu da belirtilmeli ki,  $x_m$  ve dolayısıyla  $C_v(x_m)$  parametrelerinin sıfır değeri olması durumunda, denklem (3) tanımsız hale gelir. Bu durum sayısal bir probleme yol açmaktadır. Bu sayısal problemi çözmek için  $x_m$ , 0 olduğunda vana durumu kapalı hale gelir. Bu sayede hesaplama sağlamlığı korunur.

Denklem (1)'de yer alan vanadaki kontrol boşluğunun enkesit alanı  $A_{cs}$ 'nin değeri de vananın açıklık oranına bağlı olarak değişir. Kontrol boşluğunun enkesit alanıyla vananın açıklık oranı arasındaki ilişki denklem (5)'te verilmiştir:

$$A_{cs}(x_m) = (k_5 x_m^2 + k_6) \frac{V_{control}}{lift} \quad (5)$$

Burada  $V_{control}$  ve  $lift$  kontrol boşluğu hacmi ve PRV'nin maksimum açıklık mesafesidir.  $k_5$  ve  $k_6$  vana üreticileri tarafından verilen boyutsuz birer katsayıdır.

Yukarıda verilen bütün denklemler, KNABY hariç tüm basınç yönetimi tiplerinde geçerlidir. Bu yöntemde ise sadece denklem (2)'de bir farklılık söz konusudur. Denklem (2)'deki  $H_{set}$  ve  $H_d$  parametreleri geleneksel basınç yönetimi tiplerinde (İlk 3 basınç yönetimi tipi) PRV'nin mansap noktasının basınç yüksekliği olarak tanımlanır. Ancak KNABY'de her iki parametre de su dağıtım şebekesinde uzakta bulunan bir nokta olan kritik noktanın basınç değerleri olarak alınır. Öte yandan,  $H_d$ , denklem (3)'te çıkış noktasının basınç yükü olarak kalır.

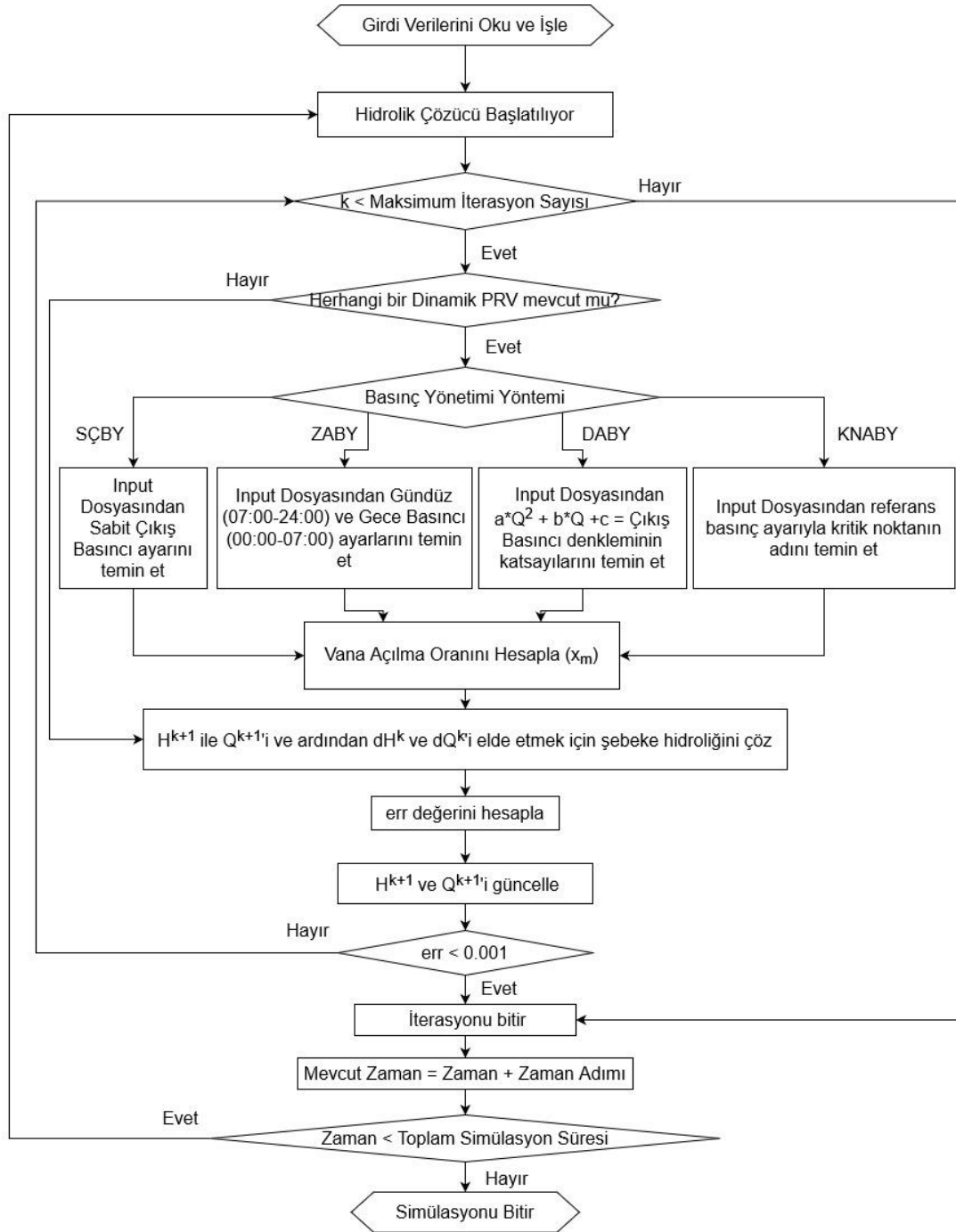
### 3. EPANET 3 Kaynak Kodundaki Değişiklikler

Bilindiği üzere EPANET 3, nesne yönelimli programlama tabanlı olan C++ dilinde Açık Kaynak EPANET Girişimi tarafından yazılmış açık kaynaklı bir yazılımdır

(<https://github.com/OpenWaterAnalytics/epanet-dev>, 2016). EPANET'in daha önceki versiyonları (1.0, 2.0 ve 2.2), C programlama dilinde yazıldığı için nesne yönelimli programlamanın sahip olduğu esneklik ve modülerlik gibi avantajlardan mahrumdur. Mevcut EPANET 3 yazılımının hidrolik çözücüsü, basınca bağlı talepleri (Seyoum & Tanyimboh, 2016; Tanyimboh & Templeman, 2010; Todini, 2003), su kayıplarını (Cassa & Van Zyl, 2014; van Zyl & Cassa, 2014) ve Genelleştirilmiş Küresel Gradyan Algoritması'nı (Avesani vd., 2012; Giustolisi vd., 2012; Todini, 2011) kullanarak su dağıtım şebekelerinin hidroliğini çözebilir. Genelleştirilmiş Küresel Gradyan Algoritması, şebeke hidroliğini yarı kararlılık kabulüne dayalı olarak çözer ve boru hatlarındaki atalet ve sıkıştırılabilirlik kaynaklı değişken durumları ihmal eder. Halbuki basınç yönetimi esnasında vana hareketleri ve kullanıcı tüketimindeki değişkenlikler, atalet etkilerinin ön plana çıkmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada su dağıtım şebekelerinde sıkıştırılmaz değişken hareketleri simüle etmek için EPANET 3'ün mevcut hidrolik çözücüsü olarak Rijit Su Sütunu Küresel Gradyan Algoritması (RWC-GGA) benimsenmiştir (Koşucu vd., 2022).

EPANET 3'te Dinamik PRV'yi modellemek için, "epanet3.cpp"den çağrılan "project.cpp" dosyasına "*pressureManagement*" ismini taşıyan yeni bir fonksiyon konulmuştur. Bu fonksiyonda basınç yönetimi metodu, referans basınç değeri, debi ayar eğrisi katsayıları ve kritik noktanın kimliği gibi bilgiler kullanılır ve denklem (1), (2) ve (5) aracılığıyla vana açıklık oranı hesaplanır. Denklem (1)'in diferansiyel bir denklem olduğu vurgulanmalıdır ve bu yüzden analitik olarak çözülmesi zordur. Bu nedenle bu denklem sayısal çözüm için  $\Delta x_m = (q_3/A_{cs}) * \Delta t$  şeklinde ayrıştırılmıştır. Bundan sonra, aktüel  $x_m$ ,  $x_m = \Delta x_m + x_{m-last}$  ifadesiyle hesaplanır. Bu hesaplamalar project.cpp dosyası içindeki "*pressureManagement*" fonksiyonunda yapılır (Koşucu, 2021).

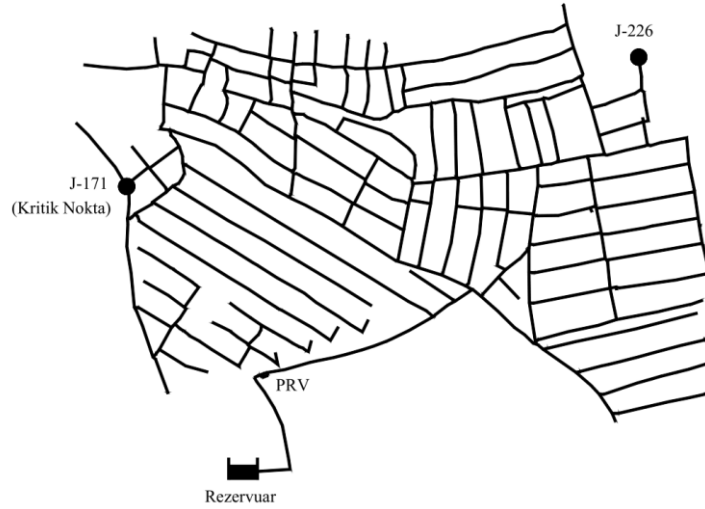
EPANET 3 PM (Pressure Management = Basınç Yönetimi) uzantısının akış şeması **Şekil 4.1**'de verilmiştir. SÇBY için sabit çıkış basıncı ayarı; ZABY için, gündüz (07:00 – 24:00) ve gece basıncı (00:00 – 07:00) ayarları; DABY için,  $a*Q^2 + b*Q + c = \text{Çıkış Basıncı}$  denklemindeki a, b ve c katsayıları; KNABY için, referans basınç değeri ve kritik düğüm noktasının kimliği giriş dosyasından alınır. Hidrolik çözüm sırasında linklerde yük kayıpları hesaplanırken, Dinamik PRV aracılığıyla yük kaybı, denklem (3) ve (4) ile *findDprvHeadLoss* fonksiyonu tarafından hesaplanır. Bu yeni fonksiyon "valve.cpp" dosyasının içindedir.



Şekil 1: EPANET 3 Basınç Yönetimi eklentisinin algoritması

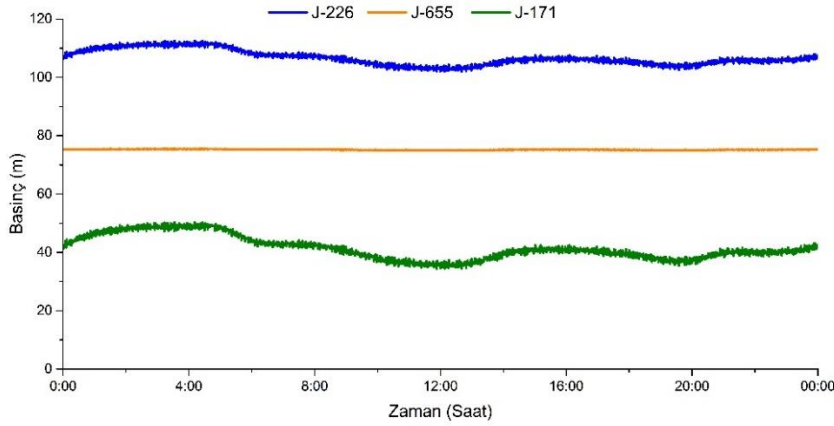
#### 4. Uygulama

Üzerinde basınç yönetimi tatbik edilen su dağıtım şebekesi İstanbul şehrinin Anadolu yakasında yer almaktadır (Şekil 2). Bu su dağıtım şebekesinde bir rezervuar, 275 bağlantı noktası, bir vana (PRV) ve 334 adet boru bulunmaktadır. Bu şebekenin topoğrafyası batıdan doğuya değişmektedir. Şebekenin batı kısmı yüksek irtifadaki noktaları içerirken, doğu kısmı düşük kotlu noktalara sahiptir. Toplam su kaybı oranı %59.5 olan bu su dağıtım şebekesinin hidrolik modelinde 4 farklı basınç yönetimi tipinin efektif olarak çalışıp çalışmadığı incelenmiştir. Hidrolik simülasyonun toplam süresi 24 saattir.



**Şekil 2:** Üzerinde basınç yönetimi tatbik edilen su dağıtım şebekesi

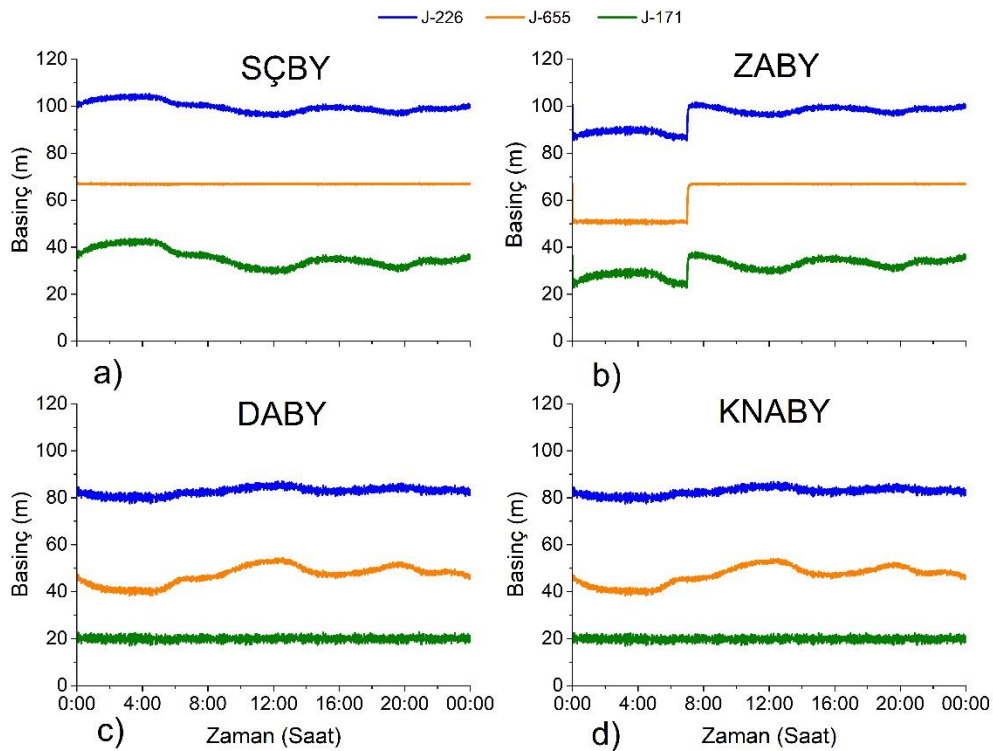
Basınç yönetimi olmaması durumunda, bu su dağıtım şebekesinde yüksek basınçlar oluşmaktadır. J-171, J-226 ve J-655 bağlantı noktalarının 24 saatlik basınç diyagramları **Şekil 3**'te verilmiştir. J-171 kritik (en yüksek rakımlı) düğüm noktası, J-226 en yüksek basınçlı (en düşük rakımlı) düğüm noktası ve J-655, PRV'nin mansabındaki düğüm noktasıdır. Basınç yönetimi olmayan koşullarda (**Şekil 3**), J-226'daki basınçlar, bir su dağıtım şebekesinde güvenli olmayan bir değer olan 100 m'yi aşmaktadır. Bu nedenle basınç yönetimi, bu şebekede hem yüksek basınçları hem de su kayıplarını azaltmak için fazlasıyla gereklidir.



**Şekil 3:** Basınç yönetimi yapılmaması durumunda şebekedeki bazı noktaların basınç grafikleri

Bu basınç yönetimi çalışmasında kullanılan parametre değerlerinin bu aşamada detaylandırılması gerekli görülmüştür. PRV'nin parametre değerleri Creaco vd.'nin (2018) çalışmasından alınmıştır, ve bunlar;  $C_{v-Max} = 0.074 \text{ m}^{2.5}/\text{s}$ ,  $V_{control} = 0.0047 \text{ m}^3$ ,  $lift = 0.057 \text{ m}$ ,  $x_{m-tr} = 0.12$ ,  $k_1 = 0.09$ ,  $k_2 = -1.21$ ,  $k_3 = 2.33$ ,  $k_4 = -0.21$ ,  $k_5 = 1.30$ , ve  $k_6 = 0.56$  şeklindedir. Tüm basınç yönetimi senaryolarında belirlenen parametre değerleri, kritik düğüm noktasındaki basıncın izin verilen minimum basınç değerinin, yani 20 m'nin altına düşmeyecek şekilde seçilmiştir. SÇBY'de PRV çıkış basıncı 67 m'dir; ZABY'de, PRV çıkış basınçları gece 51 m ve gündüz 67 m'dir; DABY'de, PRV çıkış basıncı  $a_{FM} * Q_v^2 + b_{FM} * Q_v + c_{FM}$ 'ye eşittir, burada  $a_{FM} 0.001707$ ,  $b_{FM} 0.004721$  ve  $c_{FM} 37.5177$ 'dir. Son olarak, KNABY'de kritik düğüm noktası hedef basıncı 20 m'dir ve kritik düğüm noktasının kimliği de "J-171" dir.

Burada esas amaç, geliştirilen EPANET kodunun dört basınç yönetimi tipiyle basıncı yönetme yeteneğini incelemek olduğundan, bu yöntemler su dağıtım şebekesinin hidrolik modelinde tatbik edilmiştir. Bahsedilen 4 yöntem daha önce belirtildiği üzere SÇBY, ZABY, DABY ve KNABY'dir. SÇBY metodunda (Şekil 4a), 67 m seçilen çıkış basıncı, yalnızca en yüksek su talebi saatlerinde kritik düğüm noktası basıncını 20 m'ye düşürür. Diğer saatlerde, kritik düğüm noktasının basıncı 20 m'ye düşürülmez ve J-226 düğüm noktasında hala yüksek basınçlar meydana gelmeye devam eder. Gece saatlerinde su taleplerinin düşük, basınçların ise yüksek olduğu bilinmektedir. Bu sebeple gece saatlerinde aşırı basınçlardan kaçınmak için ZABY gibi standart basınç yönetimi tekniklerinden biri kullanılabilir. Bu düşünceyle, ZABY, işbu şebekeye uygulanır (Şekil 4b) ve bu durumda gece basınçları, SÇBY senaryosundaki gece basınçlarından 16 m daha düşük olur. Sadece gece basınçlarının azaltılması şebekeye fayda sağlasa bile, gündüz basınçlarının yüksekliği yine de bir sorun teşkil etmektedir. PRV çıkış basıncını debiye göre ayarlamak, tüm gün boyunca ortaya çıkan basınçları azaltmak için tercih edilebilecek bir başka makul çözümdür. DABY'de (Şekil 4c), PRV çıkış basıncı (J-655'in basıncı) gün boyunca debi ayar eğrisine göre değişir. Bu basınç yönetimi metodunda PRV çıkış basıncı değeri doğrudan debiye bağlıdır. Debi yüksek olduğunda PRV çıkış basıncı artar, debi düşük olunca çıkış basıncı düşer. Böylece Şekil 4c'de görüldüğü gibi, J-655'in basınç değerleri geceleri düşük, en yoğun talep saatlerinde ise yüksektir. Ayrıca bu yöntemde kritik düğüm noktası tüm gün boyunca yaklaşık 20 m basınç değerine sahiptir.



Şekil 4: Farklı basınç yönetimi metodlarına ait basınç grafikleri

Dördüncü basınç yönetimi metodu olan KNABY, daha önce de belirtildiği üzere doğrudan su dağıtım şebekesindeki kritik düğüm noktasının basıncını sabitlemeyi amaçlar. Bu düğüm noktasının basıncını sabitlemek için PRV'nin açılma oranı sürekli olarak güncellenir. Şekil 4d'de görüldüğü gibi J-171'in basınç değerleri 20 m'de sabitlenmektedir.

## 5. Sonuç

Mevcut EPANET versiyonları SÇBY dışındaki basınç yönetimi metodlarını bilgisayar ortamında uygulayamamaktadır (simüle edememektedir). Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen kod

geliştirme faaliyetleri neticesinde bu yazılımda dört basınç yönetimi metodunun dördünün de uygulanabildiği ortaya konmuştur. **Şekil 4**'teki basınç grafikleri bu sonucu destekler niteliktedir. Geliştirdiğimiz EPANET Basınç Yönetimi uzantısının kaynak kodu ihtiyaç duyan herkesin erişimine açık olup, Zenodo sunucularından <https://zenodo.org/record/6243078> linki ile ulaşılabilir.

## Kaynaklar

- Abdelmeguid, H. (2011). *Pressure, Leakage and Energy Management in Water Distribution Systems*. Ph.D. Thesis, De Montfort University, Leicestershire, U.K.
- Avesani, D., Righetti, M., Righetti, D., & Bertola, P. (2012). The extension of EPANET source code to simulate unsteady flow in water distribution networks with variable head tanks. *Journal of Hydroinformatics*, 14(4), 960. <https://doi.org/10.2166/hydro.2012.013>
- Awad, H., Kapelan, Z., & Savić, D. A. (2009). Optimal setting of time-modulated pressure reducing valves in water distribution networks using genetic algorithms. In J. Boxall & C. Maksimovic (Eds.), *Integrating Water Systems - Proceedings of the 10th International on Computing and Control for the Water Industry, CCWI 2009* (pp. 31–37). Taylor and Francis.
- Campisano, a., Creaco, E., & Modica, C. (2010). RTC of Valves for Leakage Reduction in Water Supply Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136(February), 138–141. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2010\)136:1\(138\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2010)136:1(138))
- Cassa, A. M., & Van Zyl, J. E. (2014). Predicting the leakage exponents of elastically deforming cracks in pipes. *Procedia Engineering*, 70, 302–310. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.034>
- Creaco, E., Campisano, A., Fontana, N., Marini, G., Page, P. R., & Walski, T. (2019). Real time control of water distribution networks: A state-of-the-art review. *Water Research*, 161, 517–530. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.025>
- Creaco, E., Campisano, A., & Modica, C. (2018). Testing behavior and effects of PRVs and RTC valves during hydrant activation scenarios. *Urban Water Journal*, 15(3), 218–226. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1424214>
- Giustolisi, O., Berardi, L., & Laucelli, D. (2012). Generalizing WDN simulation models to variable tank levels. *Journal of Hydroinformatics*, 14(3), 562–573. <https://doi.org/10.2166/hydro.2011.224>
- Koşucu, M. M. (2021). *EPANET PRESSURE MANAGEMENT EXTENSION*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6243078>
- Koşucu, M. M., Albay, E., & Demirel, M. C. (2022). Extending EPANET Hydraulic Solver Capacity with Rigid Water Column Global Gradient Algorithm. *Journal of Hydro-Environment Research*, 42, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2022.04.002>
- Koşucu, M. M., Sarı, Ö., Demirel, M. C., Kıran, S., Yılmaz, A., Aybakan, A., Albay, E., & Kırcı, V. Ş. Ö. (2021). Gerçek Zamanlı Basınç Yönetimiyle Su Dağıtım Şebekesinde Su Kaybının Azaltılması. *Teknik Dergi*, 32(1), 10541–10564. <https://doi.org/10.18400/tekderg.658870>
- Nicolini, M., & Zovatto, L. (2009). *Optimal Location and Control of Pressure Reducing Valves in Water Networks*. 135(June), 178–187. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2009\)135:3\(178\)](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2009)135:3(178))
- OpenWaterAnalytics/epanet-dev: Development Repository for the object-oriented implementation of EPANET*. (2016). <https://github.com/OpenWaterAnalytics/epanet-dev>

- Prescott, S. L., & Ulanicki, B. (2003). Dynamic Modeling of Pressure Reducing Valves. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(10), 804–812. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2003\)129:10\(804\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2003)129:10(804))
- Seyoum, A. G., & Tanyimboh, T. T. (2016). Investigation into the Pressure-Driven Extension of the EPANET Hydraulic Simulation Model for Water Distribution Systems. *Water Resources Management*, 30(14), 5351–5367. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1492-6>
- Tanyimboh, T. T., & Templeman, A. B. (2010). Seamless pressure-deficient water distribution system model. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, 163(8), 389–396. <https://doi.org/10.1680/wama.900013>
- Todini, E. (2003). A more realistic approach to the “ extended period simulation ” of water distribution networks. In Maksimovic, Butler, & Memon (Eds.), *Advances in Water Supply Management* (pp. 173–184). Taylor & Francis.
- Todini, E. (2011). Extending the global gradient algorithm to unsteady flow extended period simulations of water distribution systems. *Journal of Hydroinformatics*, 13(2), 167. <https://doi.org/10.2166/hydro.2010.164>
- van Zyl, J. E., & Cassa, A. M. (2014). Modeling Elastically Deforming Leaks in Water Distribution Pipes. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(2), 182–189. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)hy.1943-7900.0000813](https://doi.org/10.1061/(asce)hy.1943-7900.0000813)
- Vicente, D. J., Garrote, L., Sánchez, R., & Santillán, D. (2015). Pressure Management in Water Distribution Systems: Current Status, Proposals, and Future Trends. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2), 04015061. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000589](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000589)
- Walski, T. M., Chase, D. V, Savic, D. A., Beckwith, S., Cattran, S., Hammond, R., Laptos, K., Lowry, S. G., Mankowski, R. F., Plante, S., Przybyla, J., & Schmitz, B. (2007). *Advanced Water Distribution Modeling And Management* (A. Strafacci, C. Totz, & K. Dietrich (Eds.); First Edit). Bentley Institute Press.

Presentation ID / Sunum No: 66

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-1760-9627

## **Kamu Binalarının Karbon Ayak İzi Miktarındaki Rolü-Ankara Örneği**

**Araştırmacı Serhat Carfi<sup>1</sup>, Prof. Dr. Hasan Yamık<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

### **Özet**

Sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle enerji kullanımı doğal hayatın vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtlar doğal dengeyi bozup iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Her geçen gün katlanarak çoğalan çevre tahribatı ülkeleri çözüm arayışlarına itmiş ve alternatif enerji kaynakları kullanımı çok daha önem kazanmıştır. İklim değişikliğiyle mücadelede yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir unsur olarak görülmektedir. Bu sebeple uluslararası platformlarda sürdürülebilir bir çevre için gerekli adımlar atılarak antlaşmalar ve protokoller yapılmıştır. Bu antlaşmalar çerçevesinde taraf ülkeler ulusal katkı beyanlarında bulunup, kendi imkanları doğrultusunda sera gazlarını belirlenen ölçütlerde azaltmayı ve sınırlandırmayı taahhüt etmişlerdir. Ülkemizdeki kamu kurumları ve kaynakları küresel iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında özel sektöre örnek teşkil edecek çalışmalar yapmasıyla toplumsal farkındalığın oluşmasını sağlayacaktır. Bu düşünceden hareketle Ankara ilinde örnek bir kamu binası seçilerek binanın karbon ayak izi ölçümü yapılarak bir fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Çalışma dört yıllık su, elektrik ve doğalgaz verileri kullanılarak yapılmıştır. Hesaplama emisyon faktörü olarak İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın 2021 yılında yayınlamış kaynaklar kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda örnek kamu binasının bu dört yıllık hizmet sürecinde karbon ayak izi 449.260,611 kg CO<sub>2</sub>e bulunmuştur. Çalışma sonunda örnek kamu binasının yıpranan ekipmanları için önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca binada tüketilen yıllık toplam elektrik verileri bilgileri kullanılarak binanın çatısında fotovoltaik panellerle elektrik ihtiyacının karşılanması için kullanılacak panel sayısı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu panel boyutları 2384x1303x35 olan 670 wattlık panellerden 56 adet binanın çatı katına yerleştirildiğinde elektrik ihtiyacının karşılanabileceği görülmüştür. Sonuç olarak fosil yakıtların kullanılmasıyla ortaya çıkan zararlı gazlar doğal dengeyi bozduğu, özellikle iklim değişikliğine sebep olduğu ve önlem alınmadığı takdirde sürdürülebilirliği ortadan kaldırarak insanlığın yaşamını tehlikeye atabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sebeple harcanan enerjinin karşılanmasında büyük oranda kullanılan fosil yakıtları (petrol, kömür, doğalgaz vb.) bilinçli kullanmak, azaltmakla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelip daha fazla bu kaynakları kullanıp, yatırımları bu alanlara yönlendirmek gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon Ayak İzi, Yenilenebilir Enerji, Alternatif Enerji Kaynakları, DEFRA

## ***The Role Of Public Buildings In Carbon Footprint-Ankara Case***

### **Abstract**

*With the development of industry and technology, the use of energy has become an indispensable element of natural life. Fossil fuels used as energy sources disrupt the natural balance and cause climate change. The destruction of the environment, which is increasing exponentially day by day, has pushed countries to seek solutions and the use of alternative energy sources has gained much more importance. Renewable energy sources are seen as an important element in the fight against climate change. For this reason, at international platforms for a sustainable environment necessary steps have been taken and agreements and protocols have been made. Within the framework of these agreements, the parties have made national contribution declarations and undertaken to reduce and limit greenhouse gases in accordance with their own possibilities within the determined criteria.*

*Public institutions and resources in our country will create social awareness by carrying out studies that will set an example for the private sector within the scope of combating global climate change. Based on this idea, it is aimed to obtain an idea by selecting an exemplary public building in Ankara and measuring the carbon footprint of the building. The study was conducted using four years of water, electricity and natural gas data. In the calculation, the sources published in 2021 by DEFRA, the UK Ministry of Environment, Food and Rural Affairs, were used as emission factors. As a result of the calculations, the carbon footprint of the sample public building was found to be 449,260,611 kg CO<sub>2</sub>e during this four-year service period. At the end of the study, suggestions were made for the worn out equipment of the sample public building.*

*In addition, using the annual total electricity data information consumed in the building, the number of panels to be used to meet the electricity need with photovoltaic panels on the roof of the building was calculated. As a result of the calculation, it was seen that the electricity needs could be met when 56 of the 670 watt panels with panel sizes of 2384x1303x35 were placed on the roof of the building. As a result, it has been concluded that the harmful gases produced by the use of fossil fuels disrupt the natural balance, especially cause climate change and may endanger the life of humanity by eliminating sustainability if no measures are taken. For this reason, it is necessary to consciously use fossil fuels (oil, coal, natural gas, etc.), which are used to a large extent to meet the energy consumed, to reduce them, but to turn to renewable energy sources and to use these resources more and to direct investments to these areas.*

**Keywords:** *Carbon Footprint, Renewable Energy, Alternative Energy Sources, DEFRA*

### **1. GİRİŞ**

İnsanoğlu varoluşundan beri fiziksel ihtiyaçlarını, güvenliğini, yaşam alanını sağlamak için sürekli gelişim içindedir. Özellikle yerleşik hayata geçilmesiyle yazı ve kâğıdın bulunması bilgi paylaşımını, depolanmasını ve sonraki nesillere aktarımı kolaylaştırmıştır.

Gelişen İnsanoğlu yeraltı kaynaklarından enerji kaynağına ulaşmış, bu enerji kaynağını mekanik güce çeviren buhar ve içten yanmalı motorları keşfetmiştir. Bununla beraber elektriği bulunması insanoğlunun gelişimine hız verip sonuçta sanayi devriminin başlamasına vesile olmuştur.

Her geçen gün gelişen ve bu gelişmeyle beraber artan nüfus, daha çok enerjiye ihtiyaç duymuştur. Bu enerji kaynağı ise fosil yakıtlarla karşılandığı için, yakıtların yanması sonucu atmosfere zararlı gazlar salınmıştır. Bu zararlı gazlar ekolojik dengeyi bozarak çevre tahribatı hızlanmış, her geçen gün yıkım katlanarak çoğalmıştır.

Aslında karbondioksit ve diğer sera gazları dünyanın atmosferinin varoluşundan beri bulunmaktadır ve tıpkı sera gibi ısıyı içeride hapsederek dünyayı yaşanabilir bir yer kılmıştır. Yirminci yüzyılda endüstrileşmenin hızlanmasıyla oluşan bu gazların atmosferdeki miktarı yükselmiş, bu sebeple küresel ortalama sıcaklık daha çok ısının tutulması ile artmıştır. Bunun sonucunda da karşımıza son yıllarda iyiden iyiye kendini hissettiren iklim değişikliği olağan hayatı etkilemiştir. İnsanlar her gün yaptığı faaliyetler sonucu bu sera gazlarının salınımına neden olmakta ve dünyanın geleceğini etkilemektedir. (Yalova ÇSB, 2016)

Son yüzyılda fosil yakıtların kullanılmasıyla ortaya çıkan zararlı gazlar doğal dengeyi bozduğu farkedilmiş, özellikle iklim değişikliğine sebep olduğu ve önlem alınmadığı takdirde sürdürülebilirliği ortadan kaldırarak insanlığın yaşamını tehlikeye atabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sebeple harcanan enerjinin karşılansında büyük oranda kullanılan fosil yakıtları (petrol, kömür, doğalgaz vb.) bilinçli kullanmak, azaltmakla beraber alternatif enerji kaynağı bulmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelip daha fazla bu kaynakları kullanıp, yatırımlarını bu alanlara yönlendirmek gerekmektedir.

Uluslararası platformlarda sürdürülebilir bir çevre için gerekli adımlar atılarak antlaşmalar ve protokoller yapılmıştır. Bu antlaşmalar çerçevesinde taraf ülkeler ulusal katkı beyanlarında bulunup, kendi imkanları doğrultusunda sera gazlarını belirlenen ölçütlerde azaltmayı ve sınırlandırmayı taahhüt etmişlerdir. Ülkemizde bu gelişmeler kapsamında Paris antlaşmasını onaylamış ve 7 Ekim 2021 de resmî gazetede yayımlayarak yürürlüğe girmiştir.

Ülkemizdeki kamu kurumları ve kaynakları küresel iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında özel sektöre örnek teşkil edecek çalışmalar yapmasıyla toplumsal farkındalığın oluşmasını sağlayacaktır. Kamu binalarının sera gazlarına etkisi yadırganamaz ölçüde olduğu düşünülmektedir. Bu düşünceden hareketle Ankara ilinde örnek bir kamu binası seçilerek binanın karbon ayak izi ölçümü yapılarak bir fikir edinilmesi amaçlanmıştır.

### **1.1. İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA)**

İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA) katsayıları doğal çevreyi korumak, desteklemek ve sürdürülebilirlik sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kurum özellikle küresel ısınma ve sera gazı emisyonu kapsamında sürdürülebilirlik açısından çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmaları yapabilmek amacı ile her yıl düzenli olarak tüm emisyon gazları, ulaşım araçları, gıda tüketimleri ve tüm enerji tüketimleri gibi çok geniş bir alanda karbon emisyon katsayılarını yayınlamaktadır. Karbon ayak izi DEFRA'nın yayınladığı katsayılar göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır.

## **2. MATERYAL YÖNTEM**

### **2.1. Örnek Bina Bilgileri**

Çalışma yapılacak örnek bina Ankara ilinden seçilerek karbon ayak izi hesaplamaları yapılarak sonuçları incelenmiştir. Ankara şehir merkezi Çankaya İlçesi'nde bulunan örnek bina Kızılay mevkiinde bulunmaktadır. Örnek bina yönetim kadrosuyla beraber toplamda 233 personelle hizmet vermektedir. Bodrum katı, zemin ve beş kattan oluşan bina toplamda yedi katlıdır. Bodrum katında yemekhane, trafo-jeneratör odası, ana pano odası, kazan dairesi ve arşivin bulunduğu bölümler mevcuttur. Giriş katında güvenlik odası, santral odası ve vatandaşlara hizmet verilen büro bölümleri bulunmaktadır. Geri kalan katlarda yönetici odaları, vatandaşın kabul edildiği büro bölümleri ve diğer personel odaları bulunmaktadır. Her katta erkek ve kadın WC'leri mevcuttur. Bodrum hariç diğer katlarda çay ocağı bulunmaktadır. Binanın taban alanı 1/50 ölçekli kat planına göre 613,14 m<sup>2</sup> hesaplanmıştır.

İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın 2021 yılında yayınlamış olduğu emisyon değerleri yapılacak hesaplamalarda kullanılarak örnek binanın elektrik, su ve doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi hesaplanacaktır. DEFRA emisyon katsayısı olarak eşdeğer CO<sub>2</sub> değerleri dikkate alınmıştır.

**Çizelge 2.1.** 2021 DEFRA elektrik emisyon faktörü

Elektrik Tüketimine Ait Emisyon Faktörü	Eşdeğer Emisyon Faktörü	Emisyon Faktörü
	Kg CO <sub>2</sub> e	Kg CO <sub>2</sub>
	0,21233	0,21016

**Çizelge 2.2.** DEFRA 2021 doğalgaz emisyon faktörü

Doğalgaz Tüketimine Ait Emisyon Faktörü	Eşdeğer Emisyon Faktörü	Emisyon Faktörü
	Kg CO <sub>2</sub> e	Kg CO <sub>2</sub>
	2,02135	2,01754

**Çizelge 2.3** DEFRA 2021 su emisyon faktörü

Su Tüketimine Ait Emisyon Faktörü	Karbon Ayak İzi	Emisyon Faktörü
	Kg CO <sub>2</sub> e	Kg CO <sub>2</sub>
	0,272	

Karbon Ayak İzi = Tüketim Verileri x Emisyon Faktörü

## 2.2. Elektrik Tüketimi

Örnek binanın karbon ayak izini ölçmek için yetkili personelden binanın 2018, 2019, 2020 ve 2021 yılına ait elektrik, doğalgaz ve su tüketim verileri alınmıştır. Alınan elektrik tüketim verileri aşağıdaki tabloya işlenmiş ve elektrik tüketiminin bu dört yıl içerisinde nasıl bir seyir gösterdiğini görmek için aşağıdaki çizelge 2.2.1. oluşturulmuştur.

**Çizelge 2.4.** Bina son dört yılına ait elektrik tüketim verileri

Aylar	2018 Elektrik Tüketimleri (kWh)	2019 Elektrik Tüketimleri (kWh)	2020 Elektrik Tüketimleri (kWh)	2021 Elektrik Tüketimleri (kWh)
Ocak	29.232	27.237	30.163	25.883
Şubat	24.459	22.649	25.104	22.649
Mart	26.556	21.722	21.584	25.354
Nisan	22.212	19.924	16.536	16.120
Mayıs	22.892	18.676	14.866	13.025
Haziran	20.687	16.036	17.068	16.180
Temmuz	27.852	21.857	15.530	18.808
Ağustos	22.232	19.218	15.870	23.120
Eylül	21.351	19.162	16.041	19.827
Ekim	21.597	20.989	16.158	26.932
Kasım	24.096	26.644	28.320	25.011
Aralık	25.086	28.984	25.981	29.700
<b>Toplam</b>	<b>288.252</b>	<b>263.098</b>	<b>243.221</b>	<b>262.609</b>

## 2.3. Elektrik Tüketiminden Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Örnek binanın elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izini bulmak için yukarıdaki formül kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Emisyon değeri 0,21233 Kg CO<sub>2</sub>e alınmıştır. İlk önce aylık olarak karbon ayak izi hesaplanmış, sonrasında bulunan aylık karbon ayak izi çizelgenin altında toplam olarak gösterilmiştir. Aşağıdaki çizelge 2.3.1. de hesaplanmış elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi miktarları gösterilmektedir.

**Çizelge 2.5.** Bina son dört yılına ait elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi

Aylar	2018 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2019 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2020 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2021 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)
Ocak	6.206,830	5.783,232	6.404,509	5.495,737
Şubat	5.193,379	4.809,062	5.330,332	4.809,062
Mart	5.638,635	4.612,232	4.582,931	5.383,415

Aylar	2018 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2019 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2020 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2021 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)
Nisan	4.716,274	4.230,463	3.511,089	3.422,76
Mayıs	4.860,658	3.965,475	3.156,498	2.765,598
Haziran	4.392,471	3.404,924	3.624,048	3.435,499
Temmuz	5.913,815	4.640,897	3.297,485	3.993,503
Ağustos	4.720,521	4.080,558	3.369,677	4.909,07
Eylül	4.533,458	4.068,667	3.405,986	4.209,867
Ekim	4.585,691	4.456,594	3.430,828	5.718,472
Kasım	5.116,304	5.657,321	6.013,186	5.310,586
Aralık	5.326,51	6.154,173	5.516,546	6.306,201
<b>Toplam</b>	<b>61.204,547</b>	<b>55.863,598</b>	<b>51.643,115</b>	<b>55.759,768</b>

Örnek binanın elektrik tüketim verileri doğrultusunda karbon ayak izi dört yıllık süre sonunda toplamda 224.471,03 kg olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bilgiler daha net görülebilmek için yukarıdaki çizelge 2.3.1. oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucu 2018 yılında toplam 61.204,547 kg karbon ayak izi ölçülmüştür. Bu miktar dört yıl içerisinde en yüksek kirletici miktarı olduğu görülmektedir. 2019 yılında 55.863,598 kg ile 2018 yılına göre bir miktar düşüş görülmektedir. 2020 yılında Covid-19 salgını dolayısıyla kamu binası esnek çalışmaya geçtiği için kirletici oranı daha da düşmüş 51.643,115 kg olmuştur. 2021 yılında esnek çalışmaya büyük oranda son verilerek 55.759,768 kg olarak bir miktar artış göstermiştir. Sonuç olarak 2020 ve 2021 Covid-19 salgını binanın kirletici miktarında fazla etkili olmadığı görülmektedir. Ancak yine de 2020 yılında 51.643,115 kg olarak ortalama kirletici oranının altında kalmıştır. Bunun sebebi çalışılmadığı süre içerisinde de binanın her ofisinde bir nöbetçi kalmasından olduğu düşünülmektedir. Yukarıdaki çizelge ve grafikteki sayısal sonuçlara bakarak, elektrik tüketim değerleriyle karbon ayak izi miktarı benzer özellikler göstermektedir. Elektrik tüketim verileri artarken karbon ayak izi de artmıştır, elektrik tüketimi azalırken karbon ayak izi miktarı da azalmıştır. Karbon ayak izi miktarı en düşük Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında olmaktadır. Bu dönemde ısıtma sisteminin devreden çıkması ve klima sisteminin henüz devreye alınmamasından ötürü düşük olduğu söylenebilir.

#### 2.4. Doğalgaz Tüketimi

Örnek binanın sadece ısıtma ihtiyacı için doğalgaz kullanılmaktadır. Bu sebeple doğalgaz tüketimi belirli tarih aralıklarında olmaktadır. Ankara ilinde normal şartlar altında bir kış sezonu başlangıcı olarak merkezi sistem doğalgaz sistemleri 15 Kasım'da başlayıp ve bir sonraki yılın 15 Nisan ayına kadar sürmektedir. Hava sıcaklığı 15 °C'nin altında olması durumunda yine merkezi sistem ısıtıcıları kullanılabilir. Örnek bina hafta sonu, resmî tatil ve bayramlarda hizmet vermemektedir. Çalışma saatleri hafta içi sabah 08:30 ve akşam 17:30 olarak düzenlenmiş, bu saatler arasında hizmet vermektedir. Yapılan çalışmanın doğalgaz tüketimi kaynaklı karbon ayak izini ölçmek için bu bilgiler ışığında tüketimlerin hangi tarihler aralığında olduğunu bilmemiz büyük bir kolaylık sağlayacaktır. Doğalgaz tüketim verileri doğrultusunda aşağıda çizelge 2.4.1. oluşturulmuştur.

**Çizelge 2.6.** Bina son dört yılına ait doğalgaz tüketim verileri

Zaman Aralığı	2018 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2019 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2020 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2021 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )
01.01.-12.02.2018	8.781			
13.02.-01.11.2018	7.751			
02.11.-31.12.2018	10.687			
01.01.-13.01.2019		2.316		
14.01.-30.03.2019		13.941		
01.04.-29.10.2019		3.297		

Zaman Aralığı	2018 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2019 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2020 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2021 Doğalgaz Tüketimleri (m <sup>3</sup> )
30.10.-10.12.2019		4.117		
11.12.-31.12.2019		4.506		
01.01.-21.01.2020			4.292	
21.01.-12.02.2020			5.296	
13.02.-13.10.2020			9.863	
14.10.-09.12.2020			6.277	
10.12.-31.12.2020			4.645	
01.01.-01.02.2021				6.756
02.02.-14.04.2021				4.596
15.04.-23.09.2021				712
24.09.-14.12.2021				6.440
15.12.-31.12.2021				3.932
<b>Toplam</b>	<b>27.219</b>	<b>28.177</b>	<b>30.373</b>	<b>22.436</b>

Örnek binanın doğalgaz tüketimi 15 Kasım-15 Nisan tarihleri arasında 5 aylık süre içerisinde ısıtma sisteminde enerji ihtiyacı olarak kullanılmaktadır. Doğalgaz sayacı kartlı olduğundan aylık bazda ne kadar doğalgaz tüketim olduğu bilinmemektedir. Ancak doğalgaz tüketimi yalnızca ısıtma için kullanıldığı bilindiğinden yıl içerisinde kartla dolum yapıldığı tarihlerde kayıtlar tutulmaktadır. Tutulan kayıtlardan yukarıdaki çizelge oluşturulmuştur. Bir sonraki yıla kalan miktarlar enterpolasyon yöntemiyle bulunup gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Çizelge ve grafik incelendiğinde 2018 yılında 27.219 m<sup>3</sup> doğalgaz tüketimi olduğu görülmektedir. 2019 yılında ise bir önceki yıla yakın bir tüketim gerçekleşerek 28.177 m<sup>3</sup> olmuştur, 2020 yılında 30.373 m<sup>3</sup> olarak en fazla doğalgaz tüketilen yıl olduğu görülmektedir. Covid-19 2020 Mart ayında ülkemizde görülmeye başladığı düşünülürse, bu durumun ısıtma sistemiyle tüketilen doğalgaz miktarıyla doğru orantılı olmadığı görülmektedir. Çünkü kış sezonu bitmek üzereyken pandemi başladığından bu durumun ısıtma sisteminde bir düşüşe sebebiyet vermediği düşünülmektedir. 2021 yılında ise en az tüketim gerçekleşerek 22.436 m<sup>3</sup> olarak bulunmuş ve Covid-19 salgınının etkisini bu yıldaki tüketime etkisi olduğu düşünülmektedir. Dört yıllık toplam doğalgaz tüketimi 108.205 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir.

## 2.5. Doğalgaz Tüketiminden Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Çizelge 2.7. Binanın doğalgaz tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi

Zaman Aralığı	2018 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2019 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2020 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2021 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)
01.01.-12.02.2018	17.749,474			
13.02.-01.11.2018	15.667,484			
02.11.-31.12.2018	21.602,167			
01.01.-13.01.2019		4.681,446		
14.01.-30.03.2019		28.179,640		
01.04.-29.10.2019		6.664,391		
30.10.-10.12.2019		8.321,898		
11.12.-31.12.2019		9.108,203		
01.01.-21.01.2020			8.675,634	
21.01.-12.02.2020			10.705,069	
13.02.-13.10.2020			19.936,575	
14.10.-09.12.2020			12.688,014	
10.12.-31.12.2020			9.389,170	
01.01.-01.02.2021				13.656,240
02.02.-14.04.2021				9.290,124

Zaman Aralığı	2018 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2019 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2020 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2021 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)
15.04.-23.09.2021				1.439,201
24.09.-14.12.2021				13.017,494
15.12.-31.12.2021				7.947,948
<b>Toplam</b>	<b>55.019,125</b>	<b>56.955,578</b>	<b>61.394,464</b>	<b>45.351,008</b>

Yapılan hesaplar sonucunda 2018 yılının il yarısında karbon ayak izi 33.416,96 kg olarak bulunmuştur. 2018 yılının ikinci yarısında 21.602,167 kg bulunmuş, toplamda 2018 yılında karbon ayak izi 55.019,125 kg olmuştur. Bu göstergeler diğer yıllarda da yılın ilk yarısında daha çok karbon ayak izi olduğu sonucunu göstermiştir. 2019 yılında karbon ayak izi bir önceki yıla göre yaklaşık 1.900 kg artmış ve toplamda 56.955,578 kg olmuştur. 2020 yılında yine artış devam etmiş 61.394,464 kg karbon ayak izi hesaplanmıştır. 2020 yılının mart ayında ülkemizde Covid-19 salgını başlamış ancak bu durum doğalgaz tüketimine ve dolayısıyla karbon salınımına etkisi görülmemiştir. Bunun sebebi 2020 yılı kış sezonunun bitmesine yakın olması ve esnek çalışmaya geçilse bile her çalışma ofisinde birer nöbetçi memurun bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 2021 yılında toplam 45.351,008 kg karbon ayak izi ölçülerek dört yılın en düşük seviyesi görülmüştür. Covid-19 salgınının en çok hissedildiği yıl olması itibariyle bu durumun karbon ayak izi miktarına da etkisi olduğu düşünülmektedir. Hesaplamalar sonucu dört yıllık toplam doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 218.720,18 kg olarak bulunmuştur.

## 2.6. Su Tüketimi

Örnek binanın su tüketimi genel hatlarıyla personel ve hizmet alan vatandaşların kullandığı WC'ler, binada her katta mevcut çay ocakları, temizlik ve lavabolarda kişisel hijyen amaçlı su tüketimlerinden oluşmaktadır. Örnek bina resmî tatil ve bayramlarda hizmet vermemektedir. Su tüketimi hafta içi çalışma saatleri 08:30-17:30 arasında oluşmaktadır. Su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi bu bilgiler ışığında değerlendirilecektir. Aşağıda dört yıllık su tüketim bilgileriyle oluşturulmuş çizelge 2.6.1. gösterilmektedir.

**Çizelge 2.8.** Binaının son dört yılına ait Su tüketim verileri

Zaman Aralığı	2018 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2019 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2020 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2021 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )
01.01.-14.02.2018	977			
15.02.-21.03.2018	794			
22.03.-19.04.2018	652			
20.04.-07.06.2018	770			
08.06.-22.07.2018	690			
23.07.-16.09.2018	762			
17.09.-01.11.2018	884			
02.11.-31.12.2018	1045			
01.01.-11.02.2019		730		
12.02.-31.03.2019		782		
01.04.-10.07.2019		1541		
11.07.-29.09.2019		1198		
30.09.-31.12.2019		1610		
01.01.-20.01.2020			321	
21.01.-09.04.2020			1388	
10.04.-23.08.2020			1489	
24.08.-31.12.2020			1814	
01.01.-23.02.2021				763
24.02.-14.04.2021				811
15.04.-24.08.2021				1254

Zaman Aralığı	2018 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2019 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2020 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )	2021 Yılına Ait Su Tüketimleri (m <sup>3</sup> )
25.08.-31.12.2021				2039
<b>Toplam</b>	<b>6574</b>	<b>5861</b>	<b>5012</b>	<b>4867</b>

Binanın su sayacı kartlı olduğundan her ay düzenli dolum gerçekleştirilmemiştir. Alınan kartlı dolum bilgileri yukarıdaki çizelge 2.6.1. düzenlenmiştir. Bir sonraki yıla aktarılan su miktarları enterpolasyon yöntemiyle hesaplanıp çizelgeye aktarılmıştır. Tüketilen su miktarı 2018 yılında toplam olarak 6574 m<sup>3</sup> olarak dört yılın en fazla tüketim değerine sahiptir. 2019 yılında tüketilen su miktarı nispeten azalmış 5861 m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. 2020 yılında Covid-19 salgını başlamasıyla kamu kurumları esnek çalışmaya başlamış, bu sebeple kamu binasında personel azalmasıyla ve kısıtlamalarla hizmet alan vatandaşta azalmış bu sebeple su tüketim değeri de düşmüştür. Sonuçta 2020 yılında Covid-19 etkisiyle bu miktar daha da azalmış 5012 m<sup>3</sup> olmuştur. Yine 2021 yılında salgın devam ettiği için bu yılda da su tüketiminde azalma devam etmiş 4867 m<sup>3</sup> su tüketimi gerçekleşmiştir. Dört yıllık su tüketimi 22.314 m<sup>3</sup> olduğu hesaplanmıştır.

## 2.7. Su Tüketiminden Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Yukarıdaki formül kullanılarak hesaplanmış su tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi miktarları hesaplanarak aşağıdaki çizelge 2.7.1. de dönemsel ve toplam olarak gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılacak emisyon faktörü olarak 0,272 Kg CO<sub>2e</sub> alınmıştır.

**Çizelge 2.9.** Binanın su tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi

Zaman Aralığı	2018 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2019 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2020 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)	2021 Karbon Ayak İzi Miktarı (kg)
01.01.-14.02.2018	265,744			
15.02.-21.03.2018	215,968			
22.03.-19.04.2018	177,344			
20.04.-07.06.2018	209,44			
08.06.-22.07.2018	187,68			
23.07.-16.09.2018	207,264			
17.09.-01.11.2018	240,448			
02.11.-31.12.2018	284,24			
01.01.-11.02.2019		198,56		
12.02.-31.03.2019		212,704		
01.04.-10.07.2019		419,152		
11.07.-29.09.2019		325,856		
30.09.-31.12.2019		437,92		
01.01.-20.01.2020			87,312	
21.01.-09.04.2020			377,536	
10.04.-23.08.2020			405,008	
24.08.-31.12.2020			493,408	
01.01.-23.02.2021				207,536
24.02.-14.04.2021				220,592
15.04.-24.08.2021				341,088
25.08.-31.12.2021				554,608
<b>Toplam</b>	<b>1.788,128</b>	<b>1.594,192</b>	<b>1.363,264</b>	<b>1.323,824</b>

Hesaplamalar sonucunda binanın dört yıllık su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi miktarı 6.069,41 kg olarak hesaplanmış yukarıdaki çizelge 2.7.1. de detaylı sonuçlar gösterilmiştir. Su tüketim miktarlarıyla doğru orantılı bir şekilde karbon ayak izinin de değişkenlik gösterdiği çizelgede görülmektedir. 2018 yılında su tüketiminden kaynaklı 1.788,128 m<sup>3</sup> karbon ayak izi oluşmuştur. 2019 yılında su tüketiminin azalmasıyla karbon ayak izi de

azalmış 1.594,192 m<sup>3</sup> olmuştur. 2020 yılında Covid-19 salgınından dolayı binada su tüketimi azalımı devam ettiği için karbon ayak izi de buna paralel azalmış 1.363,264 m<sup>3</sup> olmuştur. 2021 yılında salgın devam ettiği için su tüketim miktarı 2020 yılındaki su tüketim miktarına yakın seyretmiş ve bu sebeple de karbon ayak izi 2020 yılındaki değere yakın olarak 1.323,824 m<sup>3</sup> olmuştur.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliğiyle mücadele sürecinde kamuya ait binaların çevreye verdiği kirliliği görmek için Ankara İlinde örnek olarak seçilmiş kamu binasının dört yıllık elektrik, doğalgaz ve su tüketimleri sonucu karbon ayak izi ölçülmüştür. Binanın yetkili personelinden alınan tüketim verileri ışığında yapılan hesaplamalarda kullanılan emisyon katsayısı olarak İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın 2021 yılında yayınlamış olduğu emisyon değerleri alınmıştır. Aşağıdaki çizelge 3.1. de çalışmanın yapıldığı yıllara ait örnek binada elektrik, doğalgaz ve su tüketimlerinden kaynaklanan karbon ayak izleri gösterilmektedir.

**Çizelge 3.1. Yıllara ait Karbon Ayak izi**

Enerji Kaynağı	2018	Toplam	2019	Toplam	2020	Toplam	2021	Toplam
	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)	Karbon Ayak İzi (kg)
Elektrik	61.204,547		55.863,598		51.643,115		55.759,768	
Doğalgaz	55.019,125		56.955,578		61.394,464		45.351,008	
Su	1.788,128		1.594,192		1.363,264		1.323,824	
Toplam	<b>118.011,80</b>		<b>114.413,37</b>		<b>114.400,84</b>		<b>102.434,60</b>	
<b>Genel Toplam</b>	<b>449.260,61</b>							

Yapılan hesaplamalar sonucunda binanın 2018 yılında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi 61.204,547 kg bulunmuştur. Aynı yıl doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 55.019,125 kg, su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 1.788,128 kg bulunmuştur. 2018 yılında toplam olarak elektrik, doğalgaz ve su tüketimlerinden kaynaklanan karbon ayak izi 118.011,80 kg olmuştur.

2019 yılında binada elektrik tüketimi sonucu oluşan toplam karbon ayak izi 55.863,598 kg, doğalgaz tüketimi sonucu oluşan toplam karbon ayak izi 56.955,578 kg, 2019 yılı binanın su tüketimi sonucu oluşan toplam karbon ayak izi ise 1.594,192 kg olmuştur. 2019 yılında toplamda oluşan karbon ayak izi tüketimin azalmasıyla 2018 yılına göre bir miktar azalma göstermiş ve 114.413,37 kg olmuştur.

2020 yılının mart ayında Covid-19 salgını tükemizde de görülmeye başlanmasıyla binada bir miktar elektrik tüketimi azalmıştır ve bu durum karbon ayak izinin bir miktar azalmasına sebebiyet vermiştir. Sonuçta 2020 yılı elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi 51.643,115 kg olarak bulunmuştur. 2020 yılı doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 61.394,464 kg olarak hesaplanmıştır. Doğalgaz emisyonunun 2020 yılında fazla olmasının sebebi ısıtma sezonundaki salgın dolayısıyla kapalı alanların sık sık havalandırılması sonucu ısıtma ihtiyacının fazlalaşması olarak değerlendirilebilir. Yine 2020 yılındaki su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 1.363,264 kg olarak bulunmuştur. 2020 yılında binanın toplam karbon ayak izi ise 114.400,84 kg olarak hesaplanmıştır. 2020 yılında Covid-19 etkisiyle her ne kadar önlemler ve kısıtlamaların başlaması binada bulunan insan sayısı azalsa bile her odada bir personel bulunması ve kişisel hijyenlere normalden daha fazla dikkat edilmesi durumu birbirini dengelemiştir.

2021 yılında elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi 55.759,768 kg olmuştur. 2020 ve 2021 yıllarında Covid-19 salgınının elektrik tüketimine fazla bir etkisi olmadığı görünmektedir, çünkü he ne kadar binada bulunan insan sayısı azalsa da her çalışma ofisinde bir kişinin bulunması elektrik tüketiminin düşmemesine sebep olmuştur. 2020 yılında bir miktar

elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi azalması görülse bile 2021 yılında diğer iki yıla göre bir farklılık oluşturmamaktadır. 2021 yılında doğalgaz tüketimi sonucu oluşan karbon ayak izi 45.351,008 kg olmuştur. Yine 2021 yılı su kaynaklı karbon ayak izi 1.323,824 kg olarak bulunmuştur. Su tüketiminin Covid-19 salgını öncesine göre bir miktar azalması sonucu bu durumun karbon ayak izinin de düşük çıkmasına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır.

**Şekil 3.2. Toplam Karbon Ayak İzi Miktarları**

Enerji Kaynağı	Dört Yıllık Toplam Karbon Ayak İzi (kg)
Elektrik	224.471,03
Doğalgaz	218.720,18
Su	6.069,41
<b>Toplam</b>	<b>449.260,611</b>

Sonuç olarak yapılan çalışma neticesinde dört yıllık elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 224.471,03 kg, doğalgaz tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi 218.720,18 kg, su tüketiminden kaynaklanan toplam karbon ayak izi 6.069,41 kg olarak hesaplanmıştır. Örnek binanın dört yıllık toplam karbon ayak izi ise 449.260,611 kg'dır.

### **3.1. Fotovoltaik Panellerle Elektrik İhtiyacının Karşılanması**

Örnek binamızın çatı taban alanı 613,14 m<sup>2</sup> olarak düşünüldüğünde, çatıyı uygun paneller yerleştirmek için tasarlayıp uygun hale getirilerek hesabı yapılan güneş panelleri yerleştirilebilir.

Örnek alınan kamu binasının verilerinden elde edilen elektrik bilgileri doğrultusunda dört yıllık elektrik enerjisi ihtiyacı 1.057.180 kWh olarak hesaplanmıştır. Günlük elektrik enerjisini bulmak için bu dört yıllık enerji ihtiyacının ortalamasını alıp 365 güne bölersek 724 kWh günlük ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi olarak çıkmaktadır. Kullanılacak panel sayısını bulabilmek için panellerden kaynaklı kayıplar içinde günlük ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini %25 artırımlı olarak aldığımız zaman hesaplamada kullanılacak elektrik enerjisi 905 kWh olarak bulunmuştur.

Saatte tüketilen elektrik miktarı 37,7 kW olarak hesaplandıktan sonra çatıya yerleştirilecek panelin seçimi için piyasada yapılan araştırmalar sonucu maksimum 670 Wattlık paneller olduğu sonucuna varılmıştır. Binada 37.7 kW'lık tüketimi karşılamak için en az 56 adet 670 W paneller kullanılması gerekmektedir. Panel boyutları 2384x1303x35 olan 670 Wattlık panellerden 56 adet binanın çatı katına yerleştirildiğinde 174 m<sup>2</sup> bir alan kaplayacaktır.

Ortalama olarak yıllık 264.295 kWh elektrik enerjisi kullanılan binada yenilenebilir enerji olarak güneş panellerinden faydalandığı takdirde yaklaşık olarak 7.634 ağacın dikilmesine denk gelecektir.

### **3.2. Bina ekipmanları ve personeller için öneriler**

• Binada bulunan elektrikli cihazların ve aydınlatma ekipmanlarının çalışmadığı durumlarda kapatılmaları, ayrıca uzun süre kullanılmayan elektrikli cihazların bekleme modunda bırakılmamalıdır. Enerji verimliliğine esas uygulamalar dahilinde binada görev yapan personellere bilinçlendirme faaliyetleri yürütülmesi sağlanmalıdır.

• Isıtma sistemine ait önu kapalı olan radyatörlerin önleri ve üzerleri açılmalı, radyatör arkalarına alüminyum folyo kaplı ısı yalıtım levhaları yerleştirilmeli, ihtiyaç çerçevesinde; radyatör iç temizliği, çalışmayan vanaların değişimi sağlanmalı, bozulmuş termostatik vanalar değiştirilmelidir.

• Binanın ısıtma ve soğutma sistemlerine ait boru ve kanallarda tamirat görmüş, yıpranmış veya herhangi bir sebeple yalıtımı zarar görmüş veya yalıtım olmayan bölgelere vana ve flanşlar da dahil olmak üzere yalıtım yapılmalıdır.

• Binada kapı ve pencerelerden kaynaklanan kaçaklar varsa kontrol edilip tespit edilmeli ve sızdırmazlığın sağlanmasına yönelik gerekli tamirat işlemleri yapılmalıdır.

• 627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'na göre yıllık toplam enerji tüketimi 250 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ve üzeri veya toplam inşaat alanı 10.000 m<sup>2</sup> ve üzeri olan kamu binalarında enerji yönetici olmak zorundadır. Ancak çalışma yapılan örnek binanın toplam inşaat alanı 10.000 m<sup>2</sup>'den az olması nedeniyle gönüllü enerji yöneticisi görevlendirmek suretiyle binanın enerji tasarrufları ve personelin bilinçlenmesi için belirli aralıklarla eğitimler sağlanabilir. Gönüllü enerji yöneticisi görevlendirildiği takdirde İzleme ve raporlama faaliyetleri de iyileştirilebilir ve gerekli ilave düzenlemeler yapma kolaylığı sağlanabilir.

• Binada görev yapan personellere çevre sorunları ve küresel iklim değişikliği ile ilgili farkındalık oluşturacak eğitim seminerleri düzenlenmeli ve yine farkındalık oluşturacak uygun panolara afiş asılabilir veya broşür dağıtılabilir. Bu sayede personelin enerji tüketiminin bilinçli kullanılması sağlanabilir.



## KAYNAKLAR

**Cebeci, S. (2017).** *Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Kalkınma Bakanlığı, 185, Ankara.

**Çerçi, M. (2021).** *IPCC TIER 1 ve DEFRA Metodları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi Örneği*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.

**Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022).** *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*. [Erişim: 13.04.2022, <https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362>]

**Dışişleri Bakanlığı (2022).** Girişimci ve İnsani Dış Politika. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, [Erişim: 08.08.2022, <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari>.]

**GOV.UK (2022).** Conversion factors 2021, *Condensed Set (For Most Users)- Revised January 2022*. [Erişim Tarihi: 21.04.2022, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021> ].

**Kitzes, J. Peller, A. Goldfinger, S. Wackernagel, M. (2007).** “*Current Methods For Calculating National Ecological Footprints Accounts*”, *Science for Environment and Sustainable Society*, 4 (1), 1-9.

**Kneifel, J., (2010).** *Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings*”, *Energy and Buildings*, Volume 42, Issue 3, March, Pages 333-340.

**Stern, N. (2006).** *Review on the Economics of Climate Change*, H. M. Treasury. [Erişim: 27 Nisan 2022, <http://www.sternreview.org.uk>].

**Şahin, M. (2019).** *Karbon Ayak İzi Uygulamaları: Çimento Fabrikası Örneği* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

**Tarım ve Orman Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü (2022).** *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)*. [Erişim:13.04.2022, <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%20Kurulu%C5%9Flar/IPCC%20TR.pdf>]

**Yalova Valiliği, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü (2016).** *Karbon Ayak İzi Nedir*. [Erişim: 10.04.2022, <https://yalova.csb.gov.tr/karbon-ayak-izi-nedir-haber-42218>]

**Wiedmann T. ve Minx J. (2008).** *A Definition of 'Carbonfootprint'*. Hauppauge NY: Nova 79 Sciencepublishers.

**Wikipedi (2022).** *Ankara ilinin coğrafi özellikleri*, [Erişim: 21.07.2022, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara#Coğrafya> ]

**Wikipedi (2022).** *Jeotermal Enerjinin Tarihçesi*, [Erişim: 11.08.2022, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara#Coğrafya> ]

Presentation ID / Sunum No: 67

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4250-2677

## Türkiye'nin Soğuk İklim Bölgeleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Çevresel Etki Analizi

Araştırmacı Sefa Sarı<sup>1</sup>, Doç. Dr. Ayça Gülten<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi

\*Corresponding author: Sefa Sarı

### Özet

Yalıtım uygulamaları ile yapı elemanlarındaki ısı kayıpları azaltularak yapının tükettiği enerji miktarı azaltılmaktadır. Bu çalışmanın amacı; yakıt tüketiminin daha fazla olduğu ülkemizin soğuk iklim bölgelerinde bulunan illerinde ısı kayıplarını en aza indirebilmek için binalarda kullanılacak yalıtım malzemesinin ve kalınlığının optimize edilmesini sağlamak ve bu uygulamaların çevresel etkilerini değerlendirmektir. Bu çalışmada, ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, Türkiye'nin soğuk iklim bölgelerinde bulunan 5 il için dıştan ve içten yalıtımlı üç farklı duvar malzemesinin (gazbeton, tuğla, betonarme) ve iki farklı yakıt türünün (doğal gaz, kömür) kullanıldığı dört farklı yalıtım malzemesi (XPS, EPS, cam yünü, taş yünü) için optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ve CO<sub>2</sub> emisyonları hesaplanmıştır. Yalıtımın optimum kalınlıkta uygulanmasıyla önemli oranda enerji tasarrufunun sağlandığı görülmüş ve CO<sub>2</sub> emisyonu değerlendirilerek çevresel etki analizi yapılmıştır. Enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyonu için en iyi sonuçlar; tüm illerde, dıştan yalıtımlı gazbeton duvar malzemesinin, doğal gaz yakıtının ve EPS yalıtım malzemesinin kullanıldığı durumda elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yalıtım Kalınlığı, Enerji Korunumu, Çevresel Etki, Yoğuşma

### **Optimum Insulation Thickness and Environmental Impact Analysis for Cold Climate Regions of Turkey**

#### Abstract

With insulation applications, the amount of energy consumed by the building is reduced by reducing the heat losses in the building elements. In this study, it is aimed to determine the optimum insulation material and thickness in order to minimize heat losses in 5 provinces located in the 4th and 5th degree regions, and to evaluate the environmental effects of these applications. Optimum insulation thicknesses, energy savings and CO<sub>2</sub> emissions were calculated using the lifecycle cost analysis method. Calculations were made for 5 cities in the cold climate regions of Turkey considering three different wall types (gas concrete, brick, reinforced concrete) which are externally and internally insulated and four different insulation (XPS, EPS, glass wool, rock wool) materials. It was observed that a significant amount of energy was saved by applying the insulation at optimum thickness, and an environmental impact analysis was made by evaluating

*the CO<sub>2</sub> emission. Best results for energy savings and CO<sub>2</sub> emissions has been obtained in all provinces when externally insulated gas concrete wall material, natural gas fuel and EPS insulation material are used.*

**Keywords:** *Insulation thickness, Energy saving, Environmental impact, Condensation*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde petrol, kömür gibi enerji kaynaklarının gittikçe azalması ve enerji tüketiminin neden olduğu çevre kirliliği; enerji korunumunu zorunlu hale getirmiştir [1]. Enerji korunumu, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımını öngörmekte ve mevcut kaynakların ömrünü uzatmayı hedeflemektedir. Enerji tüketiminin yaklaşık üçte birinin binalarda gerçekleştiği göz önüne alındığında enerji korunumu, binalarda enerji tüketimini azaltarak sağlanabilmektedir. Binaların ısıtılmasında, soğutulmasında, aydınlatılmasında, elektrik ve havalandırma ihtiyaçlarının karşılanmasında tüketilen enerji miktarı azaltılarak enerji korunumu sağlanabilmekte ve sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır [2].

Enerji tüketiminde ısıtma enerjisinin büyük bir orana sahip olduğu bilinmektedir [3]. Binaların ısıtılması için tüketilen enerjinin büyük bir kısmı, doğru uygulanan yalıtım uygulamaları ile geri kazanılabilir. Yalıtım uygulamaları ile yapı elemanlarındaki ısı kayıpları azaltılarak yapının tükettiği enerji azaltılabilmektedir [4]. Yalıtım malzemesinin işletme giderleri ve çevresel etkileri de düşünülerek optimum yalıtım kalınlığında uygulanması enerji verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla ısı yalıtımı, enerji verimliliği ile birlikte ele alınması gereken bir kavram olmaktadır [5].

Isı yalıtımı bulunmayan binalarda yeterli ısınmanın sağlanabilmesi için daha fazla yakıt tüketilmektedir. Fazla yakıt sarfiyatı binanın ısıtma maliyetini, enerji tüketimini ve çevre kirliliğini arttırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı günümüzde yalıtımın uygulanmaması ekonomik ve ekolojik açıdan büyük bir problem oluşturmaktadır. Öte yandan yalıtım kalınlığının gereğinden fazla kullanılması, yakıt tüketimini azaltıp enerji tasarrufu sağlarken, yalıtım maliyetinde bir artışa sebep olacağı için yine de ekonomik bir çözüm değildir. Bu nedenle binanın yapıldığı bölgenin iklim özelliklerine uygun doğru yalıtım malzemesinin ve kalınlıklarının kullanılması ile hem enerji tasarrufunun sağlanması hem de yakıt emisyonlarının sebep olduğu çevre kirliliğinin azaltılabilmesi mümkündür [6].

Optimum yalıtım kalınlığı ve enerji tasarrufu konularıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; Kürekçi ve ark. [7] ömür maliyet analizi yöntemini kullanarak 81 il için optimum yalıtım kalınlığı değerlerini hesaplamıştır. Dıştan yalıtımlı duvar modelinde iki farklı yakıt türü (doğal gaz, kömür) ve beş farklı yalıtım malzemesi (taş yünü, cam yünü, XPS, EPS, poliüretan) için optimum yalıtım kalınlıkları, geri ödeme süreleri ve enerji tasarrufları hesaplanmıştır.

Aytaç ve Aksoy [8] Elazığ ili için iki farklı duvar modeli (dıştan yalıtımlı ve sandviç duvar), beş farklı yakıt türü (kömür, doğal gaz, fuel oil, LPG, elektrik) ve iki farklı yalıtım malzemesi (genleştirilmiş polistren, taş yünü) için optimum yalıtım kalınlıklarını hesaplamıştır. Dikkate değer enerji tasarruflarının elde edildiği görülmüştür. En iyi sonuç, dıştan yalıtımlı duvar modelinde kömür yakıtı ve genleştirilmiş polistren yalıtım malzemesi kullanıldığında elde edilmiştir.

Evin ve Uçar [9] konutlarda ısıtma- soğutma yüklerini ve enerji maliyeti değerlerini kullanarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Türkiye’de farklı iklim bölgelerinde bulunan dört farklı yapı için dört farklı yalıtım malzemesine göre hesaplamalar ve kıyaslamalar yapılmıştır. Bu

çalışmalar sonucunda küresel ısınma potansiyeline ve maliyet göstergelerine bağlı olan yaşam döngüsü değerlendirmeleri ve eko verimlilik grafikleri kullanılarak eko verimlilik analizleri yapılmıştır.

Bolattürk ve Dağdır [10] sıcak iklim bölgesinde bulunan Adana, Antakya, Antalya, Aydın, İzmir ve Mersin illerinde ısıtma ve soğutma yüklerini içeren, ekonomik bir yöntem olan P1-P2 metodunu kullanarak optimum yalıtım kalınlığı hesaplamıştır. Hesaplamalar yapılırken enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri, faiz, enflasyon, ömür gibi ekonomik veriler göz önünde bulundurulmuş ve radyasyonsuz durum ile kıyaslamalar yapılmıştır. Güneş radyasyonlu ve radyasyonsuz optimum yalıtım kalınlıklarına göre dış duvarlar için toplam ısı geçiş katsayısı (U) değerleri hesaplanmış ve TS 825' de bulunan birinci bölgedeki şehirler için verilen U değerlerinin yetersiz olduğu ortaya konulmuştur.

Literatürde bazı çalışmalarda farklı iklim bölgeleri için kıyaslamalar yapılırken, bazı çalışmalarda ise sadece sıcak iklim bölgeleri için soğutma yükü üzerinden optimum yalıtım kalınlığı değerleri hesaplanmış ve maliyet analizleri yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığının kullanılmasıyla sağlanan enerji ve yakıt tasarrufu ile buna bağlı olarak düşürülen yakıt emisyonlarının analiz edildiği çalışma sayısı oldukça azdır.

Türkiye'de ısıtma ihtiyacının en fazla ve uzun süreli olduğu iller TS 825'e göre 4. ve 5. derece bölgelerinde yer almaktadır. Bu illerde yer alan yapılar için uygun yalıtım kalınlıklarının, farklı yalıtım malzemeleri ve duvar yapı bileşenleri için optimum olarak belirlenmesi, yakıt ve malzeme maliyetlerinde sağlanacak ekonomik katkının yanı sıra, yakıt emisyonlarının neden olduğu çevre kirliliği açısından da oldukça önemli bir kazanç oluşturacaktır.

Bu çalışmada, ısı kayıplarını en aza indirebilmek için binalarda kullanılacak yalıtım malzemesinin ve kalınlığının optimize edilmesi, bu uygulamaların CO<sub>2</sub> emisyonlarının hesaplanarak çevresel etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ısıtma ihtiyacının 6 ay kadar sürdüğü, TS 825'e göre Türkiye'nin soğuk iklim bölgelerinde (4. ve 5. bölge) yer alan 5 il için optimum yalıtım kalınlıkları; 4 farklı yalıtım malzemesi (XPS, EPS, cam yünü, taş yünü), 3 farklı duvar bileşeni (tuğla, gazbeton, betonarme), 2 farklı yakıt türü (doğal gaz, kömür) ve 2 farklı duvar tipi (dıştan yalıtımlı, içten yalıtımlı) için hesaplanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Binalardaki ısı kayıpları yapının pek çok bölümünden gerçekleşmektedir. Dış duvarlar, ısı kayıplarının en çok gerçekleştiği bölümlerden biri olduğu için bu çalışmada sadece dış duvarlara uygulanan yalıtım sistemleri değerlendirilmiştir [9]. Çalışmaya, ülkemizin en soğuk bölgeleri olan 4. ve 5. derece bölgelerinde bulunan 5 il dahil edilmiştir.

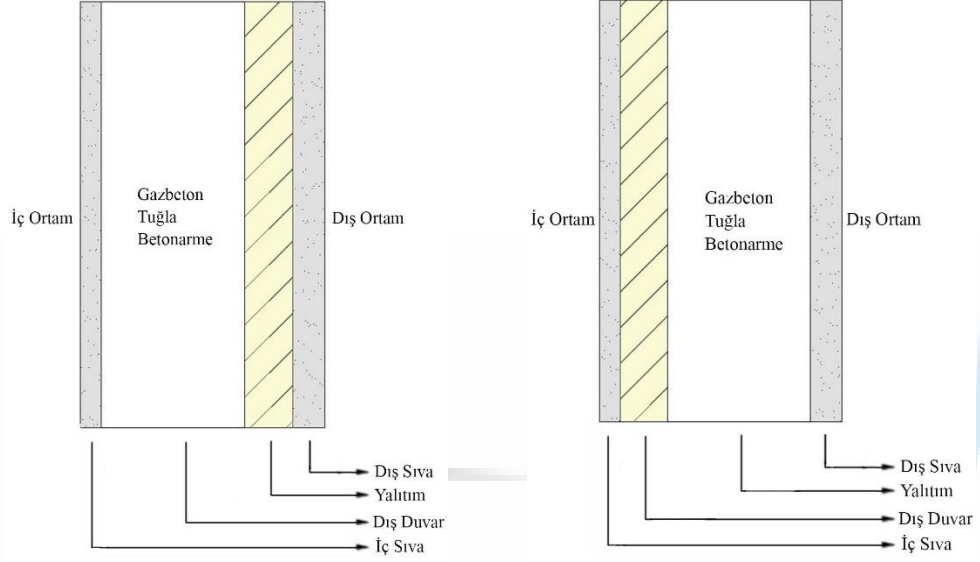
Çalışmada "TS 825 Isı Yalıtım Kuralları Standardı" ve "Derece Gün Metodu" yöntemi kullanılmıştır. Çalışılan illerin derece gün sayıları Tablo 1'de verilmiştir. Her bölgenin en düşük ve en yüksek DGS değerine sahip olan illeri seçilmiştir.

**Tablo 1.** İllerin DGS değerleri [11]

İller	Derece Bölgeleri	DGS
Erzincan	□	3047
Yozgat	□	3422
Bayburt	□	4149
Ağrı	□	4423
Ardahan	□	5137

## 2.1. Bina Duvarlarının Yapısı

Bu çalışmada 2 cm iç sıva, 13.5 cm gazbeton, 13.5 cm tuğla, 16 cm betonarme duvar, yalıtım malzemeleri ve 3 cm dış sıvadan oluşan dıştan ve içten yalıtımlı duvar modelleri için hesaplamalar yapılmıştır. Yatay delikli tuğla, betonarme ve gazbeton olmak üzere üç farklı yapı malzemesinden oluşan duvar modelleri dıştan yalıtımlı uygulamalar için Şekil 1’de, içten yalıtımlı uygulamalar için ise Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dıştan Yalıtımlı Duvar

Şekil 2. İçten Yalıtımlı Duvar

Yapı bileşenlerine ait özellikler Tablo 2’ de sunulmuştur. Hesaplamalarda kullanılan yalıtım malzemelerinin ve yakıt türlerinin parametreleri ise Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 2. Yapı Bileşenlerinin Özellikleri [11]

Malzeme	Dıştan Yalıtımlı Duvar			İçten Yalıtımlı Duvar		
	Kalınlık (m)	k (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Kalınlık (m)	k (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
İç Sıva	0.020	1	0.020	0.020	1	0.020
Dış Sıva	0.030	1.600	0.018	0.030	1.600	0.018
Gazbeton	0.135	0.200	0.675	0.135	0.200	0.675
Tuğla	0.135	0.450	0.300	0.135	0.450	0.300
Betonarme	0.160	2.500	0.064	0.160	2.500	0.064
R <sub>i</sub>			0.130			0.130
R <sub>d</sub>			0.040			0.040
Gazbeton R <sub>toplam</sub>			<b>0.883</b>			<b>0.883</b>
Tuğla R <sub>toplam</sub>			<b>0.508</b>			<b>0.508</b>
Betonarme R <sub>toplam</sub>			<b>0.272</b>			<b>0.272</b>

Tablo 3. Hesaplamalarda Kullanılan Parametreler [12, 13]

Yalıtım Malzemesi	k (W/mK)	Birim Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )	Yakıt	H <sub>u</sub>	η	Birim Fiyat (\$/m <sup>3</sup> )
Cam Yünü	0.039	45	Doğal gaz	34.541 kJ/m <sup>3</sup>	0.90	0.219
Taş Yünü	0.040	80	İthal Kömür	25.120 kJ/kg	0.65	0.259 \$/kg
XPS	0.030	90				
EPS	0.035	40				

## 2.2. Bina Duvarlarının Isı Kaybı ve Yıllık Enerji İhtiyacı

Dış duvarın birim alanından gerçekleşen ısı kaybı  $Q$  ( $W/m^2$ ),

$$Q=U \cdot \Delta t \quad (1)$$

formülü ile hesaplanır. Toplam ısı geçiş katsayısı olan  $U$  ( $W/m^2K$ ),

$$U= \frac{1}{R_{iç\ siva}+ R_{duvar}+ R_{yalıtım}+ R_{dış\ siva}} \quad (2)$$

şeklindedir.  $R$ 'nin birimi  $m^2K/W$  olup ısı iletim direncini göstermektedir. Birim alandan gerçekleşen yıllık ısı kaybı  $Q_{yıl}$  ( $W/m^2$ ) ise  $U$  ( $W/m^2K$ ) ve derece gün sayısı kullanılarak hesaplanır.

$$Q_{yıl}=86400 \cdot DGS \cdot U \quad (3)$$

Isıtma için gerekli yıllık enerji ihtiyacı  $E_{yıl}$  ( $W/m^2$ ), birim alandan gerçekleşen yıllık ısı kaybının sistem verimine bölünmesi ile bulunur.

$$E_{yıl}=(86400 \cdot DGS \cdot U)/\eta \quad (4)$$

## 2.3. Yıllık Enerji Maliyeti ve Optimum Yalıtım Kalınlığının Hesaplanması

Enerji maliyeti hesaplanırken gelecek değer faktörü olarak nitelendirilen bir parametre kullanılır ve belirlenen bir zaman dilimine göre hesaplamalar yapılır. Enflasyon ve faiz oranlarına bağlı olarak değişen GDF;

$$GDF= \frac{(1+r)^N-1}{r \cdot (1+r)^N} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır. GDF' nin hesaplanmasında kullanılan 2020 yılı TÜİK verileri Tablo 4'de verilmiştir.  $i$  faiz oranını,  $g$  enflasyon oranını,  $r$  gerçek faiz oranını ve  $N$  ömür süresini ifade etmektedir.

**Tablo 4.** GDF parametresinin hesaplanması

Parametre	Değeri
$i$	%11
$g$	%11.86
$r$	0.071
$N$	10 yıl
<b>GDF</b>	<b>7.035</b>

Birim yüzeyi ısıtmak için gereken yıllık enerji maliyeti  $C_{yıl}$  ( $\$/m^2$ ),

$$C_{yıl}= \frac{86400 \cdot DGS \cdot U \cdot C_{yakıt}}{H_u \cdot \eta} \quad (6)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bulunan GDF değerinin yıllık gereken enerji maliyeti  $C_{yıl}$  ( $\$/m^2$ ) ile çarpılması sonucunda enerji maliyeti değeri ( $\$/m^2$ ) bulunmaktadır.

$$\text{Enerji Maliyeti} = C_{yıl} \cdot GDF \quad (7)$$

Yalıtım maliyeti ( $\$/m^2$ ) ise, yalıtım malzemesinin birim fiyatının  $C_{yalıtım}$  ( $\$/m^3$ ) yalıtım kalınlığı ( $m$ ) ile çarpılması sonucu bulunur.

$$\text{Yalıtım Maliyeti} = C_y \cdot x \quad (8)$$

Bir binanın toplam ısıtma maliyeti  $C_{\text{yalıtım toplam}}$  (\$/m<sup>2</sup>), enerji maliyetinin ve yalıtım maliyetinin toplamı olarak hesaplanır.

$$C_{\text{yalıtım toplam}} = C_{\text{yıl}} \cdot \text{GDF} + C_y \cdot x \quad (9)$$

Toplam ısıtma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı (m) ise;

$$X_{\text{op}} = 293.94 \left( \frac{\text{DGS} \cdot C_{\text{ykt}} \cdot \text{GDF} \cdot k}{H_u \cdot C_{\text{mlz}} \cdot \eta} \right)^{1/2} - k \cdot R_{\text{duvt}} \quad (10)$$

formülü ile hesaplanır. Yukarıda verilen eşitlikten anlaşılacağı üzere optimum yalıtım kalınlığı, yakıtın özelliklerine ve maliyetine, yalıtım malzemesinin özelliklerine ve maliyetine, gelecek değer faktörüne, bölgenin derece gün sayısına ve duvarın fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

#### 2.4. Enerji Tasarrufu Miktarı

Ömür maliyet analizi yöntemine göre net tasarruf miktarı  $A_{\text{yıl}}$  (\$/m<sup>2</sup>),

$$A_{\text{yıl}} = C_{\text{toplam}} - C_{\text{yalıtım toplam}} \quad (11)$$

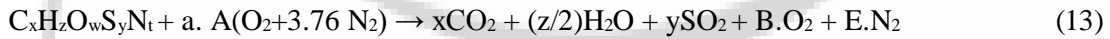
formülü ile hesaplanmaktadır.  $C_{\text{toplam}}$  (\$/m<sup>2</sup>) 10 yıllık süre boyunca yalıtılmamış bir binanın ısıtma maliyetini,  $C_{\text{yalıtım toplam}}$  (\$/m<sup>2</sup>) ise yalıtılmış bir binanın toplam ısıtma maliyetini ifade etmektedir.

#### 2.5. Yıllık Yakıt Tüketimi ve Çevresel Etki Analizi

Bir binadaki yıllık yakıt tüketimi  $m_{fA}$  (kg/m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>),

$$m_{fA} = \frac{86400 \cdot \text{DGS} \cdot U}{H_u \cdot \eta} \quad (12)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Yakıt tüketimine bağlı olarak gerçekleşen CO<sub>2</sub> emisyonun hesaplanmasında yakıtın yanma tepkimesi baz alınmaktadır. Yakıt için yanmanın genel kimyasal formülü;



eşitliği ile hesaplanır [13]. x, z, w, y, t değerlerinin bulunmasında kullanılan yakıtların kimyasal formülleri Tablo 5'de sunulmuştur.

**Tablo 5.** Yakıtların kimyasal formülleri [14]

Yakıt	Kimyasal Formül
Doğal gaz	C <sub>1.05</sub> H <sub>4</sub> O <sub>0.034</sub> N <sub>0.022</sub>
Kömür	C <sub>7.078</sub> H <sub>5.149</sub> O <sub>0.517</sub> S <sub>0.01</sub> N <sub>0.086</sub>

CO<sub>2</sub> emisyonu (kg/m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>);

$$m_{CO_2} = \frac{44 \cdot x}{M} \cdot m_{fA} \quad (14)$$

eşitliği ile hesaplanır. M, yakıtın mol kütlesi olup denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$M = 12x + z + 16w + 32y + 14t \quad (15)$$

### 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

TS825 standardına göre 4. ve 5. bölgede bulunan 5 il için üç farklı duvar tipinde; iki farklı yalıtım uygulaması, dört farklı yalıtım malzemesi ve iki farklı yakıt türü için optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri hesaplanmıştır.

Dıştan ve içten yalıtımlı duvar uygulamalarında hesaplanan R değerleri aynı olduğu için bulunan tüm değerler (optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları, CO<sub>2</sub> emisyonları) aynı çıkmıştır.

Elde edilen gazbeton duvar verileri Tablo 6'da, tuğla duvar verileri Tablo 7'de ve betonarme duvar verileri Tablo 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Gazbeton duvarda optimum yalıtım kalınlığı  $X_{opt}$  (m), enerji tasarrufu  $A_{yıl}$  (\$/m<sup>2</sup>) ve CO<sub>2</sub> emisyonu  $m_{CO_2}$  (kg/m<sup>2</sup>) değerleri

	Doğal gaz			Kömür		
Taş yünü	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$
Erzincan	0.045	4.679	11.102	0.086	16.704	16.592
Yozgat	0.050	5.725	11.766	0.093	19.640	17.583
Bayburt	0.059	7.866	12.956	0.106	25.500	19.361
Ağrı	0.062	8.704	13.376	0.111	27.757	19.990
Ardahan	0.070	10.957	14.416	0.122	33.738	21.544
Cam yünü	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$
Erzincan	0.072	6.755	8.222	0.125	20.459	12.287
Yozgat	0.078	8.002	8.713	0.135	23.696	13.022
Bayburt	0.090	10.502	9.594	0.152	30.095	14.338
Ağrı	0.094	11.468	9.906	0.158	32.542	14.804
Ardahan	0.104	14.034	10.676	0.173	38.994	15.954
XPS	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$
Erzincan	0.039	5.290	10.198	0.072	17.842	15.241
Yozgat	0.043	6.399	10.808	0.078	20.872	16.151
Bayburt	0.050	8.652	11.900	0.089	26.902	17.784
Ağrı	0.053	9.531	12.287	0.093	29.218	18.362
Ardahan	0.059	11.882	13.242	0.102	35.347	19.789
EPS	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$
Erzincan	0.076	7.464	7.344	0.129	21.680	10.975
Yozgat	0.082	8.772	7.782	0.139	25.008	11.630
Bayburt	0.094	11.382	8.569	0.156	31.572	12.806
Ağrı	0.098	12.386	8.848	0.162	34.078	13.222
Ardahan	0.108	15.049	9.535	0.177	40.673	14.250

**Tablo 7.** Tuğla duvarda optimum yalıtım kalınlığı  $X_{opt}$  (m), enerji tasarrufu  $A_{yıl}$  (\$/m<sup>2</sup>) ve CO<sub>2</sub> emisyonu  $m_{CO_2}$  (kg/m<sup>2</sup>) değerleri

	Doğal gaz			Kömür		
Taş yünü	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$
Erzincan	0.060	14.386	11.102	0.101	40.064	16.592
Yozgat	0.065	16.775	11.766	0.108	46.023	17.583
Bayburt	0.074	21.518	12.956	0.121	57.743	19.361
Ağrı	0.077	23.338	13.376	0.126	62.208	19.990
Ardahan	0.085	28.146	14.416	0.137	73.944	21.544
Cam yünü	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$	$X_{opt}$	$A_{yıl}$	$m_{CO_2}$
Erzincan	0.087	17.005	8.222	0.140	44.361	12.287
Yozgat	0.093	19.594	8.713	0.149	50.620	13.022
Bayburt	0.104	24.696	9.594	0.166	62.879	14.338
Ağrı	0.108	26.643	9.906	0.172	67.535	14.804

Ardahan	0.118	31.765	10.676	0.187	79.742	15.954
<b>XPS</b>	<b>X<sub>opt</sub></b>	<b>A<sub>yıl</sub></b>	<b>mco<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>opt</sub></b>	<b>A<sub>yıl</sub></b>	<b>mco<sub>2</sub></b>
Erzincan	0.051	15.185	10.198	0.084	41.389	15.241
Yozgat	0.055	17.636	10.808	0.090	47.442	16.151
Bayburt	0.062	22.492	11.900	0.100	59.332	17.784
Ağrı	0.064	24.352	12.287	0.104	63.857	18.362
Ardahan	0.070	29.529	13.242	0.113	75.740	19.789
<b>EPS</b>	<b>X<sub>opt</sub></b>	<b>A<sub>yıl</sub></b>	<b>mco<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>opt</sub></b>	<b>A<sub>yıl</sub></b>	<b>mco<sub>2</sub></b>
Erzincan	0.089	17.847	7.344	0.143	45.715	10.975
Yozgat	0.095	20.497	7.782	0.152	52.066	11.630
Bayburt	0.107	25.709	8.569	0.169	64.489	12.806
Ağrı	0.111	27.695	8.848	0.175	69.203	13.222
Ardahan	0.121	32.913	9.535	0.190	81.554	14.250

**Tablo 8.** Betonarme duvarda optimum yalıtım kalınlığı X<sub>opt</sub> (m), enerji tasarrufu A<sub>yıl</sub> (\$/m<sup>2</sup>) ve CO<sub>2</sub> emisyonu mco<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>) değerleri

	Doğal gaz			Kömür		
Taş yünü	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>
Erzincan	0.070	35.915	11.102	0.110	89.485	16.592
Yozgat	0.075	41.046	11.766	0.118	101.619	17.583
Bayburt	0.083	51.106	12.956	0.131	125.311	19.361
Ağrı	0.086	54.930	13.376	0.135	134.288	19.990
Ardahan	0.094	64.960	14.416	0.146	157.781	21.544
Cam yünü	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>
Erzincan	0.096	38.875	8.222	0.149	94.123	12.287
Yozgat	0.102	44.206	8.713	0.158	106.557	13.022
Bayburt	0.113	54.626	9.594	0.176	130.788	14.338
Ağrı	0.118	58.576	9.906	0.182	139.956	14.804
Ardahan	0.127	68.921	10.676	0.197	163.921	15.954
XPS	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>
Erzincan	0.058	36.831	10.198	0.091	90.928	15.241
Yozgat	0.062	42.026	10.808	0.097	103.156	16.151
Bayburt	0.069	52.199	11.900	0.107	127.017	17.784
Ağrı	0.071	56.062	12.287	0.111	136.054	18.362
Ardahan	0.077	66.191	13.242	0.120	159.696	19.789
EPS	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>	X <sub>opt</sub>	A <sub>yıl</sub>	mco <sub>2</sub>
Erzincan	0.097	39.801	7.344	0.151	95.561	10.975
Yozgat	0.104	45.193	7.782	0.160	108.081	11.630
Bayburt	0.115	55.722	8.569	0.178	132.482	12.806
Ağrı	0.119	59.712	8.848	0.184	141.708	13.222
Ardahan	0.129	70.152	9.535	0.199	165.816	14.250

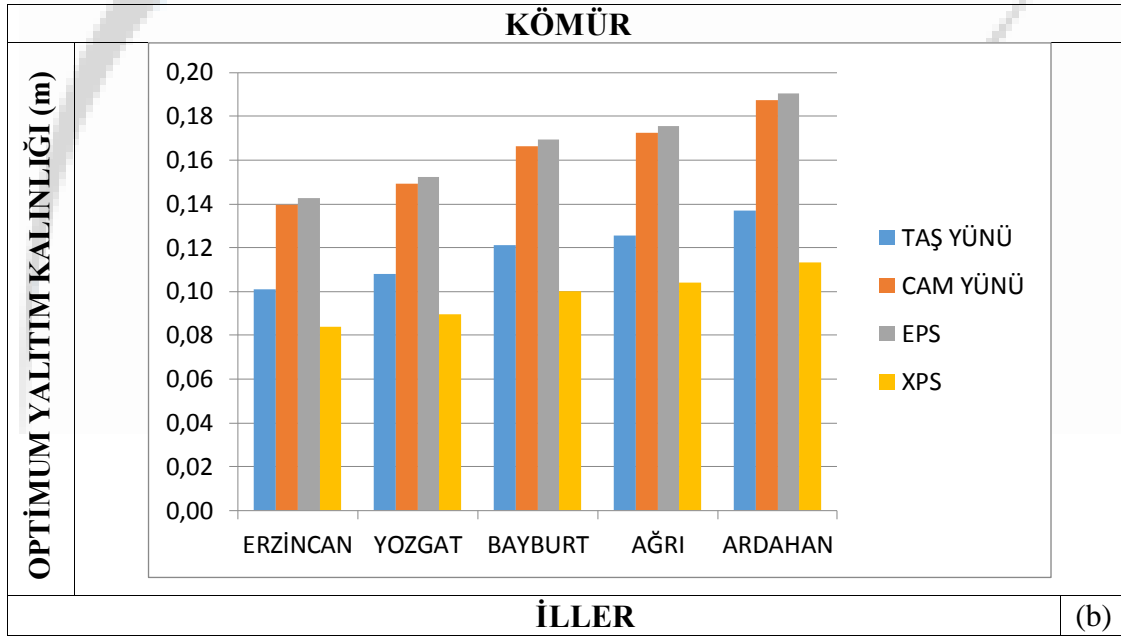
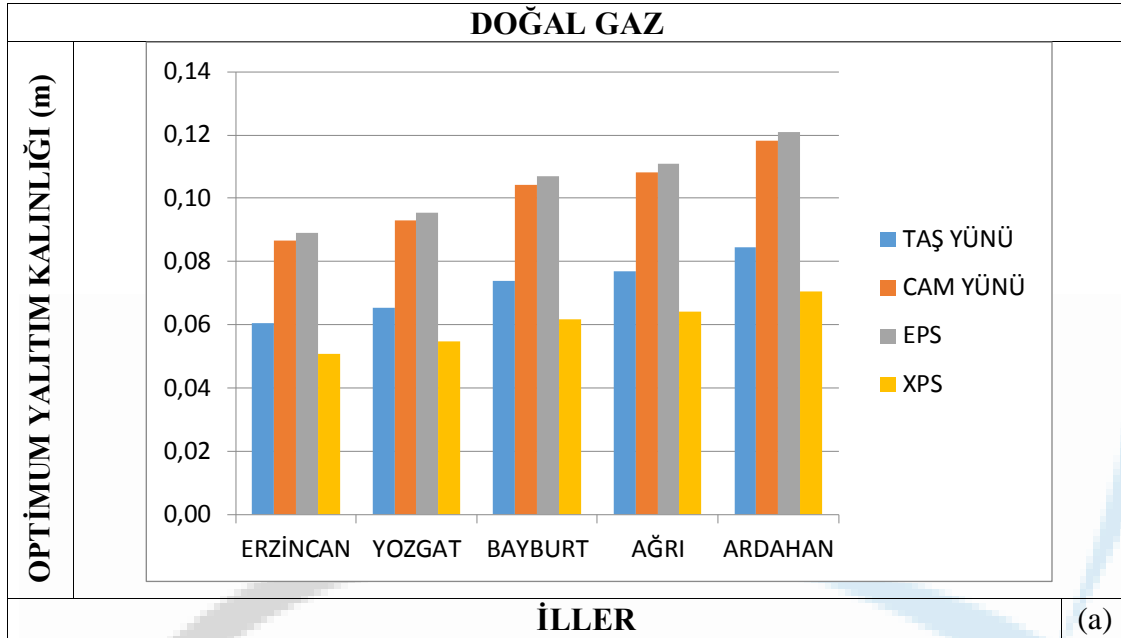
Optimum yalıtım kalınlığı; taş yünü için 4.5- 14.6 cm, cam yünü için 7.2- 19.7 cm, XPS için 3.9- 12 cm, EPS için 7.6- 19.9 cm arasında değişmiştir.

Tablolar incelendiği zaman;

- İllere göre kıyaslandığında; yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve CO<sub>2</sub> emisyonu parametrelerine göre en düşük değerlerin DGS değeri en az olan Erzincan ilinde, en yüksek değerlerin DGS değeri en fazla olan Ardahan ilinde olduğu gözlenmiştir.
- Yalıtım malzemelerinin sonuçları değerlendirildiğinde;
  - Optimum yalıtım kalınlığı, EPS> Cam yünü> Taş yünü> XPS,
  - Enerji tasarrufu değerleri, EPS> Cam yünü> XPS> Taş yünü

- CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri, Taş yünü> XPS> Cam yünü> EPS şeklindedir. CO<sub>2</sub> emisyonu en az, enerji tasarrufu en fazla olan EPS, en avantajlı yalıtım malzemesidir.

Bu bulguların gösterimi Şekil 3 (a)'da doğal gaz, Şekil 3 (b)'de kömür için sunulmuştur. 5 ilin tuğla duvar modeli üzerinde dört farklı yalıtım malzemesi için hesaplanan optimum yalıtım kalınlığı değerleri verilmiştir.

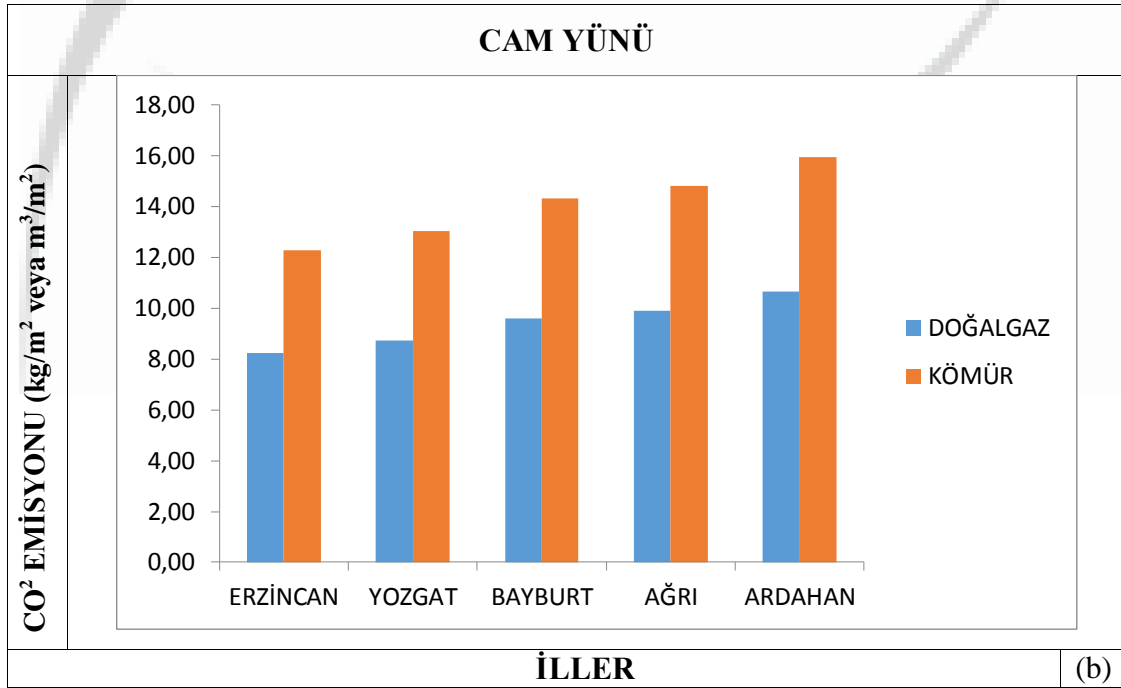
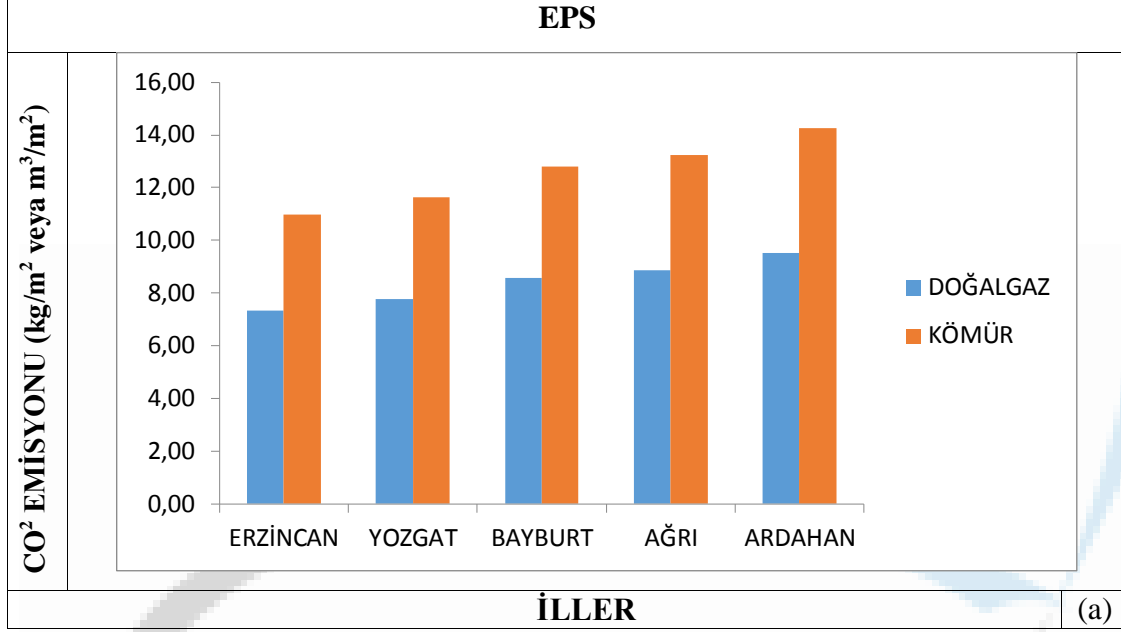


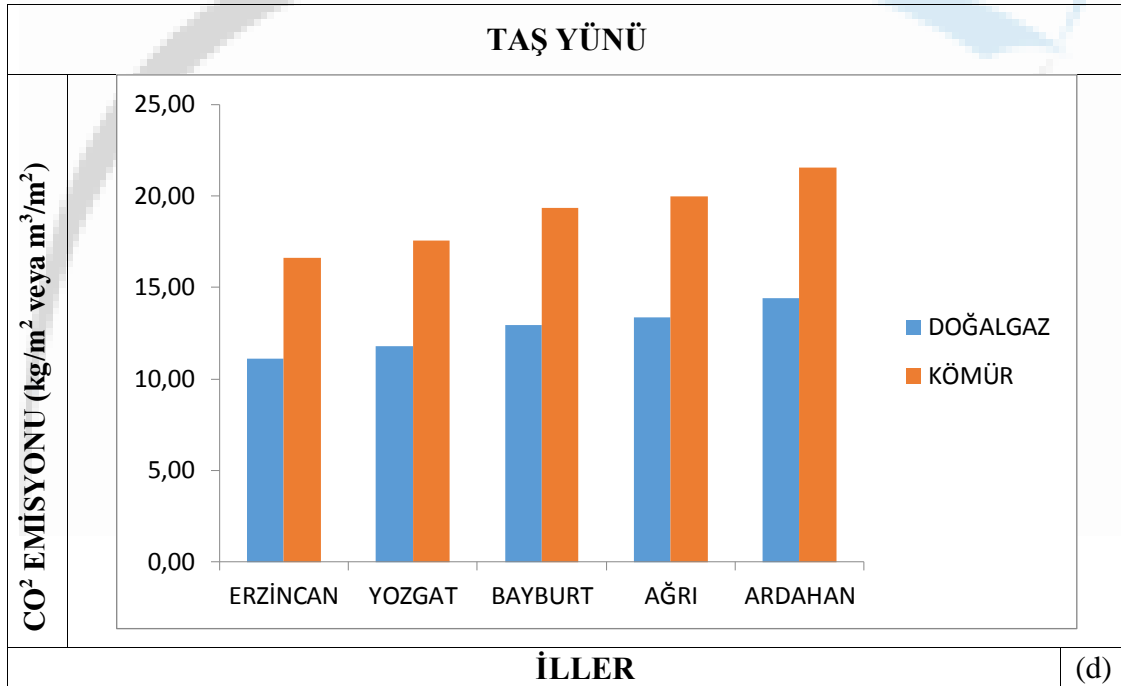
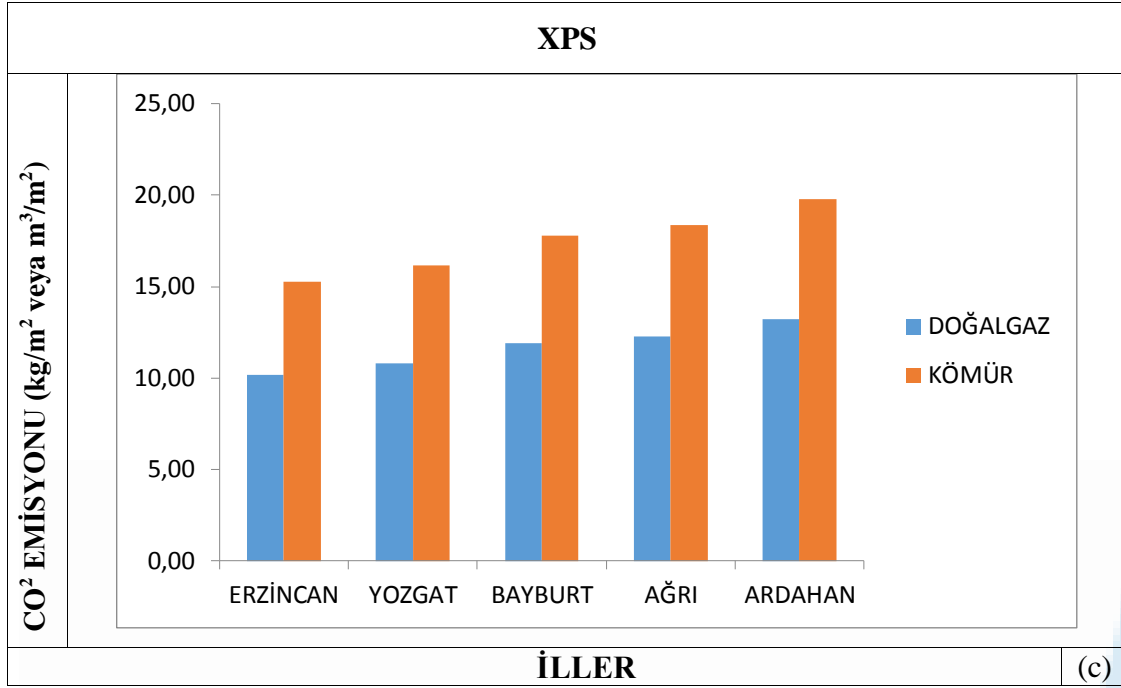
**Şekil 3.** Yalıtım malzemelerinin (a) doğal gaz (b) kömür yakıt türlerine ve illere göre optimum yalıtım kalınlığı değerleri

- Duvar malzemesinin sonuçlarına bakıldığı zaman; optimum yalıtım kalınlığının ve enerji tasarrufunun Betonarme> Tuğla> Gazbeton sıralamasında, CO<sub>2</sub> emisyonununun üç duvar tipi için

de eşit olduğu görülmektedir. Optimum koşullar, gazbeton duvarda daha az yalıtım kalınlıklarıyla sağlanabildiği için en avantajlı duvar malzemesi gazbetondur.

- Doğal gaz yakıtının kullanımında kömüre göre; optimum yalıtım kalınlığının ve CO<sub>2</sub> emisyonunun daha az, doğal gaz yakıtı ile binanın ısıtılmasında daha az enerji tüketildiği için enerji tasarrufunun da daha az olduğu görülmektedir. Yalıtım malzemelerinin doğal gaz ve kömür yakıt türlerine göre CO<sub>2</sub> emisyonu değerlendirmesi Şekil 4' de verilmiştir.





Şekil 4. (a) EPS (b) Cam Yünü (c) XPS (d) Taş Yünü yalıtım malzemelerinin illere ve yakıt türlerine göre CO<sub>2</sub> emisyon değerleri

#### 4. SONUÇ

Elde edilen verilere göre enerji tasarrufu; doğal gaz için 4.679 - 70.152 \$/m<sup>2</sup>, kömür için 16.704 - 165.816 \$/m<sup>2</sup> ve CO<sub>2</sub> emisyonu; doğal gaz için 7.344 - 14.416 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, kömür için 10.975 - 21.544 kg/m<sup>2</sup> arasında olmaktadır. Bu verilere bakılarak optimum yalıtım uygulamaları sayesinde önemli miktarda enerji tasarrufu sağlandığı ve çevre kirliliğinin büyük oranda azaldığı sonucuna varılmaktadır.

Gazbeton duvar, EPS yalıtım malzemesi ve doğal gaz yakıtı ile kullanıldığında; enerji tasarrufu 7.464 \$/m<sup>2</sup> - 15.049 \$/m<sup>2</sup> ve CO<sub>2</sub> emisyonu 7.344 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> - 9.535 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, betonarme duvar, taş yünü yalıtım malzemesi ve kömür yakıtı ile kullanıldığında; enerji tasarrufu 89.485 \$/m<sup>2</sup> - 157.781 \$/m<sup>2</sup> ve CO<sub>2</sub> emisyonu 16.592 kg/m<sup>2</sup> - 21.544 kg/m<sup>2</sup> değerleri arasındadır. Farklı bileşenlerin bir araya getirilmesi ile bu sonuçlar değişebilmektedir. En iyi sonucu sağlayan duvar bileşenlerinin (gazbeton duvar, yalıtım malzemesi olarak EPS, yakıt türü olarak doğal gaz) Erzincan ilinde kullanıldığında enerji tasarrufu 7.464 \$/m<sup>2</sup>, CO<sub>2</sub> emisyonu 7.344 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, Ardahan ilinde kullanıldığında ise enerji tasarrufu 15.049 \$/m<sup>2</sup>, CO<sub>2</sub> emisyonu 9.535 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Diğer illerin değerleri bu iki ilin verileri arasında değişmektedir.

#### SİMGE LİSTESİ

Ayıl	: Ömür maliyet analizi yöntemine göre net tasarruf miktarı
$\Phi$	: Bağlı nem
C <sub>toplam</sub>	: Yalıtılmamış bir binanın ısıtma maliyeti
C <sub>yalıtım</sub>	: Yalıtım malzemesinin birim fiyatı
C <sub>yakıt</sub>	: Yakıtın birim fiyatı
C <sub>yalıtım toplam</sub>	: Yalıtımı yapılan bir binanın toplam ısıtma maliyeti
C <sub>yıl</sub>	: Birim yüzeyi ısıtmak için gereken yıllık enerji maliyeti
C <sub>yıl1</sub>	: Yalıtımsız bir binanın birim yüzey için ısıtılmasının yıllık enerji maliyeti
C <sub>yıl2</sub>	: Yalıtımlı bir binanın birim yüzey için ısıtılmasının yıllık enerji maliyeti
d	: Kalınlık
$\Delta t$	: Dış ortam ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı
E <sub>yıl</sub>	: Isıtma için gerekli yıllık enerji ihtiyacı
g	: Enflasyon oranı
H <sub>u</sub>	: Yakıtın alt ısı değeri
i	: Faiz oranı
k	: Isı iletim katsayısı
L	: Kalınlık
$\lambda$	: Isı iletim katsayısı
M	: Yakıtın mol kütlesi
mCO <sub>2</sub>	: CO <sub>2</sub> emisyonu
mf <sub>A</sub>	: Bir binadaki yıllık yakıt tüketimi
mSO <sub>2</sub>	: SO <sub>2</sub> emisyonu
$\eta$	: Yakıtın sistem verimi
N	: Binanın ömür süresi
P	: Kısmi su buharı basıncı
P <sub>s</sub>	: Doymuş su buharı basıncı
pp	: Geri ödeme süresi
Q	: Dış duvarın birim alanından gerçekleşen ısı kaybı
Q <sub>yıl</sub>	: Birim alandan gerçekleşen yıllık ısı kaybı
r	: Gerçek faiz oranı
R	: Isı iletim direnci
R <sub>dış</sub>	: Dış ortamın ısı iletim direnci
R <sub>dış sıva</sub>	: Dış sıvanın ısı iletim direnci

$R_{duvar}$	: Isı yalıtımı olmadan duvar katmanlarının ısı iletim direnci
$R_{iç}$	: İç ortamın ısı iletim direnci
$R_{iç\ siva}$	: İç sıvanın ısı iletim direnci
$R_{yalıtım}$	: Yalıtım malzemesinin ısı iletim direnci
$S_d$	: Eş değer hava tabakası kalınlığı
$T_n$	: n duvar katmanındaki yüzey sıcaklığı
$U$	: Bir duvarın toplam ısı geçiş katsayısı
$\mu$	: buhar difüzyonu direnç katsayısı
$X_{opt}$	: Optimum yalıtım kalınlığı



## KAYNAKLAR

- [1] Köken, K., (2017). Sürdürülebilir Kentsel Tasarım Kriterleri Açısından Kentsel Dönüşüm Projelerinin İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi
- [2] Yıldız, A., Gürlek, G., Erkek, M., Özbalta, N., (2008). Economical and Environmental Analyses of Thermal Insulation Thickness in Buildings, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, Sayı 28, 25-34
- [3] Demir, İ.H., (2014). *Bina Dış Duvarları İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi ve Maliyet Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [4] Karakaya, H., (2018). Farklı Duvar ve Yakıt Tiplerinde Optimum Yalıtım Kalınlığının Isıtma ve Soğutmada Tespiti ve Çevresel Etkileri, *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 30(2), 193-202
- [5] Kürekçi, A., Erdem, S., (2019). Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerinin Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlığına Etkisi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 172, 7-20
- [6] Kürekçi, N.A., Özcan, M., (2020). A Practical Method for Determination of Economic Insulation Thickness of Steel, Plastic and Copper Hotwater Pipes, *Journal of Thermal Engineering*, 6 (1), pp. 72-86
- [7] Kürekçi, A., Bardakçı, T., Çubuk, H., Emanet, Ö., (2012). Türkiye'nin Tüm İlleri için Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 131, 5-21
- [8] Aytaç, A., Aksoy, T., (2006). Enerji Tasarrufu için Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4), 753-758
- [9] Evin, D., Uçar, A., (2018). Energy Impact and Eco-Efficiency of the Envelope Insulation in Residential Buildings in Turkey, *Applied Thermal Engineering Dergisi*, 154, 573-584
- [10] Bolattürk, A., Dağdır, C., (2013). Güneş Radyasyonu Dikkate Alınarak Sıcak İklim Bölgelerindeki Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 33, 87-99
- [11] Atmaca, U., (2016). TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler, *Tesisat Mühendisliği*, 154, 21- 35
- [12] <https://csb.gov.tr>, Erişim: 13 Nisan 2020
- [13] <https://www.igdas.istanbul/yakit-fiyatlari-karsilastirmasi>, Erişim: 25 Haziran 2020
- [14] Ceylan, N., (2012). *Türkiye 'de Konut Dış Duvar Sistemlerinde Gerçekleştirilen Isı Yalıtımı Uygulamalarının Üretim Ve Yapım Süreçlerinin Çevresel Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

**Presentation ID / Sunum No: 70**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-4234-4034

## **Thermogravimetric and Spectroscopy Analysis of CF+SWCNT Reinforced and Recycled Ferrochrome Substituted Polymer Concrete**

**Assist. Prof. Dr. Fatih Doğan<sup>1</sup>, Prof. Dr. Serkan Subaşı<sup>2</sup>, Dr. Heydar Dehghanpour<sup>3</sup>,  
Researcher Muhammed Marash<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi

<sup>3</sup>Fibrobeton

\*Corresponding author: Fatih Doğan

### **Abstract**

*In this study, the chemical bonding interactions of carbon fiber (CF) and single-walled nanotube (SWCNT) particles in the resin matrix were explained by adding Raman spectroscopy, Thermogravimetric Analysis (TGA), Differential Thermal Analysis (DTA) and Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) to a mixture of silica sand and waste ferrochrome filled polymer mortar. Waste ferrochrome and silica sand materials were used as aggregates in polymer mortar and their interactions with epoxy resin were investigated. The presence of CFs and SWNTs was confirmed by Raman spectroscopy and FTIR. TGA tests showed that the polymer concrete weight loss was 30% at about 500 °C due to the interaction of the CF and SWCNT additive components in the silica sand filled polymer concrete sample with the epoxy resin. In the study conducted with waste ferrochrome material used as aggregate, industrial waste that creates environmental pollution was evaluated and its effect on the polymer concrete mixture and the interaction of CF and SWCNT reinforcement particles were examined.*

**Keywords:** Polymer concrete, Raman, TGA, DTA, FTIR

### **INTRODUCTION**

Recently, the need for materials with superior properties compared to traditional concrete structures has been increasing in building materials applications in the construction industry. Increasing interest in building materials has increased the studies on high performance concrete production. For this, it is aimed to produce materials with high strength and long working life by changing the mixture components used in concrete mortars (Nodehi & Nodehi, 2022). As it is known, while cement is used as the main component in conventional cement concrete, where cement hydration takes place, polymer binders are used for the polymerization reaction to occur in polymer concrete (Toufigh et al., 2017). Especially, it is emphasized that the mechanical properties of fiber-reinforced polymer concretes are superior to conventional portland cement concretes. It has been reported that the dynamic load energy is absorbed by the polymer concrete structures, limiting the vibration amplitude, and thus providing high performance (Troncossi et al., 2020). In previous studies, it has been reported that carbon fibers added to polymer concrete improve the mechanical properties of polymer concrete material (Shokrieh et al., 2011, 2015). On the other hand, it has been reported that the fibers added to the polymer concrete reduce the

operability of the concrete material (Douba et al., 2019). For this reason, it is necessary to develop production techniques in polymer concrete studies so that the mechanical properties of the concrete material are least affected. The polymerization that takes place with the binder material used in the production of polymer concrete allows chemical interaction between the components in the mixture (Theodore et al., 2011). Studies have been carried out on the effects of the components added to the polymer concrete mixture on the binder material. In studies conducted for polymer concrete applications, the relationship between resin and mixture components was investigated by investigating thermal and mechanical properties (Kępczak et al., 2021). In studies on polyester, vinyl, and epoxy resin, it has been reported that the mechanical properties of polymer concrete are improved. However, it has been stated that the use of different filling materials in polymer concrete contributes significantly to the microstructure of the concrete (Golewski, 2021). In addition, the high cost of polymer concrete compared to conventional concrete, by changing the filling materials used in the mixture, it is aimed to both reduce the cost and improve the performance of polymer concrete. It has been reported that the durability and thermal properties of the polymer concrete material increase by reducing the cost in studies with resin and different filling materials in polymer concrete. It is emphasized that the dispersion ratio between resin/filler is effective on durability and strength (Heidarnezhad et al., 2020). In addition, it has been reported that epoxy used as a resin contributes to the thermal properties of polymer concrete (Khotbehsara et al., 2019). In the literature, there is almost no study of polymer concrete containing silica sand or ferrochrome filler. In addition, there are no studies that add CF or SWCNT to the mixture with these fillers. There are studies on the mechanical properties of the material in studies on polymer concrete. However, there is not much information about the chemical reaction interactions and results of the components in the polymer concrete material. In this study, the effects of two different fillers (silica sand and ferrochrome) and two different additive components (CF and SWCNT) on the chemical and physical interaction in the mixture were investigated in the production of polymer concrete.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **USED MATERIALS**

The details of the mixtures produced within the scope of the study are given in Table 1. Polives 701 Bisphenol-A based epoxy was used as the binder material in the produced concretes. 100% and 50% silica sand (SS) and recycled ferrochrome (FRC) were used as aggregates according to different mix design. The grain size range of the aggregates used was 1-1000  $\mu\text{m}$ . While dry mix is prepared first and then water is added in cementitious materials, epoxy and additional additive liquids are combined first in polymer concretes, and filling materials are added to the resulting mixture. In this study, methyl ethyl ketone (MEK) peroxide and cobalt were used as additives to epoxy. In polymer concretes, MMEK and cobalt are widely used as hardener and set accelerator, respectively. 12 mm long, 7.2  $\mu\text{m}$  diameter, and 0.00155 electrically resistant carbon fiber (CF) has been used as conductivity enhancing fiber. In addition, single-walled carbon nanotube (SWCNT) was preferred as nano-sized conductive additive material. Cobalt and MEK were added to the epoxy matrix for polymer concrete production and mixed for 5 minutes. Then, silica sand, which was used as filling material, was added and mixed again for 5 minutes. Mixtures containing carbon nanotubes were previously prepared by dispersing the carbon nanotube in epoxy for 15 minutes. After the matrix and phase materials were combined, 0.75% CF was added and mixing was continued for another 90 seconds, then placed in molds. The schematic production flow image summarizing the production procedure is given in figure 1.

**Table 1.** mixture details of samples.

No	Sample code	SS (wt%)	FRC (wt%)	Epoxy (wt%)	Cobalt (wt%)	MEK (wt%)	CF (V%)	CNT (wt%)
1	SS-CF	65.25	0	33.06	0.33	0.49	0.75	0
2	FRC-CF	0	65.25	33.06	0.33	0.49	0.75	0
3	SS-FRC-CF	32.63	32.63	33.06	0.33	0.49	0.75	0
4	SS-CNT-CF	65.25	0	33.01	0.33	0.49	0.75	0.05
5	FRC-CNT-CF	0	65.25	33.01	0.33	0.49	0.75	0.05
6	SS-FRC-CNT-CF	32.63	32.63	33.01	0.33	0.49	0.75	0.05

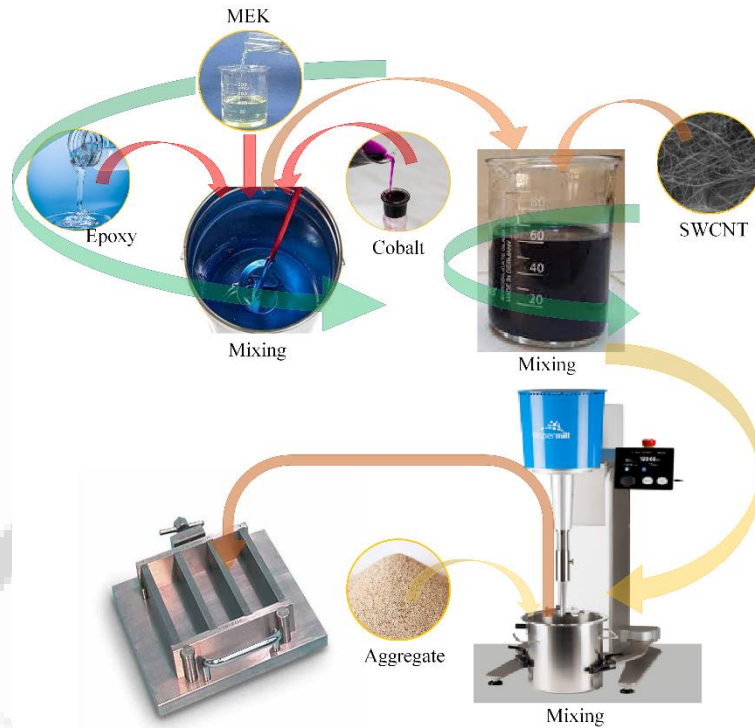


Figure 5. Schematic view of the production process.

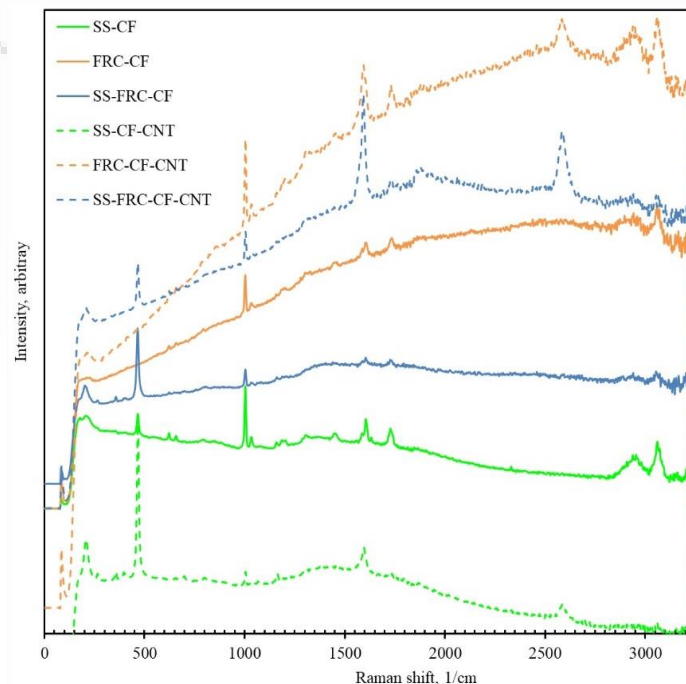
## TEST METHODS

Raman spectra of polymer concrete samples were obtained with the Kaiser Raman RXN1 Raman system equipped with a YAG laser (532 nm) as the excitation source. Raman spectra were recorded in the spectral range of 0-3000  $\text{cm}^{-1}$ . Thermogravimetric analysis (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC) measurements were performed with Shimadzu DTG 60H - DSC 60 Thermal Gravimetric Analyzer with high purity nitrogen and 50 mL/min flow rate. The samples were heated from ambient temperature to 750  $^{\circ}\text{C}$  at a heating rate of 20  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . FTIR spectra of polymer concrete samples were measured in the range of 500-2000  $\text{cm}^{-1}$  with a Shimadzu IR Prestige 21 FTIR spectrometer with a spectral resolution of  $\sim 1 \text{ cm}^{-1}$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

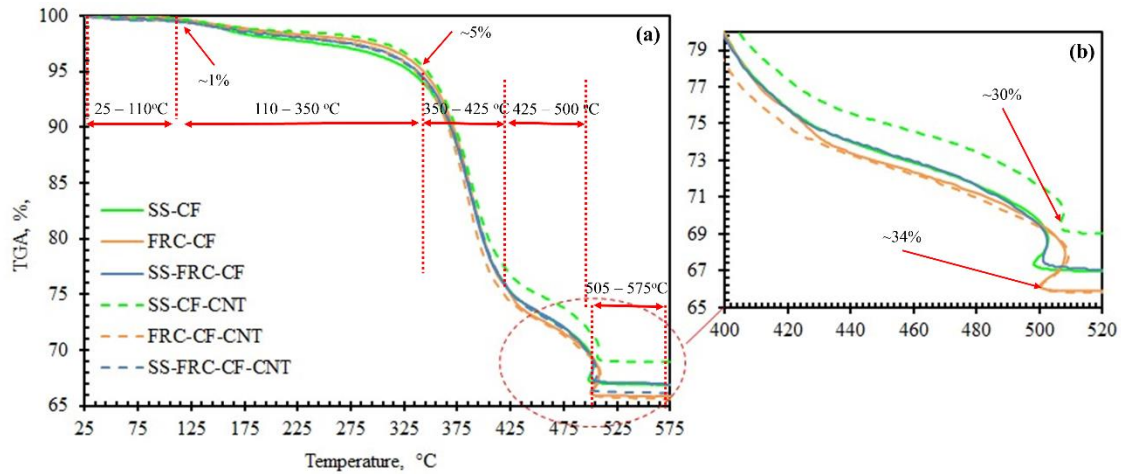
Figure 2 shows the spectra of polymer conductive concrete samples. Epoxy Raman band spectra were detected at  $\sim 678 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1007 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1252 \text{ cm}^{-1}$  and  $1162 \text{ cm}^{-1}$ . Raman spectral intensities were correlated with the content of epoxide groups in the resin mixture (VASKOVA & KRESALEK, 2011). It has been reported that the vibration around  $1162 \text{ cm}^{-1}$  belongs to the resin matrix, and the difference in spectral intensities seen in the figure could be attributed to the polymerization degrees of the samples. The fact that the  $\sim 1162 \text{ cm}^{-1}$  raman spectrum in the FRC sample is intense

compared to the other samples could be stated that the ferrochrome filled sample contributes to the formation of compact structure in the resin matrix. The low epoxy band spectrum intensities of the samples at  $\sim 1252 \text{ cm}^{-1}$  could be associated with both the content of the sample components in the mixture and the consumption of free epoxy groups. About  $1252 \text{ cm}^{-1}$  band characteristic of the epoxy groups could be explained by the cross-links formed in the resin matrix depleting the C-O-C epoxy groups (Andrade et al., 2013). The more pronounced Raman spectra around  $\sim 2586 \text{ cm}^{-1}$  of SS-FRC-CF-CNT and FRC-CF-CNT samples could be attributed to the reaction between epoxy resin and hardener MEK. Thus, it could be said that there is strong adhesion between the components in these samples. Also, Raman peak intensity at  $\sim 2919 \text{ cm}^{-1}$  is matched with MEK raman characteristic peak. In this way, it could be ascribed compact structure between epoxy resin and hardener in the FRC-CF-CNT sample. In addition, the band formed around  $1007 \text{ cm}^{-1}$  could be attributed to the C-C bond tension on the epoxy (Musto et al., 2007). Depending on the decrease in band density, the CC bond tension increases. Therefore, it could be said that the C-C bond tension of the FRC-CF-CNT sample decreased compared to the other samples. On the other hand, Raman spectroscopy was used to analyze the crystallinity and defective structure of SWCNTs. Raman spectra of the samples were determined at  $1350 \text{ cm}^{-1}$  and  $1595 \text{ cm}^{-1}$ . It is known that the spectrum at  $\sim 1580 \text{ cm}^{-1}$  is the G peak observed in carbon material studies. It is reported that the C-C bonds of the G band are the in-plane bond stretching mode and are seen in  $\text{sp}^2$  hybrid carbon materials (Jorio & Saito, 2021). Also, the D peak at  $\sim 1350 \text{ cm}^{-1}$  is associated with the disorder in the carbon material. If there is a defect in the  $\text{sp}^2$  bond, elastic scattering of the electron is activated (Pimenta et al., 2007). It is seen that the G band intensity is very high compared to the D band intensity. Thus, it is understood that there is no irregular amorphous carbon in the structure. The low density of the D band explains the very few structural defects in SWCNTs (Scheibe et al., 2010). The absence of D band intensity in all samples containing carbon material could be ascribed to the non-defective structure of the carbon components in the polymer matrix. Thus, it could be stated that the carbon content in the SS-FRC-CF-CNT sample matrix, the most intense raman spectrum of which was detected at  $\sim 1580 \text{ cm}^{-1}$ , was more homogeneously distributed compared to the other samples. In addition, the intensity of the 2D peak at  $\sim 2586 \text{ cm}^{-1}$  in the SS-FRC-CF-CNT sample could be attributed to the density of the carbon structure in the sample matrix.

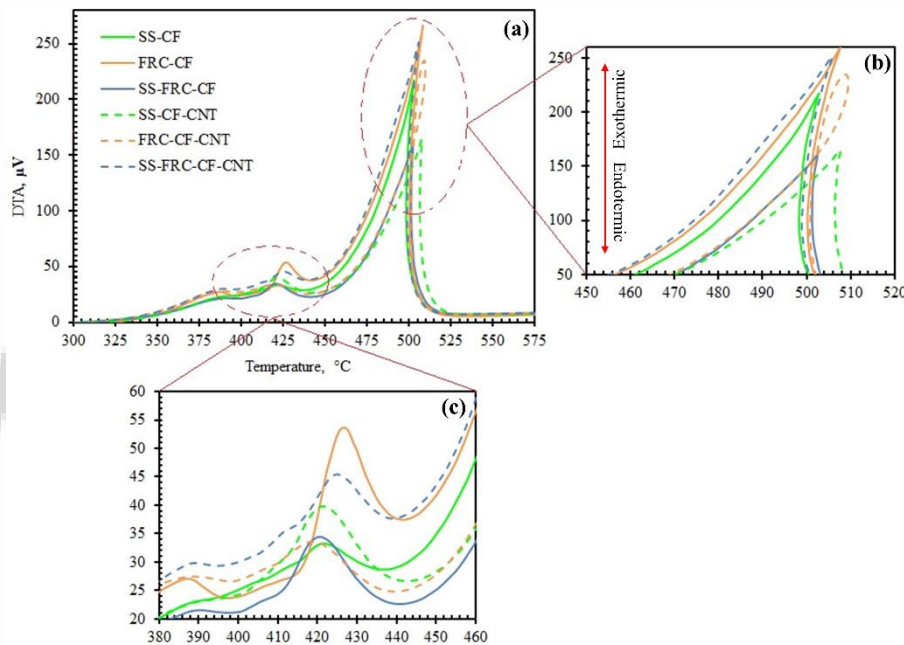


**Figure 2.** Raman spectra of polymer concrete samples.

The thermal behavior of polymer concrete samples analyzed by TGA and DTA are shown in figure 3 and figure 4, respectively. TGA curves give information about the thermal changes of the material during heating. Also, DTA curves give information about the exothermic or endothermic reactions taking place in the sample. The areas shown in red in figure 3(a) are where the TGA curve slope is zero and the temperature ranges of 25 °C to 110 °C and 505 °C to 575 °C could be associated with stable polymerization reactions. The epoxy resin began to decompose at ~110 °C and the mass loss was at ~505 °C, with a maximum of ~34%. In all samples, the mass loss between 110 and 350 °C shows an almost linear decrease. It is seen that the mass losses of the samples increase rapidly in the temperature range of 350 - 425 °C. The decreasing mass loss increase in the range of 425 - 500 °C could be attributed to the gelation of the particles that occurs with the polymerization reaction. It is seen that the mass loss in the samples is ~1%, since the reduction of the spaces between the resin, aggregate and reinforcement particles occur slowly in the low temperature range. Depending on the temperature increase, the mass loss in the samples was calculated as 5% maximum up to 350 °C. On the other hand, after the temperature of 350 °C, the depletion of the porous structures accelerated and the mass loss in the samples started to increase rapidly. In the high magnification picture of the area indicated by the dashed circle in figure 3 (a) (figure 3 (b)), the difference in mass loss (~34%) between the samples that change depending on the temperature variable is more clearly understood. The fact that the mass loss in the FRC-CF and FRC-CF-CNT samples is parallel to each other could be attributed to the fact that the SWCNT additive component does not contribute to the stable polymerization in the ferrochrome filled polymer concrete sample (Ranjbar et al., 2018). The glass transition temperatures of all samples are ~500 °C. After a temperature of ~500 °C, chemical bonds were broken in all samples and thus no mass loss occurred. The regions whose slope is different from zero give the weight loss of the samples varying with temperature. The total weight loss of ~30% (the lowest) in the SS-CF-CNT sample could be associated with the purity of the polymer concrete material compared to other samples. The reinforcement particles in the SS-CF-CNT sample filled the voids in the microstructure and achieved matrix compaction. In addition, the exothermic peak in the range of 410 to 440 °C, corresponding to 425 °C in the DTA curve in figure 4(c), could be associated with the polymerization taking place in the matrix. The first peak ~425 °C is attributed to the decomposition of amorphous carbon and SWCNTs. The second peak with a wide diameter range at ~500 °C indicates the presence of stable SWCNTs and they decomposed in the temperature range of 470 - 510 °C (Donphai et al., 2014). Moreover, it confirms the mass loss of the SS-CF-CNT sample, which has the lowest exothermic peak in the range of 450 to 525 °C, corresponding to 500 °C in the DTA curve in figure 4(b). Exothermic reactions are observed in polymer concrete samples. The first exothermic reaction is ~425 °C while the second and highest exothermic peak is ~500 °C. The lowest exothermic peak intensity is seen in the SS-CF-CNT sample. While the exothermic peak intensity was high in the samples containing only filler, the addition of CF and SWCNT additives to the mixture caused a decrease in the peak intensity. In addition, CF and SWCNT additive components provided temperature increase (Nazarenko et al., 2016). Moreover, addition of CF and SWCNT reinforcements shifted the DTA curves to higher temperatures. Stable reinforcement components in the polymer concrete mixture contributed to the increase in the stability of the resin matrix. It could be stated that CF and SWCNT components dispersed in the epoxy matrix form covalent bonds that increase thermal stability (Azwa et al., 2013). It was observed that silica filler component formed a strong bond with epoxy resin matrix compared to ferrochrome in polymer concrete samples exposed to temperature. Although the density of ferrochrome filler material is higher than that of silica sand, the decrease in mass loss with temperature could be attributed to the agglomeration of ferrochrome particles in the matrix. Also, the homogeneous distribution of silica sand in the polymer mortar could be explained by the resin/silica sand compact structure relationship in the matrix.



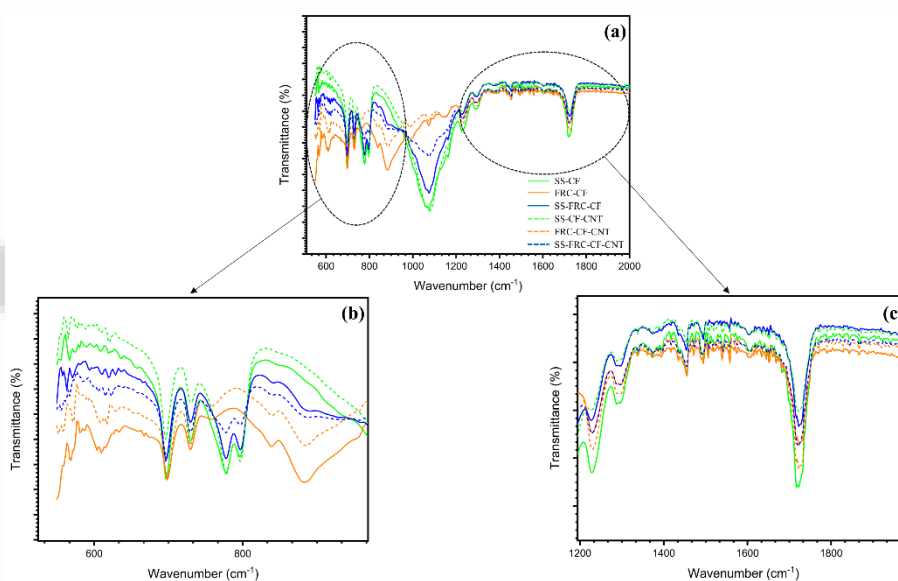
**Figure 3.** TGA curves of polymer concrete samples.



**Figure 4.** DTA thermogram of polymer concrete samples.

FTIR spectrum analysis results of polymer concrete samples are presented in figure 5. It is seen that the strongest bands are formed between  $1000\text{ cm}^{-1}$  and  $1200\text{ cm}^{-1}$  in the FTIR spectrum (Figure 5 (a)). The severe band peak at  $\sim 1100\text{ cm}^{-1}$  is attributed to Si-O-Si asymmetric stretching vibrations. It is stated that the wavenumber formation at  $1100\text{ cm}^{-1}$  is due to the tetrahedral bending vibration (Elghniji et al., 2020). Therefore, As seen in Figure 5(a), it could be said that silica sand filled samples (SS-CF and SS-CF-CNT) have more epoxy resin interactions than ferrochrome filled samples (FRC-CF and FRC-CF-CNT). Although the epoxy resin peak at a wavenumber of about  $918\text{ cm}^{-1}$  is at a lower intensity than the absorption peak at  $1100\text{ cm}^{-1}$ , it proves that ferrochrome filled samples (FRC-CF and FRC-CF-CNT) also interact with epoxy resin (Sahmetlioglu et al., 2006). On the other hand, the wavenumber peak at  $918\text{ cm}^{-1}$ , which is indicated as the absorption band of the epoxy group, is explained by the C-C and C-O bond stretch. This decrease in peak intensity proves high cross-linking in epoxy resin (Pizzutto et al., 2011). The low vibration peak occurring around  $1585\text{ cm}^{-1}$  is associated with aromatic C=C with

evidence of SWCNT (Zhang et al., 2003). In addition, signals at a wavenumber of  $1100\text{ cm}^{-1}$  could be attributed to carbon nanotube particles and C-O ester groups. Although the absorbed SWCNT spectra are low, it could be reported that SWCNTs form chemical covalent bonds with the epoxy resin (Yakymchuk et al., 2015). Furthermore, the enlargement of the epoxy resin and reinforcement particles interface region could be explained by the fact that the hardener (MEK) in the mixture polarizes the epoxy and hydrogen bond formations (Maity et al., 2008). Si-O stretching vibrations proving the presence of quartz in Figure 5(b); it was detected at wavenumber of  $795\text{ cm}^{-1}$  and  $692\text{ cm}^{-1}$ . In addition, the band at about  $1172\text{ cm}^{-1}$  is also associated with Si-O asymmetric stretching vibration (Anbalagan et al., 2010). C-H bending vibration occurs around  $1450\text{ cm}^{-1}$ , while around  $1726\text{ cm}^{-1}$  ester could be associated with the C=O stretching mode. These results could be attributed to the chemical bonding of silica sand with epoxy resin (Fang et al., 2008). CFs exhibiting strong absorbance at low concentrations are found in C-H stretching vibration and C=C stretching vibration formations. The C-H bond seen near  $1450\text{ cm}^{-1}$  is defined as the band corresponding to the stretching vibrations (Song et al., 2015). It is observed that while the peak intensity of  $1450\text{ cm}^{-1}$  is greatly reduced in the SF-CF-CNT sample, the absorbance increases in the SS-CF sample. It could be attributed to the increased amount of C-H on the CFs in the SS-CF sample. The wavenumber of the ferrochrome filler component detected at  $683\text{ cm}^{-1}$  and  $783\text{ cm}^{-1}$  are connected to the magnesiochromite spinel (Falayi, 2019). The low absorbance peak intensity at  $860\text{ cm}^{-1}$  is attributed to the Si-C stretching vibration (Wu et al., 2017).



**Figure 5.** FTIR spectrum of polymer concrete samples.

## CONCLUSIONS

In Raman studies on polymer concrete samples, information was given about how CF and SWCNT supplements added to each mixture affect the samples and their spectrum intensities. It has been explained that with the increase in the carbon material content added to the polymer concrete mixture, the structure improves, and strong bond structures are formed. The exothermic peaks noted in TGA/DTA analyzes could be explained by the oxidative polymerization reaction in the resin. In the TGA analysis, it was stated that the mass loss in the SS-CF-CNT sample was at the lowest percentage (% 30) compared to the other samples. It could be said that it is possible to use silica sand or ferrochrome sand as aggregate to produce polymer concrete. In addition, it could be stated that CF and SWCNT added to the mixture as reinforcement components make a positive contribution to the polymer concrete structure. The absorption band at  $797\text{ cm}^{-1}$

confirmed the presence of quartz in the sample. The formations of CF at  $1100\text{ cm}^{-1}$  and SWCNT at  $1585\text{ cm}^{-1}$  have been proven. The strong bond formation between the reinforcement particles and the epoxy resin could be attributed to the resistance of the polymer concrete sample to degradation. The increase of C-H groups on the CF reinforcement component was explained by the absorbance peak intensity in the SS-CF sample.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was carried out within the scope of the project coded STB-072161 of Fibrobeton R&D Center. Thank you to Fibrobeton Company for their support. We also thank Eti Krom Inc. for their support of ferrochrome materials.

## REFERENCES

- Anbalagan, G., Prabakaran, A. R., & Gunasekaran, S. (2010). Spectroscopic characterization of indian standard sand. *Journal of Applied Spectroscopy*, 77(1), 86–94. <https://doi.org/10.1007/s10812-010-9297-5>
- Andrade, J. E. de, Machado, R., Macêdo, M. A., & Cunha, F. G. C. (2013). AFM and XRD characterization of silver nanoparticles films deposited on the surface of DGEBA epoxy resin by ion sputtering. *Polímeros*, 23(1), 19–23. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282013005000009>
- Azwa, Z. N., Yousif, B. F., Manalo, A. C., & Karunasena, W. (2013). A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. *Materials & Design*, 47, 424–442. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.11.025>
- Donphai, W., Faungnawakij, K., Chareonpanich, M., & Limtrakul, J. (2014). Effect of Ni-CNTs/mesocellular silica composite catalysts on carbon dioxide reforming of methane. *Applied Catalysis A: General*, 475, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2014.01.014>
- Douba, A., Emiroglu, M., Kandil, U. F., & Reda Taha, M. M. (2019). Very ductile polymer concrete using carbon nanotubes. *Construction and Building Materials*, 196, 468–477. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.021>
- Elghniji, K., Ouled Amor, C., Virilan, C., Pui, A., & Elaloui, E. (2020). Separation and Identification of Minerals Composing the Silica Sands (Southwestern Tunisia). *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37(5), 1753–1763. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00269-8>
- Falayi, T. (2019). Sustainable solidification of ferrochrome slag through geopolymerisation: a look at the effect of curing time, type of activator and liquid solid ratio. *Sustainable Environment Research*, 29(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0022-7>
- Fang, X.-Y., Wang, T.-J., Wu, H.-X., & Jin, Y. (2008). Surface Chemical Modification of Nanosized Oxide Particles with a Titanate Coupling Reagent in Isopropanol. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(5), 1513–1517. <https://doi.org/10.1021/ie0710824>
- Golewski, G. (2021). The Beneficial Effect of the Addition of Fly Ash on Reduction of the Size of Microcracks in the ITZ of Concrete Composites under Dynamic Loading. *Energies*, 14(3), 668. <https://doi.org/10.3390/en14030668>
- Heidarnezhad, F., Jafari, K., & Ozbakkaloglu, T. (2020). Effect of polymer content and temperature on mechanical properties of lightweight polymer concrete. *Construction and Building Materials*, 260, 119853. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119853>
- Jorio, A., & Saito, R. (2021). Raman spectroscopy for carbon nanotube applications. *Journal of Applied Physics*, 129(2), 021102. <https://doi.org/10.1063/5.0030809>
- Kępczak, N., Rosik, R., & Urbaniak, M. (2021). Material-removing machining wastes as a filler

of a polymer concrete (industrial chips as a filler of a polymer concrete). *Science and Engineering of Composite Materials*, 28(1), 343–351. <https://doi.org/10.1515/secm-2021-0035>

Khotbehsara, M. M., Manalo, A., Aravinthan, T., Reddy, K. R., Ferdous, W., Wong, H., & Nazari, A. (2019). Effect of elevated in-service temperature on the mechanical properties and microstructure of particulate-filled epoxy polymers. *Polymer Degradation and Stability*, 170, 108994. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.108994>

Maity, P., Kasisomayajula, S., Parameswaran, V., Basu, S., & Gupta, N. (2008). Improvement in surface degradation properties of polymer composites due to pre-processed nanometric alumina fillers. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 15(1), 63–72. <https://doi.org/10.1109/T-DEI.2008.4446737>

Musto, P., Abbate, M., Ragosta, G., & Scarinzi, G. (2007). A study by Raman, near-infrared and dynamic-mechanical spectroscopies on the curing behaviour, molecular structure and viscoelastic properties of epoxy/anhydride networks. *Polymer*, 48(13), 3703–3716. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2007.04.042>

Nazarenko, O. B., Melnikova, T. V., & Visakh, P. M. (2016). Thermal and Mechanical Characteristics of Polymer Composites Based on Epoxy Resin, Aluminium Nanopowders and Boric Acid. *Journal of Physics: Conference Series*, 671, 012040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/671/1/012040>

Nodehi, M., & Nodehi, S. E. (2022). Ultra high performance concrete (UHPC): reactive powder concrete, slurry infiltrated fiber concrete and superabsorbent polymer concrete. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), 39. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00641-7>

Pimenta, M. A., Dresselhaus, G., Dresselhaus, M. S., Cañado, L. G., Jorio, A., & Saito, R. (2007). Studying disorder in graphite-based systems by Raman spectroscopy. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 9(11), 1276–1290. <https://doi.org/10.1039/B613962K>

Pizzutto, C. E., Suave, J., Bertholdi, J., Pezzin, S. H., Coelho, L. A. F., & Amico, S. C. (2011). Study of epoxy/CNT nanocomposites prepared via dispersion in the hardener. *Materials Research*, 14(2), 256–263. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392011005000041>

Ranjbar, N., Kashefi, A., & Maheri, M. R. (2018). Hot-pressed geopolymer: Dual effects of heat and curing time. *Cement and Concrete Composites*, 86, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.11.004>

Sahmetlioglu, E., Mart, H., Yuruk, H., & Surme, Y. (2006). Synthesis and characterization of oligosalicylaldehyde-based epoxy resins. *Chemical Papers*, 60(1). <https://doi.org/10.2478/s11696-006-0012-1>

Scheibe, B., Borowiak-Palen, E., & Kalenczuk, R. J. (2010). Oxidation and reduction of multiwalled carbon nanotubes — preparation and characterization. *Materials Characterization*, 61(2), 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2009.11.008>

Shokrieh, M. M., Heidari-Rarani, M., Shakouri, M., & Kashizadeh, E. (2011). Effects of thermal cycles on mechanical properties of an optimized polymer concrete. *Construction and Building Materials*, 25(8), 3540–3549. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.047>

Shokrieh, M. M., Rezvani, S., & Mosalmani, R. (2015). A Novel Polymer Concrete Made From Fine Silica Sand and Polyester. *Mechanics of Composite Materials*, 51(5), 571–580. <https://doi.org/10.1007/s11029-015-9528-1>

Song, J., Yuan, Q., Liu, X., Wang, D., Fu, F., & Yang, W. (2015). Combination of Nitrogen Plasma Modification and Waterborne Polyurethane Treatment of Carbon Fiber Paper Used for Electric Heating of Wood Floors. *BioResources*, 10(3). <https://doi.org/10.15376/biores.10.3.5820-5829>

- Theodore, M., Hosur, M., Thomas, J., & Jeelani, S. (2011). Influence of functionalization on properties of MWCNT–epoxy nanocomposites. *Materials Science and Engineering: A*, 528(3), 1192–1200. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.09.095>
- Toufigh, V., Masoud Shirkhorshidi, S., & Hosseinali, M. (2017). Experimental Investigation and Constitutive Modeling of Polymer Concrete and Sand Interface. *International Journal of Geomechanics*, 17(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0000695](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000695)
- Troncossi, M., Canella, G., & Vincenzi, N. (2020). Identification of polymer concrete damping properties. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 095440622094958. <https://doi.org/10.1177/0954406220949587>
- VASKOVA, H., & KRESALEK, V. (2011). Raman spectroscopy of epoxy resin crosslinking. In *13th WSEAS International Conference on Automation Control, Modeling & Simulation (ACMOS'11)*.
- Wu, G., Chen, L., & Liu, L. (2017). Direct grafting of octamaleamic acid-polyhedral oligomeric silsesquioxanes onto the surface of carbon fibers and the effects on the interfacial properties and anti-hydrothermal aging behaviors of silicone resin composites. *Journal of Materials Science*, 52(2), 1057–1070. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0401-y>
- Yakymchuk, O. M., Perepelytsina, O. M., Dobrydnev, A. V., & Sydorenko, M. V. (2015). Effect of single-walled carbon nanotubes on tumor cells viability and formation of multicellular tumor spheroids. *Nanoscale Research Letters*, 10(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s11671-015-0858-7>
- Zhang, J., Zou, H., Qing, Q., Yang, Y., Li, Q., Liu, Z., Guo, X., & Du, Z. (2003). Effect of Chemical Oxidation on the Structure of Single-Walled Carbon Nanotubes. *The Journal of Physical Chemistry B*, 107(16), 3712–3718. <https://doi.org/10.1021/jp027500u>

**Presentation ID / Sunum No: 72**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-7412-7616

## **Hidroelektrik Santrallerinin Scada Sistemlerinde Güncel Siber Güvenlik Gereksinimlerinin Uygulanması**

**Araştırmacı İlhan Özkaplan<sup>1</sup>, Prof. Dr. Tunç Durmuş Medeni<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

\*Corresponding author: İlhan Özkaplan

### **Özet**

*Hidroelektrik Santralleri (HES) yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir ve ülkelerin kritik stratejilerinden olan enerji arzında önemli bir yere sahiptir. Gelecekte daha fazla önem kazanacak olan enerji üretim santrallerinde daha verimli ve kesintisiz enerjisinin sağlanması güvenli ve güncel otomasyon (SCADA) sistemlerinin kullanımından etkilenecektir. Bu nedenle, SCADA sistemleri, günümüz siber güvenlik ihtiyaçlarını karşılayacak seviyede olmalıdır. Donanım, network, yazılım, fiziksel ortam, kullanıcı etkenleri gibi değişkenler SCADA sistemlerinin güvenli ve sağlıklı çalışmasını etkileyen başlıca etkenlerdir. Özellikle dışa açık olması beklenen sistemlerde siber güvenliğin önemi daha da önem kazanmaktadır.*

*Bu çalışmamızda, yenilenebilir enerji arzında önemli bir yere sahip olan Hidroelektrik Santrallerinin SCADA sistemlerinin siber güvenliğine yönelik tehditleri ve çözüm teknikleri irdelenmektedir.*

### **Implementation Of Up-To-Date Cyber Security Requirements To Hydroelectric Power Plant (Hepp) Scada Systems**

#### **Abstract**

*Hydroelectric Power Plants (HEPP) are among the leading renewable energy sources and have an important place in energy supply which is one of the critical strategies of countries. Providing more efficient and uninterrupted energy in power generation plants, which will gain more importance in the future, will be affected by the use of safe and up-to-date automation (SCADA) systems. Therefore, SCADA systems must be at a level to meet today's cyber security requirements. Variables such as hardware, network, software, physical environment, users are the main factors affecting the safe and healthy operation of SCADA systems. Especially in systems that are expected to be open to the outside, the importance of cyber security becomes even more important. In this study, threats to cyber security of Hydroelectric Power Plants (HEPP)'s SCADA systems, detection of outdated systems and up-to-date cyber security techniques are examined which have an important place in renewable energy supply.*

**Keywords** — MIS, HEPP, SCADA, Cyber Security

## INTRODUCTION

Electricity is consumed as soon as it is produced because of it is not possible to store it in a large quantity when this energy required. Producing right amount of energy at the required time is so crucial to balance between supply and demand considering economic efficiency. SCADA system is an automation system to provide right amount of electricity in right time. That is why SCADA system has to process accurately on realtime in a secured physical and virtual environment.

The continuity and efficiency of production for electrical energy depends on a suitable and safe SCADA system where this type of energy production is so important in river-rich countries such as Turkey. That is why cyber security measures should be provided in many perspectives such as hardware, software, network and users for a safe SCADA system.

In this study, threats to cyber security of Hydroelectric Power Plants (HEPP)'s SCADA systems, detection of outdated systems and up-to-date cyber security requirements examined.

As a result of this study, we will be aware of cyber security-based SCADA systems instead of classical HEPP SCADA systems which will be used in a near future to increase the efficiency of energy production in HEPP, reduce the human resources costs and block the cyber attacks which may cause deadly critical damages. Variety of cyber attack risks push companies to use more effective internet-based systems and these cyber attacks increase the importance of up-to-date information systems. Also increasing variety of cyber attack risks enforce companies to invest in cyber security systems for a secured HEPP SCADA system.

### HEPP (HYDROELECTRIC POWER PLANTS)

There are many types of hydroelectric facilities; they are all powered by the kinetic energy of running water.

Mainly;

- Water from the reservoir of the dam flows to run the turbine.
- Turbine is connected to a generator.
- Generated power is transmitted over power lines.

### SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

System is gather and analyze the real time data. This system is having a role of controlling and monitoring HEPP and facilities. This processes are happening via a network communicating with Remote Terminal Units. SCADA system consists of many elements such as hardwares, software, input/output equipment, central control system, controllers and network interfaces. <sup>[10]</sup>

The basic logic of SCADA is to monitor, control, collect and report data and control units with network connections from a single center of all production stages.

### Main features of SCADA systems <sup>[31]</sup>

- \* Graphical Interface
- \* Monitoring System
- \* Alarm System

\* Data collection, analysis and reporting systems.

MTUs (Master Terminal Units) are the main control centers in the SCADA- Supervisory Control and Data Acquisition system.

## **CYBER SECURITY OF HEPP SCADA SYSTEMS**

Within the scope of cyber security requirements for HES SCADA systems, the importance of HEPP energy production and the damages that may cause by cyber attack risks will be discussed. Cyber attack issues and solution techniques, cyber security measures according to the system structure including hardware, software and network are the topics to be discussed within the scope of this study.

The adequacy of existing SCADA systems in terms of cyber security, knowledge and expectations of operators about cyber security will be other topics.

### **Cyber Security Issues and Threats in HEPP SCADA Systems**

#### **Areas Open to Cyber Attacks <sup>[39]</sup>**

- **Hardware Layer:** Onboard components such as Programmable Logic Controllers (PLCs) and Remote Controllers Terminal Units (RTUs) are hardware modules that execute information and software required for communication.
- **Firmware Layer:** Firmware resides between hardware and software. Contains data and instructions can control hardware.
- **Software Layer:** Power Control Systems use a variety of software platforms and applications, and vulnerabilities in software base mechanisms can range from simple coding errors to poor implementation of access control.
- **Network Layer:** Vulnerabilities can be introduced into the power control system network in different ways. namely firewalls, modems, fieldbus network, communication systems and routers, remote access points and protocols and control network.
- **Process Layer:** All the power control system layers mentioned above interact to apply target power. Control system processes.

#### **Security Issues of HEPP SCADA Systems <sup>[40]</sup>**

There are significant security issues with SCADA systems and the main ones are as follows:

##### **- Legacy Technologies :**

Most of the SCADA systems used today were deployed a few years ago. Cybersecurity was hardly an issue back then, so more emphasis was placed on physical security controls. The biggest concern now is the use of the SCADA system as an entry point to launch an attack on critical infrastructure.

##### **- Open Visibility:**

Because SCADA systems were deployed so long ago, the physical location of where they would be located within an enterprise was not considered. As a result, many systems are easily

accessible, making them an easy target for an insider attack. Organizations using SCADA systems are trying to implement advanced physical controls to protect it. But the real problem is that these new technologies need to be added to the existing legacy security system. However, there may be interoperability issues that create further gaps and weaknesses in an already fragile environment.

#### **- Network Integration:**

SCADA Systems are designed to operate on their own, meaning no future integration into other technologies is even considered. With the rise of the Internet of Things (IoT), everything has become interconnected, including SCADA systems. Once again, interoperability issues arise that widen the attack surface for Cyberattacker.

#### **Threats in SCADA/ICS (Industrial Control Systems) <sup>[41]</sup>**

Standard IT data transmission protocols (Modbus RTU, RP-570, Profi-Bus, Can-Bus) are used in communication between SCADA-IT. As a result of these weaknesses, SCADA systems are also falling into the domain of many IT threats:

- Countries and secret services
- Organized crime syndicates
- Competitor companies
- Malicious software (virus, worm, Trojan horse, etc.) produced for general or special purposes
- Groups acting for political purposes
- Groups acting for environmental purposes
- Individuals who attack for fun or fame
- Personnel who left the company and are in conflict with the company
- Employed company personal

#### **Organizational Threats**

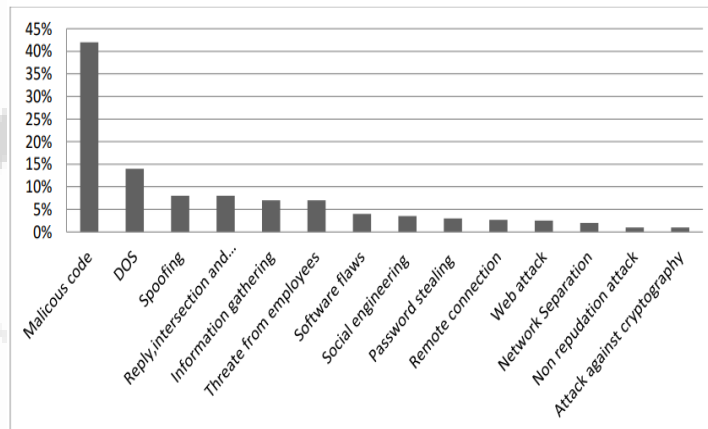
Threats in SCADA/Industrial Control Systems Architecture and Technology

Threats in Network and Communications

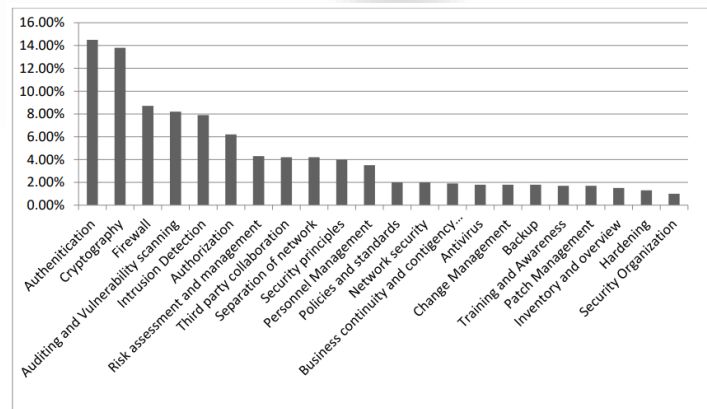
Threats Caused by the Human Factor,  
Operational Maintenance Threats

	<b>Threat</b>											
	Malware, Adware	Security component malfunctioning	Buffer overflow exploit	Insider Attack	Social Engineering	Advanced Persistent Threat	Denial of Service	Configuration Error	0-Day Attack	Unauthorized Access	(Attack) Technology Improvement	Trust Boundary Shifts
<b>Mitigations: Security Maintenance Modules</b>												
Virus and Malware Definitions Update	x				x		x				x	
Vulnerability and Patch Management	x		x			x	x		x		x	
Security Awareness of Personnel	x			x	x			x	x	x	x	x
User Account Maintenance										x		
Security Audits		x		x	x	x		x				x
Backups									x			
Security Log System, Public Key Infrastructure, Login Service Maintenance		x					x			x		
Technology monitoring	x			x	x				x		x	x

[7] GLIGOR A. and TURE T., 2012. Development of a service oriented SCADA system:6



[7] GLIGOR A. and TURE T., 2012. Development of a service oriented SCADA system:6



[7] GLIGOR A. and TURE T., 2012. Development of a service oriented SCADA system:6

### **Relation between different dimensions of SCADA security** <sup>[27]</sup>

YADAV and PAUL have a perspective of future research directions in their study. They review further improvements about attacks database, validation and scalable testbeds techniques, new communication protocol, safe and secure operating system and architecture. IoT- Cloud SCADA is one of the research focused subject. <sup>[27]</sup>

Demirel defines some essential steps for SCADA security which providing a defense to secure critical infrastructures. We can benefit from considering the issues to be presented in both test and design. <sup>[29]</sup>

1. Determination of All Networks and Connections Associated with SCADA
2. Disconnection of All Unnecessary Connections from SCADA Network
3. Reviewing Access to SCADA Network
4. Tightening in SCADA Networks
5. Private Protocols and False Security Perception
6. Safe Installation
7. Remote Access
8. Intrusion Detection Systems and Intrusion Prevention Systems (IDS/IPS)
9. Technical Inspections on Critical Infrastructure Components
10. Remote Settlements and Physical Security
11. Threat and Vulnerability Analysis and Risk Management
12. Information Security Roles and Responsibilities, Information Security Organization
13. Documentation of Critical Infrastructure and Components
14. Defense in Depth
15. Determining Information Security Needs, Information Security Goals and Leadership
16. Configuration Management
17. Review Activities
18. Backup, Redundancy, Emergency Handling
19. Information Security Awareness

**According to TÜV SÜD organisations can secure OT (Operational Technology) with:** <sup>[37]</sup>

- Security Design Study
- Security Policy
- System Hardening Benchmarks
- Risk Management
- Vulnerability Scan and Penetration Test
- Incident Response Plan
- Business Recovery Plan
- CCoP Compliance Audit
- ISO 2700X
- Compliance Audit

- Multi Tier Cloud Security Audit
- Cybersecurity Awareness Training

Examining the most important vulnerabilities that expose ICS/SCADA systems, Microsoft/Cyberx 2019 Analysis yielded the following findings of 1,821 IoT ICS networks:  
[42]

### **Legacy Operating Systems 62%**

62% of sites have outdated and unsupported Microsoft Windows boxes such as Windows XP and Windows 2000, which means they no longer receive security patches from Microsoft. If we include Windows 7, which reached end-of-support status in January 2020, this figure rises to 71%.

### **Unencrypted Passwords 65%**

Nearly two-thirds (64%) of operators have unencrypted passwords roaming their networks – more than half (54%) include devices that can be accessed remotely via standard remote management protocols such as Remote Desktop Protocol (RDP), SSH, and VNC — bad actors have a single, compromised password. makes it very easy to return from the system undetected.

### **Remotely Accessible Devices 55%**

As noted above, 54% of sites have devices that can be accessed remotely using standard protocols such as RDP, SSH, and VNC. A common attack vector for ransomware is RDP, which allows attackers to gain access by stealing remote access credentials through phishing attacks, social engineering, or even basic brute-force attacks. Remote access allows attackers to move laterally from IT to OT networks, silently expanding their presence and potential damage across networks.

### **Direct Internet Connections 29%**

More than a quarter (27%) of analyzed sites have a direct connection to the internet, making them potential targets for malware, targeted attacks, and even simple phishing attacks. Penetration Testers and malicious hackers know that providing this gateway to an IoT/ICS network requires only one internet-connected device.

## **CONCLUSION**

The new HEPP SCADA systems use up-to-date rules to control and monitor the power plant. We can access the real-time data from anywhere in the world. This systems, express the combination of telemetry and data acquisition.

The system includes the collection of information and transferring it to the central site that performs the required control and analysis, display this information on a series of operator screens. Then the required control actions returned to the process.

The components of SCADA system such as PLC (programmable logic controller) is still one of the most widely used control systems in industry but cyber security issues becoming more effective for current components and network architecture of HEPP SCADA systems.

To avoid critical cyber attack damages, there are current well known solutions such as Special Security Policies for SCADA Systems, VLAN layered network topology, Redundant critical compenents and redundant network, Blocking all unused switch ports, Restrict physical access to network including SCADA devices, Applying a logical deivision between SCADA network and other networks, Applying DMZ (Demilitarized Zone) network architecture to prevent direct traffic between SCADA network and other networks.

Defining the SCADA user rights according to role-based access control, applying distinct authentication for SCADA users and other users, provide intrusion and attack detection, antivirus and file integrity check softwares to detect, prevent and mitigate the spread of malware, using safe

network services and protocols (https, snmpv3,sftp), detect anomalies and take precautions by watching SCADA traffic, applying NAC (Network Access Control) solutions and ensuring physical port security applied to most of the Industrial Control Systems and especially HEPP SCADA systems.

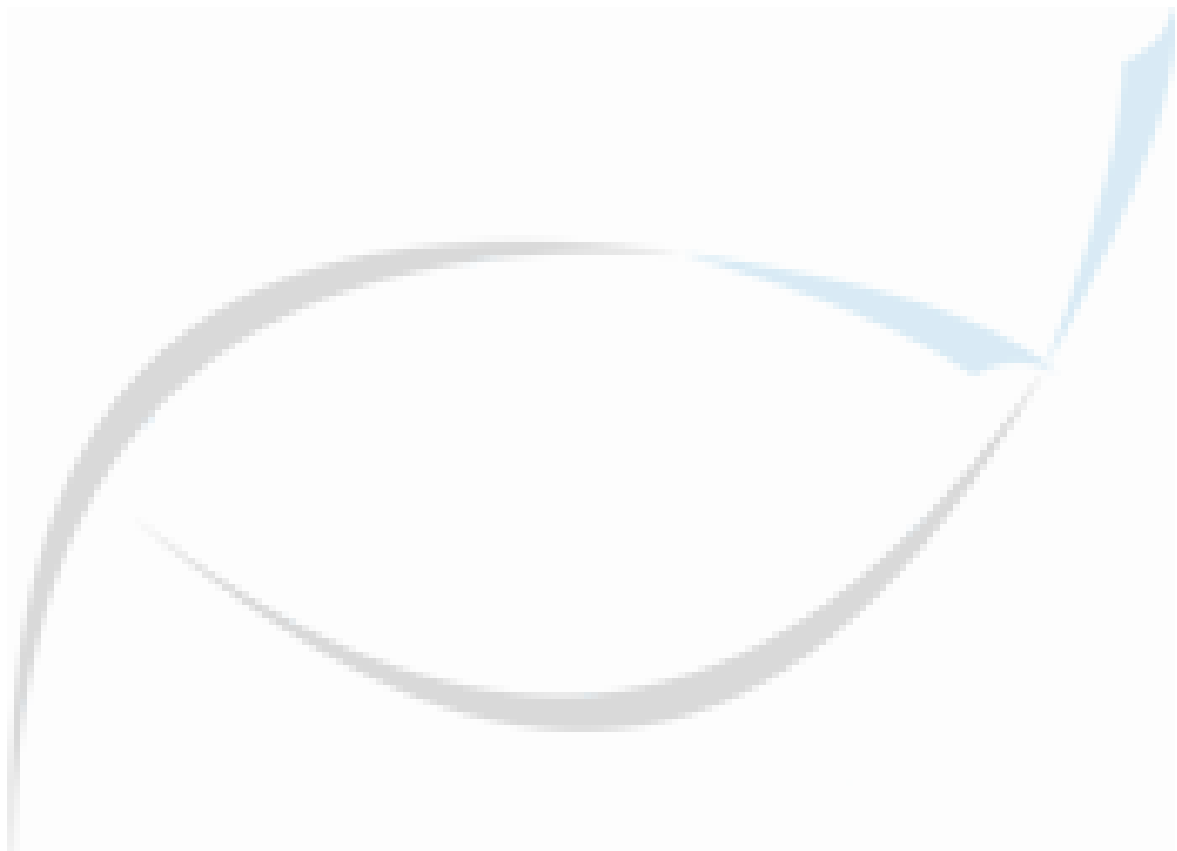
We will be aware of cyber security-based SCADA systems instead of classical HES Scada systems that will be used in a near future to increase the efficiency of energy production in HEPP. These systems play a strategic role in HEPP by collecting enough data for consistently well-informed decisions by its functions such as data communication, acquisitions, recording, presentation, control and monitoring. Because of these reasons cyber security becoming more critical subject for an efficient energy supply chain and the techniques to reduce cyber security threats, reduce the human resources.

## REFERENCES

- [1] 21 Steps to Improve Cyber Security of SCADA Networks, USA Department of Energy
- [2] Anderson, G., ESFAHANI. P.M., 2011. Cyber Security of SCADA System, 4 pg.
- [3] ARAGHI S. And SHAMS-BABOLI A.A., 2012. Improving Security in SCADA Systems, 2(3):158-163
- [4] CHERDANTSEVA Y., BURNAP P., BLTYH A., EDEN P., JONES K. SOULSBY H. AND STODDART K., 2015. A review of cyber security risk assessment methods for SCADA systems : 27
- [5] DAKHEEL, A.H.,UCAN, O.N., BAYAT, O. and JASIM, H.H., 2019. Cyber Attack Detection in Remote TerminalUnit of SCADA Systems, IJCSMC, Vol 8(3): 193-203
- [6] DO V.L., FILLATRE L and NIKIFOROV I., 2015. Sequential monitoring of SCADA systems against cyber/physical attacks, 48(21): 746-753
- [7] GLIGOR A. and TURE T., 2012. Development of a service oriented SCADA system:6
- [8] HOWARD S., 2011. SCADA and Control System Security: New Standards Protecting Old Technology, ISSE 2010 Securing Electronic Business Processes
- [9] HURD, S., STAMP, J.,DUGGAN, D. and CHAVEZ, A., 2006. Applying New Network Security Technologies to SCADA Systems, SAND2006, 35 pg.
- [10] KANG, D.J. ,LEE, J.J.,KIM, S.J., MOON, Y.H., MOON, Y.H., 2009. Development of Security System for SCADA Network of Electric Power System. IFAC Proceedings Volumes, 42(9):227-232
- [11] KAUR, S., KATHPAL, N., MUNJAL, N., 2015. Role of SCADA in Hydro Power Plant Automation, IRAREEIE 2015: 4(10):8085-8090

- [12] KIM Y., BOG W. And CHO N., 2003. Next Generation National-Wide Hydropower Integrated SCADA System, IFAC Power Plants and Power Systems Control: 327-330
- [13] MAGLARAS L.A., KIM K., JANICKE H., FERRAG M.A., RALLIS S., FRAGKOU P., MAGLARAS A. AND CRUZ T.J., 2018. Cyber security of critical infrastructures, ICT Express, 4: 42-45
- [14] PLIATSIOS D., 2020. A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and Tactics, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS:36
- [15] RALSTON P.A.S., GRAHAM J.H. and HIEB J.L., 2007. Cyber security risk assessment for SCADA and DCS networks, ISA Transactions, 46:583-594
- [16] ROCHA F., 2019. Cybersecurity analysis of a SCADA system under current standards, client requisites, and penetration testing: 121
- [17] SCHNEIDER J. OBERMEIER S. AND SCHLEGEL R., 2015. Cyber Security Maintenance for SCADA Systems, ABB Corporate Research, 89-94
- [18] SHENG C., YAO Y., FU Q. AND YANG W., 2020. A Cyber-Physical Model for SCADA System and Its Intrusion Detection,: 37
- [19] SHITHARTH, S. and WINSTON, D.P., 2015. A Comparative Analysis between Two Countermeasure Techniques to Detect DDoS with Sniffers in a SCADA Network, Smart Grid Technologies, 21(2015):179-186
- [20] SLAY, J., 2006. A Security Architecture for SCADA Networks, ACIS 2006 Proceedings, 17th Australasian Conference on Information Systems, 10 pg.
- [21] SOMMESTAD, T., ERICSSON, G.N. and NORDLANDER, J., SCADA System Cyber Security-A Comparison of Standards, pg. 8
- [22] ŞENTÜRK M.Y., 2018. Implementation of Current Cyber Attack Methods, Penetration Testing Tools in an Exemplary Enterprise Network:157 pg.
- [23] TREYTL A., PALENSKY P. And SAUTER T., 2005. Security Considerations for Energy Automation Networks :8
- [24] VINATORU M., 2007. Monitoring and Control of Hydro Power Plant, IFAC Workshop ICPS'07:44-55
- [25] WEISROCK, G., 1986. Hydroelectric Power Station Control Systems, IFAC, 8 pg.
- [26] WU, F., MOSLEHI, K. and BOSE A., 2005. Power System Control Centers: Past, Present and Future, Proceedings of the IEEE, Vol. 93 (11):19

- [27] YADAV G. And PAUL K., 2020. Architecture and Security of SCADA Systems: A REVIEW:29
- [28] <https://instrumentationforum.com/t/what-is-a-hydroelectric-power-plant/6529>
- [29] <https://www.biznet.com.tr/kritik-altyapiics-scada-guvenligi-icin-19-temel-adim/>
- [30] <https://www.designworldonline.com/hdmi-compatible-industrial-hmi-from-maple-systems>
- [31] <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/scada/8051#ad-image-2>
- [32] <https://www.indiamart.com/control-solutions-limited/plc-and-scada-system-software.html>
- [33] [https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-SCADA-network-in-hydroelectric-power-plant\\_fig3\\_276981834](https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-SCADA-network-in-hydroelectric-power-plant_fig3_276981834)
- [34] <https://www.slideshare.net/munesh21402/scada-in-hydropower-plant>
- [35] <https://www.watelectronics.com/scada-system-architecture-types-applications/>
- [36] <http://www.stc.com.tr/HidroelektrikSantrali.html>
- [37] <https://www.tuvsud.com/en-sg/services/cyber-security/operational-technology-security>
- [38] AYDIN Z., 2016, Kritik Enerji Altyapılarının Korunması ve Siber Güvenlik, Gazi Üniversitesi
- [39] [http://us-cert.gov/control\\_systems/satool.html](http://us-cert.gov/control_systems/satool.html)
- [40] <https://www.logically.com/blog/cybersecurity-threats-posed-scada-systems>
- [41] <https://ozdenercin.com/2018/10/30/1-bolum-scada-endustriyel-kontrol-sistemlerinde-organizasyonel-tehditler/>
- [42] <https://redbotsecurity.com/2021/03/14/water-power-and-transportation-ics-scada/>
- [43] <https://www.nsenergybusiness.com/news/cyber-security-hydropower/>
- [44] <https://gaissecurity.com/blog/kritik-altyapilar-ve-scada-guvenligi/>
- [45] <https://htt.io/cyber-security-for-scada-systems/>
- [46] HENTEA M., 2008, Improving Security for SCADA Control Systems, Excelsior College



Presentation ID / Sunum No: 73

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID:

Mehmet KİTİŞ: 0000-0002-6836-3129  
Emrah ÖZTÜRK: :0000-0001-6421-6474  
Meltem BALKAN: 0000-0001-7790-775X

**Alternatif Lamba Türlerinin Çapraz Medya Etki Analizi ile Karşılaştırılması**

**Araştırmacı Meltem Balkan<sup>1</sup>, Doç. Dr. Emrah Öztürk<sup>2</sup>, Prof. Dr. Mehmet Kitiş<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>io Çevre Çözümleri Araştırma ve Geliştirme LTD. ŞTİ

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi

\*Corresponding author: Meltem Balkan

**Özet**

Aydınlatma sistemlerinin optimizasyonu ile hem enerji kullanımından kaynaklanan emisyonların hem de enerji tüketim maliyetlerinin azaltımı sağlanabilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) Ekonomik ve Çapraz-Medya Etkiler (ECM) Referans Dokümanı'nda sunulan çapraz medya metodolojisinde faydalanılarak, alternatif lamba türlerinin (ışık yayan diyotlar (light emitting diode-LED) ve kompakt floresan ampuller (compact fluorescent lamp-CFL) çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır. Bu değerlendirmede beşeri toksisite potansiyeli (BTP), akuatik toksisite potansiyeli (ATP), küresel ısınma potansiyeli (KIP), asidifikasyon potansiyeli (AP), ötrofikasyon potansiyeli (ÖP), ozon tabakası inceltme potansiyeli (OTİP), fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (FOOP) ve abiyotik tükenme potansiyeli (ADP) olmak üzere sekiz farklı çevresel tema kullanılmıştır. Tüm hesaplamalar 1 lümen-saat (lm-sa) için yapılmıştır. Çapraz medya analizi kapsamında genel sistem sınırları (üretim+nakliyat+kullanım) dikkate alındığında, CFL lambanın, LED lambadan BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP değerlerinde sırasıyla 6,76, 1,74, 7, 8,90, 7, 7 ve 1,26 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** CFL, Çapraz Medya Etki Analizi, ECM, LED

**Comparison of Alternative Lamp Types with Cross-Media Effect Analysis**

**Abstract**

It is possible to reduce both emissions caused by energy use and energy consumption costs with the optimization of lighting systems. The main aim of this study is to evaluate and compare of environmental effects of analyze alternative lamp types (light emitting diodes (LED) and compact fluorescent lamps (CFL)) according to economic analysis and cross media-effect methodology presented in the Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Economic and Cross-Media Effects (ECM) Reference Document. Cross media-effects were calculated eight different environmental themes such as human toxicity potential (BTP), aquatic toxicity potential (ATP), global warming potential (KIP), acidification potential (AP), eutrophication potential (EP),

*ozone layer depletion potential (OTIP), photochemical ozone forming potential (FOOP) and abiotic depletion potential (ADP). All calculations were performed for 1 lumen-hour (lm-hr). It was found that CFL lamp caused 6.76, 1.74, 7, 8.90, 7, 7 and 1.26 times higher environmental impact than LED lamp in BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP and ADP values, respectively, considering all stages of production, transportation and use.*

**Key words:** CFL, Cross-Media Effect Analysis, ECM, LED

## 1. GİRİŞ

Enerji endüstriyel üretim proseslerinin en önemli girdilerinden birini oluşturmaktadır (Wang vd., 2017:11). Ayrıca enerjinin yoğun kullanıldığı alt sektörlerde en önemli maliyet kalemlerinin başında gelmektedir (Grave vd., 2015:85; Khude, 2017:5). Endüstriyel tesislerde üretim prosesleri haricinde yardımcı proseslerde ve proses dışı alanlarda da enerji kullanımı gerçekleşmektedir (Ozturk vd., 2020:13). Proses dışı alanlardan birini aydınlatma sistemleri oluşturmaktadır. Endüstriyel tesislerde ve üretim proseslerinde farklı aydınlatma ihtiyaçları olabilmektedir. Tesiste aydınlatma ihtiyacı olan alanların büyüklüğü ve aydınlatma süreleri enerji tüketimini etkilemektedir. Ancak bir endüstriyel tesiste üniteler ya da prosesler bazında aydınlatma gereksinimlerinin belirlenmesi, aydınlatma sistemlerinin optimize edilmesi ve düşük çevresel etkiye sahip ve enerji verimliliği sağlayan ekipmanların kullanımıyla aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliği sağlanabilir (Hasanbeigi, 2010:136). Endüstriyel tesislerdeki aydınlatma ihtiyacının azaltılması (doğal güneş ışığı kullanımının artırılması) ile 1-11,5 MWh/yıl ve aydınlatma sistemlerinin optimizasyonu ile farklı tekstil tesislerinde 31-182 MWh/yıl elektrik tasarrufu sağlanabildiği rapor edilmiştir (Hasanbeigi ve Price, 2012:28). Ayrıca, uygun lamba ve balast türünün seçilmesiyle de aydınlatma sistemlerinde önemli enerji tasarrufları sağlanabilmektedir (Hasanbeigi, 2010:136).

Endüstriyel sektörlerde kaynak kullanımlarının ve çevresel performansların artırılması amacıyla Avrupa Komisyonu tarafından 1996 yılında Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) Direktifi yayımlanmıştır. IPPC Direktifi 2010 yılında endüstriyel sektörlerle ilgili yedi farklı direktif ile birleştirilerek Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED) adını almıştır. IPPC-IED Direktifi'nde endüstriyel kaynak kullanımlarının azaltılması ve çevresel performansların artırılması için mevcut en iyi teknikler (MET) tanımlanmıştır. IPPC-IED Direktifi'nin ve MET'lerin endüstriyel sektörlerde uyumunu kolaylaştırmak adına Avrupa Komisyonu IPPC Bürosu tarafından çeşitli sektörel referans dokümanlar (BREF) hazırlanmıştır. Bunlardan birini 2006 yılında yayımlanan Ekonomik ve Çapraz Medya Etkiler (ECM) Referans Dokümanı oluşturmaktadır. ECM Dokümanı'nın amacı; mevcut en iyi tekniklerin (MET) gerek çevresel gerekse ekonomik sonuçlarını değerlendirmesine yardımcı olmaktadır. ECM Referans Dokümanı ile temiz üretim sürecinde endüstriyel tesisler özelinde MET'lere karar verme sürecinin kolaylaştırılması hedeflenmektedir (EC, 2006). ECM Referans Dokümanı temel olarak; (1) çapraz medya, (2) maliyetleme, (3) alternatiflerin değerlendirilmesi ve (4) sektördeki ekonomik uygulanabilirlik olmak üzere dört temel metodolojiden oluşmaktadır (EC, 2006:175).

Bu çalışmada, alternatif lamba türlerinin ECM Referans Dokümanı'nda sunulan çapraz medya metodolojisi ile çevresel etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Aydınlatma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan ışık yayan diyotlar (light emitting diode-LED) ile kompakt floresan ampullerin (compact fluorescent lamp-CFL) çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda ECM Referans Dokümanında sunulan çapraz medya metodolojisine göre ilk olarak çalışmanın sistem sınırları belirlenmiş ve alternatif lamba türlerinin çevresel etkileri; beşeri toksisite potansiyeli (BTP), akuatik toksisite potansiyeli (ATP), küresel ısınma potansiyeli (KIP), asidifikasyon potansiyeli (AP), ötrofikasyon potansiyeli (ÖP), ozon tabakası incelleme potansiyeli

(OTİP), fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (FOOP) ve abiyotik tükenme potansiyeli (ADP) olmak üzere sekiz farklı çevresel temada değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çapraz Medya Etkilerin Hesaplanması

ECM Referans Dokümanı'na göre potansiyel çevresel etkiler temelde yedi farklı çevresel temada (BTP, KIP, ATP, AP, ÖP, OTİP ve FOOP) karşılaştırılmaktadır. Belirtilen bu temalar, kirleticilerin neden olma olasılığı en yüksek çevresel etkilere dayanmaktadır. Ayrıca, değerlendirilen seçeneklerin kendi özelinde neden olduğu spesifik bir çevresel tema olması durumunda, ilgili çevresel temada değerlendirmeye katılabilir. Böylece hem farklı kirleticilerin birbirleriyle karşılaştırılmasına hem de kirleticilerin bir araya getirilerek toplam etki olarak ifade edilmesine olanak tanınmaktadır (EC, 2006;175). Alternatif lamba türleri için çapraz medya metodolojisi kapsamında sunulan yedi çevresel temaya (BTP, ATP, KIP, AP, ÖP, OTİP ve FOOP) ek olarak abiyotik tükenme potansiyeli (Abiotic Depletion Potential-ADP) de dikkate alınmıştır.

BTP ve ATP değerlerinin hesaplanmasında emisyon kütlesi, ilgili emisyonun toksisite faktörüne bölünerek, emisyonu güvenli seviyelere indirmek için gerekli olan hava veya su hacmi elde edilmektedir. KIP, AP, ÖP, OTİP, FOOP ve ADP değerlerinin hesaplanmasında ise emisyonun kütlesi ile ilgili emisyonun çarpım faktörleri kullanılarak emisyonlar eşdeğer bir referans maddeye dönüştürülmektedir. Çevresel temaların hesaplanması kapsamında varsayımsal bir toplam oluşturmak amacıyla kullanılan formüller Tablo 1'de gösterilmiştir. Kirleticilerin ilgili çevresel temalardaki toksisite faktörleri, ECM Referans Dokümanı'nın eklerinde (ECM Referans Dokümanı'nın; Ek 1'inde BTP, Ek 2'sinde KIP, Ek 3'ünde PNEC, Ek 4'ünde AP, Ek 5'inde ÖP, Ek 6'sında OTİP, Ek 7'sinde FOOP faktörleri ve Ek 14'ünde ADP faktörleri) sunulmaktadır.

**Tablo 1.** Çevresel temaların hesaplanmasında kullanılan formüller

Parametre/Açıklama	Formül (EC, 2006)
<b>Beşeri Toksikite Potansiyeli (BTP)</b> (kg kurşun (Pb) eşdeğeri)	$BTP_{(toplam)} = \sum \left( \frac{\text{Havaya salınan kirletici kütlesi}}{\text{Kirleticinin beşeri toksisite faktörü}} \right) \quad (1)$
<b>Akuatik Toksikite Potansiyeli (ATP)</b> (kg CO <sub>2</sub> eşdeğeri)	$ATP_{(toplam)} = \sum \left( \frac{\text{Salınan kirletici kütlesi}}{\text{Kirleticinin PNEC değeri}} \right) \quad (2)$
<b>Küresel Isınma Potansiyeli (KIP)</b> (m <sup>3</sup> )	$KIP_{(toplam)} = \sum (KIP_{(kirletici)} \times \text{Salınan kirleticinin kütlesi}) \quad (3)$
<b>Asidifikasyon Potansiyeli (AP)</b> (kg SO <sub>2</sub> eşdeğeri)	$AP_{(toplam)} = \sum (AP_{(kirletici)} \times \text{Salınan kirleticinin kütlesi}) \quad (4)$
<b>Ötrofikasyon Potansiyeli (ÖP)</b> (kg fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) eşdeğeri)	$\dot{O}P_{(toplam)} = \sum (\dot{O}P_{(kirletici)} \times \text{Salınan kirleticinin kütlesi}) \quad (5)$
<b>Ozon Tabakası İncelme Potansiyeli (OTİP)</b> (kg CFC-11 eşdeğeri)	$OTIP_{(toplam)} = \sum (OTIP_{(kirletici)} \times \text{Salınan kirleticinin kütlesi}) \quad (6)$
<b>Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli</b>	$FOOP_{(toplam)} = \sum (FOOP_{(kirletici)} \times \text{Salınan kirleticinin kütlesi}) \quad (7)$

Parametre/Açıklama	Formül (EC, 2006)
(FOOP) (kg etilen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) eşdeğeri)	
<b>Abiyotik Tükenme Potansiyeli</b> (Abiotic Depletion Potential-ADP) (kg Antimon (Sb) eşdeğeri)	$ADP_{(toplamlam)} = \sum (ADP_{(kirleticisi)} \times Salınan\ kirleticinin\ kütlesi)$ (8)

ECM Referans Dokümanı'nda sunulan çevresel etkilerin yorumlanmasına yönelik yöntemlerden bazıları; çevresel etkilerin basit karşılaştırması ve çevresel etkilerin Avrupa toplamlarına göre normalizasyonudur. Çevresel etkilerin basit karşılaştırması pratik ve kolay bir yöntemdir. Bu karşılaştırma ile her bir alternatif seçeneğin genel görüntüsü oluşturularak önem derecesine göre sıralanmaktadır. Ancak, bu yaklaşım, çevresel etkilerin boyutu hakkında bilgi vermemektedir (EC, 2006;175). ECM Referans Dokümanı'na göre çevresel etkilerin boyutu ise Avrupa toplamlarına göre normalizasyon yönteminin kullanılması ile belirlenebilmektedir (EC, 2006). Bu yöntemde, alternatif seçeneklerin çevresel etkileri, ortak bir referans değere göre normalleştirilmektedir. Ortak referans ise alternatif seçeneğin belirli bir toplam Avrupa yüküne yapacağı katkı olarak tanımlanmaktadır. Bu karşılaştırma, yaşam döngüsü değerlendirmesindeki "katkı analizi" adımına benzemektedir (EC, 2006:175).

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 3.1. Alternatif Lamba Türlerinin Çapraz Medya Etki Analizi ile Karşılaştırılması

Daha verimli aydınlatma sistemlerinin kullanılması kapsamında, CFL ve LED lamba türleri için ECM Referans Dokümanı'nda sunulan çapraz medya metodoloji esas alınarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu kapsamda, yaşam döngüsü temelli olarak üretim, nakliyat ve kullanım aşamalarındaki çevresel etkiler belirlenmiştir. Hesaplamalarda kullanılan veriler, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Enerji Bakanlığı'nın LED imalatı ve performansının değerlendirildiği rapordan alınmıştır (Scholand ve Dillon, 2012:79). Alternatif lamba türlerinin denklik etkilerini ayarlamak için fonksiyonel birim 1 lümen-saat (lm-sa) olarak kabul edilmiştir.

ECM Referans Dokümanı'nda sunulan çapraz medya metodoloji kapsamında ilk olarak iki farklı lamba türü (CFL ve LED) için sistem sınırları belirlenmiştir. Alternatif lamba türlerinin üretim, nakliyat ve kullanım aşamaları temel sistem sınırı olarak kabul edilmiştir. Kullanım ömrü sonunda ise alternatif lamba türleri, %20 oranında geri kazanılmakta %80 oranında ise atık depolama tesislerinde depolanmaktadır (Scholand ve Dillon, 2012:79). Yaşam döngüsü analizinde kullanılan uygulamalar, birçok malzeme/ürün için standart veri sağlamakla birlikte çeşitli etki değerlendirme yöntemi de sunmaktadır (Goedkoop vd., 2016a:80; Goedkoop vd., 2016b:89). Bu nedenle, Scholand ve Dillon (2012) yürüttükleri çalışmada, kullanım ömrü sonunu da sistem sınırlarına dahil etmiştir. Ancak, lambaların kullanım ömrü sonu karmaşık proses basamaklarından oluştuğu için bu çalışmada değerlendirmenin dışında tutulmuştur. Alternatif lamba türlerinin karşılaştırılması için belirlenen sistem sınırları Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1. Alternatif lamba seçenekleri için belirlenen sistem sınırları



LED ve CFL lambaların toplam çevresel etkileri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir. Lambaların üretim aşaması dikkate alındığında, CFL lamba, LED lambaya göre ATP, ÖP ve ADP değerlerinde sırasıyla 1,74, 8,90 ve 11,07 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Lambaların nakliyat aşamasında ise CFL lamba, LED lambaya göre BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP değerlerinin her birinde 3,35 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Alternatif lamba türlerinin kullanım aşamasında CFL lamba LED lambaya göre BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP değerlerinin her birinde 1,18 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. LED lamba için en yüksek çevresel etki kullanım aşamasında oluşmuştur. CFL lambada ise en yüksek çevresel etki üretim aşamasında oluşmuştur.

**Tablo 2.** LED lambanın toplam çevresel etkisi

	<b>BTP</b> (kg Pb/lm-sa)	<b>ATP</b> (m <sup>3</sup> /lm-sa)	<b>KIP</b> (kg CO <sub>2</sub> /lm-sa)	<b>ÖP</b> (kg PO <sub>4</sub> /lm-sa)	<b>AP</b> (kg SO <sub>2</sub> /lm-sa)	<b>FOOP</b> (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /lm-sa)	<b>ADP</b> (kg Sb/lm-sa)
<b>Üretim</b>	3,02x10 <sup>-11</sup>	2,25x10 <sup>-4</sup>	2,88x10 <sup>-8</sup>	1,51x10 <sup>-11</sup>	4,43x10 <sup>-11</sup>	1,69x10 <sup>-11</sup>	1,19x10 <sup>-10</sup>
<b>Nakliyat</b>	8,85x10 <sup>-12</sup>		9,71x10 <sup>-8</sup>		1,49x10 <sup>-10</sup>	5,71x10 <sup>-11</sup>	3,99x10 <sup>-10</sup>
<b>Kullanım</b>	5,91x10 <sup>-10</sup>		6,48x10 <sup>-6</sup>		9,98x10 <sup>-9</sup>	3,81x10 <sup>-9</sup>	2,67x10 <sup>-8</sup>

Alternatif lamba türleri genel sistem sınırları kapsamında değerlendirildiğinde (üretim + nakliyat + kullanım) CFL lambanın, değerlendirilen yedi çevresel temada da en yüksek çevresel etkiye neden olduğu görülmüştür. Bu durumun temel nedeni, CFL lambanın daha fazla hammadde ihtiyacı ile kullanım ömrünün daha kısa olmasıdır.

**Tablo 3.** CFL lambanın toplam çevresel etkisi

	<b>BTP</b> (kg Pb/lm-sa)	<b>ATP</b> (m <sup>3</sup> /lm-sa)	<b>KIP</b> (kg CO <sub>2</sub> /lm-sa)	<b>ÖP</b> (kg PO <sub>4</sub> /lm-sa)	<b>AP</b> (kg SO <sub>2</sub> /lm-sa)	<b>FOOP</b> (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /lm-sa)	<b>ADP</b> (kg Sb/lm-sa)
<b>Üretim</b>	3,53x10 <sup>-9</sup>	3,91x10 <sup>-4</sup>	3,83x10 <sup>-5</sup>	1,34x10 <sup>-10</sup>	5,89x10 <sup>-8</sup>	2,25x10 <sup>-8</sup>	1,32x10 <sup>-9</sup>
<b>Nakliyat</b>	2,96x10 <sup>-11</sup>		3,25x10 <sup>-7</sup>		5,00x10 <sup>-10</sup>	1,91x10 <sup>-10</sup>	1,34x10 <sup>-9</sup>
<b>Kullanım</b>	6,98x10 <sup>-10</sup>		7,66x10 <sup>-6</sup>		1,18x10 <sup>-8</sup>	4,50x10 <sup>-9</sup>	3,15x10 <sup>-8</sup>

### 3.2. Çapraz Medya Etkilerin Yorumlanması

Alternatif lamba türlerinin genel sistem sınırları (üretim+nakliyat+kullanım) kapsamındaki, çapraz medya analizi Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo 4'e göre, CFL lamba değerlendirilen yedi temada da en yüksek çevresel etki ile sonuçlanmıştır. Bu durum; CFL lambanın LED'e göre (1) üretim aşamasında daha fazla hammadde ihtiyacından, (2) nakliyat ve kullanım aşamalarındaki daha yüksek enerji tüketiminden ve (3) CFL lambanın kullanım ömrünün LED lambaya göre daha kısa olmasından kaynaklanmıştır.

**Tablo 4.** Alternatif lamba türlerinin basit karşılaştırılması

Çevresel Temalar	LED	CFL
BTP	1	2
ATP	1	2
KIP	1	2
ÖP	1	2
AP	1	2
FOOP	1	2
ADP	1	2

1 İyi performans
2 Düşük performans

Alternatif lamba türlerinin, Avrupa toplamlarına göre normalizasyonu Tablo 5’te sunulmuştur. BTP ve ATP parametrelerinin, Avrupa yükü mevcut olmadığı için bu hesaplamalara dahil edilmemiştir. LED lamba kendi özelinde değerlendirildiğinde, kullanım aşamasının daha yüksek çevresel etkiye neden olduğu görülmüştür. Kullanım aşamasını sırasıyla nakliyat ve üretim takip etmiştir. CFL lamba kendi özelinde değerlendirildiğinde ise üretim aşaması en yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Üretim aşamasını sırasıyla kullanım ve nakliyat takip etmiştir.

**Tablo 5.** Alternatif lamba türlerinin toplam Avrupa yükleri

		KIP	ÖP	AP	FOOP	Enerji
<b>LED</b>	Üretim	1,35x10 <sup>5</sup>	1,96x10 <sup>-1</sup>	1,20	1,39x10 <sup>-1</sup>	1,50x10 <sup>7</sup>
	Nakliyat	4,57x10 <sup>5</sup>		4,04	4,68x10 <sup>-1</sup>	5,06x10 <sup>7</sup>
	Kullanım	3,05x10 <sup>7</sup>		2,69x10 <sup>2</sup>	3,13x10 <sup>1</sup>	3,38x10 <sup>9</sup>
	<b>Toplam</b>	<b>3,11x10<sup>7</sup></b>	<b>0,20</b>	<b>2,75x10<sup>2</sup></b>	<b>3,19x10<sup>1</sup></b>	<b>3,45x10<sup>9</sup></b>
<b>CFL</b>	Üretim	1,80x10 <sup>8</sup>	1,74	1,59x10 <sup>3</sup>	1,85x10 <sup>2</sup>	2,00x10 <sup>10</sup>
	Nakliyat	1,53x10 <sup>6</sup>		1,35x10 <sup>1</sup>	1,57	1,70x10 <sup>8</sup>
	Kullanım	3,60x10 <sup>7</sup>		3,18x10 <sup>2</sup>	3,69x10 <sup>1</sup>	3,99x10 <sup>9</sup>
	<b>Toplam</b>	<b>21,7x10<sup>7</sup></b>	<b>1,74</b>	<b>19,2x10<sup>2</sup></b>	<b>22,3x10<sup>1</sup></b>	<b>24x10<sup>9</sup></b>

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Alternatif lamba türlerinin (CFL ve LED) üretim, nakliyat ve kullanım süreçlerindeki çapraz medya etkileri belirlenmiştir. Daha verimli aydınlatma sistemlerinin kullanılması kapsamında, BTP ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP olmak üzere yedi çevresel temada hesaplamalar yapılmıştır. Lambaların üretim aşaması dikkate alındığında, CFL lamba, LED lambaya göre ATP, ÖP ve ADP değerlerinde sırasıyla 1,74, 8,90 ve 11,07 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Lambaların nakliyat aşamasında ise CFL lamba, LED lambaya göre BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP değerlerinin her birinde 3,35 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Alternatif lamba türlerinin kullanım aşamasında CFL lamba LED lambaya göre BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP değerlerinin her birinde 1,18 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Çapraz medya metodolojisi kapsamında genel sistem sınırları (üretim+nakliyat+kullanım) dikkate alındığında, CFL lambanın, LED lambadan BTP, ATP, KIP, ÖP, AP, FOOP ve ADP değerlerinde sırasıyla 6,76, 1,74, 7, 8,90, 7, 7, 1,26 kat daha yüksek çevresel etkiye neden olduğu görülmüştür. Bu durum, CFL lambanın LED’e göre (1) üretim

aşamasında daha fazla hammadde ihtiyacından, (2) nakliyat ve kullanım aşamalarındaki daha yüksek enerji tüketiminden ve (3) CFL lambanın kullanım ömrünün LED lambaya göre daha kısa olmasından kaynaklanmıştır. Çapraz medya metodolojisine göre CFL lamba LED lambaya kıyasla üretim aşamasında daha fazla abiyotik kaynak kullanımı; nakliyat ve kullanım aşamalarında ise daha yoğun enerji tüketimi nedeniyle daha yüksek çevresel etkiye neden olmuştur. Bu durumda, CFL lamba yerine LED lambanın tercih edilebileceği görülmüştür.

ECM Referans Dokümanı genel olarak değerlendirildiğinde; çevresel temalar hesaplanırken kullanılan bazı emisyonların çarpım faktörlerinin mevcut olmaması yürütülen çalışmayı zorlaştırmaktadır. Bu zorlukların azaltılması için, farklı sektörlerde gerçek tesis verileri ile yapılan çalışmaların/uygulama örneklerinin artırılması ve çarpım faktörlerinin eklenmesiyle ECM Referans Dokümanı'nın zenginleştirilmesi önerilmiştir. Böylece veri setleri oluşturulabilir ve ilerleyen süreçte oluşturulan veri setleri derlenerek ECM Referans Dokümanı'nın daha kullanıcı dostu olması sağlanabilir. Bu durum, temiz üretim literatürünün genişletilmesi ve geliştirilmesi açısından önemlidir. Gelecekte, ECM Referans Dokümanı'nın metodolojilerini içeren kullanıcı dostu bir yazılımın geliştirilmesi de bu konuda çalışan araştırmacılara ve paydaşlara önemli katkılar sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

- European Commission (EC) (2006). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Economics and Cross-Media Effects. EC IPPC Bureau. Seville, Spain.
- Goedkoop, M. Oele, M. Leijting, J. Ponsioen, T. Meijer E. (2016a). Introduction to LCA with SimaPro. Erişim Tarihi: 10 Nisan 2022. <https://pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>.
- Goedkoop, M. Oele, M. Vieira, M. Leijting, J. Ponsioen, T. Meijer, E. (2016b). SimaPro Tutorial. Erişim Tarihi: 10 Nisan 2022. <https://pre-sustainability.com/legacy/download/SimaPro8Tutorial.pdf>.
- Grave, K. Hazrat, M. Boeve, S. von Blücher, F. Bourgault, C. (2015). Electricity Costs of Energy Intensive Industries: an International Comparison. Ger. Minist. Econ. Aff. Energy 76. Germany. <https://isi.fraunhofer.de>.
- Hasanbeigi, A. (2010). Energy-Efficiency Improvement Opportunities for the Textile Industry. No. LBNL-3970E, 136p.
- Hasanbeigi, A. Price, L. (2015). A Technical Review of Emerging Technologies for Energy and Water Efficiency and Pollution Reduction in the Textile Industry. Journal of Cleaner Production, 95, 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.079>.
- Khude, P. (2017). A Review on Energy Management in Textile Industry. Innov. Ener. Res. 6, 169. <https://doi.org/10.4172/2576-1463/1000169>.
- Ozturk, E. Cinperi, N.C. Kitis, M. (2020). Improving Energy Efficiency Using the Most Appropriate Techniques in an Integrated Woolen Textile Facility. J Clean Prod. 254, 120145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120145>.
- Scholand, M. Dillon, H.E. (2012). Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products Part 2: LED Manufacturing and Performance. Pacific Northwest National Lab.(PNNL), No: PNNL-21443, 79p.
- Wang, L. Li, Y. Wanwen, H. (2017). The Energy Footprint of China's Textile Industry: Perspectives from Decoupling and Decomposition Analysis. Energies 10, 1461-1472. <https://doi.org/10.3390/en10101461>.

**Presentation ID / Sunum No: 75**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: Öznur Biricik 0000-0003-4884-7350

Burcu Aytekin 0000-0002-4059-8559

Ali Mardani 0000-0003-0326-5015

## **Farklı Tür Atık Toz Malzeme Kullanımının Çimentolu Sistemlerin Priz Süresi ve Akış Özelliklerine Etkisi**

**Arş. Gör. Öznur Biricik<sup>1</sup>, Arş. Gör. Burcu Aytekin<sup>1</sup>, Doç. Dr. Ali Mardani<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup> *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bursa Uludağ University,  
Nilüfer-Bursa, Turkey*

*Corresponding author: öznur Biricik*

### **Özet**

*Bu çalışmada, çimentolu sistemlerde çimento yerine alternatif olarak kullanılacak inşaat ve endüstriyel atıkların değerlendirilmesi hakkında deneysel bir çalışma yürütülmüştür. Bu bağlamda inşaat ve yıkıntı atığı olarak kireçtaşı, beton ve mermer, endüstriyel atık olarak ise cam atıkları değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, tüm karışımların toplam bağlayıcı hacmi sabit tutularak toz haline (<0.075 mm) getirilmiş geri dönüştürülmüş beton, mermer, kireçtaşı ve cam atıkları toplam bağlayıcı hacminin %30'u oranında çimento yerine ikame edilerek 5 farklı hamur karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımların, priz süresi, marsh hunisi akış süresi ve mini-çökme değerleri ölçülmüştür. Gözenekli yapısından dolayı maksimum su ihtiyacı geri dönüştürülmüş beton tozu içeren karışımda gözlemlenirken, Blaine incelik değeri en yüksek olan mermer tozu içeren karışımda en kısa priz süresi ölçülmüştür. Ayrıca, cam tozu içeren karışımda, su azaltıcı katkı doygunluk noktasının toplam bağlayıcı hacminin %2,7 oranında katkı kullanıldığı durumda olduğu anlaşılmıştır. Diğer karışımlara kıyasla, katkı doygunluk açısından cam tozu kullanımının daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** *İnşaat ve yıkıntı atıkları, endüstriyel atıklar, Marsh-hunisi akış süresi, priz süresi*

### **1.GİRİŞ**

Enerji ve çevre sorunlarının dünya çapında kritik hale gelmesiyle; çevre koruma, enerji tasarrufu ve sürdürülebilir kalkınma kavramları ön plana çıkmıştır. İnşaat sektöründe de söz konusu tasarrufların arttırılarak sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla, öncelikle katı atıklar içerisinde en büyük paya sahip olan inşaat ve endüstriyel atıkların değerlendirilmesi gerekmektedir (Mardani ve ark., 2019; Aytekin ve Mardani, 2022). Örneğin, mermer fabrikalarında işlenen mermerin yaklaşık % 30'unun toz atık olarak ortaya çıktığı ve Türkiye'de günlük 1400 ton tozun (1 mm'den küçük) atık olarak depo alanlarında depolandığı bildirilmiştir (Unal, 2006). Atıklar doğal ortama kontrolsüz bir şekilde bırakıldığında, toprağın su süzme kapasitesini azaltılması, bitki örtüsünün gelişimini önlemesi, dere yataklarını doldurması ve yeraltı suyuna bu atıkların karışması gibi bir takım çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda söz konusu atık malzemelerin çimento yerine ikame edilmesi ile atık

malzemeler geri dönüştürülmüş ve çimento tüketimi azaltılmış olacaktır. Bir ton çimento üretimi esnasında gerekli 1.2 ton hammadde ve 130 kWh enerjiye ilaveten ortaya çıkan yaklaşık 1 ton CO2 dikkate alındığında, çimento tüketiminin azaltılması çevre duyarlılığı bakımından ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Mardani-Aghabaglou ve ark., 2015). İnşaat atıklarının çimentolu sistemlerde agrega yerine (Mardani ve ark., 2019; Yüksel ve ark., 2016) veya toz haline getirilerek çimento yerine ikame edilmesi ile daha ekonomik ve çevreye duyarlı çimentolu karışımlar elde edilmektedir.

Geri dönüştürülmüş malzemelerin çimentolu sistemlerde kullanılmasının ekonomik ve çevresel etkisinin yanı sıra çok sayıda avantajı bulunmaktadır. Mermer tozunun köşeli, pürüzlü bir yapıya sahip olması nedeniyle taneler arasındaki içsel sürtünmenin artmasına ve çimento hamurunun daha yoğun ve boşluksuz hale gelmesini sağladığı bildirilmiştir (Alyousef ve ark., 2018). Geri dönüştürülmüş beton tozunun sahip olduğu mikro dolgu ve bağlayıcı etkisi nedeniyle otojen iyileşmeye olanak sağladığı, gözeneklerin azalarak elastisite modülünün iyileştiği ve eğilme dayanımının önemli mertebede azalmadığı beyan edilmiştir (Topič ve ark., 2017). Araştırmacılar tarafından geri dönüştürülmüş beton tozunun %30 oranına (Manzi ve ark., 2017, Pandaa ve Bal, 2013), mermer tozunun %36 oranına kadar (Topcu ve ark., 2009) çimento yerine ikame edilerek kullanımının kendiliğinden yerleşen betonların akışkanlık ve dayanım özellikleri açısından uygun olduğu vurgulanmıştır. Ancak, çimento yerine ikame edilen geri dönüştürülmüş beton tozunun inceliğine bağlı olarak optimum kullanım oranının %15-45 arasında değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır (Kim ve Choi, 2012; Guo ve ark., 2020). Bir diğer inşaat atığı olan cam tozunun çimento harç karışımlarına ilave edilmesi ile plastik büzülmenin neden olduğu çatlak miktarının azaldığı (Gorospe ve ark., 2019), sülfat ve asit saldırısına karşı dayanımının arttığı (Jain ve ark., 2020) beyan edilmiştir. Bu olumlu etkinin camın su emme kapasitesinin düşük olmasından kaynaklandığı beyan edilmiştir (Gorospe ve ark., 2019). Ayrıca cam tozu ikamesinin yüksek puzolanik aktivitesi sayesinde betonun basınç dayanımını arttırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından beyan edilmiştir (Gupta ve Vyas, 2018; Jain ve ark., 2020). Ancak, çimento yerine ikame edilen cam tozunun inceliğine bağlı olarak optimum kullanım oranının %10-20 arasında değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır (Patel ve ark., 2019). Kireçtaşı tozunun agrega-çimento hamur arayüzünde bulunan boşlukları doldurarak dayanımı arttırdığı (Yang ve ark., 2018), kuruma büzülme davranışını (Courard ve Michel, 2014) ve geçirgenliği (Li ve Kwan, 2015) azalttığı bildirilmiştir.

Atık malzemelerin toz haline getirilerek çimento yerine kullanımının çok sayıda avantajının yanında söz konusu malzemelerin inceliğinin yüksek olması nedeniyle optimum kullanım oranının aşılması sonucunda çimentolu sistemlerin akışkanlığının istenmeyen seviyede azalması ve priz süresinin artması dezavantaj olarak bilinmektedir. Çimentoya kıyasla inceliği daha yüksek olan mermer tozunun kullanımı ile hamur karışımlarının su ihtiyacının azaldığı ancak priz süresi değerlerinin artış gösterdiği bildirilmiştir (Vardhan ve ark., 2015). Çimentonun inceliğine yakın mermer tozu ikamesi durumunda ise akışkanlığının ve priz süresindeki değişimin ihmal edilebilir seviyede olduğu beyan edilmiştir (Seghir ve ark., 2018). Geri dönüştürülmüş beton tozunun yüksek gözenekliliğe sahip olması nedeniyle çimento yerine ikame edilmesi ile akışkanlığının ve priz süresinin azaldığı beyan edilmiştir (Chen ve ark., 2021; Wu ve ark., 2022). Çimentoya kıyasla inceliği daha yüksek olan cam tozunun %20 oranında çimento yerine ikame edilmesi ile hamur karışımlarının priz süresinin ve harç karışımlarının yayılma değerlerinin arttığı beyan edilmiştir (Patel ve ark., 2019). Chu ve ark. (2022) tarafından ise çimento hamur karışımlarının yayılma değerlerinin %10 cam tozu ikame oranına kadar arttığı, ancak bu değerden sonra azaldığı bildirilmiştir. Kireçtaşı tozunun eklenmesi ile Marzouki ve ark. (2013) tarafından hidrasyonun hızlandığı ve priz süresinin kısaldığı bildirilirken Meddah ve ark. (2014) tarafından priz süresinin uzadığı bildirilmiştir. Partikül boyutu çimentoya kıyasla daha büyük olan kireçtaşı tozunun ikamesi ile normal kıvam için su ihtiyacı artarken, kireçtaşı tozu partikül boyutunun küçülmesi ile su ihtiyacının arttığı beyan edilmiştir (Ren ve ark., 2020). Toz malzemelerin türü ve inceliğine

bağlı olarak, çimentolu sistemlere eklenmesi ile karışımların taze hal ve reolojik özelliklerinin değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır (Biricik ve Mardani, 2022).

Çimentolu sistemlerin pompalanabilirlik ve yerleştirme süreçlerini doğrudan etkilediğinden akışkanlığı belirleyen taze hal özelliklerinin incelenmesi oldukça önemlidir. Literatür taramasında atık malzeme kullanımının çimentolu sistemlerin taze hal özelliğini ne mertebede etkilediğinin tam olarak anlaşılabilmesi sonucunda söz konusu özelliğin araştırılması gerektiği anlaşılmıştır. Bu çalışmada inşaat yıkıntularından elde edilen beton atıkları, mermer üretiminde ortaya çıkan mermer atıkları, agrega üretiminde ortaya çıkan kireçtaşı atıkları ve ömrünü tamamlamış cam şişe atıkları geri dönüştürülerek kullanılmıştır. Bu amaçla malzemeler toz haline (<0.075 mm) getirilerek toplam bağlayıcı hacminin %30'u oranında çimento yerine ikame edilerek hamur karışımları hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında, çimento hamur karışımlarına söz konusu atıkların eklenmesi ile priz süresi, Marsh-hunisi akış süresi ve mini-çökme değerlerinin ne mertebede etkilendiği incelenmiştir.

## 2. MALZEME ve METOT

### 2.1. Malzeme

Çalışma kapsamında OYAK Çimento tarafından üretilen CEM I 42.5R tipi çimentosu (PÇ) kullanılmıştır. Üretici firma tarafından temin edilen çimentoya ait bazı kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Çimentonun kimyasal bileşimi, fiziksel ve mekanik özellikleri.

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler		
Oksit	(%)	Özgül ağırlık		3,15
SiO <sub>2</sub>	18,74	Özgül yüzey alanı (Blaine)	cm <sup>2</sup> /g	3600
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,37	İncelik	45 µ %	7,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,04		90 µ %	0,4
CaO	64,11	Priz süresi	dk	180
MgO	1,21	Hacim genişmesi	mm	1
SO <sub>3</sub>	2,68	<b>Mekanik Özellikler</b>		
Na <sub>2</sub> O	0,34	Basınç dayanımı (MPa)	1-Gün	28,8
K <sub>2</sub> O	0,62		28-Gün	56
Cl <sup>-</sup>	0,038			
Serbest CaO	2,12			
Kızdırma kaybı	3,6			

### Atık toz malzemeler

Çalışma kapsamında kullanılan kireçtaşı tozu, geri dönüştürülmüş beton, mermer ve cam atıkları sırasıyla, Bursa Beton Kayapa Agrega Ocağı, Bursa Büyükşehir Belediyesi Küçükbalıklı Geri Dönüşüm Tesisi, Efendioğlu Mermer ve atık maden suyu şişelerinden temin edilmiştir. Temin edilen atıklar öğütülerek 0.075 mm altında toz haline getirilmiştir. Farklı atık toz malzemelerin Bursa Çimento Fabrikası tarafından temin edilen kimyasal bileşimi ve bazı fiziksel özellikleri

Tablo 2’de verilmiştir. Kullanılan cam atıklarının kimyasal bileşimi deney esnasında atıkların köpürmesi nedeniyle belirlenememiştir.

**Tablo 2.** Farklı atık toz malzemelerin kimyasal bileşimi ve bazı fiziksel özellikleri

<b>Kimyasal Özellikler</b>					
<b>Oksit</b>	<b>Birim</b>	<b>Kireçtaşı Tozu</b>	<b>Geri</b>		
			<b>Dönüştürülmüş Beton Tozu</b>	<b>Mermer Tozu</b>	<b>Cam Tozu</b>
SiO <sub>2</sub>	(%)	1,54	21,84	0,39	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	0,66	4,97	0,18	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(%)	0,25	2,75	0,09	-
CaO	(%)	53,43	35,61	47,86	-
MgO	(%)	0,48	1,44	4,41	-
SO <sub>3</sub>	(%)	0,12	0,96	0,16	-
Na <sub>2</sub> O	(%)	0,05	0,64	0,02	-
K <sub>2</sub> O	(%)	0,12	0,71	0,05	-
Kızdırma Kaybı	(%)	42,77	28,66	43,81	0,59

<b>Fiziksel Özellikler</b>					
Özgül Ağırlık		2,66	2,57	3,06	2,52
Blaine İnceliği	cm <sup>2</sup> /g	2570	4410	5140	2140
45 mµ Üstü	(%)	50	50,2	22,2	50,2
90 mµ Üstü	(%)	24,8	24,4	80	24,6
200 mµ Üstü	(%)	0	0	0	0

### Kimyasal katkı

Karışımlarda istenilen akışkanlığı sağlamak için tek tip Polikarboksilat eter esaslı yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal katkının üretici firma tarafından temin edilen bazı teknik özellikleri Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Polikarboksilat eter esaslı yüksek oranda su azaltıcı katkı özellikleri

<b>Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Katı Madde İçeriği (%)</b>	<b>pH Değeri</b>	<b>Klorür İçeriği (%)</b>	<b>Alkali Oranı, Na<sub>2</sub>O (%)</b>
1,023-1,063	32	58	<0,1	<10

### 2.2. Karışımların hazırlanması

Çalışma kapsamında, tüm karışımların toplam bağlayıcı hacmi sabit tutularak geri dönüştürülmüş beton tozu, mermer tozu, kireçtaşı tozu ve cam tozu toplam bağlayıcı hacminin %30’u oranında çimento yerine ikame edilerek 5 farklı hamur karışımı hazırlanmıştır. Karışımların isimlendirilmesi kullanılan atık türüne göre yapılmıştır. Örneğin, mermer tozu içeren karışım MT, kireçtaşı tozu içeren karışım ise KT olarak isimlendirilmiştir. EN 196-3 Standardına (2017)

uygun olacak şekilde su/bağlayıcı (s/b) oranı belirlenen karışımların priz süresi tayini için üretiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 4'te verilmiştir. Marsh-hunisi ve mini-çökme deneyleri için malzeme miktarları ise Tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Priz süresinin tayininde üretilen hamur karışımlarının içerdiği malzeme miktarı

Karışım	Çimento (g)	GDBT (g)	MT (g)	CT (g)	KT (g)	Toplam bağlayıcı hacmi	Su (g)	Su/Bağlayıcı
Kontrol	550	-	-	-	-		165,2	0,30
GDBT	385	134,6	-	-	-		169,8	0,33
MT	385	-	160,3	-	-	174,6	155,1	0,28
CT	385	-	-	132	-		158,2	0,31
KT	385	-	-	-	139,3		146,1	0,28

**Tablo 5.** Marsh-hunisi ve mini-çökme deneyi için üretilen hamur karışımlarının içerdiği malzeme miktarı

Karışım	Çimento (g)	GDBT (g)	MT (g)	CT (g)	KT (g)	Toplam bağlayıcı hacmi	Su (g)	Su/Bağlayıcı
Kontrol	800	-	-	-	-		280	
GDBT	560	195,8	-	-	-		264,5	
MT	560	-	233,1	-	-	254	277,6	0,35
CT	560	-	-	192	-		263,2	
KT	560	-	-	-	202,7		266,9	

### 2.3. Yöntem

Çalışma kapsamında hazırlanan hamur karışımlarının kıvam ve priz süresi belirleme deneyleri TS-EN 196-3 (2017) Standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Kıvam belirleme deneyi Şekil 2a'da gösterilen manuel vikat aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Hamur karışımlarının priz başlangıç ve priz bitiş süreleri ise Şekil 2b'de gösterilen otomatik vikat cihazı kullanılarak belirlenmiştir.



(a)



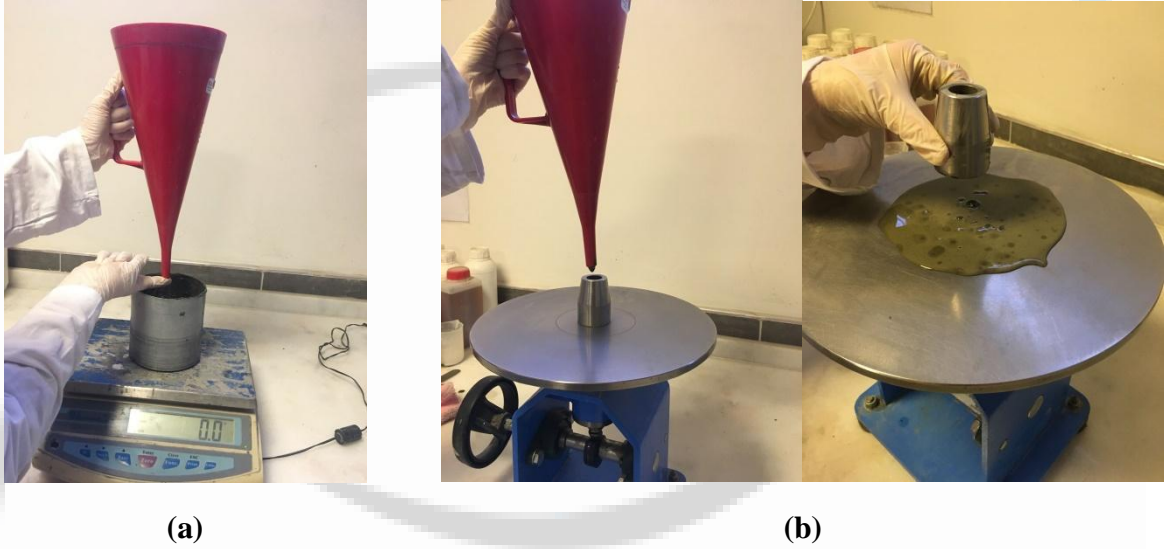
(b)

**Şekil 2.** Çalışmada kullanılan a) manuel vikat ve b) otomatik vikat cihazı

Çalışma kapsamında hazırlanan hamur karışımlarının Marsh-hunisi akış süresi ve mini-çökme değerleri deneyleri Aitcin (2004)'in önerisi dikkate alınarak belirlenmiştir. Her karışım için

bağlayıcı hacminin %1,5'u ile %9,9'u arasında değişen 7 farklı oranda yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanılmıştır. Marsh hunisinden geçiş süresinin belirlenmesi deneyinde katkı dozajının artışı ile akış süresinin değişimi incelenmiştir. Yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanım oranının artışı ile Marsh hunisi akış süresinin azaldığı, ancak doygunluk noktası olarak adlandırılan katkı kullanım oranından sonra akışkanlığın ihmal edilebilir derecede arttığı, Marsh Hunisi akış sürelerinde önemli bir azalma olmadığı vurgulanmıştır (Mardani, 2016; Biricik, 2022). Her bir katkı dozajının eklenmesinin ardından tekrar karıştırılan akış süresi ölçülecek hamur karışımları Marsh hunisinde belirli bir seviyeye kadar doldurularak eşit hacimde olması sağlanmıştır. Şekil 3a'da gösterildiği gibi işaret parmağı ile kapatılan Marsh hunisi ucu açılarak içindeki karışımın boşalma süresi kronometre yardımı ile ölçülmüştür. Söz konusu sürenin bir önceki katkı miktarında yapılan ölçüm ile arasındaki fark 1 saniyenin altına düştüğü nokta “doygunluk noktası” olarak adlandırılmıştır.

Karışımların mini çökme değerleri Kantro (1980) tarafından önerilen yönteme uygun olarak belirlenmiştir. Şekil 3b'de gösterilen yayılma tablası üzerine yerleştirilen mini-çökme konisinin içine hamur karışımı yerleştirilmiştir. Koninin hızlıca kaldırılmasının ardından karışımın yayılma çapı ölçülmüştür.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan a) Marsh hunisi akış süresi b) Mini-çökme deneylerinin yapılışı

### 3. TARTIŞMA ve SONUÇ

#### Kıvam belirleme ve priz süresi

Hamur karışımlarının priz süresi tayini deney sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir. Normal kıvamı sağlanması için en yüksek su ihtiyacının GDBT karışımında olduğu anlaşılmıştır. Bu durumun, GDBT'nin gözenekli yapısından, içerdiği hidrate olmayan çimento parçacıklarından ve yüksek Blaine incelik değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ghiasvand ve ark. (2015), matriste ince malzeme miktarının artması ile toplam yüzey alanını artması sonucu tane yüzeylerinin ıslanması için su gereksiniminin arttığını beyan etmiştir. En düşük su ihtiyacının ise KT karışımına ait olduğu Tablo 6'dan anlaşılmıştır. Bu durumun, KT'nin hidrasyon potansiyelinin ve incelik değerinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hamur karışımlarının priz süresi değerleri incelendiğinde en düşük priz süresi değerinin MT karışımına ait olduğu gözlemlenmiştir. Mermer tozunun en yüksek Blaine incelik değerine sahip olduğu Tablo 6'dan da anlaşılmıştır. Ayrıca, söz konusu karışımda, normal kıvamı belirlemek için su gereksiniminin en düşük olduğu tespit edilmiştir. En yüksek priz süresi değerinin ise CT karışımına ait olduğu sonuçlardan anlaşılmıştır. Bu durum, CT'nin en düşük incelik değerine sahip olmasından ve normal kıvamı sağlamak için su gereksiniminin nispeten daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bağlamda, incelik değerinin priz süresi üzerinde etken bir parametre olduğu tespit edilmiştir. KT'nin cam tozundan sonra en düşük incelik değerine sahip olmasına rağmen priz süresi değerinin, nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, KT karışımında normal kıvamı sağlamak için su gereksiniminin az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 6.** Karışımların kıvam ve priz süresi değerleri

Karışım	Kıvam Belirleme		Priz Süresi Belirleme	
	Taban plakası-sonda arasındaki mesafe (mm)	Su/bağlayıcı	Başlangıç (Dakika)	Bitiş (Dakika)
<b>Kontrol</b>	7	0,30	201	321
<b>GDBT</b>	5,5	0,33	201	341
<b>MT</b>	6,5	0,28	185	305
<b>CT</b>	5	0,31	225	405
<b>KT</b>	5	0,28	201	310

### Marsh-hunisi ve mini-çökme

Çalışma kapsamında hazırlanan çimento hamuru karışımlarının Marsh-hunisi akış süresi değerleri Tablo 7'de verilmiştir. GDBT karışımına bağlayıcı hacminin %3.8'i oranında yüksek oranda su azaltıcı katkı eklendiği durumda Marsh hunisinden akış gerçekleşmediğinden ölçüm alınamamıştır. Tablo 7'den de görüldüğü gibi, kullanılan atık toz malzeme türünden bağımsız olarak, yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanım oranının artmasıyla hamur karışımlarının akış süreleri beklendiği gibi azalmıştır. Kontrol karışımına atıkların eklenmesi ile Marsh-hunisi akış performansı olumsuz etkilenmiştir. Bu doğrultuda, kontrol ve GDBT karışımlarının Marsh-hunisi akış davranışı açısından sırasıyla, en üstün ve en düşük performansı sergileyen karışımlar olduğu anlaşılmıştır. Bu durumun, geri dönüştürülmüş beton tozunun Blaine incelik değerinin yüksek olması, gözenekli yapıya sahip olması ve hidrate olmamış çimento taneleri içerebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Wu ve ark. (2022), geri dönüştürülmüş beton tozunun düzensiz mikro yapıya sahip olduğunu ve bir miktar serbest suyu emen ve hamur karışımının akışkanlığını azaltan büyük gözenekli C-S-H jeli içerdiğini vurgulamıştır. CT karışımının atık içeren karışımlar arasında en üstün performansa sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu durumun cam tozunun düşük incelik değerinden ve pürüzsüz yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, MT karışımı mermer tozunun en yüksek Blaine incelik değerine sahip olmasına rağmen en düşük performansı göstermediği anlaşılmıştır. Bu bağlamda, çimentolu sistemlerin akışkanlık performansında iki farklı mekanizmanın etkili olduğu görülmektedir. İnceliğin artışı ile su ihtiyacı artarak daha yoğun bir yapı oluşup akışkanlık olumsuz etkilenirken, inceliğin artışı ile yüksek oranda su azaltıcı katkıların daha fazla adsorbe olacak alan bulması sonucunda akışkanlık olumlu etkilenmektedir (Mardani ve ark., 2017; Karakuzu ve ark., 2021).

Kontrol ve CT karışımlarında, su azaltıcı doygunluk noktasının toplam bağlayıcı hacminin %2,7 oranında katkı eklendiği durumda olduğu belirlenirken, GDBT, KT ve MT karışımları için bu oranın %3 olduğu anlaşılmıştır. Böylece daha düşük katkı kullanım oranında doygunluğa ulaştığında

n cam tozunun kullanılmasının daha ekonomik olduğu anlaşılmıştır.

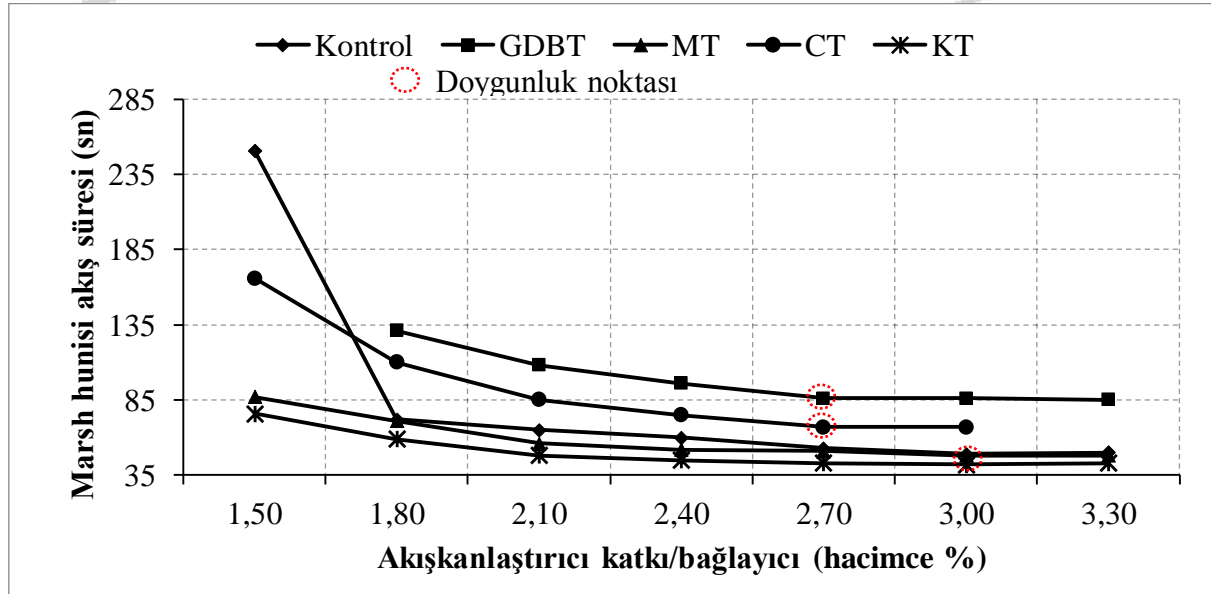
Çalışma kapsamında hazırlanan çimento hamuru karışımlarının mini-çökme değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’den de görüldüğü gibi, Marsh-hunisi akış sürelerine benzer olarak, kullanılan atık türünden bağımsız olarak, yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanım oranının artmasıyla hamur karışımlarının akışkanlığının arttığı anlaşılmıştır. En düşük katkı dozajında (%1,5) ölçülen mini-çökme değerleri incelendiğinde MT ve GDBT karışımlarının sırasıyla, en yüksek ve en düşük yayılma değerine sahip olduğu anlaşılmıştır. Katkı kullanım oranının artışıyla yayılma değerindeki artış oranının MT ve GDBT karışımları için sırasıyla, en düşük ve en yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, mermer tozunun geri dönüştürülmüş beton tozuna kıyasla, daha yüksek Blaine incelik değerine sahip olması sonucunda yüksek oranda su azaltıcı katkının daha fazla adsorbe olarak akışkanlığın daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

**Tablo 7.** Karışımların Marsh-hunisi akış süresi değerleri (sn)

Karışım	Katkı dozajı (toplam bağlayıcı hacminin yüzdesi olarak)								
	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
<b>Kontrol</b>	251	72	65	60	53	49	50	*	*
<b>GDBT</b>	* *	131	108	96	86	86	85	*	*
<b>MT</b>	87	71	56	52	51	48	48	*	*
<b>CT</b>	166	110	85	75	67	67	*	*	*
<b>KT</b>	76	59	48	45	43	42	43	*	*

\*Ayrışmadan dolayı ölçüm alınamamıştır,

\* \*Huniden akış gerçekleşmediğinden ölçüm alınamamıştır.



**Şekil 4.** Hamur karışımlarının katkı dozajına bağlı olarak Marsh-hunisi akış süresi değerleri

**Tablo 8.** Karışımların mini-çökme değerleri (mm)

Karışım	Katkı dozağı (toplam bağlayıcı hacminin yüzdesi olarak)								
	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9
<b>Kontrol</b>	175	175	180	190	200	205	200	*	*
<b>GDBT</b>	125	165	167,5	165	180	172,5	167,5	*	*
<b>MT</b>	180	180	175	180	182,5	182,5	182,5	*	*
<b>CT</b>	170	175	187,5	192,5	195	195	-	*	*
<b>KT</b>	167,5	182,5	190	170	170	172,5	165	*	*

\*Ayrışmadan dolayı ölçüm alınmamıştır,

#### 4. SONUÇ

Çalışma kapsamında kullanılan malzemeler ve uygulanan deneyler doğrultusunda aşağıda özetlenen sonuçlar elde edilmiştir:

- Normal kıvamı sağlamak için gerekli su ihtiyaçları karşılaştırıldığında maksimum su ihtiyacı geri dönüştürülmüş beton tozu içeren karışımda gözlemlenirken bunu cam tozu içeren, kontrol, mermer tozu ve kireçtaşı tozu içeren karışımlar izlemiştir.
- Blaine inceliği en yüksek olan mermer tozu içeren karışımda en düşük priz süresi değeri, en düşük Blaine inceliğine sahip cam tozu içeren karışımda ise en yüksek priz süresi değeri ölçülmüştür.
- Kullanılan atık tozu türünden bağımsız olarak, karışıma toz malzeme ilavesi ile akış performansı olumsuz etkilenmiştir. Bu davranışın, geri dönüştürülmüş beton tozu ilavesi durumunda daha baskın olduğu tespit edilmiştir.
- İncelik değerinin düşük olması ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olması nedeniyle cam tozu içeren karışım, Marsh-hunisi akış süresi açısından en üstün performansı sergilemiştir. Ayrıca, diğer karışımlara kıyasal, cam tozu içeren karışımda, katkı doygunluk noktası daha az katkı kullanılarak sağlanmıştır. Bu bağlamda, cam tozu kullanımı ile daha ekonomik karışımların hazırlanmasının mümkün olduğu gözlemlenmiştir.

#### REFERANSLAR

Aitcin, P.C., (2004). High Performance Concrete, E&FN SPON, New York.

Alyousef, R., Benjeddou, O., Khadimallah, M. A., Mohamed, A. M., & Soussi, C. (2018). Study of the effects of marble powder amount on the self-compacting concretes properties by microstructure analysis on cement-marble powder pastes. *Advances in Civil Engineering*, 2018.

Aytekin, B., & Mardani-Aghabaglou, A. (2022). Sustainable Materials: A Review of Recycled Concrete Aggregate Utilization as Pavement Material. *Transportation Research Record*, 2676(3), 468-491.

Biricik, Ö., & Mardani, A. (2022). Parameters affecting thixotropic behavior of self compacting concrete and 3D printable concrete; a state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 339, 127688.

Biricik, Ö. (2022). Metakaolin içeren farklı c3a içeriğine sahip çimentolu sistemlerin tiksotropik özelliklerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi).

- British Standard, E. N. 196-3 (2016) Method of testing Cement: Physical Test. BSI, London.
- Chen, X., Li, Y., Bai, H., & Ma, L. (2021). Utilization of Recycled Concrete Powder in Cement Composite: Strength, Microstructure and Hydration Characteristics. *Journal of Renewable Materials*, 9(12), 2189.
- Chu, S. H., Li, L., Shen, P. L., Lu, J. X., & Poon, C. S. (2022). Recycling of waste glass powder as paste replacement in green UHPFRC. *Construction and Building Materials*, 316, 125719.
- Courard, L., & Michel, F. (2014). Limestone fillers cement based composites: Effects of blast furnace slags on fresh and hardened properties. *Construction and Building Materials*, 51, 439-445.
- Ghiasvand, E., Ramezaniapour, A. A., & Ramezaniapour, A. M. (2015). Influence of grinding method and particle size distribution on the properties of Portland-limestone cements. *Materials and Structures*, 48(5), 1273-1283.
- Gorospe, K., Booya, E., Ghaednia, H., & Das, S. (2019). Effect of various glass aggregates on the shrinkage and expansion of cement mortar. *Construction and Building Materials*, 210, 301-311.
- Guo, Z., Jiang, T., Zhang, J., Kong, X., Chen, C., & Lehman, D. E. (2020). Mechanical and durability properties of sustainable self-compacting concrete with recycled concrete aggregate and fly ash, slag and silica fume. *Construction and Building Materials*, 231, 117115.
- Gupta, L. K., & Vyas, A. K. (2018). Impact on mechanical properties of cement sand mortar containing waste granite powder. *Construction and Building Materials*, 191, 155-164.
- Jain, K. L., Sancheti, G., & Gupta, L. K. (2020). Durability performance of waste granite and glass powder added concrete. *Construction and Building Materials*, 252, 119075.
- Kantro, DL., (1980). Influence of water reducing admixtures on properties of cement paste-a miniature slump test, *Cement, Concrete and Aggregates*, 2:95-102 pp.
- Karakuzu, K., Kobya, V., Mardani-Aghabaglou, A., Felekoğlu, B., & Ramyar, K. (2021). Adsorption properties of polycarboxylate ether-based high range water reducing admixture on cementitious systems: A review. *Construction and Building Materials*, 312, 125366.
- Kim, Y. J., & Choi, Y. W. (2012). Utilization of waste concrete powder as a substitution material for cement. *Construction and building materials*, 30, 500-504.
- Li, L. G., & Kwan, A. K. (2015). Adding limestone fines as cementitious paste replacement to improve tensile strength, stiffness and durability of concrete. *Cement and Concrete Composites*, 60, 17-24.
- Manzi, S., Mazzotti, C., & Bigozzi, M. C. (2017). Self-compacting concrete with recycled concrete aggregate: Study of the long-term properties. *Construction and Building Materials*, 157, 582-590.
- Mardani-Aghabaglou, A., Beglarigale, A., & Ramyar, K. (2016). Microstructural Analyses of Recycled Aggregate-Bearing Mortar Mixture. *ACI Materials Journal*, 113(6).

- Mardani-Aghabaglou, A., Beglarigale, A., Yazıcı, H., & Ramyar, K. (2019). Transport properties and freeze-thaw resistance of mortar mixtures containing recycled concrete and glass aggregates. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 23(1), 53-69.
- Mardani-Aghabaglou, A., Son, A. E., Felekoglu, B., & Ramyar, K. (2017). Effect of cement fineness on properties of cementitious materials containing high range water reducing admixture. *Journal of Green Building*, 12(1), 142-167.
- Mardani-Aghabaglou, A., Tuyan, M., & Ramyar, K. (2015). Mechanical and durability performance of concrete incorporating fine recycled concrete and glass aggregates. *Materials and Structures*, 48(8), 2629-2640.
- Mardani-Aghabaglou, A. (2016). Portland çimentosu ve süper akışkanlaştırıcı katkı uyumunun incelenmesi (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir).
- Mardani-Aghabaglou, A., Yüksel, C., Beglarigale, A., & Ramyar, K. (2019). Improving the mechanical and durability performance of recycled concrete aggregate-bearing mortar mixtures by using binary and ternary cementitious systems. *Construction and Building Materials*, 196, 295-306.
- Marzouki, A., Lecomte, A., Beddey, A., Diliberto, C., & Ouezdou, M. B. (2013). The effects of grinding on the properties of Portland-limestone cement. *Construction and Building Materials*, 48, 1145-1155.
- Meddah, M. S., Lmbachiya, M. C., & Dhir, R. K. (2014). Potential use of binary and composite limestone cements in concrete production. *Construction and Building Materials*, 58, 193-205.
- Panda, K. C., & Bal, P. K. (2013). Properties of self compacting concrete using recycled coarse aggregate. *Procedia Engineering*, 51, 159-164.
- Patel, D., Tiwari, R. P., Shrivastava, R., & Yadav, R. K. (2019). Effective utilization of waste glass powder as the substitution of cement in making paste and mortar. *Construction and Building Materials*, 199, 406-415.
- Ren, Q., Xie, M., Zhu, X., Zhang, Y., & Jiang, Z. (2020). Role of limestone powder in early-age cement paste considering fineness effects. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(10), 04020289.
- Seghir, N. T., Mellas, M., Sadowski, Ł., & Žak, A. (2018). Effects of marble powder on the properties of the air-cured blended cement paste. *Journal of Cleaner Production*, 183, 858-868.
- Topcu, I. B., Bilir, T., & Uygunoğlu, T. (2009). Effect of waste marble dust content as filler on properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 23(5), 1947-1953.
- Topič, J., & Prošek, Z. (2017). Properties and microstructure of cement paste including recycled concrete powder. *Acta Polytechnica*, 57(1), 49-57.
- Unal, O., Topcu, I. B., & Uygunoglu, T. (2006). Use of marble dust in self compacting concrete. In *Proceedings of V symposium MERSEM0* (pp. 413-420).

Vardhan, K., Goyal, S., Siddique, R., & Singh, M. (2015). Mechanical properties and microstructural analysis of cement mortar incorporating marble powder as partial replacement of cement. *Construction and Building Materials*, 96, 615-621.

Wu, H., Liang, C., Xiao, J., Xu, J., & Ma, Z. (2022). Early- age behavior and mechanical properties of cement- based materials with various types and fineness of recycled powder. *Structural Concrete*, 23(2), 1253-1272.

Yang, S., Cui, H., & Poon, C. S. (2018). Assessment of in-situ alkali-silica reaction (ASR) development of glass aggregate concrete prepared with dry-mix and conventional wet-mix methods by X-ray computed micro-tomography. *Cement and Concrete Composites*, 90, 266-276.

Yüksel, C., Mardani-Aghabaglou, A., Beglarigale, A., Ramyar, K., & Andiç-Çakır, Ö. (2016). Influence of water/powder ratio and powder type on alkali-silica reactivity and transport properties of self-consolidating concrete. *Materials and Structures*, 49(1), 289-299.

### **Teşekkür**

Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi (BAP)'ne FHIZ-2021-612 nolu Hızlı Destek projesi kapsamında sunmuş oldukları katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Polisan Yapı Kimyasalları Şirketi, Oyak Fabrikası-Bolu Kalite Kontrol Laboratuvarı, Bursa Çimento Fabrikası'na yüksek oranda su azaltıcı katkı ve çimento sağlamada ve bu ürünlerin teknik özelliklerini belirlemede yardımcı oldukları için teşekkür ederiz. Atık malzeme temininde desteklerinden dolayı Bursa Büyükşehir Belediyesi Küçük Balıklı Geri Dönüşüm Tesisi ve Efendioğlu Mermer Fabrikası'na teşekkür ederiz. Ayrıca, kireçtaşı, mermer ve cam atıklarının öğütülmesindeki desteklerinden dolayı Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarı'na teşekkür ederiz.

**Presentation ID / Sunum No: 76**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: Veysel Kobyay<sup>1</sup>, Araştırmacı Kemal Karakuzu<sup>1</sup>, Doç. Dr. Ali Mardani<sup>1</sup>

Kemal Karakuzu 0000-0002-1023-3962

Ali Mardani 0000-0003-0326-5015

## **Su Azaltıcı Katkı Zincir Uzunluklarının Farklı C<sub>3</sub>A İçeriğine Sahip Çimento Harçlarının Bazı Sertleşmiş Hal Özellikleri Üzerine Etkisi**

**Araştırmacı Veysel Kobyay<sup>1</sup>, Araştırmacı Kemal Karakuzu<sup>1</sup>, Doç. Dr. Ali Mardani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi

### **Özet**

Polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkıların (PCE), çimentolu sistemlerdeki etki mekanizması iki şekilde gerçekleşmektedir. Bunlardan ilki, PCE'lerin anyonik fonksiyonel gruplarının, çimento tanecik yüzeylerine adsorbe olarak elektrostatik etki meydana getirmesidir. İkincisi ise yan zincirlerin, çimento tanelerini disperse etmesini sağlayan sterik etkidir. Bu sebeple PCE zincir özellikleri çimentolu sistemlerin taze ve sertleşmiş hal özellikleri üzerinde etkilidir. Bu çalışmada, PCE ana ve yan zincir uzunluğu değişiminin farklı C<sub>3</sub>A içeriğine sahip çimento harçlarının hava içeriği, taze ve sertleşmiş hal birim hacim ağırlığı (BHA) ve su emme kapasitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla üç farklı C<sub>3</sub>A oranına (%3, %6, %9) sahip CEM I 42.5R tipi çimento ve beş farklı zincir uzunluğuna sahip PCE kullanılarak toplamda 15 adet çimento harcı karışımı hazırlanmıştır. Sonuçlara göre, PCE ana ve yan zincir uzunluğu değişiminin, harç karışımlarının BHA ve su emme kapasitesi üzerinde dikkate değer bir değişikliğe yol açmadığı görülmüştür. Söz konusu karışımlarda, PCE ana zincir uzunluğundaki artış ve azalışın, hava içeriğinde %2-14 aralığında artışa neden olduğu görülmüştür. Ayrıca PCE yan zincir uzunluğundaki azalışın, karışımların hava içeriği üzerinde belirgin bir etkisi görülmezken PCE yan zincir uzunluğundaki artışın %6-36 aralığında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, C<sub>3</sub>A içeriği %9 olan karışımların hava içeriği ve su emme kapasitesi değerlerinde, aynı PCE'lerle hazırlanan diğer karışımlara kıyasla, sırasıyla, %3-36 ve %3-8 aralığında artış olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** PCE, ana zincir uzunluğu, yan zincir uzunluğu, C<sub>3</sub>A

### **1. GİRİŞ**

Polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkıları (PCE), çimentolu sistemlerde işlenebilirliği arttırmak, su/çimento oranını azaltarak dayanımı arttırmak ya da aynı su/çimento oranında çimento miktarını azaltarak maliyeti düşürmek gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Akman 1987, Yıldırım ve ark. 1996). PCE'ler, anyonik gruplara sahip bir ana zincir ve hidroksil veya metil ile sonlanan polietilen gruplarına sahip tarak benzeri yan zincirlerden meydana gelmektedir. Negatif yüklü ana zincir, anyonik monomerlerin elektrostatik etkileşimle çimento tanelerinin yüzeyine adsorbe olmasıyla tanelerin aynı yüke sahip olmasını sağlamaktadır. Non-iyonik polietilen glikol (PEG)

yan zincirler ise sağladığı sterik itki kuvvetiyle fiziksel olarak çimento tanelerini uzaklaştırarak akıcılığı olumlu etkilemektedir (Sha ve ark, 2020; Xiang ve ark, 2020). Bu bağlamda anyonik grupların ve non-iyonik yan zincirlerin, çimentolu sistemlerin taze hal ve sertleşmiş hal özellikleri üzerindeki etkisinin anlaşılması önem arz etmektedir (Bedard ve Mailvaganam 2003; Mardani-Aghabaglou ve ark. 2016; Mardani-Aghabaglou ve ark. 2017a; Mardani-Aghabaglou ve ark. 2017(b); Sha ve ark, 2020).

Çimento-katkı uyumunu etkileyen PCE kaynaklı parametreler; PCE'nin ana zincir uzunluğu, yan zincir sayısı ve uzunluğu, molekül ağırlığı, moleküller arası bağ yapısı, kimyasal bileşimi, yoğunluğu, pH'ı beton karışımına katılış şekli ve sırası olarak sıralanabilmektedir (Flatt ve Houst 2001; Bedard ve Mailvaganam 2003; Mardani-Aghabaglou ve ark. 2016; Mardani-Aghabaglou ve ark. 2017a; Mardani-Aghabaglou ve ark. 2017b). Çimento-katkı uyumunu etkileyen çimento kaynaklı parametreler ise çimentonun kimyasal kompozisyonu ve ana bileşenlerinin miktarı ile yapısı ( $C_3A$  ve  $C_4AF$  miktarı ve  $C_3A$ 'nın kristal yapısı), çimento inceliği ve alkali içeriği ile çimento üretimi esnasında klinkere eklenen kalsiyum sülfatın (alçının) miktarı ve türü şeklinde sıralanabilmektedir (Roberts, 1995; Jiang ve ark. 1999; Ramachandran 2002; Mardani, 2016).

$C_3A$ 'nın çimento katkı uyumunu etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu bilinmektedir. Hidrate olmuş  $C_3A$  ve etrenjit miktarı priz başlayana kadar geçen sürede çözelti içerisindeki su miktarını azalttığından çimento hamurunun taze hal özelliklerini olumsuz etkilemektedir (Prince ve ark., 2002; Röbler ve ark., 2007). Bu çalışmada, PCE ana ve yan zincir uzunluğu değişiminin farklı  $C_3A$  içeriğine sahip çimento harçlarının hava içeriği, taze ve sertleşmiş hal birim hacim ağırlığı (BHA) ve su emme kapasitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla üç farklı  $C_3A$  oranına (%3, %6, %9) sahip CEM I 42.5R tipi çimento ve beş farklı zincir uzunluğuna sahip PCE kullanılarak toplamda 15 adet çimento harcı karışımı hazırlanmıştır.

## 2. MALZEME ve METOT

Çalışma kapsamında aynı hammaddeden hazırlanan, üç farklı oranda  $C_3A$  içeriğine sahip, TS EN 197-1 Standardına uygun CEM I 42.5R tipi Portland çimentosu, kullanılmıştır. Çimentoların bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler Tablo 1'de gösterilmiştir. Çimentoların isimlendirilmesinde  $C_3A$  oranları dikkate alınmıştır.

**Tablo 1.** Çimentolara ait kimyasal ve fiziksel özellikler

Kimyasal Özellikler	Birim	Çimento Tipi		
		C3	C6	C9
$C_3A$	%	3.60	6.82	9.05
$C_3S$	%	47.60	52.96	48.42
$C_2S$	%	20.22	16.61	21.25
$C_4AF$	%	16.04	12.48	10.07
Fiziksel Özellikler	Birim			
Özgül ağırlık		3.20	3.17	3.1
Özgül yüzey	cm <sup>2</sup> /g	3754	3659	4259
İncelik	45 µ %	4.4	3.0	2.9
	90 µ %	0.2	0.2	0.0
2 günlük basınç dayanımı	MPa	24.6	26.3	25.8
28 günlük basınç dayanımı	MPa	48.4	51.0	50.7

Sentezlenen katkılara ait özellikler Tablo 2’de gösterilmiştir. Katkıların sentezlenmesinde Altun ve ark (2020) tarafından belirtilen metot uygulanmıştır. Tüm katkıların isimlendirilmesinde ana ve yan zincir uzunlukları esas alınmıştır. Örneğin 21 adet noniyonik grup içeren, bu sebeple 21k ana zincir uzunluğuna ve 2400 g/mol yan zincir uzunluğuna sahip kontrol katkısı AZ21k-YZ2400 şeklinde isimlendirilmiştir.

**Tablo 2.** PCE'lere ait özellikler

	Kontrol	Ana zincir uzunluğu değişimi		Yan zincir uzunluk değişimi	
		AZ21k-YZ2400	AZ10k-YZ2400	AZ31k-YZ2400	AZ21k-YZ1000
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1,10	1,09	1,08	1,09	1,08
Mw (Moleküler ağırlık- g/mol)	56.000	27.000	78.000	26.000	69.000
Ana zincir uzunlukları	21k	10k	31k	21k	21k
Yan zincir uzunlukları (g/mol)	2400	2400	2400	1000	3000

Harç karışımlarının hazırlanmasında TS EN 196-1 standardına uygun CEN standart kumu kullanılmıştır.

ASTM C109 standardına uygun olarak hazırlanan tüm harç karışımlarının ve s/ç oranı, kum/bağlayıcı oranı ve yayılma değeri sırasıyla 0.485, 2.75 ve 270±20mm olarak sabit tutulmuştur.

Harç karışımlarının hava içeriği, ASTM C185-2 standardına uygun olarak 1 lt'lik hava ölçer cihazı ile belirlenmiştir. Ayrıca 28 günlük su emme oranı, sırasıyla ASTM C642-97 standardına göre belirlenmiştir. Karışımların taze ve sertleşmiş hal birim hacim ağırlığı değerleri EN 12390-7 standardına göre belirlenmiştir. Birim hacim ağırlık ve su emme değerleri, üç numuneden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Harç karışımlarının hava içeriği, taze ve sertleşmiş hal birim hacim ağırlık (BHA) ve 28 günlük su emme kapasitesi değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Çimento tipinin değişimi, C9 çimentosu dışında, hava içeriği ve su emme kapasitesinde bariz bir farklılığa yol açmamıştır. Öte yandan, C<sub>3</sub>A içeriği %9 olan C9 çimentosu ile hazırlanan karışımlarda hava içeriği ve su emme kapasitesi değerlerinde, aynı PCE’lerle hazırlanan diğer karışımlara kıyasla, sırasıyla, %3-36 ve %3-8 aralığında artış olmuştur. Bu durum, C9 çimentosunun C<sub>3</sub>A miktarı ve inceliğindeki artışa bağlı olarak, PCE’nin etkinliğini (dispersiyon yeteneğini) azaltmasından, bu sebeple söz konusu karışımların, diğerlerine kıyasla daha boşluklu bir yapıda olmasından kaynaklanmış olabilmektedir. C9 çimentosunun taze ve sertleşmiş hal BHA değerleri arasındaki farkın, diğerlerine kıyasla yüksek olması da boşluk miktarının daha fazla olduğunu desteklemektedir.

PCE ana zincir uzunluğu değişiminin BHA ve su emme kapasitesi değerlerinde dikkate değer bir değişikliğe yol açmadığı görülmüştür. Öte yandan, PCE ana zincir uzunluğundaki artış ve

azalışın, hava içeriğinde %2-14 aralığında artışa neden olduğu görülmüştür. Bu durum ana zincir uzunluğu düşük olan AZ10kYZ2400 için moleküler ağırlığı ve anyonik grup sayısının daha az olmasına bağlı olarak adsorbsiyon miktarının daha düşük olması (Zhang ve ark., 2020) ile ilişkilendirilmiştir. Ana zincir uzunluğu ve molekül ağırlığı yüksek olan AZ31k2400 için ise, katkının köprüleme etkisi ile birden fazla çimento taneciğine adsorbe olması ya da çözeltide serbest kalmasından (Kashani ve ark., 2014) kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca belirli bir uzunluktan sonra katkının büzülmesi ve polimerlerin birbirine takılması da adsorpsiyon miktarının azalmasına yol açabilmektedir.

PCE yan zincir uzunluğu değişiminin BHA ve su emme kapasitesi değerlerinde dikkate değer bir değişikliğe yol açmadığı görülmüştür. Harç karışımlarının hava içeriği değerlendirildiğinde en uzun yan zincirlere sahip AZ21k-YZ3000 içeren karışımlarda C<sub>3</sub>A oranı artışı ile hava içeriğinde de artış görülmüştür. Ayrıca, söz konusu PCE ile üretilen karışımların hava içeriği, diğerlerine kıyasla %6-36 aralığında yüksek olmuştur. Bu durum yan zincir uzunluğundaki artışın hava sürüklenme etkisini arttırması (Sha ve ark.,2020; Ma ve ark., 2021) ile ilişkilendirilmiştir.

**Tablo 3.** Harç karışımlarının hava içeriği, taze ve sertleşmiş hal birim hacim ağırlığı değerleri

Çimento	Katkı	Hava içeriği (%)	T.BHA* (g/cm <sup>3</sup> )	S.BHA** (g/cm <sup>3</sup> )	28 Günlük Su Emme Kapasitesi (%)
C3	AZ21k-YZ2400	6,3	2,26	2,24	8,82
	AZ10k-YZ2400	6,5	2,34	2,3	8,76
	AZ31k-YZ2400	6,4	2,31	2,27	8,87
	AZ21k-YZ1000	6,1	2,31	2,28	8,18
	AZ21k-YZ3000	6,7	2,21	2,17	8,77
C6	AZ21k-YZ2400	6,8	2,22	2,18	8,91
	AZ10k-YZ2400	7,2	2,32	2,29	8,86
	AZ31k-YZ2400	7,6	2,35	2,31	8,52
	AZ21k-YZ1000	5,9	2,27	2,23	7,88
	AZ21k-YZ3000	7,4	2,23	2,21	8,72
C9	AZ21k-YZ2400	7,2	2,19	2,13	9,24
	AZ10k-YZ2400	8,2	2,24	2,21	9,28
	AZ31k-YZ2400	8,1	2,22	2,18	9,15
	AZ21k-YZ1000	7,5	2,18	2,13	8,48
	AZ21k-YZ3000	9,8	2,17	2,12	9,43

\*Taze hal brim hacim ağırlık

\*\*Sertleşmiş hal brim hacim ağırlık

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, PCE ana ve yan zincir uzunluğu değişiminin farklı C<sub>3</sub>A içeriğine sahip çimento harçlarının hava içeriği, taze ve sertleşmiş hal BHA ve su emme kapasitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan deneyler doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- PCE ana zincir ve yan zincir uzunluk değişiminin harç karışımlarının BHA ve su emme kapasitesi üzerinde bariz bir değişikliğe yol açmamıştır.
- PCE ana zincir uzunluğundaki artış ve azalış karışımların hava içeriğinin artmasına yol açmıştır.
- PCE yan zincir uzunluğundaki azalış karışımların hava içeriğinde belirgin bir değişikliğe yol açmazken yan zincir uzunluğu artışı hava içeriğinde artışa neden olmuştur. Uzun yan zincir içeren karışımlardaki hava içeriği artışı C9 çimentosu ile hazırlanan karışımlarda daha belirgin olmuştur.
- C<sub>3</sub>A miktarı en yüksek olan C9 çimentosu ile hazırlanan karışımlarda hava içeriği ve su emme kapasitesi değerlerinde artış meydana gelmiştir.

## TEŞEKKÜR

*Yazarlar, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Merkezi'ne FDK -2022/804 Nolu Proje ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na TÜBİTAK No: 219 M425 Nolu Proje kapsamında verdiği destek için teşekkür eder. İlk yazar, doktora çalışmaları sırasında TÜBİTAK 2211A tarafından sağlanan burs için teşekkür eder. Ayrıca birinci ve ikinci yazarlar doktora çalışmaları sırasında Yükseköğretim Kurulu (YÖK 100/2000 Programı) tarafından sağlanan burs için teşekkürlerini sunar.*

## REFERANSLAR

- Akman, M. S. (1987). “Beton Katkı Maddelerinin Ana İşlevleri ve Yan Etkileri”, İTÜ İnşaat Fakültesi, Malzeme seminerleri, 11 Mayıs, İstanbul.
- Altun, M. G., Özen, S., & Mardani-Aghabaglou, A. (2020). Effect of side chain length change of polycarboxylate-ether based high range water reducing admixture on properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 246, 118427.
- Bedard, C. and Mailvaganam, N.P. (2003). The use of chemical admixtures in concrete. Part I: Admixture-cement compatibility, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, 19:263-266 pp.
- Flatt, R.J. and Houst, Y.F., (2001). A simplified view on chemical effects perturbing the action of superplasticizers. *Cement and Concrete Research*, 31(8):1169-1176 pp.
- Jiang, S., Kim, B.G. and Aitcin, P.C. (1999). Importance of adequate soluble alkali content to ensure cement/superplasticizer compatibility, *Cement and Concrete Research*, 29:71-78 pp.
- Kashani, A., Provis, J. L., Xu, J., Kilcullen, A. R., Qiao, G. G., & van Deventer, J. S. (2014). Effect of molecular architecture of polycarboxylate ethers on plasticizing performance in alkali-activated slag paste. *Journal of Materials Science*, 49(7), 2761-2772.
- Ma, Y., Sha, S., Zhou, B., Lei, F., Liu, Y., Xiao, Y., & Shi, C. (2021). Adsorption and dispersion capability of polycarboxylate-based superplasticizers: a review. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, 1-38
- Mardani-Aghabaglou, A. (2016). Portland çimentosu ve süper akışkanlaştırıcı katkı uyumunun incelenmesi (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir).

Mardani-Aghabaglou, A., Felekoğlu, B., Ramyar, K. 2017a. Effect of cement C3A content on properties of cementitious systems containing high range water-reducing admixture, *Journal of Materials in Civil Engineering (ASCE)*, Volume 29, Issue 8.

Mardani-Aghabaglou, A., Son, A. E., Felekoğlu, B., Ramyar, K. 2017b. Effect of cement fineness on properties of cementitious materials containing high range water reducing admixture, *Journal of Green Building*, 12(1): 142-167.

Prince, W.H., Edwards-Lajnef, M., Aïtcin, P.C. (2002). Interaction between ettringite and a polynaphthalene sulfonate superplasticizer in a cementitious paste. *Cement and Concrete Research*, 32: 79-85

Ramachandran, V.S., 2002, *Concrete admixtures handbook*”, Standard Publishers, New Delhi.

Roberts, L.R. (1995). *Dealing with cement admixture interactions*, 23rd Annual Convention of the Institute of Concrete Technology, Telford, UK.

Rößler, C., Möser, B., & Stark, J. (2007). Influence of superplasticizers on C3A hydration and ettringite growth in cement paste. *Finger Institute for building materials science, Bauhaus-University Weimar*, (11).

Sha, S., Wang, M., Shi, C., & Xiao, Y. (2020). Influence of the structures of polycarboxylate superplasticizer on its performance in cement-based materials-A review. *Construction and Building Materials*, 233, 117257.

Xiang, S., Gao, Y., & Shi, C. (2020). *Progresses in Synthesis of Polycarboxylate Superplasticizer*. *Advances in Civil Engineering*, 2020.

Yıldırım, H., Yorulmazel, V., & Ardaç, E. (1996). Süper ve Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Çimento ile Uyuşumu. 4. Ulusal Beton Kongresi, 30-31 Ekim-1 Kasım 1996, İstanbul, ss. 25, 33.

Zhang, Q., Shu, X., Yu, X., Yang, Y., & Ran, Q. (2020). Toward the viscosity reducing of cement paste: Optimization of the molecular weight of polycarboxylate superplasticizers. *Construction and Building Materials*, 242, 117984.

**Presentation ID / Sunum No: 77**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: Hatice Elif Beytekin 0000-0002-1204-6028

Ali Mardani 0000-0003-0326-5015

Filiz Şenkal Sezer 0000-0002-8376-5177

## **Polipropilen Lif Narinlik ve Kullanım Oranının Hafif Betonun Yarmada Çekme Dayanımına Etkisi**

**Araştırmacı Hatice Elif Beytekin<sup>1</sup>, Doç. Dr. Ali Mardani<sup>1</sup>,  
Prof. Dr. Filiz Şenkal Sezer<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

<sup>2</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Bursa, Türkiye.

### **Özet**

*Bu çalışmada, polipropilen lif narinlik ve kullanım oranının hafif beton karışımlarının yarmada-çekme dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, uzunluğu 3, 6 ve 12 mm ve narinlik oranları sırasıyla, 100, 200 ve 400 olan 3 farklı polipropilen lif kullanılmıştır. Lif içermeyen kontrol karışımına toplam hacmin %0.25, %0.50, %0.75'i oranında lif ilave edilerek 10 farklı hafif beton karışımı hazırlanmıştır. Üretilen numuneler deney gününe kadar standarda uygun olarak suda kürlenmiştir. Hazırlanan karışımların 28 günlük yarmada-çekme dayanımı belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre, tüm lifli karışımların yarmada-çekme dayanımının kontrol karışımından daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. %0.25 lif kullanıldığı durumda, lif uzunluğunun artması ile karışımların yarmada-çekme dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda, lif uzunluğunun 3 mm'den 12 mm'ye artması sonucu yarmada-çekme dayanımının %36 oranında arttığı gözlemlenmiştir. %0.25'in üzerinde lif kullanıldığı durumlarda ise bu davranışın tersi gözlemlenmiştir. %0.75 oranında lif içeren karışımlarda, lif uzunluğunun 3 mm'den 12 mm'ye artması sonucu karışımların yarmada-çekme dayanımlarının %25 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun, artan lif uzunluğu ve kullanım oranına bağlı olarak liflerin birbirlerine takılma olasılığının artması sonucu homojen olmayan ve boşluklu bir matrisin oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yarmada-çekme dayanımı açısından optimum lif kullanım oranının %0.25 olduğu anlaşılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Polipropilen lif, hafif beton, lif uzunluğu, lif kullanım oranı, yarmada-çekme dayanımı

### **1. GİRİŞ**

Hafif beton kullanımı ile yapının kütesinin azalmasına bağlı olarak, depreme karşı direncin artmasına ilaveten inşaatta önemli tasarruflar sağlanabilmektedir (Badogiannis ve ark. 2019). Bu olumlu etkilere ilaveten, düşük ısı iletkenlik, yüksek yangın dayanımı ve düşük maliyet gibi avantajları nedeniyle hafif betonların kullanımı yaygınlaşmıştır (Gencel ve ark. 2021).

Beton karışımlarda çeşitli liflerin kullanıldığı vurgulanmıştır. Lifler, malzeme türüne göre metalik ve metalik olmayan lifler olarak sınıflandırılmaktadır. İlk grup çelik lifleri içerirken, ikincisi çok

çeşitli olup; sentetik (polimer, polipropilen), cam, karbon, bazalt ve doğal liflerden oluşmaktadır. Lif türü, yüzey dokusu ve boyutları (uzunluk l, çap d ve en-boy oranı- narinlik l/d), beton karışımların taze ve sertleşmiş hal özelliklerini ciddi mertebede etkilemektedir. Ayrıca lif dozajının betonun betonun özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu beyan edilmiştir (Mardani ve ark. 2018, Banthia ve ark. 2006 ).

Lif kullanım oranının beton karışımların performansı üzerinde etkisiyle ilgili çelişkili ifadelerin literatürde vurgulandığı tespit edilmiştir. Bazı araştırmalarda, lif kullanımı ile beton karışımların çeşitli özelliklerinin iyileştirdiği (Humur ve Çevik 2022, Cunha ve ark. 2021, Li ve ark. 2016) ancak bazılarında olumsuz etkilendiği beyan edilmiştir (Gencel ve ark. 2022, Rustamov ve ark. 2021). Bu sebeple lif kullanımının karışımların özellikleri üzerindeki etkisi ile ilgili yeni araştırmaların yapılmasının gerekli olduğu anlaşılmıştır (Soutsos ve ark. 2012, Kakooei ve ark. 2012, Buratti ve ark. 2011).

Lif takviyeli hafif beton üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, yaygın olarak polipropilen liflerin kullanıldığı görülmüştür. Polipropilen lifler beton ömrünün ilk günlerinde plastik büzülmeçatlaklarının azaltılmasında çok etkili olması ve betonda plastik büzülmeyi azaltarak matriste mikro çatlak oluşumunu engellemesi açısından önemli katkı sağladığı bildirilmiştir (Hongbo 2020, Singh ve ark. 2018). Bu çalışmada polipropilen lif narinlik ve kullanım oranının hafif betonun yarmada çekme dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

## 2. MALZEME ve METOT

### 2.1. Malzeme

#### 2.1.1.Çimento

Bu çalışmada TS EN 197-1 Standardına uygun CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Bursa Çimento tarafından temin edilen çimentoların kimyasal bileşeni, bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

#### 2.1.2.Agrega

Deneyisel çalışmada, iri agrega olarak 5-15 mm tane boyutuna sahip pomza agregası, ince agrega olarak ise 0-5 mm olan kırma kireçtaşı agregası kullanılmıştır. Tüm karışımlarda agregaların granulometrisi %57 kireçtaşı , %43 pomza olacak şekilde sabit tutulmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan agregaların gradasyon eğrisi ve TS EN 206 standart limitleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Agregaların özgül ağırlık ve su emme kapasitesi deneyi sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

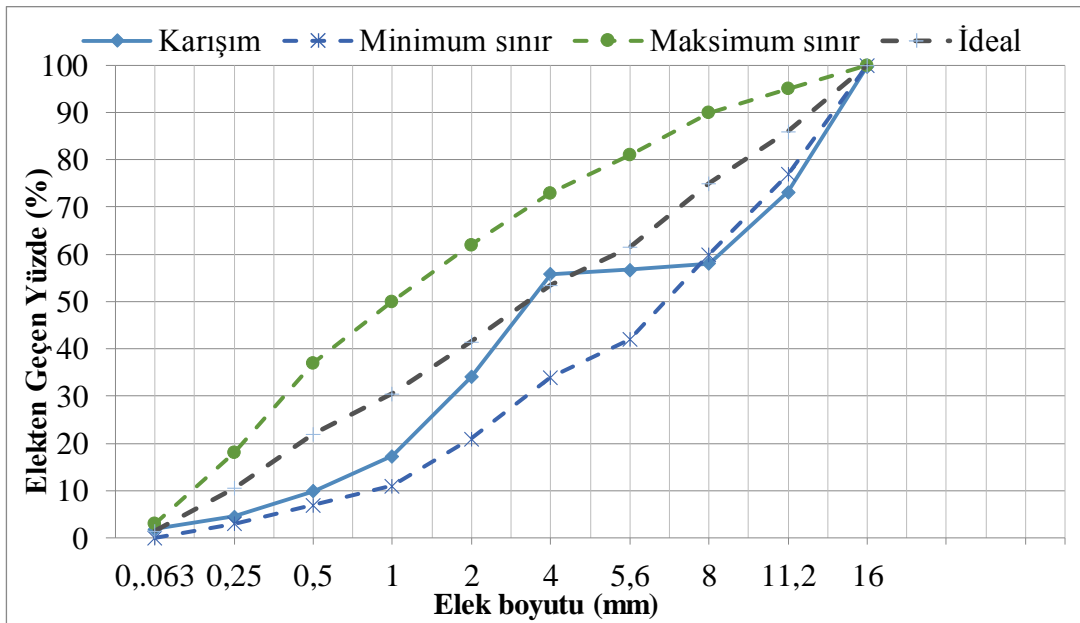
#### 2.1.3.Polipropilen Lif

Çalışma kapsamında narinlik oranı 100,200,400 olan ve uzunlukları ise sırasıyla 3,6 ve 12 mm olan tek tip polipropilen lif kullanılmıştır. Lif içermeyen kontrol karışımlarına ilaveten toplam hacmin % 0,25, %0,50, % 0,75 oranlarında lif ilave edilerek lifli karışımlar hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında life ait üretici firma tarafından temin edilen bazı fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 3 te özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Çimentonun kimyasal bileşimi, fiziksel ve mekanik özellikleri.

Oksit	%	Fiziksel özellikleri	
SiO <sub>2</sub>	18,86	Özgül ağırlık	3,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,71	<b>Mekanik özellikleri</b>	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,09	1 -günlük	14,7

CaO	62,70	Basınç dayanımı (MPa)	2-günlük	26,80
MgO	1,16		7-günlük	49,80
SO <sub>3</sub>	2,39		28-günlük	58,5
Na <sub>2</sub> O+0.658 K <sub>2</sub> O	0,92	<b>İncelik</b>		
Cl-	0,01	Özgül yüzey (Blaine, cm <sup>2</sup> /g)	3530	
Çözünmeyen kalıntı	0,32	0.045 mm elekten kalıntı (%)	7,6	
Kızdırma kaybı	3,20			
Serbest CaO	1,26			



Şekil 1. Agregaların granülometrisi

Tablo 2. Agregaların fiziksel özellikleri

Boyut (mm)	Özgül Ağırlık	Su Emme Kapasitesi (%)
0-5 (kireç taşı)	2,72	0,37
5-15 (pomza)	1,09	44

**Tablo 3.** Polipropilen Lifin Mekanik Özellikleri

<b>Fiziksel Özellikleri</b>	
Malzeme	%100 saf polipropilen
Tip	Monofilament mikro fiber
Renk	Transparan
Fiber Adedi	120 milyon+/kg
Yüzey Alanı	140 m <sup>2</sup> /kg
Erime Noktası	160°C
Özgül ağırlık	0.91
<b>Mekanik Özellikleri</b>	
Çekme dayanımı (MPa)	467 - 548
Elastise Modül (Mpa)	4048- 5674
	%20-25
<b>Standart</b>	
EN 14889 Poitll Type 1A, ASTM C1116 Type III	

#### 2.1.4. Kimyasal katkı

Karışımlarda istenilen işlenebilirliği sağlamak için tek tip Polikarboksilat eter esaslı yüksek oranda su azaltıcı katkı kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal katkının üretici firma tarafından temin edilen bazı teknik özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Polikarboksilat eter esaslı yüksek oranda su azaltıcı katkı özellikleri

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Katı Madde İçeriği (%)	pH Değeri	Klorür İçeriği (%)	Alkali Oranı, Na <sub>2</sub> O (%)
1,023-1,063	32	58	<0,1	<10

#### 2.2. Karışımların hazırlanması

0,46 su/ çimento oranına sahip karışımlar ACI 211-2 Standardına göre tasarlanmıştır. Tüm karışımlarda, çimento miktarı ve çökme değeri sırasıyla 300 kg/m<sup>3</sup> ve 40±20 mm olarak sabit tutulmuştur. Karışımların birim hacim ağırlıklarının 2000 kg/m<sup>3</sup> ün altında olması hedeflenmiştir (ACI 211-2, 1991; TS 2511, 2017).

Çalışma kapsamında, lif içermeyen kontrol karışımına ilaveten literatürde yapılan çalışmalar dikkate alınarak (Ahmed ve ark. 2020, Raj ve ark. 2020), 3 mm, 6 mm ve 9 mm uzunluğa sahip polipropilen lif kullanılarak ; %0,25, %0,50 ve %0,75 hacimsel oranlarda karışımlara dahil edilerek 9 adet lif içeren, 1 adet lif içermeyen olmak üzere toplam 10 adet karışım hazırlanmıştır. Karışımların isimlendirilmesi lif uzunluğu ve lif dozajına göre yapılmıştır. Örneğin, %0,25 oranında 3mm uzunluğuna sahip lif içeren karışım PP\_3mm\_0,25 olarak isimlendirilmiştir. 1 m<sup>3</sup> hafif beton üretiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.** 1 m<sup>3</sup> hafif beton üretiminde kullanılan malzeme miktarları

Karışım	Su/ Çimento Oranı	Çimento (kg)	Su (kg)	0-5 mm Agregası (kg)	Kireç Taşı (kg)	5-15 mm Agraga (kg)	Pomza (kg)	Lif (kg)
K	0,46	300	138	1106,17		366,73		0
PP_3mm_0,25	0,46	300	138	1102,48		365,50		2,275
PP_3mm_0,50	0,46	300	138	1098,78		364,28		4,55
PP_3mm_0,75	0,46	300	138	1095,08		363,05		6,825
PP_6mm_0,25	0,46	300	138	1102,48		365,50		2,275
PP_6mm_0,50	0,46	300	138	1098,78		364,28		4,55
PP_6mm_0,75	0,46	300	138	1095,08		363,05		6,825
PP_12mm_0,25	0,46	300	138	1102,48		365,50		2,275
PP_12mm_0,50	0,46	300	138	1098,78		364,28		4,55
PP_12mm_0,75	0,46	300	138	1095,08		363,05		6,825

### 2.3. Yöntem

Üretilen numunelerin 28 günlük yarmada-çekme dayanımı TS EN 12390-6 Standardına göre ölçülmüştür. Her ölçüm için 3 adet 100x100 mm lik küp örnekler kullanılmıştır.

### 3.TARTIŞMA VE SONUÇ

28 günlük yarmada-çekme dayanımı deneyi sonuçları polipropilen lif içeren ve içermeyen kontrol numuneleri üzerinden değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Beton numunelerin çekme dayanımı sonuçları

Karışım	Çekme Dayanımı(MPa)
K	1,61
PP_3mm_0,25	1,97
PP_3mm_0,50	1,74
PP_3mm_0,75	2,28
PP_6mm_0,25	2,32
PP_6mm_0,50	1,58
PP_6mm_0,50	1,80
PP_12mm_0,25	2,46
PP_12mm_0,50	1,89
PP_12mm_0,75	1,82

Polipropilen lifin hafif betona eklenmesiyle karışımların yarmada-çekme dayanımının arttığı tablodan anlaşılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde de liflerin betondaki

kullanım miktarının artmasıyla genellikle çekme dayanımı arttığı beyan edilmiştir (Amin ve ark. 2020, Castillo-Lara ve ark. 2020). Bunun sebebi, liflerin mikro çatlakların oluşumunu engellemesinden kaynaklanmıştır. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Said ve Abdul 2015, Chidambaram ve Agarwal 2015, Tavakoli 2014, Gencel 2011). Bununla birlikte lif uzunluğu değişimi ve yarmada çekme dayanımı arasında net bir korelasyon olmadığı sonuçlardan anlaşılmıştır. %0.25 lif kullanıldığı durumda, lif uzunluğunun artması ile karışımların yamada-çekme dayanımının arttığı görülmüştür. Bu bağlamda, lif uzunluğunun 3 mm'den 12 mm'ye artması sonucu yarmada-çekme dayanımı %36 oranında artmıştır. Ancak %0.25'in üzerinde lif kullanıldığı durumlarda ise bu davranışın tersi gözlemlenmiştir. %0.75 oranında lif içeren karışımlarda, lif uzunluğunun 3 mm'den 12 mm'ye artması sonucu karışımların yarmada-çekme dayanımlarının %25 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun, artan lif uzunluğu ve kullanım oranına bağlı olarak liflerin birbirlerine takılma olasılığının artması sonucu homojen olmayan ve boşluklu bir matrisin oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yarmada-çekme dayanımı açısından optimum lif kullanım oranının %0.25 olduğu anlaşılmıştır.

#### 4.SONUÇ

Polipropilen lifin hafif betonun yarmada-çekme dayanımı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma kapsamında aşağıda özetlenen sonuçlar elde edilmiştir:

- Lif uzunluğu ve kullanım dozajından bağımsız olarak, polipropilen lif takviyesinin hafif betonun yarmada çekme dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir.
- %0.25 lif kullanıldığı durumda, lif uzunluğunun artması ile karışımların yamada-çekme dayanımının arttığı gözlemlenmiştir.
- Lif kullanım miktarı %0.50 ve %0.75 olan karışımlarda, lif uzunluğunun artmasıyla yarmada çekme dayanımının azaldığı tespit edilmiştir.
- Yarmada-çekme dayanımı açısından optimum lif kullanım oranının %0.25 olduğu anlaşılmıştır.

#### REFERANSLAR

GENCEL, O., KAZMI, S.M.S., MUNİR, M. J., KAPLAN, G., BAYRAKTAR, O., YARAR, D. Ve AHMAD, M. (2021). 'Influence of bottom ash and polypropylene fibers on the physico-mechanical, durability and thermal performance of foam concrete: An experimental investigation', *Construction and Building Materials*, 306, 124887.

BLAZY, J. VE BLAZY, R. (2021). 'Polypropylene fiber reinforced concrete and its application in creating architectural forms of public spaces', *Case Studies in Construction Materials*, 14 e00549

BAYRAKTAR, O., KAPLAN, G., GENCEL, O., BENLİ, A. VE SUTCU, M. (2021). 'Physico-mechanical, durability and thermal properties of basalt fiber reinforced foamed concrete containing waste marble powder and slag' *Construction and Building Materials*, 2021, 288, 123128.

BADAGIANNIS, E.G., CHRISTIDIS, K.I., TZANETATOS, G.E. (2019). 'Evaluation of the mechanical behavior of pumice lightweight concrete reinforced with steel and polypropylene fibers' *Construction and Building Materials* 196, 443–456

KAKOOEİ, S., AKİL, M., JAMSHIDI, J.R. (2012). 'The effects of polypropylene fibers on the properties of reinforced concrete structures', *Constr. Build. Mater.* 27 (2012) 73–77, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.015>.

- AMIN, M., TAYEH, B.A., AGWA, I.S. (2020). ‘ Investigating the mechanical and microstructure properties of fibre-reinforced lightweight concrete under elevated temperatures’ *Case Stud. Constr. Mater.* 13 (2020) e00459, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00459>.
- GENCEL,O., OZEL, C., BROSTOW, W., MARTINEZ-BARRERA, G. (2011). ‘Mechanical properties of self-compacting concrete reinforced with polypropylene fibres’, *Mater. Res. Innov.* 15 (2011) 216–225, doi:<http://dx.doi.org/10.1179/143307511X13018917925900>.
- BURATTI, N., MAZZOTTI, SAVOIA, M. (2011). ‘Post-cracking behaviour of steel and macro-synthetic fibre-reinforced concretes’ , *Constr. Build. Mater.* 25, 2713–2722, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.12.022>.
- SOUTSOS, M.N., LE,T.T., LAMPROPOULOS, A.P., (2012). ‘Flexural performance of fibre reinforced concrete made with steel and synthetic fibres’, *Constr. Build. Mater.* 36, 704–710, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.042>.
- BANTHIA, N., GUPTA,R. (2006). ‘Influence of polypropylene fiber geometry on plastic shrinkage cracking in concrete’, *Cem. Concr. Res.* 36, 1263 – 1267, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.01.010>.
- MADANDOUST, R., RANJBAR, M. M., GHAVIDEL, S.F. (2015). ‘Assessment of factors influencing mechanical properties of steel fiber reinforced self-compacting concrete’, *Mater. Des.* 83 284, 294, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.024>.
- SINGH, N.K., RAI,B., (2018) ‘A review of fiber synergy in hybrid fiber reinforced concrete’, *J. Appl. Eng. Sci.* 8, 41–50, doi:<http://dx.doi.org/10.2478/jaes-2018-0017>
- HONGBO, Z., HAIYUN, Z., HONGXIANG, G. (2018). ‘Characteristics of ductility enhancement of concrete by a macro polypropylene fiber’, *Results Mater.* (2020) 100087, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100087>.
- MARDANI-AGHABBAGLOU, A., OZAN,S., ALTUN, M.G., (2018). ‘Durability Performance And Dimensional Stability Of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete’ *Journal of Green Building*’, 13(2): 20-41.
- MARDANI-AGHABBAGLOU, A., ILHAN, M., OZAN, S., (2019), ‘The effect of shrinkage reducing admixture and polypropylene fibers on drying shrinkage behavior of concrete. *Cement Wapno Beton*, 24(3): 227.
- TAVAKOLI, H.R., OMRAN, O.L., SHIADE,M.F.,(2014) Prediction of combined effects of fibers and nanosilica on the mechanical properties of self- compacting concrete using artificial neural network, *Lat. Am. J. Solids Struct.* 11 (2014) 1906–1923, doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1679-78252014001100002>.
- SAID, S.H., ABDUL, H., (2015), The effect of synthetic polyethylene fiber on the strain hardening behavior of engineered cementitious composite (ECC), *Mater. Des.* 86 (2015) 447–457, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.125>
- CHIDAMBARAM, R.S., AGARWAL, P., (2015) ‘Seismic behavior of hybrid fiber reinforced cementitious composite beam-column joints’, *Mater. Des.* 86 (2015) 771781, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.164>.

CASTILLO-LARA, J.F., FLORES-JOHNSON, E.A., VALADEZ-GONZALEZ, A., HERRERA-FRANCO, P.J., CARRILLO, J.G., GONZALEZ-CHI, P.I., LI, Q.M. (2020) Mechanical properties of natural Fiber reinforced foamed concrete, *Materials* 13 (2020) 3060, doi:<http://dx.doi.org/10.3390/ma13143060>.

RAMADOSS, P., NAGAMANI, K. (2008). 'Tensile strength and durability characteristics of high performance fiber-reinforced concrete'. *Arab J Sci Eng* 2008;33(2B):307–19.

HUMUR, G. ve ÇEVİK, A. (2022). Effects of hybrid fibers and nanosilica on mechanical and durability properties of lightweight engineered geopolymer composites subjected to cyclic loading and heating–cooling cycles. *Construction and Building Materials*, 326, 126846.

LI, J., NIU, G., WAN, J., JIN., YIN, L. (2016). Investigation on mechanical properties and microstructure of high performance polypropylene fiber reinforced lightweight aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 118, 27-35.

CUNHA, F.G., SAMPAIO, Z.L.M, MARTINELLI, A.E (2021) Fiber-reinforced lightweight concrete formulated using multiple residues *Construction and Building Materials*, Pujadas 2014 Volume 64, 14 August 2014, Pages 496-503 *Construction and Building Materials*

Presentation ID / Sunum No: 78

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

## Güneş Kule Sisteminde Üretilen Isı Enerjisinin Yüksek Sıcaklık Depolama Sisteminde Modellenmesi

**Prof. Dr. Evren Meltem Toygar<sup>1</sup>, Onur Erol<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü  
Mekanik(Makine) Anabilim Dalı

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekanik Yüksek Lisans

\*Corresponding author: Onur Erol

### Özet

CSP (Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi) sistemi ile maliyet açısından uygun bir sistem geliştirerek yüksek ısı elde etmek, bu ısının verimli olarak depolanması, CSP' nin diğer enerji teknolojileriyle entegre edilerek, ısıtmada kullanıldığında ne kadar verimli olduğunu doğrulanması literatürdeki çalışmaların doğrultusunda amaçlanmaktadır. CSP ayna sisteminin prensibi, dünyada parabol aynalarda olduğu gibi gelen güneş ışınlarını odaklayarak yüksek ısı elde etmektir. İki eksen üzerinden güneşi bilgisayar ile otomatik olarak dik takip etmek suretiyle odaklama yüzeyinde yüksek sıcaklıklara ulaşabilmektedir. Doğal kaynak olan güneş ışığını belirli bir hedef noktasına 2 eksende hareket imkanı sağlayarak yansıtan sistemler heliostat olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada 6 metre ve 3 metre çaplarında 2 farklı heliostat tasarlanmıştır. Tasarlanan heliostatlar özgün olmakla birlikte maliyet ve bulunabilirlik açısından tercih edilebilir durumdadır. Heliostatların bir güneş kule sistemi ve ısı deposuyla entegre edilerek çalışması sağlanacaktır. Yüksek sıcaklıklı termal depolama ile ilgili açık literatürde enerji sistemlerine yönelik araştırma yapılmış bu kavramların sınıflandırılmasına odaklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu sistemleri simüle etmek için kullanılan fiziksel modellerin gözden geçirilmesi, tasarlanması ve modellenmesi ile bilgisayar destekli analiz yöntemine başvurmak için hazırlık yapılmıştır. Ayrıca analitik metotlarla yapılacak çalışma ve araştırmalar literatürde yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılarak geliştirilecek sistemin kritizesi yapılmıştır. Solidworks katı modelleme programı ve analizler için Ansys programı kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş kule sistemi, Heliostat, CSP

### Modeling of the Heat Energy Produced in the Solar Tower System in the High Temperature Storage System

### Abstract

It is aimed to obtain high heat by developing a cost-effective system with the CSP (Concentrated Solar Energy) system, to store this heat efficiently, to verify how efficient CSP is when used in heating by integrating it with other energy technologies, in line with the studies in the literature. The principle of the CSP mirror system is to obtain high heat by focusing the incoming sun rays, as in parabola mirrors in the world. High temperatures can be reached on the focusing surface by automatically following the sun vertically on two axes with the computer.

Systems that reflect sunlight, which is a natural source, to a certain target point by providing movement in 2 axes, are defined as heliostats. In this study, 2 different heliostats with diameters of 6 meters and 3 meters were designed. As well as the designed heliostats are original, they are preferable in terms of cost and availability. Heliostats will be integrated with a solar tower system and heat storage. In the open literature on high temperature thermal storage, research on energy systems has been made and studies focused on the classification of these concepts have been carried out. Preparations have been made to review, design, and model the physical models used to simulate these systems, and to resort to computer-aided analysis. In addition, the studies and researches to be done with analytical methods were compared with the studies in the literature and the system to be developed was critiqued. Solidworks solid modeling program and Ansys program were used for analysis.

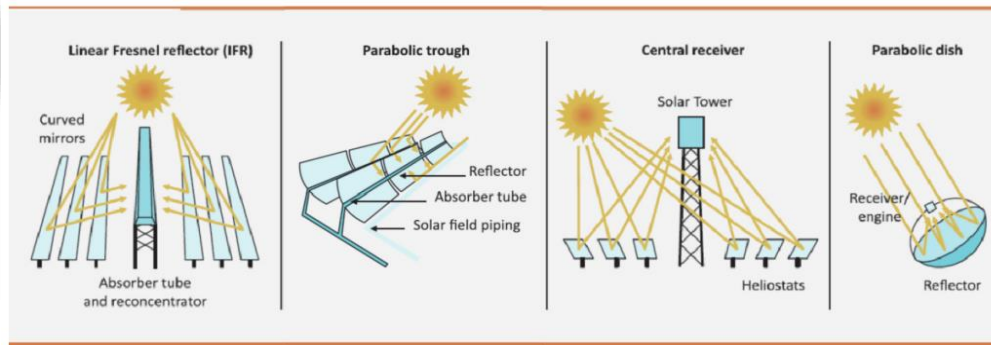
**Key Words:** Solar tower system, heliostat, CSP

## 1.GİRİŞ

18.Yy da 1.Sanayi devriminin başlamasından bu yana makinelerde güç ihtiyacı yeni talepler doğurmuştur. Mekanik sistemlerin güç ihtiyacı ilk olarak sonsuz bir ömre sahip olmayan kömürden su ve buhar elde edilmesiyle karşılanmıştır. Günümüzde ise endüstri 4.0 ya da 4. Sanayi devrimi sürecine gelinceye kadar birçok enerji kaynağı çeşitleri kullanılmıştır. Bunlar arasında güneş enerjisi çok fazla yatırım yapılan bir daldır. Güneş sonsuz bir enerji kaynağı olduğundan dolayı dünyada birçok farklı uygulama alanlarında güneş ışığından faydalanmak üzere sistemler geliştirilmektedir.

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi güneşten gelen ışığı belli bir noktada toplayarak yüksek sıcaklık elde edilen sistemlerin genel adıdır. Kısaca CSP (Concentrated Solar Power) sistemleri diyebiliriz. Dünyada bu sistemin 4 farklı türü vardır. Her sistemin amacı aynı olsa da kullandığı yöntem, maliyetler, uygulama alanları gibi vb. konularda farklılık göstermektedir. Uygulanmakta olan CSP sistemleri aşağıda şekil 1 de gösterilmiştir. Doğrusal fresnel kollektörler, parabolik oluk, parabolik çanak ve güneş kule sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 1.CSP Sistem Türleri (Angel vd., 2019:2)

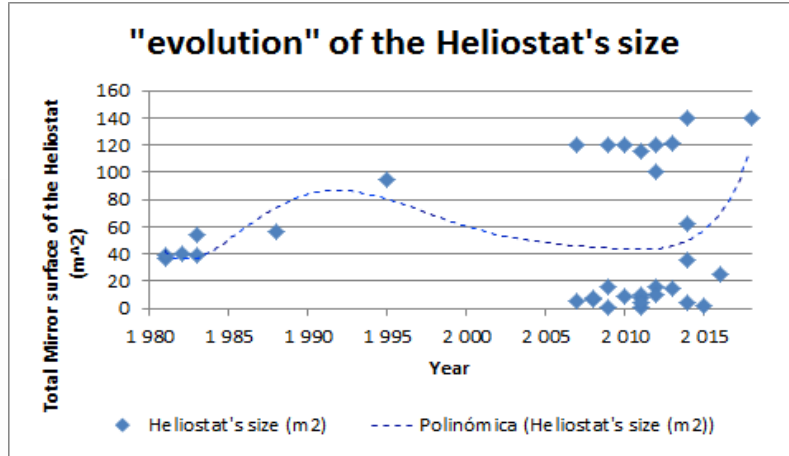


## 1.AMAÇ ve KAPSAM

Bu çalışmada yoğunlaştırılmış güneş enerjisi elde etmek için güneş kule sistemi düşünülmüştür. Bu sistemin dünyada enerji elde etmek kullanılan diğer sistemler düşünüldüğünde çevreye zarar vermeyecek olması bizler için önemli bir noktadır. Güneş kule sistemi güneş ışığının kuleye odaklanması için heliostat denem yapılarına ihtiyaç duymaktadır. Heliostatlar gelen güneş ışığını konum sensörü, dönüştürücüler, algoritma ve elektrik motorlarının doğru şekilde çalışması sonucunda 2 eksende hareket imkanı sağlayarak gün boyunca düzlemsel aynalar aracılığıyla kuleye yansıtırlar.

Piyasada farklı boyutlarda birçok heliostat uygulaması vardır. Küçük ve büyük çaplarda ya da tek veya birden fazla sayıda heliostat kurulacağı birçok parametreye bağlı olmakla birlikte her sistemin avantaj ve dezavantajları vardır. Aşağıda Şekil 2 de yıllara göre heliostat boyutları gösterilmektedir. Gelişim ve araştırma devam ettiği yoğunlaşılacak belli bir heliostat tasarımı bulunmamaktadır. Bu açıdan bu konu üzerinde özel firma, üniversiteler ve küçük girişimcilerin yürüteceği her çalışma gelecek adına büyük öneme sahiptir. Bu çalışma kapsamında ayna çapları 6 metre ve 3 metre olmak üzere 2 adet prototip heliostat tasarlanmıştır.

Şekil 2. Yıllara Göre Heliostat Boyutları (Tellez vd.,2014:29)



Şekil 3. Heliostat ve Kaide (PSA) (Tellez vd.,2014:18-19)

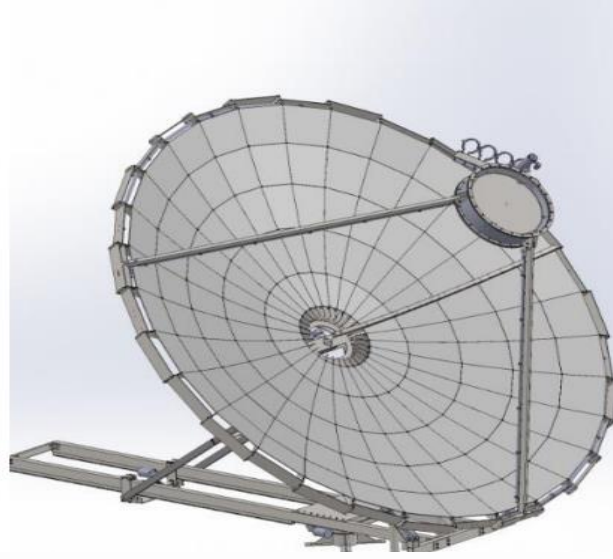


### 3. MATERYAL VE METHOD

#### 3.1 Referans Alınan Tasarım

Bu çalışmada heliostatlar daha önceki yıllarda Solarux firmasının TÜBİTAK projesi olan parabolik çanak CSP sistemi baz alınarak yapılmıştır. Önceki tasarımda kullanılan kremayer dişli sistemi uzun hareket mesafesi ve ağır yük taşıma durumlarında kullanılmaktadır. Güneş kule sistemlerinde odaklanma sapmaları önemli bir problem olduğundan bu tasarımda vidalı mil sistemi tercih edilmiştir.

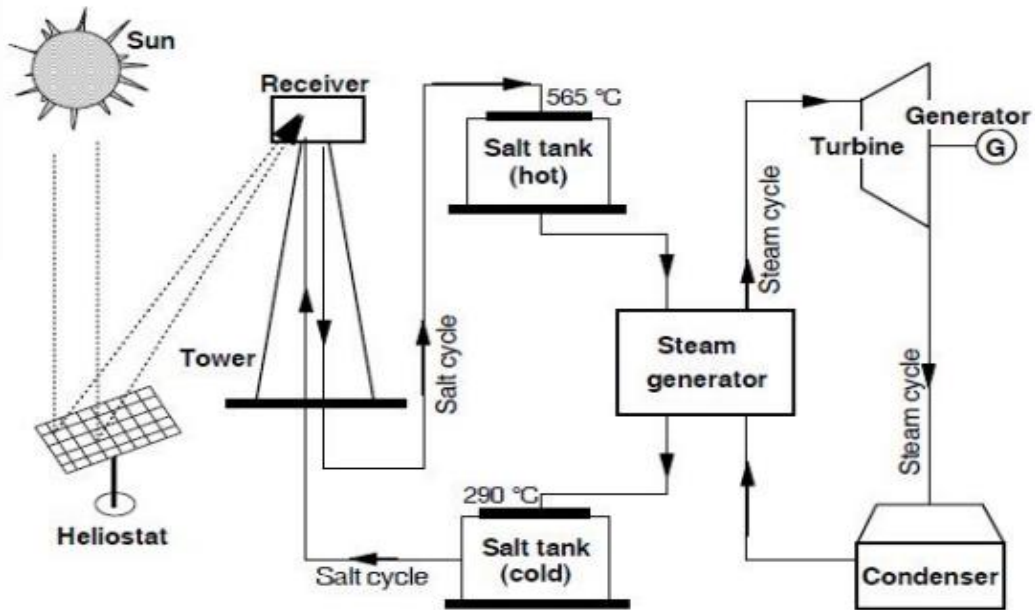
Şekil 5. Solarux CSP Tasarım – 2014 TÜBİTAK



### 3.2 Sistemin Çalışma Prensibi

Güneş kule sistemi heliostat, kule ve termal bir depolama alanı sistemlerinden oluşur. Heliostatlar güneş ışığını yansıtma yüzeylerinde bulunan aynalar aracılığı ile alıcı kule üzerindeki odak bölgesine yansıtır. Heliostatın dünyadaki konumu, kuleye olan mesafesi ve ayna iç bükey eğrilik oranları gibi parametreler doğru şekilde yansıtma için önem arz etmektedir. Bu hesaplamalar sistemin kurulumunu yapacak olan Solarux tarafından geliştirilen bir algoritma ile aracılığı ile yapılacaktır. Termal depolama için seramik malzemesi ucuz olması, yüksek sıcaklıklara ulaşılabilmesi ve çevreye zarar vermemesi için tercih edilmiştir. Muhafaza malzemesi için çelik sac tercih edilmiştir.

Şekil 6. İki Tanklı Depolama Sistemi Kullanan Güneş Kule Sistemi (Syafaruddin ve Hiyama, 2010)



### 3.2.1 Heliostat Tasarımı

Heliostatlar güneş kule sisteminin toplam maliyetinin %50 sine yakın kısmını kapsamaktadır. Bu yönden yatırım yapılacak sistemde maliyeti azaltmak açısından heliostat tasarımı büyük öneme sahiptir. Heliostatlar aşağıdaki alt sistemlerden oluşur.

- Tahrik Sistemi
- Kontrol ve Takip Sistemi
- Destek Yapısı
- Ayna ve Çanak Tasarımı

#### 3.2.1.1 Tahrik Sistemi

6 metre heliostat tahrik sistemi için 24 mm çapında ve 2647,68 mm uzunluğunda 2 adet vidalı mil özel olarak tasarlanmıştır. 3 metre heliostat tahrik sistemi için 17,5 mm çapında ve 2737,92 mm uzunluğunda 1 adet vidalı mil özel olarak tasarlanmıştır. Her iki heliostatta vida adımları 10 mm'dir.

##### 3.2.1.1.1 Mikro Step Motor

Heliostat tasarımında yatay hareket 0 – 360 derece aralığa ve 0,02 derece çözünürlük değerlerine sahiptir. Heliostat ile odak noktası arasındaki mesafe arttıkça yatay ekseninde odaktan sapma oldukça artmaktadır. Yansıtılan ışınlar odak noktasına ulaşmamaktadır. Sapmaların motordan aktarılan güçten dolayı olması muhtemel sebeplerdendir. Bu ihtimali en aza indirmek hassas güç aralıklarına sahip motor kullanılarak sağlanabilir. Belirtilen gerekliliklerden dolayı tasarımımda yatay hareket mikro step motor ile sağlanmaktadır.

##### 3.2.1.1.2 Servo Motor

Heliostat tasarımında dikey hareket 0 – 90 derece aralığa ve 0,02 derece çözünürlük değerlerine sahiptir. Ancak dikeydeki sapmalar ile yataydaki sapmalar aynı oranda değişmemektedir. Dikeydeki sapmalar heliostat ile odak noktasındaki mesafe arttıkça artmaktadır fakat yansıtılan ışınlar odak noktasına ulaşmaktadır. Dikey açı motorları asenkron motorlardır. Asenkron motor seçim ile maliyetin de azaltılması amaçlanmıştır.

##### 3.2.1.1.3 Redüktör

Elektrik motorlarının kullanıldığı yerlerde, motordan gelen yüksek dönüş hızlarını makine tarafından ihtiyaç duyulan dönüş hızına düşürmek için redüktör kullanılması gerekmektedir. Şekil 7'de sistemde kullanılan redüktör örneği gösterilmiştir.

#### 3.2.1.2 Kontrol ve Takip Sistemi

Heliostat sistemlerinde manuel, zaman ayarlı, ışık sensörlü ve bilgisayar kontrollü takip sistemleri mevcuttur. Takip sisteminin manuel olması enerji üretiminde büyük zaman kayıplarına yol açar. Işık sensörlü takip sistemlerinin ise kurulum, uygulama ve bakım maliyetleri oldukça yüksektir. Bu sebeplerden dolayı heliostat tasarımında bilgisayar destekli zaman – konum ayarlı takip sisteminin kullanılması uygun görüldü. Takip sisteminin kurulumu için ise encoder, Solarux yazılımı, sensörler ve arduino kullanıldı.

##### 3.2.1.2.1 Encoder

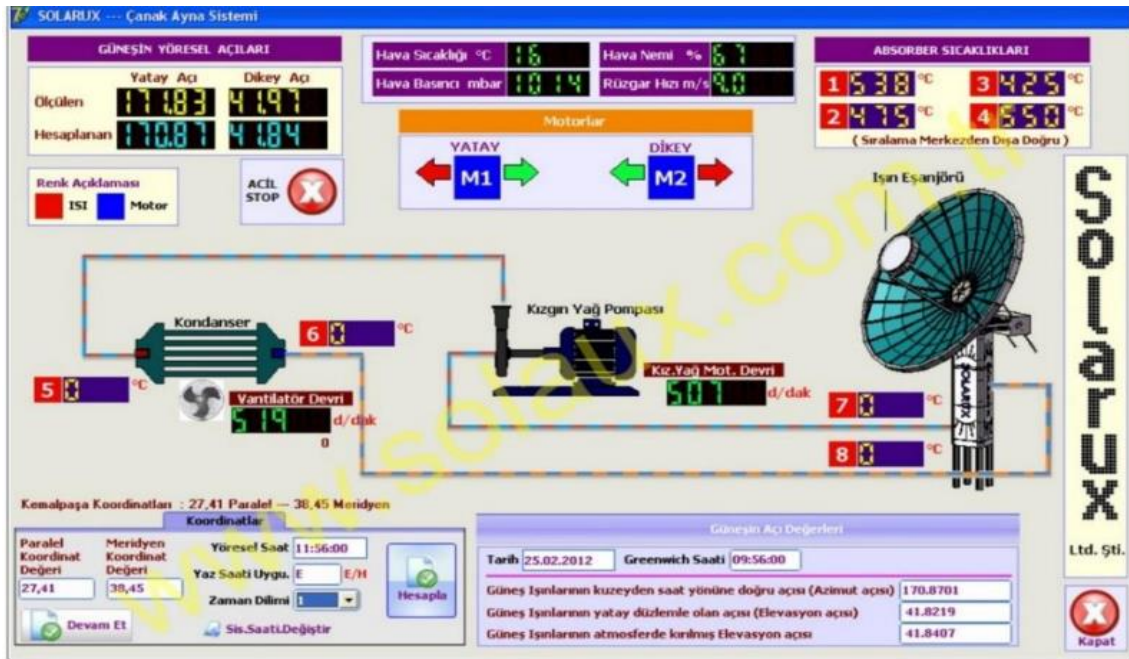
Encoder bir milin açısal konumunu veya hareketini analog veya dijital çıkış sinyallerine dönüştüren elektro-mekanik bir cihazdır. Sistemde 0.02 hassasiyeti elde edebilmek için 14 bit encoder kullanılmıştır. Encoder Redüktör miline montaj yapılmıştır.

### 3.2.1.2.2 Solarux Yazılım

Heliostat tasarımında konum ve zamana bağlı olarak değişen Azimuth ve yükseklik açıları, kurulumu yapacak olan Solarux firması tarafından geliştirilen Solarux Solar Tracking programı ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar yapılırken enlem, boylam ve Greenwich saati referans alınmaktadır. Genel algoritma prensibi algoritmaya tanıtılan konum – zaman bilgilerine göre güneşten gelen ışınların, heliostat yansıtma yüzeyine göre açılarını hesaplamaktır. Algoritmadan alınan veriler motorlara gerekli hareket sinyallerini iletmeştir.

Şekil 7 de gösterilen Solarux firmasına ait ilk prototip yazılım gösterilmektedir. Girdi olarak yerel saat, paralel kordinat değeri, meridiyen kordinat değeri, yaz saati uygulaması ve zaman dilimi bilgileri girilir. Program hesaplama yapar ve çıktı olarak yükseklik ve azimuth açılarını veririr. Son güncel yazılım Solarux Firmasının “Know How” prensibinden dolayı paylaşılammaktadır.

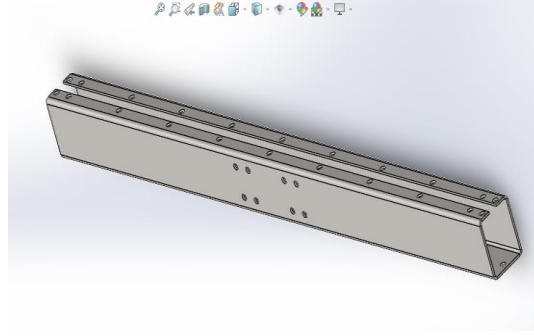
Şekil 7. İlk Prototip Solarux Yazılımı



### 3.2.1.3 Destek Yapısı

Destek yapısı aynaların montaj konumlarını koruyan, gelen rüzgar kuvvetlerini karşılayan ve yapıya aktaran, sistemin kendi ağırlığını taşıyan elemanlardır. Maliyet açısından uygun olan St37 sac malzemeden büküm ve lazer kesimle imalatı yapılacak şekilde tasarımlar gerçekleştirilmiştir. 6 metre ve 3 metre heliostatlarda tasarım amacı olarak aynı farklı ölçülerde elemanlar kullanılmıştır. Aynaların montajı için ayna atkılanı 15 derecelik eğime sahip olacak şekilde parabol bir çanak-ayna montajını sağlamaktadır. Şekil 8’ de 3 metre heliostat için kullanılan malzeme örnek olarak gösterilmiştir.

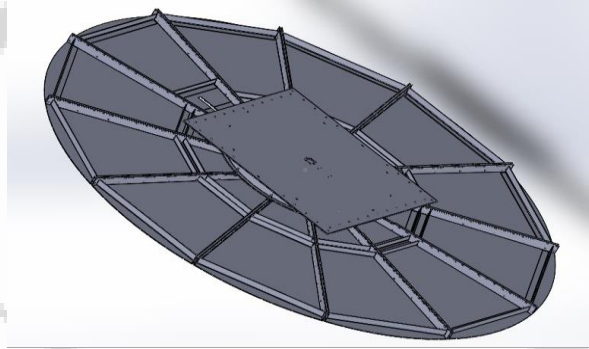
**Şekil 8. 3 Metre Heliostat Disk Tutucu**



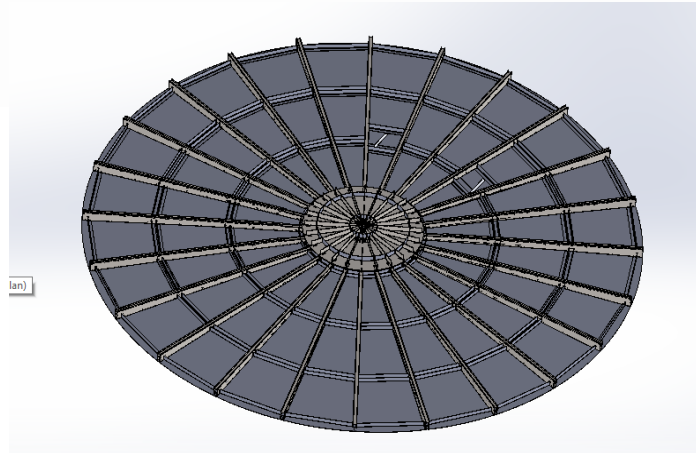
### 3.2.1.4 Destek Yapısı

Heliostat tasarımında çanak yapısı olarak inovatif bir sistem tasarlanmıştır. Bu inovatif sistemde iç bükey eğriliği Solarux Solar Tracking programı ile hesaplanmaktadır. Programa heliostatın kuleye uzaklığı, heliostatın çanak çapı ve heliostatın yüzeyindeki dilim sayısı verileri girilir. Tasarlanan çanak yapısıyla her konumda kuleye tam odaklanma sağlanabilir.

**Şekil 9. 3 Metre Heliostat Çanak Ayna Yapı Montajı**



**Şekil 10. 6 metre heliostat çanak ayna yapı montajı**



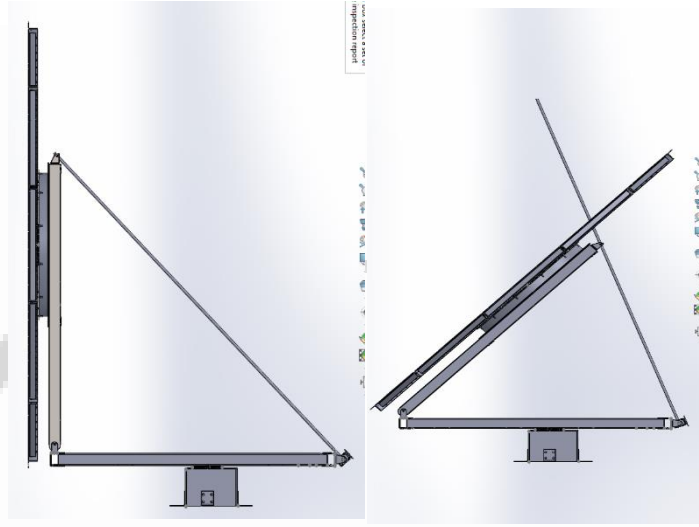
### 3.3 Kule Tasarımı

Heliostatlardan yansıyan güneş ışığı merkezi alıcılara sahip olan kulede toplanır. Enerji burada absorbe edilerek depolanır. Kule yüksekliği geniş bir alana yayılan birçok heliostat ile bağlantılı çalışma imkanı verir. Yapılan çalışmada Solarux firması tarafından tasarımı gerçekleştirilen kule, 18 metre yüksekliğinde ve 2 metre genişliğindedir. Üst tarafında 2,5 metre x 2,5 metre kare kafes sistemi bulunmaktadır. Kulenin taşıyıcı elemanları 120mm x120 mm St37 çeliğinden kare profillerden oluşmaktadır. Kafes sistemindeki korkuluk profiller ise 40 mm x 20 mm St37 çeliğinden dikdörtgen profillerden oluşmaktadır.

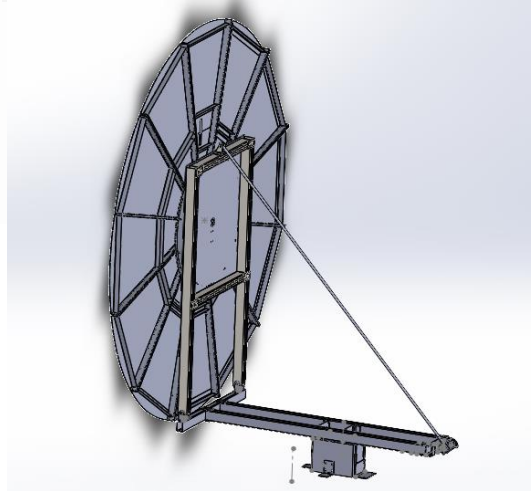
### 3.4 6 Metre Ve 3 Metre Heliostat Tasarımları

#### 3.4.1 3 Metre Heliostat

Şekil 11. 3 Heliostat 90 ve 45 Derece Konumu

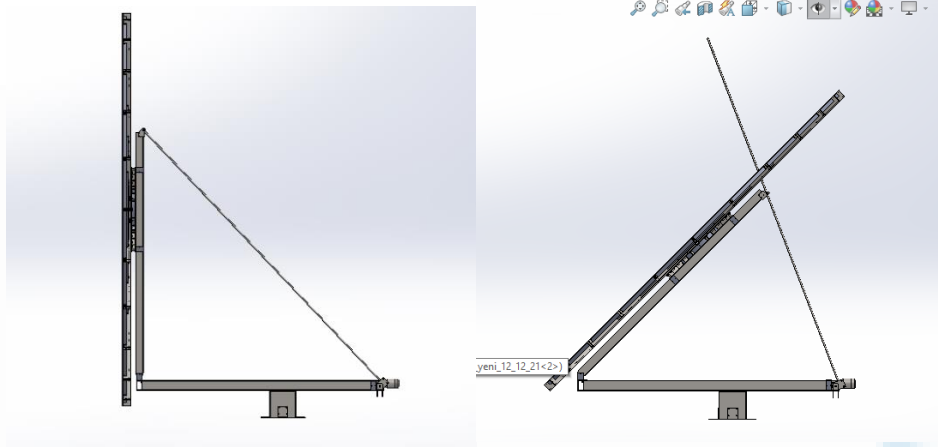


Şekil 12. 3 Heliostat İzometrik Görünüm

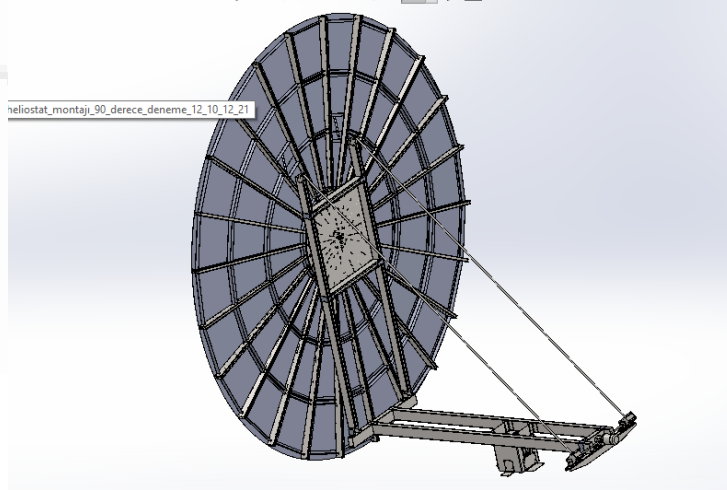


### 3.4.2 6 Metre Heliostat

Şekil 13. 6 Heliostat 90 ve 45 Derece Konumu

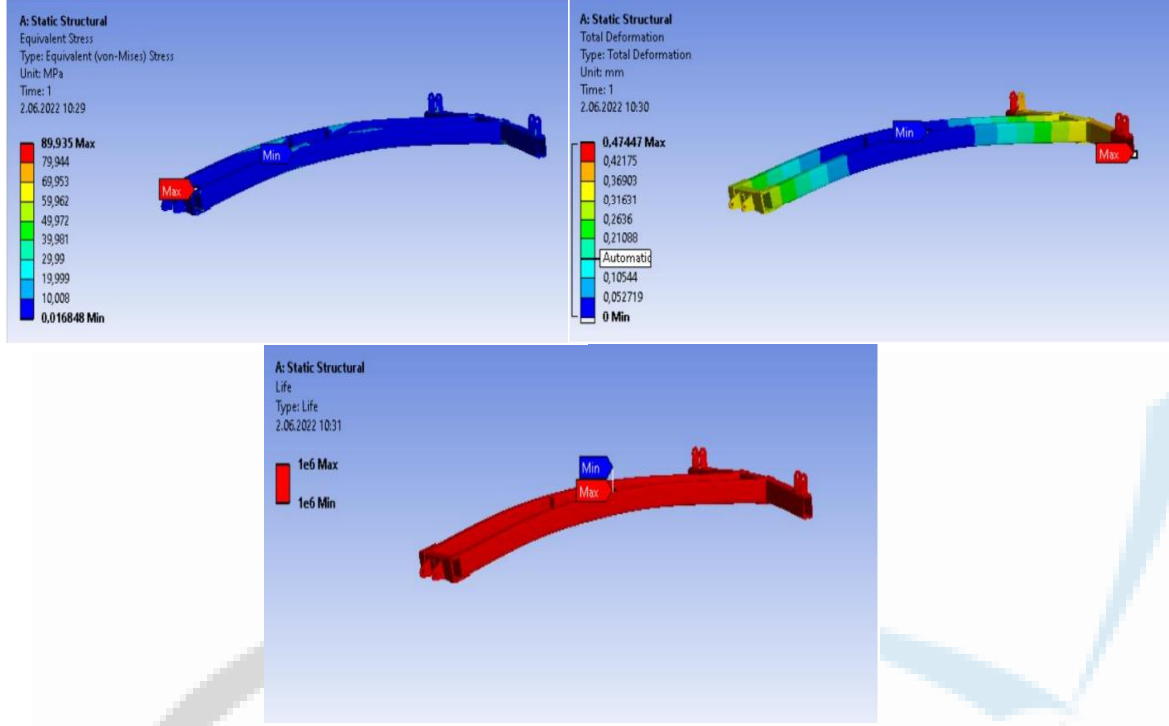


Şekil 14. 6 Heliostat İzometrik Görünüm



### 3.4.1 3 Metre Heliostat Alt Montaj İçin Yapılan Analizler

Şekil 15. 3 Metre Heliostat Alt Montaj Statik Gerilme, Statik Deformasyon ve Yorulma Analizleri



Alt montaja yapılan statik analiz sonuçları Şekil 15-17 arasında verilmiştir. Analiz sonucunda Von Mises gerilmesi 89,935 MPa çıkmış olup, deplasmanı 0,47 milimetredir. Deplasman değerinin düşük gelmesi, sapmalar yönünden bakılırsa iyi bir durumdur. Ömür analizi sonucunda ise ömür sonsuz gelmiştir.

### SONUÇ

Referans alınan Solarux CSP sistemi üzerinden yola çıkılarak güneş kule sistemleri için büyük öneme sahip heliostatların gelişimi ve yeniliği için tasarlanan heliostatın CSP sistemlerine destek sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Heliostatların kuleye odaklanması, heliostat yansıtma yüzeyinin iç bükeylik eğrisi sayesinde sağlanır. Heliostatın iç bükeylik eğrisini kuledeki yansıtma yüzeyine uzaklığı belirler ve bu uzaklık heliostatın iç bükey eğrisinin odak uzaklığına eşittir. Muadili sistemlerde heliostatların iç bükeylik eğrisi üretim esnasında verilir ve ya saha kurulum aşamasında vakumlama yöntemi ile her bir ayna tek tek vakumlanarak iç bükeylik eğrisi verilir. Bu işlemler ise maliyetleri artırırken, uygulamada ise zorluklar yaratmaktadır.

Tasarlanan heliostatların çanak yapısı, düzlemsel ayna parçalarından oluşmaktadır. Heliostat iç bükeylik eğrisi üretim esnasında verilir ve ayna alt tutucularında bulunan ayar vidaları sayesinde heliostatın alandaki konumuna göre, iç bükeylik eğrisi kolay kalibre edilebilir bir sistem olarak tasarlanmıştır. Yapılan bu sistem, kalıplama ve vakum yöntemine göre uygulama kolaylığı sağlamıştır.

Bu yüzden, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi tesislerinde kullanılan heliostatların üretim ve kurulum maliyetlerini de göz önünde bulundurarak Solarux projesi kapsamında geliştirilen

düzlemsel aynalar ile oluşturulmuş modüler çanak yapısına sahip heliostatın kullanılması muadili heliostatlara kıyasla daha uygun bir tercih olacağı analiz sonuçları ile de desteklenmiştir.

Bu proje TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilen bir proje olduğu için teknik resimleri hazırlanmış olan parçaların imalatı gerçekleştirilmiş olup alanda (Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüsü) kurulması için bütçenin serbest bırakılması beklenmektedir. Bu nedenle, alanda projenin kurulum aşaması henüz gerçekleştirilememiştir. Depolama ortamı için çalışmalar devam edecektir.

#### **KAYNAKÇA**

Angel G. Fernandez, Judith Gomez-Vidal, Eduard Oro, Alan Kruizenga, Aran Sole, Luisa F.Cabeza, 2019, Mainstreaming Commercial CSP Systems: A Technology Review, Renewable Energy 140 / 152-176

Syafaruddin & Takashi Hiyama, Autumn Semester-2010, Lecture 5-Solar Thermal Power Plants, Time and Venue: Wednesdays: 10:20 – 11:50, Room No.: 208

F.Tellez, M.Burisch, Villasente, M.Sanchez, C.Sansom, P.Kirby, P.Turner, C.Caliot, A. Ferriere, A.Bonanos, C. Papanicolas, A. Monteon, R.Monterreal, J. Fernandez, 2014 , State of the Art in Heliostats and Definition of Specifications, STAGE EERA)

Presentation ID / Sunum No: 79

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6744-6117

## **Karbon Fiber Plakalarda Grafen Nanotoz Katkısının Fiber Matris ve Boşluk Hacim Oranlarına Ektisinin İncelenmesi**

**Araştırmacı Hilmi Yavuz Ağa<sup>1</sup>, Doç. Dr. Elmas Salıncı<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi

### **Özet**

*Bu çalışmada ağırlıkça farklı oranlardaki (%0, %0,15, %0,3, %0,45, %0,6) grafen nanotoz (GNT) takviyesinin fiber hacim oranı, matris hacim oranı ve boşluk hacim oranına olan etkisi incelenmiştir. GNT katkılı karbon fiber/epoksi nanokompozit plakaların üretimi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama grafen nanotozun epoksi içinde kümelenme oluşmadan homojen bir şekilde dağıtmaktır. Epoksi içinde GNT'yi homojen bir şekilde dağılımını sağlamak için ilk adımda mekanik karıştırma daha sonrasında sonikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Üretimin ikinci aşamasında hazırlanan GNT-epoksi karışımı; vakum infüzyon yöntemi (VİY) kullanılarak karbon fiberlere emdirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Literatürde de çok sıkça kullanılan bu üretim yöntemiyle yüksek fiber hacim oranına sahip minimum boşluklu kompozit yapılar üretilmektedir. Üretim işlemi bittikten sonra elde edilen plakalar standartlara uygun bir şekilde su jeti kullanılarak kesilmiş ve her plakadan 3 numune olacak şekilde hazırlanmıştır. ASTM D2734 ve D2584 standartlarına göre yakma deneyi yapılmıştır. Yakma deneyleri sonucunda grafen miktarındaki artışın boşluk hacim oranını arttırdığını ve en yüksek boşluk hacminin %144 artışla ağırlıkça %0,6 GNT katkılanmış numunelerde olduğu gözlemlenmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** Boşluk hacim oranı, Grafen nanotoz, Yakma deneyi, Nanokompozit

### **Effect of Graphene Nanoplatelet on Carbon Fiber Laminates Fiber, Matris and Void Volume Ratios**

#### **Abstract**

*In this study, the effect of graphene nanoplatelet (GNP) reinforcement at different weight ratios (0.1%, 0.3%, 0.45%, 0.6% by weight) on fiber, matrix and void volume ratio was investigated. The production of GNT doped carbon fiber-epoxy nanocomposite plates consists of two steps. The first step is to distribute the graphene nanopowder in the epoxy homogeneously. In order to ensure a homogeneous distribution of GNT in the epoxy, mechanical mixing was performed in the first step, and then sonication process was performed. In the second stage GNP-epoxy mixture were impregnated using the vacuum assisted resin transfer molding method (VARTM). With this production method, which is frequently used in the literature, composite structures with minimum voids with a high fiber volume ratio can be produced. After the production process was completed, the plates obtained were cut by water jet in accordance with the standards and prepared as 3*

*samples from each plate. Burning test was carried out according to ASTM D2734 and D2584 standards. As a result of the experiment, it was observed that the increase in the amount of graphene increased the void volume ratio and the highest void volume was observed with an increase of 144% in the samples doped with 0.6% GNT by weight.*

**Keywords:** Void volume ratio, Graphene nanoplatelet, Burning test, Nanocomposite

## 1.GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte daha hafif ve dayanımı yüksek malzeme ihtiyacından dolayı fiber takviyeli kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Son zamanlarda fonksiyonel ve yüksek mukavemetli ileri teknoloji malzemelerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların sayısı artmaktadır. Nanoteknolojinin insan hayatına dahil olması ile birçok endüstriyel alanda yeni jenerasyon kompozit malzemeler üretilmiştir (Kim ve Han,2015:2111).

Bir kompozit malzemenin özelliklerinin geliştirilmesi, yeni bir kompozit malzemenin üretilmesiyle ortaya çıkan çeşitli zorlukların ortadan kaldırılmasına yol açmaktadır (Mukhopadhyay ve Gupta,2012:93). Fiber takviyeli kompozit malzemelerde arayüz mekaniğinin geliştirilmesinde, kompozitin uygun bağ uyumuna sahip olması çok önemlidir. Arayüz mekaniği, takviye ve matris elemanı arasındaki mekanik yapışma ve kimyasal bağ ile doğrudan ilgilidir (Bian vd.,2011:1833). Arayüz mekaniğinde; üretim yönteminden, üretim ortamından, kullanılan teçhizattan hatta takviye elemanın kat sayısından bile kaynaklanan boşluklar oluşabilmektedir. Bu durum arayüz mekaniğini olumsuz etkilemektedir.

Polimer matrisli kompozitler de fiber, matris ve boşluk hacim oranları oluşan yeni yapının karakteristiğinde önemli belirleyicilerdir. Bu oranlar kullanılan üretim yöntemine, kullanılan takviye elemanını ile matris elemanının uyumuna ve katkı malzemesine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca kompozitlerin elastiklik modülü ve dayanım gibi özelliklerinde baskın olan takviye özellikleri olmalıdır (McLaughlin,2013:12). Üretim esnasında ideal ortamlar sağlanmadığı için kompozit yapılarıdaki boşluk kaçınılmazdır. Bir kompozitin içerisindeki boşluk miktarı mekanik özelliklerini olumsuz etkileyebilir. Daha yüksek boşluk içeriği daha düşük yorulma direnci, su penetrasyonuna ve hava koşullarına karşı daha fazla duyarlılık ve dayanım özelliklerinde daha fazla sapma anlamına gelmektedir. Literatürde boşluk hacim oranının eğme (Almeida ve Neto,1994:139) tabakalar arası kayma (Bowles ve Frimpong,1992:1497), yorulma (Suhot,2010:198) gibi mekanik özelliklerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır

Bu çalışmada, (%0, %0,15, %0,3, %0,45, %0,6 ağırlıkça) katkılı karbon fiber/epoksi kompozitler VİY kullanılarak üretilmiştir. Üretilen numunelerin fiber matris ve boşluk hacim oranları katkılanmamış kompozit numuneler ile kıyaslanıp incelenmiştir. Test numuneleri su jeti ile kesilip hazırlanmıştır. Bu deneysel program için toplam 15 numune hazırlanmıştır.

## 2.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada matris olarak epoksi, takviye malzemesi olarak karbon fiber, partikül takviyesi olarak GNT kullanılmıştır. MGS L285 epoksi, MGS H285 sertleştirici ve plain karbon fiber (200 gr/m<sup>2</sup>) Dost Kimya Endüstriye Hammaddeler San. Tic. Ltd. Şti. 'den tedarik edilmiştir. Katkı elemanı olarak kullanılan GNT (800 m<sup>2</sup>/gr) Nanografi Nano Teknoloji A.Ş. 'den temin

edilmiştir. Kullanılan malzemelerin birtakım özellikleri aşağıdaki tablolarda Tablo1.-4. verilmiştir.

**Tablo 1.** Kullanılan karbon elyafın teknik özellikleri

<b>Karbon Fiber Elyaf (E HTA 40 3k)</b>	
Elyaf çapı (µm)	7
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1.76
Ağırlık (g/m <sup>2</sup> )	200
Elastisite Modülü (Gpa)	238
Çekme Dayanımı (Mpa)	3950
Kopma Uzaması (%)	1.7

**Tablo 2.** Kullanılan epoksinin teknik özellikleri

<b>MGS L285 Epoksi</b>	
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1.18-1.20
Elastisite Modülü (Gpa)	3-3.3
Çekme Dayanımı (Mpa)	70-80
Basma Dayanımı (Mpa)	120-140
Kopma Uzaması (%)	5.0-6.5
Eğme Dayanımı (Mpa)	110-120
Darbe Dayanımı (kJ/m <sup>2</sup> )	45-55
Viskozite (mPA.s)	600-900

**Tablo 3.** Kullanılan sertleştiricinin teknik özellikleri

<b>MGS H285 Sertleştirici</b>	
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0.94-0.97
Viskozite (mPA.s)	50-100

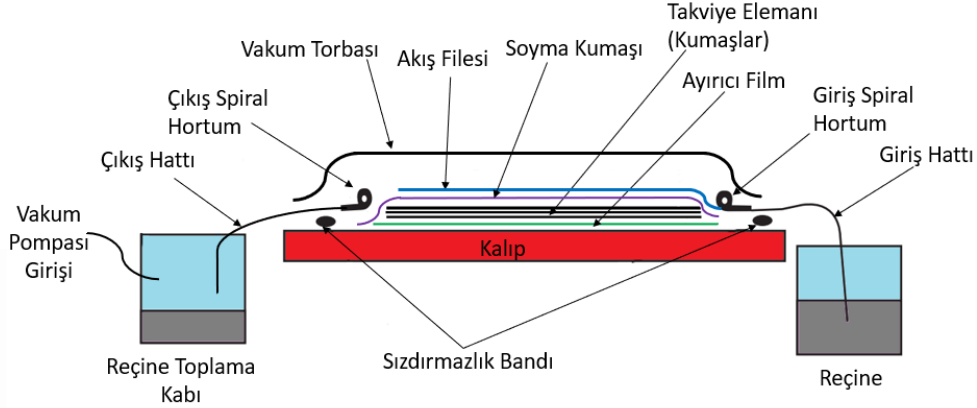
**Tablo 4.** Kullanılan grafen nanotozun teknik özellikleri

<b>Grafen Nanotoz</b>	
Saflık (%)	99.9
Kalınlık (nm)	3
Çap (µm)	1.5
Belirli Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)	800

Grafen katkılı kompozit levhaların üretiminde vakum infüzyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem nanopartikül katkılı ve katkısız kompozit levhaların üretiminde kullanılan bir yöntemdir (Maragoni vd.,2016:493). Reçine transfer kalıplama yöntemindeki (RTK) yüksek takım maliyetlerini, yüksek basınç gereksinimini azaltmak amacıyla vakum infüzyon yöntemi (VİY) geliştirilmiştir. VİY’de erkek kalıp yerine torba kalıp yani vakum naylonu kullanımı vardır. Ayrıca kullanılan torba kalıp zararlı emisyonların da dışarı çıkmasına mâni olmaktadır. Böylece RTK yönteminde ihtiyaç duyulan yüksek basınç uygulamasına gerek duyulmamaktadır (Parnas ve Walsh,2005:477). Şekil 1’de çalışma da kullanılan vakum infüzyon yönteminin şematik gösterimi verilmiştir. Düz bir levha olarak üretim yapıldığından tabla yüzeyi kalıp olarak kullanılmıştır. İlk olarak kalıbın yüzeyi kir ve toz dan arıtmak için alkol ile temizlenmiştir. Daha sonra karbon fiberlerin yerleştirileceği alana ayırıcı film serilmiştir. Daha sonra ayırıcı film çevresi çift taraflı sızdırmazlık bandı ile bantlanmıştır. Bu alana elyaflar 8 kat olarak yerleştirilmiştir. Daha sonra elyafların üzerine soyma kumaşı ve akış filesi yerleştirilmiştir. Soyma kumaşı kullanımının amacı üretim sonrası levha üzerindeki üretim için gerekli tüm sarf malzemelerin levhaya yapışmasını engellemek ve levha üzerinden ayrılmasını kolaylaştırmaktır. Akış filesi ile vakum ortamına verilen epoksinin homojen bir şekilde yayılmasını ve epoksinin fiberler arasında ilerlemesini kolaylaştırır. Epoksinin alanca yayılabilmesi için spiral hortumlar ve vakum hortumları kurulum üzerine yerleştirilir. Bu çalışmada levha boyutları 330X330 mm

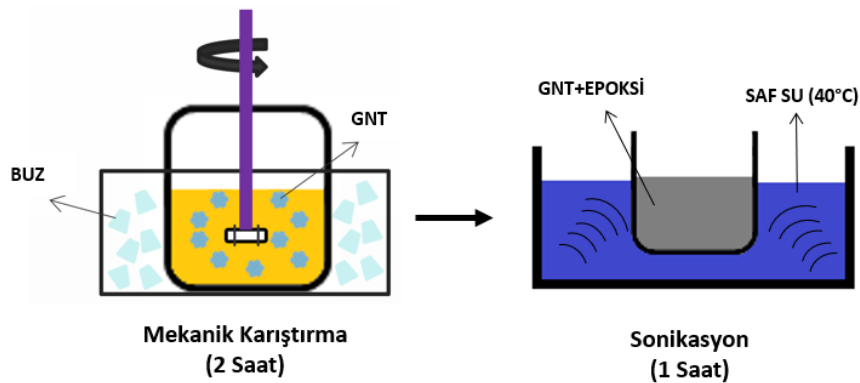
olduğu için tek giriş ve tek çıkış olacak şekilde hortumlar konumlandırılmıştır. Hortumlar da konumlandırıldıktan sonra vakum torbası tüm kurulumu kaplayacak şekilde yerleştirilir ve sızdırmazlık bantları ile elyaf ve içerisinde olan sarf malzemelerin dış ortam ile ilişiği kesilir. Vakum hortumlarının bir ucu vakum pompasına bir ucu da reçinenin bulunduğu hazneye verilerek üretim işlemine başlanır.

**Şekil 1.** Vakum infüzyon yöntemi



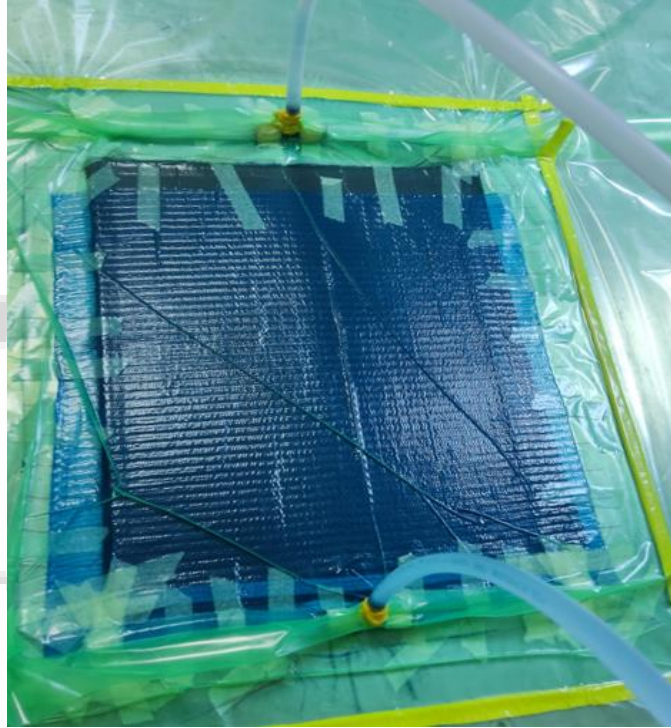
Grafen katkılı kompozit levhaların üretimi; grafenin epoksi içerisinde katkılanması ve katkılanmış epoksinin elyaflara emdirilmesi olarak iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama GNT'lerin epoksi içinde homojen ve kümelenme oluşturmayacak şekilde dağıtımını sağlamaktır. Bunun için literatürde mekanik karıştırma (Pulicino,2017:301), manyetik karıştırma (Khakzad vd. 2019:2082) ve sonikasyon (Tüzemen vd. 2017:146) yöntemleri kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada 40°C sabit sıcaklıkta 2 saat mekanik karıştırma ve 40°C sabit sıcaklıkta 1 saat sonikasyon işlemi gerçekleştirilerek epoksi içinde grafenin dağıtımını sağlanmıştır. Karıştırma süreleri uzadıkça epoksinin sıcaklığı artmaktadır. Sıcaklık artışı epoksinin vizkozitesini ve içeriğindeki hava kabarcığı miktarını düşürerek daha elverişli bir karışma hali sağlarken belirli bir sıcaklık artışının üzerinde de kimyasal özellikleri değişmektedir. Bu yüzden kesikli karıştırma ve sonikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Karıştırma işlemi gerçekleştirilirken aralar verilerek epoksinin sıcaklığı kontrol altında tutulmuştur. Sonikasyon işleminde ise saf su sıcaklığı 40°C'de sabit tutulmuştur. Şekil 2'de üretimin ilk aşamasının şematik gösterimi verilmiştir.

**Şekil 2.** Üretimin ilk aşamasının şematik gösterimi



İkinci aşama da ise hazırlanan grafen katkılı epoksinin ağırlıkça %40'ı kadar sertleştirici eklenmiştir. Sertleştirici epoksin içerisindeki homojen dağılımı sağlandıktan sonra karışımın kürleşmeden kumaşlara emdirilmesi önemli bir gereksinimdir. Nanopartikül katkısının epoksi içinde dağıtımını kadar fiberlere emdirilmesi işlemi de başka bir zorluktur. Emdirme işlemi öncesinde reçine karışımının viskozitesine çok dikkat edilmelidir. Çok düşük viskozite, reçine karışımının karbon elyafında hızla hareket etmesine ve elyafın uygun şekilde ıslanmasını önlemesine neden olur. Ayrıca, bu yöntemde viskoz bir reçine karışımı elyaf içinde homojen dağılmama ve elyaflarda ıslanmama sorunlarına yol açabilir (Maley,2008). Bu problemin üstesinden gelmek için reçine emdirme sırasında fiberlerin sıcaklığı 40°C'de tutulmuştur. Reçine emdirme işlemi tamamlandıktan sonra 100 °C'de 2 saat kürleşme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kürleşme işlemi tamamlandıktan sonra plakalar test standardına uygun şekilde su jeti kullanılarak kesilmiştir. Şekil 3'te plakaların üretim anı gösterilmiştir.

Şekil 3. Üretimin fiberler vakum altında emdirilmesi



### 2.1. Fiber matris ve boşluk hacminin belirlenmesi

Üretilen kompozit plakaların fiber hacim oranları matris elemanı yakma yöntemi ile belirlenmiştir. Karşılık gelen fiber hacmi, matris hacmi ve boşluk hacmi oranları aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

Kompozit malzemenin (C) toplam kütlesi matris (M) ve fiber (F) takviyesinden oluşmaktadır. Buradan hareketle malzemenin toplam kütlesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$M_C = M_F + M_M \quad (1)$$

Kompozit malzemenin içerisindeki boşluk hacmini (V) de katarak toplam hacim ise aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$V_C = V_F + V_M + V_V \quad (2)$$

Kompozitin yoğunluğu ( $\rho_C$ ) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\rho_C = \frac{M_C}{V_C} = \frac{M_F + M_M}{V_F + V_M + V_V} \quad (3)$$

Kompoziti oluşturan matris ve fiber elemanın boyutsuz kütle oranları ( $w_M, w_f$ ) ve yoğunlukları ( $\rho_m, \rho_f$ ) sırasıyla:

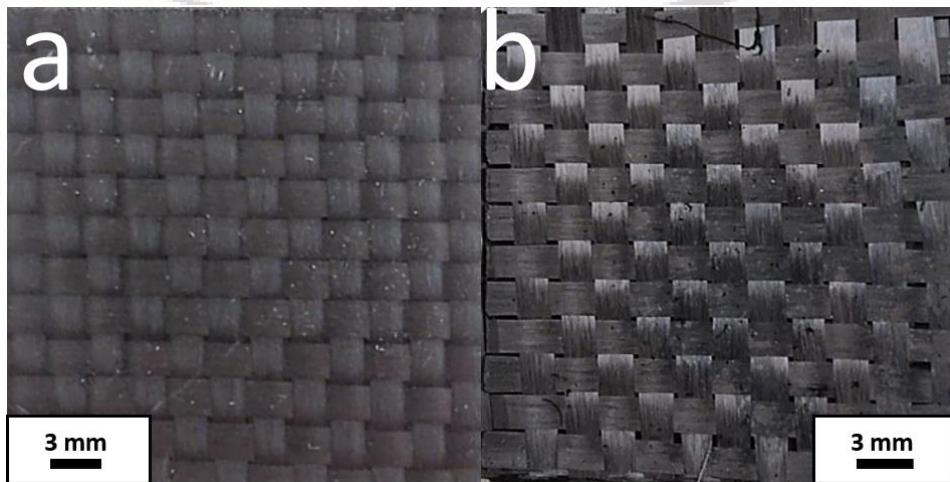
$$w_M = \frac{M_M}{M_F + M_M}, w_F = \frac{M_F}{M_F + M_M}, w_M + w_F = 1 \quad (4)$$

$$\rho_M = \frac{M_M}{V_M}, \rho_F = \frac{M_F}{V_F} \quad (5)$$

### 3.BULGULAR

Deney ASTM D2734 ve ASTM D2584 standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu deney; farklı GNT katkılı nanokompozit numunelerdeki katkı oranının, kompozitteki boşluk hacim oranı, fiber hacim oranı ve matris hacim oranına etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu oranların bilinmesi üretilen kompozitlerin kalitesinin belirlenmesi adına oldukça önemlidir. Özellikle kompozitlerin içerisinde fazla boşluk istenmeyen bir durumdur. Boşluk oranının artması, kompozit malzemenin mukavemet değerlerinde geniş dağılım oluşturmaya ve bu sebeple mekanik özelliklerinin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca yapı içerisindeki boşluk malzeme süreksizliği oluşturduğu için yorulma ömürlerinin de kısaltmaktadır. Numuneler 25 mm X 25 mm olacak şekilde su jeti ile her setten 3 tane olacak şekilde kesilmiş ve hassas terazide tartılıp toplam kütleleri bulunmuştur. Daha sonra 565°C sıcaklık altında fırında yakılarak epoksi numunelerden uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan kül kütlesi tekrar tartılarak fiber kütlesi olarak hesaplanmıştır. Kullanılan takviye ve matris elemanın yoğunlukları kullanılarak hacim hesaplamaları yapılmış ve toplam hacimden çıkarılarak boşluk hacmi hesaplanmıştır. Şekil 4'te numunelerin yakılmadan önce ve yakıldıktan sonraki görüntüleri verilmiştir.

Şekil 4. Yakma numunesinin yüzey görüntüsü a) yakma işleminden önce, b) yakma işleminden sonra



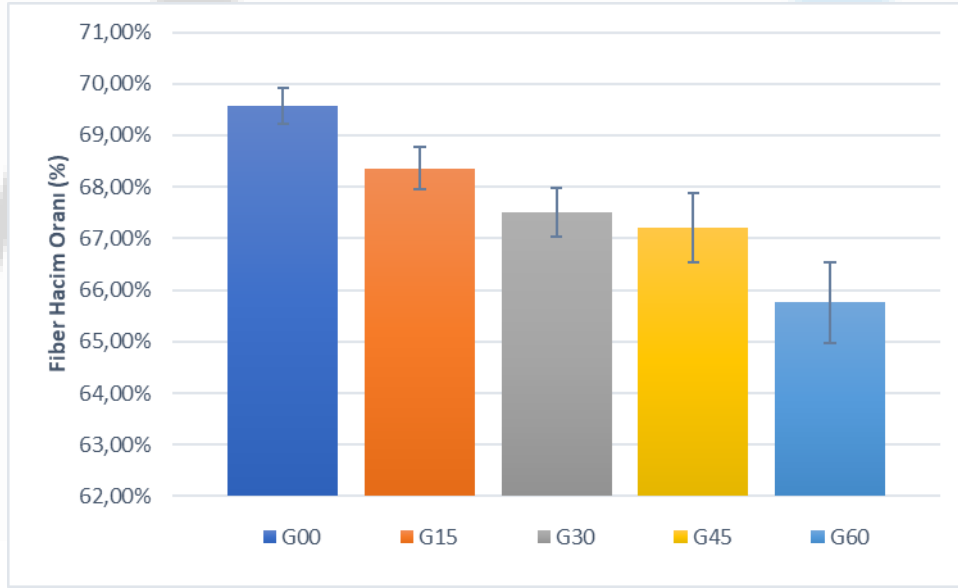
Yakma deneyi sayesinde üretilen kompozit plakaların fiber hacim oranı, matris hacim oranı ve boşluk hacim oranı belirlenmiştir. Ayrıca üretim esnasında GNT katkısının numune kalınlıklarını da arttırdığı gözlenmiştir. Tablo 5'te üretilen numunelerin hesaplanan fiber hacim oranları, matris hacim oranları ve boşluk hacim oranları verilmiştir.

**Tablo 5.** Yakma testi sonrası numunelerin hacim oranları

Sembol	GNT Katkı oranı (%)	Vf (%)	Vm (%)	Vv (%)
G00	0,00	69,56	29,40	1,04
G15	0,15	68,36	30,07	1,57
G30	0,30	67,51	30,70	1,78
G45	0,45	67,20	30,80	2,00
G60	0,60	65,75	31,71	2,54

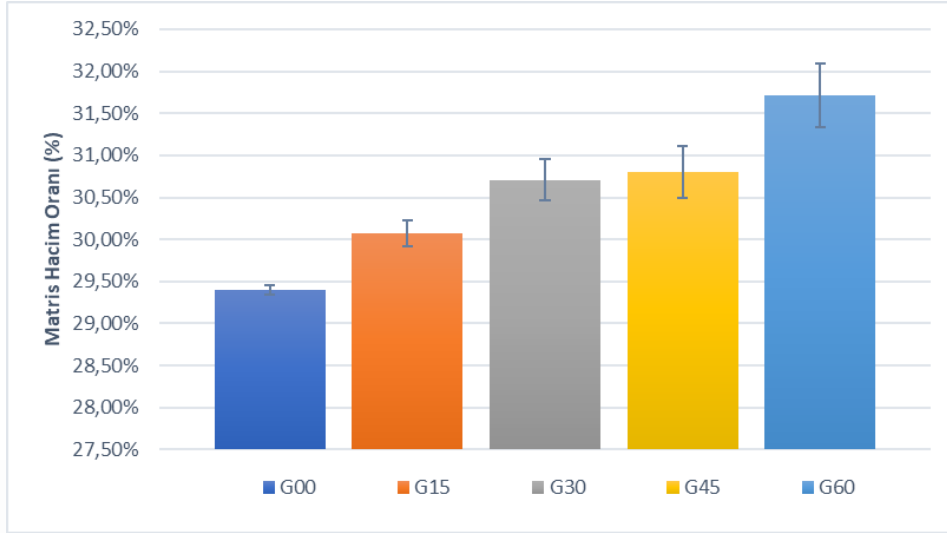
Numunelerin hacim oranları incelendiğinde GNT katkısı arttıkça fiber hacim oranı düşmektedir buna karşın matris hacim oranı artmaktadır. Bunun nedeni ise GNT katkısı arttıkça epoksi viskozitesinin arttırması olarak açıklanabilir. Bu durum üretimin ikinci aşamasında epoksi ilerlemesi sırasında belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Katkı yüzdesi arttıkça epoksinin ilerleme hızı düşmüştür. Ayrıca epoksinin fiberlere emdirilmesi işlemi tamamlandıktan sonra vakum pompasının çalışması devam ettirilip fazla epoksinin sistemin dışına çıkarılması sağlanmıştır. Epoksinin vizkozitesinin artması sistemin dışına çıkarılan epoksidede azalmaya ve sistem içinde daha fazla epoksinin kalmasına sebep olabilir. GNT katkısının artması kompozitlerde matris hacim oranını arttırdığı söylenebilir. Grafik 1’de yakma deneyi sonucunda her numune için elde edilen fiber hacim oranları verilmiştir.

**Grafik 1.** Yakma testi sonrası hesaplanan fiber hacim oranları

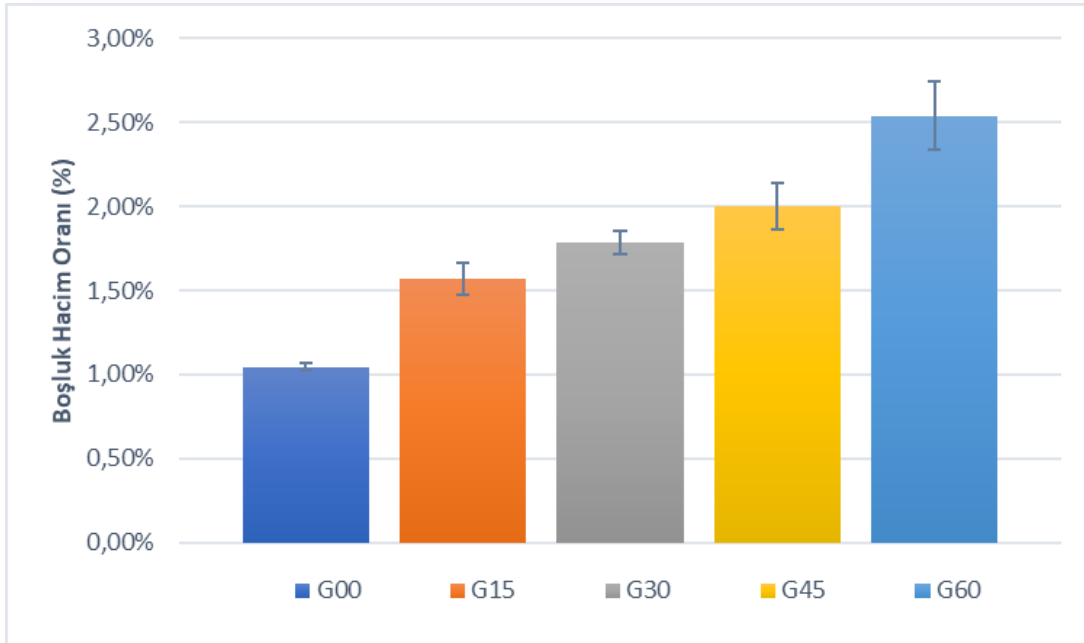


Fiber Hacim oranları incelendiğinde referans olarak katkısız numune için %69,56 oranında bir hacim oranı görmekteyiz. Bu oran G15 için %1,2 azalış ile %68,36 olarak elde edilmiştir. G30 ve G45 numuneleri için nispeten birbirlerine yakın hacim oranları, sırasıyla %67,51 ve %67,20 olarak hesaplanmıştır. Son olarak G60 numuneler için bu oran %3,81 oranında azalarak %65,75 olarak hesaplanmıştır. Bu fiber hacim oranları literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırıldığında VİY ile üretim başarıyla uygulanmıştır denilebilir (Bodaghi vd.,2016:88) Grafik 2-3’te yakma deneyi sonucunda her numune için elde edilen matris hacim oranları ve boşluk hacim oranları verilmiştir.

**Grafik 2.** Yakma testi sonrası hesaplanan matris hacim oranları



**Grafik 3.** Yakma testi sonrası hesaplanan boşluk hacim oranları



GNT katkılanmamış numunede boşluk hacminin oranı %1,04 olarak bulunmuştur. Bu oran G60 numunesi için %2,54 olarak bulunmuştur. Buradan yola çıkarak matris içinde var olan boşlukların matris fiber arayüzey bağlarını zayıflattığı ve oluşan bu boşlukların gerilme yığılması oluşturacağı göz önüne alınarak; boşluklar çatlak veya kusur olarak sayılabilir. Bu çatlakların da hasar başlangıcına sebep olabileceği ve hasar ilerlemesini hızlandırabileceği söylenebilir. Buradan hareketle kompozitlerde var olan boşlukların malzemenin hasar mekanizması üzerinde oldukça etkili olduğu söylenebilir.

GNT takviyesinin oranı ile kompozit malzemenin boşluk oranları arasındaki ilişki; GNT'lerin matris elemanı içerisinde homojen dağıtılma probleminde kaynaklı olarak açıklanabilir. GNT katkı oranındaki artış partiküllerin topaklanmasına daha elverişli bir ortam

oluşturabilir. Küçük kümelenmeler olarak da adlandırabileceğimiz bu boşluklar, üretim anında epoksinin elyafı ıslatmasına engel olarak kompozit içindeki hava boşluklarının oluşumuna sebep olduğu söylenebilir. Ayrıca epoksinin bu toprakların arasına da tam olarak nüfuz edememesi toprakların içinde de bir miktar hava kabarcığının kalması boşluk oranına artırıcı bir etki yapmaktadır. GNT katkılı numunelerin boşluk hacim oranları, katkısız numuneler ile kıyaslandığında boşluk hacim oranları yaklaşık olarak %50 ile %144 arasında arttırarak %1,04'ten %2,54'e kadar yükseldiği gözlemlenmiştir.

#### **4.SONUÇ**

Bu çalışmada, (%0, %0,15, %0,3, %0,45, %0,6 ağırlıkça) katkılı karbon fiber/epoksi kompozitler VİY kullanılarak üretilmiştir. Takviye elemanı olarak karbon fiber, matris elemanı olarak epoksi, katkı elemanı olarak ise GNT kullanılmıştır. 4 adet farklı oranda GNT katkılı ve 1 adet katkısız olmak üzere toplamda 5 adet plaka üretilmiştir. Test numuneleri su jeti ile kesilip hazırlanmıştır. Bu deneysel program için toplam 15 numune hazırlanmıştır.

Üretilen numunelere yakma testi yapılmış ve GNT katkısının kompozit malzemenin fiber hacim oranı, matris hacim oranı ve boşluk hacim oranı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan deney sonrasında her numune için boşluk hacim oranı, fiber hacim oranı ve matris hacim oranları hesaplanmıştır. GNT katkısı arttıkça fiber hacim oranının düştüğü matris ve boşluk hacim oranının arttığı gözlemlenmiştir. Fiber hacim oranları katkısız numuneler referans olarak alındığında %69,56'dan %65,75'e düştüğü gözlemlenmiştir. Buna karşılık matris hacim oranı da %29,40'tan %31,71 oranına çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum matris malzemesi içerisindeki GNT miktarının artması matris elemanın vizkozitesini artırdığını ve artan vizkozitenin sonucunda vakum ortamında sistemden daha az epoksi dışarı atıldığını göstermektedir. Boşluk hacim oranları incelendiğinde ise %1,04'ten %2,54'e bir artış gözlemlenmiştir. Bu artışta GNT oranı arttıkça epoksi içerisinde partiküllerin homojen dağıtımının zorlaştığı ve topaklanmalara sebep olduğu olarak yorumlanmıştır. Bu topraklar ve epoksinin vizkozitesindeki artış fiberlerin ıslatılmasını zorlaştırmış olup ara yüzey bağlarının kurulmasını zorlaştırmıştır. Bu sebeple ara da daha fazla miktarda boşluk veyahut hava kabarcığı kaldığı gözlemlenmiştir. Kısaca GNT katkısının polimer matrisli kompozitler için fiber hacim oranını azalttığı, matris ve boşluk hacim oranlarını ise arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

#### **KAYNAKLAR**

ALMEIDA S. F. M. and NETO Z. S. N., (1994) "Effect of void content on the strength of composite laminates", *Composite structures*, 28:139-148

BIAN, J., WEI, W., LIN, L., GONG, S.J., ZANG, H. and GUAN, Z.P. (2011) "Preparation and characterization of modified graphite oxide/poly(propylene carbonate) composites by solution intercalation" *Polymer Degradation and Stability*, 96(10):1833-1840

BODAGHI, M., CRISTOVO, C., GOMES, R. and CORREIA N.C., (2016), "Experimental characterization of voids in high fibre volume fraction composites processed by high injection pressure RTM", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 82, 88-99,

BOWLES, K., J., and FRIMPONG, S. (1992) "Void effects on the interlaminar shear strength of unidirectional graphite-fiber-reinforced composites", *Journal of Composite Materials*, 26(10):1487-1509

- KHAKZAD, F., TUZEMEN, M.C., SALAMCI, E., ANIL, O., (2019), “The Effects on the Flexural Strength and Impact Behavior of Nanographene Ratio of the Glass Fiber Nanocomposite Plates”, *Polymer Engineering&Science*,59(10):2082-2091
- KIM,D.Y.and HAN, S. Y. (2015) “Effect of interlayer forces for multilayered graphene sheets with different gap thicknesses in using nanoscale molecular mechanics approach”, *Journal of Mechanical Science and Technology*,(29):2111-2120
- MALEY, J.A., (2008) “An investigation into low-cost manufacturing of carbon epoxy composites and a novel “mouldless” technique using the Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding (VARTM) method”, Phd.Thesis, Carleton University,
- MARAGONI, L., CARRARO, P.A. and QUARESIMIN, M. (2016) “Effect of voids on the crack formation in a [45/45/0]s laminate under cyclic axial tension”, *Composites: Part A*,91:493-500
- MCLAUGHLIN, A.M. (2013) *The Effect of Exfpmoated Graphite on Carbon Fiber Reinforced Composites for Cryogenic Applications*. Ph.D. Thesis, University of Massachusetts Lowell, Ann Arbor, MA, USA
- MUKHOPADHYAY, P. and GUPTA, R.K. (2012) “Graphite, Graphene, and Their Polymer Nanocomposites”, CRC Press, p.93-101
- PARNAS, R.S. and WALSH, S.M., (2005) “Vacuum- assisted resin transfer molding model”, *Polymer composites*, 26(4): 477-485
- PULLICINO, E., ZOU, W., GRESIL, M., SOUSTIS, C., (2017), “The Effect of Shear Mixing Speed and Time on the Mechanical Properties of GNP/Epoxy Composites”, *Applied Composite Materials*,24:301-311
- SUHOT, M. A. (2010) *The effect of voids on the flexural fatigue properties of carbon/epoxy composites*. University of Southampton. Ph.D. Thesis, School of Engineering Sciences
- TUZEMEN, M., C., SALAMCI, E., AVCI, A., (2017) “Enhancing mechanical properties of bolted carbon/epoxy nanocomposites with carbon nanotube, nanoclay, and hybrid loading” *Composite Part B: Engineering*,128:146-154

Presentation ID / Sunum No: 83

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2221-0098

## **Benzamid ve Karboksamid Bazlı Amitlerin Sentezi, Spektroskopik Analizi ve Antioksidan Aktivite Değerlendirmesi**

**Dr. Öğretim Üyesi Şükriye Çakmak<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Sinop Üniversitesi

### **Özet**

Amit yapı iskeletinin sentezi, biyolojik, zirai kimyasallar ve farmasötik kimyadaki geniş uygulamaları nedeniyle büyüyen bir ilgi alanı olmuştur. Amit parçası, doğada en yaygın kimyasal bağlardan biridir. Peptitler, proteinler, klinik olarak onaylanmış sentetik ve doğal ilaç moleküllerinin yanı sıra bu amid iskeletine sahip çok çeşitli bileşiklerin antioksidan, antitümör, antifungal, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, analjezik, antikanser özelliklerine sahip olduğu bilinmektedir.

Buna göre, biri bilinen (*N*-(2-hidroksi-5-nitrofenil)tiyofen-2-karboksamid) (**I**) ve diğeri yeni (*N*-(5-kloro-2-hidroksifenil)-2,3-dimetoksibenzamid) (**II**) olmak üzere iki amid bileşiği sentezlenmiştir. Daha sonra yapıları IR, <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR spektroskopisi ve elemental analiz teknikleri ile doğrulanmıştır. Ayrıca sentezlenen bileşikler, *in vitro* DPPH radikal süpürme aktivitesi açısından da değerlendirildi. Test edilen bileşiklerden, bileşik **II**, bileşik **I** ile karşılaştırıldığında IC<sub>50</sub> 69.76±0.82 µg/mL'ye sahip en iyi süpürme aktivitesini gösterdi. Bu iki bileşik, bütillenmiş hidroksianisol (BHA), tert-bütildihidrokinon (TBHQ) ve α-tokoferol standartlarıyla karşılaştırıldığında orta düzeyde aktivite gösterdi.

**Anahtar Kelimeler:** Amitler, Benzamid, Karboksamid, Antioksidan aktivite, Spektroskopik değerlendirme

### **Synthesis, Spectroscopic Analysis and Antioxidant Activity Evaluation of Benzamide and Carboxamide-Based Amides**

#### **Abstract**

The synthesis of amide scaffold has been a growing area of interest due to its wide applications in biological, agrochemicals and pharmaceutical chemistry. The amide moiety is one of the most ubiquitous chemical bonds in nature. Peptides, proteins, clinically approved synthetic and naturally drug molecules, as well as a wide variety compounds having this amide scaffold is known to have antioxidant, antitumor, antifungal, antimicrobial, antiinflammatory, analgesic, anticancer characteristics.

Accordingly, two amide compounds have been synthesized, one of which is known (*N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide) (**I**) and the other is new (*N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-

2,3-dimethoxybenzamide) (**II**). Then their structures confirmed by IR, <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR spectroscopy and elemental analysis techniques. Furthermore, the synthesized compounds were assessed with regard to in vitro DPPH radical scavenging activity. From tested compounds, compounds **II** demonstrated the best scavenging activity possessing IC<sub>50</sub> 69.76±0.82 µg/mL compared to compound **I**. These two compounds showed moderate activity when compared to butylated hydroxyanisole (BHA), tert-butylhydroquinone (TBHQ) and α-tocopherol standards.

**Keywords:** Amides, Benzamide, Carboxamide, Antioxidant activity, Spectroscopic elucidation

## 1. INTRODUCTION

The amide scaffold is found in many natural products, and it has been widely exploited both in synthetic organic chemistry and bioorganic chemistry. These scaffold also used in a variety of domains including medicine (Asif, 2016), pharmacology (Montalbetti and Falque, 2005). Benzamide and carboxamide-based amide classe of compounds are reported various biological activities such as anticancer (Sankappa et al., 2015), antibacterial, antifungal (Tang et al., 2013), antioxidant (Malki et al., 2016), antimicrobial (Çakmak and Veyisoğlu, 2020), antiviral (Hu et al., 2008).

In the context, two amide compounds have been synthesized, one of which is known (*N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide) (**I**) and the other is new (*N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-2,3-dimethoxybenzamide) (**II**). The structures of synthesized compounds were confirmed by IR, <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR spectroscopic and elemental analysis techniques. In addition, antioxidant activities of the title compounds have been determined by DPPH radical scavenging method.

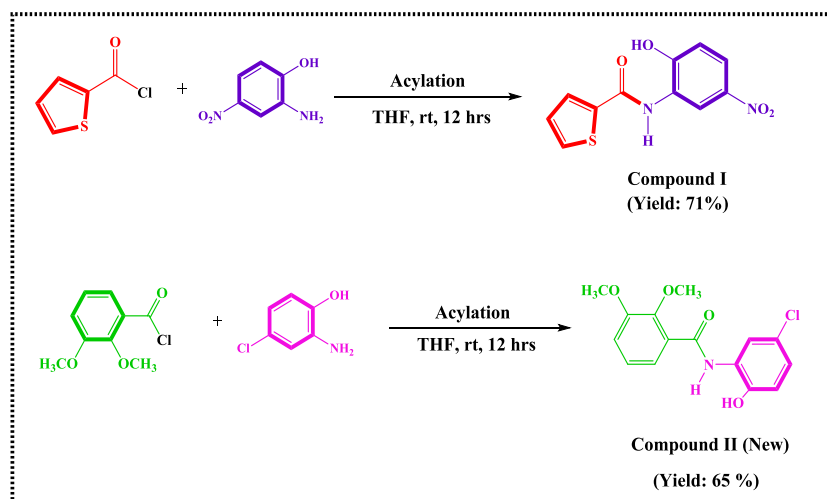
## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Instruments and chemicals

All reagents were obtained from commercial sources and used without further purification. The solvents were spectroscopic grade. Melting points were recorded using Stuart Melting Point 30 apparatus and were uncorrected. Elemental analysis was performed at Eurovector EA3000-Single. Infrared spectra were recorded on a Bruker Vertex 80v spectrophotometer. <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR spectra were registered a Bruker/Biospin 400 MHz spectrometer operating at 400 MHz using DMSO-d<sub>6</sub> as solvent and tetramethylsilane as internal standard.

### 2.2. Synthesis of benzamide and carboxamide-based amides (**I** and **II**)

The syntheses of benzamide and carboxamide-based amides (**I** and **II**) were carried out in a slightly basic medium by taking 1:1 ratio of acyl chloride and amine derivative. The amine derivative (10 mmol) was dissolved in THF and trimethylamine (Et<sub>3</sub>N) (1.4 ml) then it was added dropwise to the reaction medium. The solution was made to be slightly basic. The acide chloride (11 mmol) dissolved in THF was added drop-wise to the reaction mixture with stirring. Then, the reaction mixture was stirred at 25 oC for 12 h. After completion of the reaction, the resulting salt precipitate was filtered off and the remaining filtrate was precipitated by adding water. The final product was filtered, washed with water, and crystallized in a suitable solvent (Mazik et al., 1999; Çakmak et al., 2022). The synthesis reaction of benzamide and carboxamide-based amides derivatives were outlined in Scheme 1.



**Scheme 1.** Synthesis reaction of benzamide and carboxamide-based amides (**I** and **II**)

### 2.2.1. *N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide (**I**)

Light yellow solid, Yield 71%, m.p. 219-223 °C. FT-IR (ATR) ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3359 O-H, 3105 NH (Amide), 1641 C=O (Amide I), 1537-1355 N=O (Asym.) N=O (Sym.) respectively.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  (ppm): 9.43 (s, 1H, -NH), 8.13 (s, 1H, O-H), 8.09-7.15 (Ar-H).  $^{13}\text{C}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  (ppm): 156.59, 136.05, 135.32, 132.07, 131.98, 129.30, 128.47, 128.13, 128.05, 125.19 and 119.39. Elemental analysis: Calculated for molecular formulae  $\text{C}_{11}\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$  Calculated: C, 50.00; H, 3.05; N, 10.60; S, 12.13. Found: C, 49.98; H, 3.07; N, 10.57, 12.11 (Fig. 1-6).

### 2.2.2. *N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-2,3-dimethoxybenzamide (**II**)

Beige solid, Yield 65%, m.p. 203-206 °C. FT-IR (ATR) ( $\text{cm}^{-1}$ ): 3267 O-H, 3123 NH (Amide), 1640 C=O (Amide I), 3002 Arom. C-H, 2953-2840 Alif. C-H, 742 Ar-Cl.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  (ppm): 9.19 (s, 1H, -NH), 10.50 (s, 1H, O-H), 7.83-7.01 (Ar-H), the methoxy protons: 4.08-3.97 (s, 3H, -OCH<sub>3</sub>).  $^{13}\text{C}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$  (ppm): 164.32, 152.61, 147.70, 146.97, 129.76, 127.91, 125.49, 124.99, 124.80, 123.14, 122.91, 119.83 and 116.54, the methoxy carbons 67.73 and 56.21. Elemental analysis: Calculated for molecular formulae  $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{ClNO}_4$  Calculated: C, 58.55; H, 4.59; N, 4.55. Found: C, 58.58; H, 4.55; N, 4.51 (Fig. 1-6).

## 2.3. Antioxidant activity

Free radical scavenging ability of the tested compounds were conducted with DPPH $\cdot$  (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil) (Blois, 1958). In brief, 150  $\mu\text{L}$  of sample solution at varying concentration and 50  $\mu\text{L}$  of a DPPH $\cdot$  solution (0.1 mM) in a 96-well plate were mixed and kept for 30 minutes at room temperature. The absorbance of the mixture was measured at 517 nm using the BIOTEK (Epoch2) microplate reader and determined the IC<sub>50</sub> ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) values.

## 2.4. Statistical analysis

All assays were performed three replications and their results were expressed as mean  $\pm$  standard deviation values for each parameter. The IC<sub>50</sub> of different fractions for different

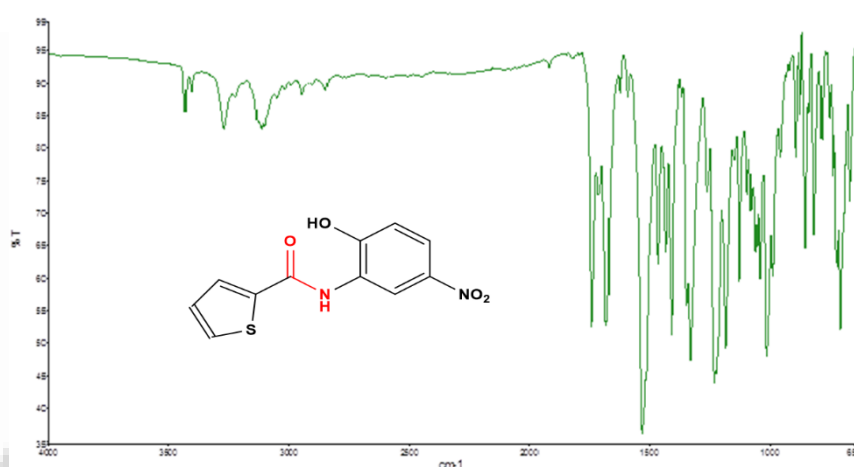
antioxidant assays were analysed using ANOVA test with least significant difference (LSD)  $p < 0.05$  as a level of significance.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. IR spectra analysis

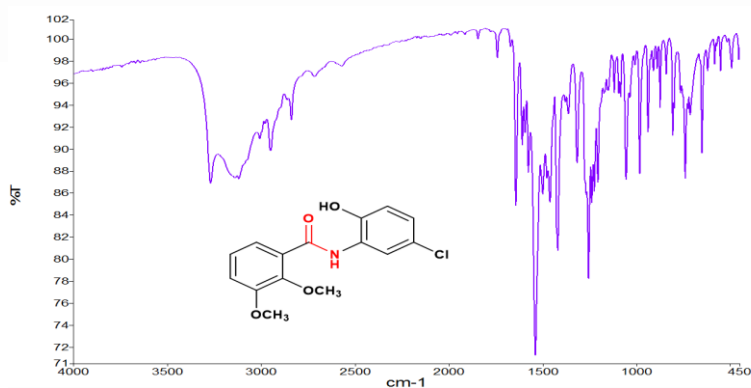
Benzamide and carboxamide-based compounds were synthesized as a sole product in one step methodology by reaction acyl chloride and amine. The structure of synthesized were compounds confirmed by the elemental analysis and spectral data.

When analyzing the IR spectrum (Fig. 1) of compound **I**, it is observed the singlet at  $3105\text{ cm}^{-1}$  indicates N-H stretching vibration and the peak at  $1641\text{ cm}^{-1}$  refers to amide carbonyl (Amide I band, C=O). The absorpsiyon band at  $3236\text{ cm}^{-1}$ , correspond to O-H stretching vibration. The N=O (Asym.) and N=O (Sym.) stretching vibrations were assigned to two bands observed at  $1537$  and  $1355\text{ cm}^{-1}$ , respectively.



**Figure 1.** IR spectrum of *N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide (**I**)

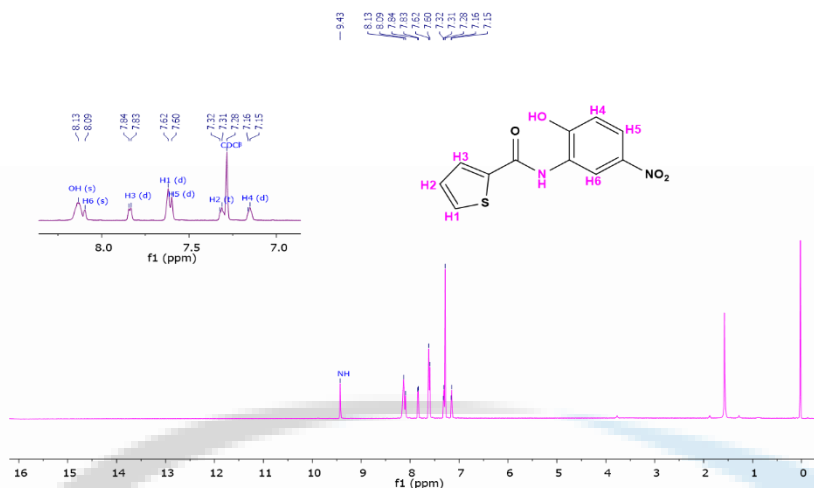
In the spectrum of compound **II** (Fig. 2), the characteristic N-H stretching vibration appeared as expected at  $3123\text{ cm}^{-1}$ , while the O-H band appeared at  $3267\text{ cm}^{-1}$ . The absorption band was observed at  $1640\text{ cm}^{-1}$ , which are attributed to the stretching vibrations of C=O group. Also, for compound **II**, Ar-Cl stretching band was observed at  $742\text{ cm}^{-1}$ . These spectral data are compatible with corresponding data of amide compounds in the literature (Çakmak et al, 2022; Williams and Fleming, 2007).



**Figure 2.** IR spectrum of *N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-2,3-dimethoxybenzamide (**II**)

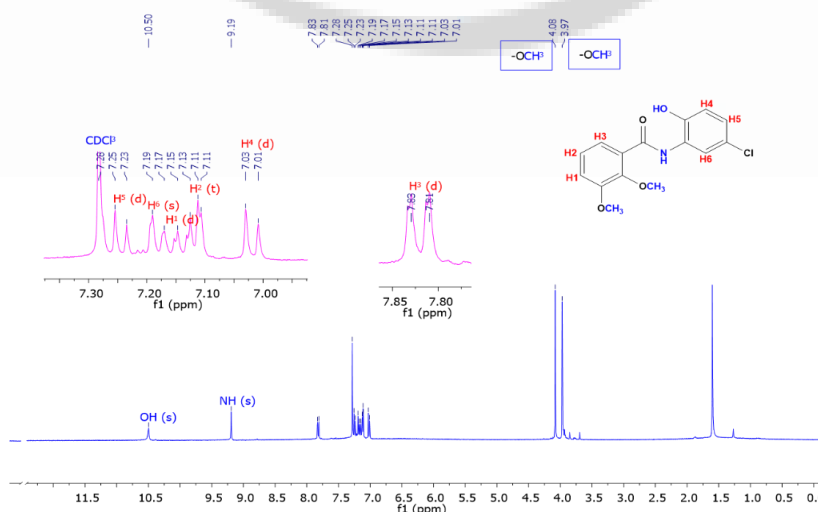
### 3.2. $^1\text{H}$ NMR spectra

The  $^1\text{H}$ -NMR spectrum of the synthesized compounds were recorded in  $\text{CDCl}_3$ . For compound **I**, the characteristic NH peak appeared as a singlet peak at 9.43 ppm, the hydroxyl group (OH) proton appearing as singlet at 8.13 ppm. The singlet peak at 8.03 ppm is assigned to the H6 proton of the phenyl ring. The peaks between 7.60 and 7.16-7.15 ppm was assigned to the H5 and H4 protons of the phenyl ring. The peaks observed as doublets between 7.62 and 7.84-7.83 ppm are assigned to the H1 and H3 protons of the thiophene ring. Finally, the peak observed as a triplet between 7.32-7.31 ppm was assigned to the H2 proton of the thiophene ring (Fig. 3).



**Fig. 3.**  $^1\text{H}$  NMR spectrum of *N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide (**I**)

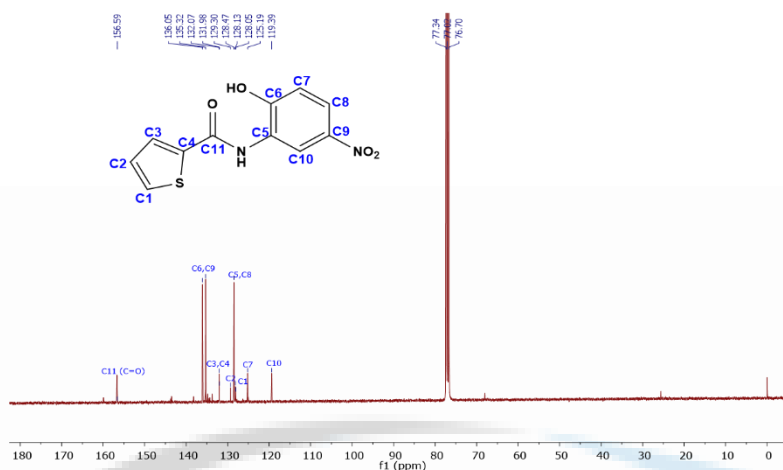
The  $^1\text{H}$ -NMR spectrum of compound **II** (Fig. 4), showed a singlet peak at 9.19 ppm, which was assigned to the NH proton of the amide group. The hydroxyl group proton was observed as a singlet at 10.50 ppm. The aromatic rings protons was resonate within in the range of 7.83-7.01 ppm. The new peaks appearing as singlet at 4.08 and 3.87 ppm was assigned to the methoxy groups ( $-\text{OCH}_3$ ) protons for compound. The data of the resulting amides is in good agreement with values for previously synthesized compounds (Çakmak et al., 2022; Kosar Kırca et al., 2018).



**Fig. 4.**  $^1\text{H}$  NMR spectrum of *N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-2,3-dimethoxybenzamide (**II**)

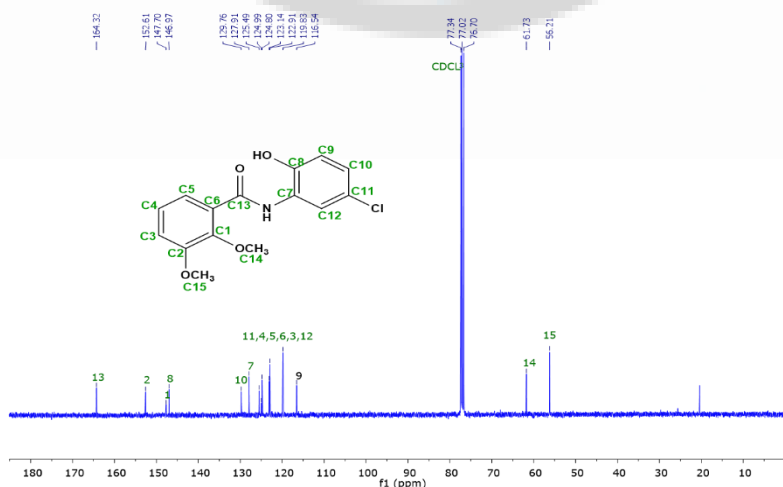
### 3.3. $^{13}\text{C}$ NMR spectra

The  $^{13}\text{C}$  NMR spectrum of the synthesized compounds were recorded in  $\text{CDCl}_3$ . The compound **I** has 11 carbon atoms with different environments in the  $^{13}\text{C}$  NMR spectrum (Fig. 5). The carbon signal belonging to the amide carbonyl carbon ( $\text{C}=\text{O}$ ) resonated in the lowest area at 156.59 ppm. The carbons of the thiophene ring ( $\text{C}1\text{-C}4$ ) signals appeared at 128.05, 129.30, 132.07 and 131.98 ppm while the other aromatic ring carbons ( $\text{C}5\text{-C}10$ ) were appeared at 128.47, 136.05, 125.19, 128.13, 135.32 and 119.39 ppm, respectively.



**Figure 5.**  $^{13}\text{C}$  NMR spectrum of *N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide (**I**)

In the spectra of compound **II**, shows 15 distinct resonances in accordance with the proposed structure as shown in Fig. 6. The amide carbonyl carbon peak was observed at 164.32 ppm, and the resonances of the  $\text{OCH}_3$  groups ( $\text{C}14$  and  $\text{C}15$ ) carbon atoms were also observed at 61.73 and 56.21 ppm, respectively. The aromatic carbon ( $\text{C}1\text{-C}12$ ) signals appeared at between 152.61-116.54 ppm. These spectroscopic data are consistent with the values of reported formerly similar compounds in the literature (Çakmak et al., 2022; Kosar Kırca et al., 2018).



**Figure 6.**  $^{13}\text{C}$  NMR spectrum of *N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-2,3-dimethoxybenzamide (**II**)

### 3.4. Antioxidant activity assays

In this study, the antioxidant properties of synthesized compounds were evaluated with DPPH<sup>•</sup> radical scavenging activity. It was used BHA, TBHQ and  $\alpha$ -tocopherol as standards to compare antioxidant activities of the tested compounds. As shown in Table 1, the nitro group containing molecule (compound **II**) showed lower antioxidant effects compared to the methoxy-containing molecule (compound **I**). According to IC<sub>50</sub> values, antioxidant activities of synthesized compounds were found to be TBHQ >  $\alpha$ -tocopherol > BHA > **II** > **I**.

It is one of the important results of this study that the presence of electron donating groups (-OMe) significantly increases the antioxidant activity, while electron withdrawing (-NO<sub>2</sub>) groups decreases the activity (Yılmaz, 2020; Chakkaravarthi et al., 2014).

**Table 1.** The antioxidant activities of the synthesized compounds and standards

Compounds and standards	DPPH scavenging activity IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL) <sup>a</sup>
Compound <b>I</b>	82.35 $\pm$ 0.63 <sup>c</sup>
Compound <b>II</b>	69.76 $\pm$ 0.82 <sup>d</sup>
<b>BHA</b>	22.54 $\pm$ 0.24 <sup>b</sup>
<b>TBHQ</b>	4.82 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>
<b><math>\alpha</math>-tocopherol</b>	10.56 $\pm$ 1.66 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>IC<sub>50</sub> = the concentration ( $\mu$ g/mL) exhibiting 50% inhibition of DPPH radical, Values are expressed as means (n = 3), The letters a, b, c, and d are statistically significant indicators.

## 4. CONCLUSIONS

In this study, two amide compounds have been synthesized, one of which is known (*N*-(2-hydroxy-5-nitrophenyl)thiophene-2-carboxamide) (**I**) and the other is new (*N*-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-2,3-dimethoxybenzamide) (**II**). The synthesized products were characterized by FT-IR, <sup>1</sup>H NMR, and <sup>13</sup>C NMR spectroscopic techniques and elemental analyses.

The antioxidant activities of the title compounds were also investigated and compound **II** exhibited the highest antioxidant activity at tested compounds. These two compounds showed moderate activity when compared to butylated hydroxyanisole (BHA), tert-butylhydroquinone (TBHQ) and  $\alpha$ -tocopherol standards.

## REFERENCES

- ASIF, M. (2016). Pharmacological Potential of benzamide analogues and their uses in Medicinal Chemistry, *Modern Chemistry & Applications*, 04(04), 1-10.
- BLOIS, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the Use of a stable free radical, *Nature*, (181), 1199-1200.
- CHAKKARAVARTHI, K., GOKULAKRISHNAN, K., SUMAN, T., TAMILVENDAN, D. (2014). Synthesis, spectral, antimicrobial and antioxidant studies of diamide Mannich Base derivatives, *Int. J. Pharm. Pharm Sci.* 6 (1), 4 92–4 95.

- ÇAKMAK, Ş., KANSIZ, S., AZAM, MOHAMMAD ERSANLI, CC., İDİL, Ö., VEYİSOĞLU, A., YAKAN, H., KÜTÜK, H., AND CHUTIA, A. (2022). Synthesis, structural investigation, hirshfeld surface analysis, and biological evaluation of N-(3-Cyanothiophen-2-yl)-2-(thiophen-2-yl)acetamide, *ACS Omega*, 7 (13), 11320-11329.
- ÇAKMAK, Ş. and VEYİSOĞLU, A. (2020). Preparation, characterization and evaluation of some new amides as antimicrobial agents, *Hittite Journal of Science and Engineering*, 7 (4) 345–351.
- HU, DY., WAN. QQ., YANG. S, SONG, BA., BHADURY, PS., Jİ, LH., YAN, K., LİU, F., CHEN, Z., XUE, W. (2008). Synthesis and antiviral activities of amide derivatives containing the alpha-aminophosphonate moiety, *J Agric Food Chem*. 56(3), 998-1001.
- KOSAR KIRCA, B., ÇAKMAK, Ş., KÜTÜK, H., ODABASOGLU, M., BUYUKGUNGOR, O. (2018). Synthesis and characterization of 3-acetoxy-2-methyl-N-(phenyl)benzamide and 3-acetoxy methyl-N-(4- methylphenyl)benzamide, *Journal of Molecular Structure*, (1151) 191-197.
- MONTALBETTİ, C. A. G. N. and FALQUE, V. (2005). Amide bond formation and peptide coupling, *Tetrahedron*, 61, 10827–10852.
- MALKI, F., TOUATI, A., HAMZA, K., MOULAY, S., BALTAS, M. (2016). Antioxidant activity of a series of amides, *Journal of Materials and Environmental Science*, (5), 936-941.
- MAZIK, M., BLÄSER, D., BOESE, R. (1999). Hydrogen-bonding motifs in the crystals of secondary diamides with 2-amino-6-methyl- and 2,6-diaminopyridine subunits. *Tetrahedron*, (55), 12771-12782.
- SANKAPPA, R. U., ISLOOR, A. M., SHETTY, P., PAI, K. S. R., FUN, H. K. (2015). Synthesis and in vitro biological evaluation of new pyrazole chalcones and heterocyclic diamides as potential anticancer agents. *Arabian Journal of Chemistry*, (8), 317-321.
- TANG, R., JİN, L., MOU, C., YİN, J., BAİ, S. , HU, D., WU, J., YANG, S., and SONG , BAOAN, (2013). Synthesis, antifungal and antibacterial activity for novel amide derivatives containing a triazole moiety. *Chemistry Central Journal*, 7, 30,1-7.
- WILLIAMS, D.H., FLEMING, I. (1989). *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry* (McGraw-Hill Book Company, London, 35-142.
- YILMAZ, Ö. (2020). Synthesis of trans-diamide derivatives from fumaryl chloride and determination of DPPH scavenging activity of synthesized molecules, *JOTCSA*, 7(1), 143-150.

Presentation ID / Sunum No: 84

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9348-9092

## Afet Haberleşmesi İçin 5g Drone Kullanarak Yapay Zeka Tabanlı Hüzme Yönetimi

Araştırmacı Yağız Can Mermerci<sup>1</sup>, Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Yazar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Yazılım Mühendisliği Bölümü

### Özet

Afet durumlarında yararlanılabilecek kablosuz haberleşme sistemleri günümüzde giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu tür durumlarda kablosuz haberleşme şebekesine fazlasıyla yüklenilmekte, enkaz yardım çalışmaları sırasında bu durumdan kaynaklı problemler ortaya çıkabilmektedir. Örneğin bir afet durumunda enkaz altında kalan bir insan için, o an ulaşabildiği bir telefon olduğu varsayımı altında, cep telefonu ile yardım alabilecekken bu hizmetten yararlanamayabilmektedir. Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen afet ve acil durumlarda haberleşmeyi güçlendirmek amacıyla karasal olmayan iletim noktalarının (örneğin drone iletim noktaları) ve enkaz alanlarında hareket edebilen ve çeşitli sensörlere sahip bir robotun kullanılması planlanmıştır. Drone üzerindeki iletim noktasının hüzmeleme yapabildiği ve hüzme ayarlaması yeteneğinin bulunduğu temel alınmıştır. Robot sistemi enkaz alanına gidip, sensör verileri kullanarak enkaz alanında canlı varlık olup olmadığını tespit etmekte, ardından bu verileri karasal olmayan iletim noktasına göndermektedir. İletim noktasına gelen veriler yapay öğrenme teknikleri kullanılarak anlamlandırılmakta, iletim noktasının hüzme genişliği ve merkezi ayarlanıp enkaz bölgesindeki spesifik nokta ile olan iletişimin sağlamlığı iyileştirilmektedir. Geliştirilen temel algoritma bu çalışmada sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Karasal Olmayan Ağlar, Drone, Afet ve Acil Durum Haberleşmesi, Hüzmeleme, Yapay Öğrenme

**AI-Based Beam Management for Disaster Communications with Using 5G Drones**

### Abstract

Wireless communication systems that can be used in disaster situations are becoming more important today. In such cases, the wireless communication network is overloaded, and problems may arise during the debris relief work. For example, a person who is under the rubble in the event of a disaster may not be able to benefit from the communications service, although he or she can get help by mobile phone, under the assumption that there is a phone that he can reach at that moment. In this study, it is planned to use non-terrestrial transmission points (for example, drone transmission points) and a robot with various sensors that can move in debris areas in order to strengthen communication in disaster and emergency situations mentioned above. It is based on that the transmission point on the drone is capable of beamforming and has the ability to adjust the beams. The robot system goes to the debris field and uses sensor data to detect

*whether there is a living human in the debris area, and then sends this data to the non-terrestrial transmission point. The data arriving at the transmission point are interpreted using artificial learning techniques, the beam width and center of the transmission point are adjusted to improve the communications reliability for the specific point in the wreckage area. The developed basic algorithm is presented in this study.*

**Keywords:** *Non-Terrestrial Networks, Drone, Disaster and Emergency Communications, Beamforming, Artificial Learning*

## 1. GİRİŞ

Beklenmeyen afet durumlarında kopan iletişim ağı, yaşam kayıplarının azaltılabilesinin önüne geçebilmektedir. Bazı durumlarda ise enkaz altındaki bir insanla iletişim sağlanmakta fakat sağlıklı bir şekilde devam etmemektedir. Afet ve acil durum haberleşmesi açısından, enkaz durumlarında can kaybını azaltarak insanları kurtarma birincil amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Enkaz bölgesinde iletişim ağını güçlendirmek için karasal olmayan iletim noktası kullanmak, literatürde son zamanlarda çalışılan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Giordani ve Zorzi, 2021). Bu çalışmanın amacı, makine öğrenmesi destekli olarak 5. Nesil (5G) sistemlerindeki karasal olmayan iletim noktalarında daha iyi bir hüzme yönetimi sağlanmasıyla afet ve acil durumlarında enkaz altındaki canlı ile daha sağlam bir haberleşme sağlayabilmektir. Afet ve acil durum haberleşmesinde önemli ilerlemeler yaşandığı yadsınamaz. Fakat deprem gibi büyük yıkım yaratan afet durumlarında kablosuz ağ şebekeleri çökebilmektedir. Bir deprem bölgesinde yer alan enkaz altındaki kişinin iletişimi çok zayıf kalabildiği için bağlantı kurulduğunda zorluklar yaşanabilmektedir. Karasal olmayan iletim noktaları bu noktada daha ön plana çıkmaktadır (Giordani ve Zorzi, 2021). 6. Nesil (6G) haberleşmesi ile beraber bu yöntemlerin önemi artacaktır (Yazar vd., 2020).

Bir deprem bölgesinde enkaz altında kalan kişi ile irtibat kurulmaya çalışılması sırasında kablosuz haberleşme kanalının olumsuz özellikleri sebebiyle iletişimin güvenilirliği zayıflamaktadır. Enkaz altındaki kişinin ulaşabileceği bir telefon olduğu varsayımı altında, bu kişinin yaklaşık konumunun kestirimi sonrasında doğrudan ilgili bölgeye özel bir haberleşme altyapısının sunulması iletişim güvenilirliğini arttırabilecektir. Bu noktadan yola çıkarak, karasal olmayan bir iletim noktasının kullanılabilmesi düşünülmüştür. 5G haberleşmesi ile beraber drone gibi karasal olmayan sistemlerin bir iletim noktasına dönüştürülmesi yaygınlık kazanmaktadır (Bor-Yaliniz vd., 2019). Bu tür bir karasal olmayan sistem üzerinde hüzme ayarlanabilir bir anten ile hizmet verilmesi mümkün olabilmektedir. Bahsi geçen antenin hüzmesine ait genişliği daha dar bir bölgeye yönlendirilmesi ile kablosuz iletişim için harcanacak gücün daha odaklanmış şekilde kullanılması sağlanabilecektir. Dolayısıyla gönderici (5G drone sistemi) ile alıcı (enkaz altındaki kişi) arasındaki iletişimin kurulabilmesi için gerekli olan sinyalleşme altyapısı güçlendirilmiş olacaktır. Bu çalışmada ele alınan algoritmanın temel dayanağı bu konsept olmuştur. Algoritma kapsamında yapay öğrenme kullanılarak bu konsept altında en uygun hüzme genişliğine karar verilmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen yöntemdeki algoritma şemalarının, 5G ve 6G hücresel haberleşme sistemlerine entegre edilmesiyle afet ve acil durum haberleşmesi açısından faydalı bir sistem oluşturulacaktır. Enkaz arama faaliyetlerinde enkaz alanında güvenilir bir iletişimin tesis edilmesi için buluşa konu olan yöntemden yararlanılabilecektir. Bu yöntem, afet yönetimi kurumlarını, baz istasyonu üreticilerini ve hücresel haberleşme operatörlerini ilgilendirmektedir. Bildirinin 2. bölümünde algoritma tasarımları, 3. bölümünde ise simülasyon sonuçları verilmiştir. 4. bölümde ise sonuç tartışılmıştır.

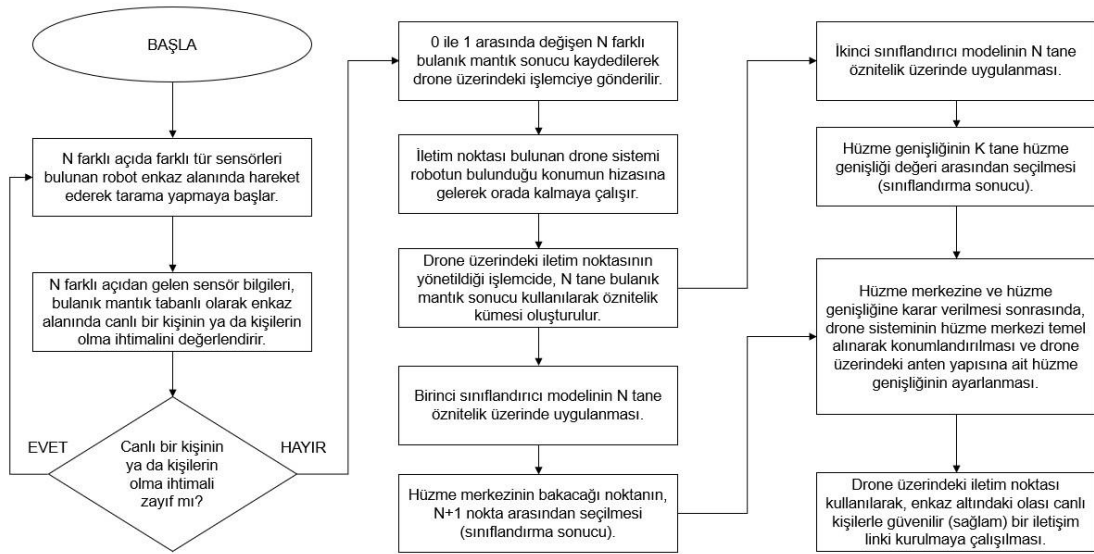
## 2. ALGORİTMA TASARIMLARI

Çalışma kapsamında aşağıda kısa anlatımları yapılan üç algoritma geliştirilmiştir. Bu bölümde sırasıyla geliştirilen algoritmalar anlatılacaktır.

Algoritma-1 (Şekil 1): Enkaz altındaki canlı varlığın olma ihtimalinin robot tarafından analiz edilmesinin ardından bilgilerin karasal olmayan iletim noktasına gönderilmesi ve gönderilen bilgilerin makine öğrenmesi yöntemlerine dayanarak hüzme genişliği ve hüzme merkezinin birbirinden bağımsız olarak belirlendiği yöntem için sunulan algoritma.

Şekil 1 üzerinde gösterilen yöntem şemasında, sistemin başlama kısmından sonra N farklı açıda çeşitli sensörleri (hareket, ses, titreşim) bulunan robot enkaz alanında hareket ederek tarama yapmaya başlar. N farklı açıdan gelen sensör bilgileri ile bulanık mantık tabanlı olarak enkaz alanında canlı kişi ya da kişilerin olma ihtimalini değerlendirir. Robot, sensörlerden gelen bilgi dahilinde kullanılan bulanık mantık sonucunda, canlı kişi ya da kişilerin olma ihtimalinin zayıf olup olmadığını değerlendirir. Eğer değerlendirme sonucu evet ise robot enkaz alanını taramaya devam eder Değerlendirme sonucu hayır ise bulanık mantık sonuçları kaydedilerek drone üzerindeki işlemciye gönderilir. Gelen bilgiler ile iletim noktası bulunan drone sistemi, robotun bulunduğu konum hizasına gelerek orada kalmaya çalışır. Drone üzerindeki iletim noktasının yönetildiği işlemcide, N tane bulanık mantık sonucu kullanılarak öznitelik kümesi oluşturulur. Oluşturulan öznitelik kümesi hüzme merkezinin kararının verilmesi amacıyla birinci makine öğrenmesi sınıflandırma modeli üzerinde kullanılır. Hüzme merkezinin bakacağı nokta N+1 nokta arasından (+1 robotun bulunduğu konum) seçilir. Ardından ikinci sınıflandırıcı makine öğrenmesi modeli N tane öznitelik üzerinde uygulanır. Öznitelik kümesi oluşturulduktan sonra birinci sınıflandırıcı makine öğrenmesi modeli ya da ikinci sınıflandırıcı makine öğrenmesi modeli birbirinden bağımsız ve sırası önemsiz bir şekilde uygulanır. İkinci sınıflandırıcı makine öğrenmesi modeli uygulandıktan sonra hüzme genişliği K tane hüzme genişliği arasından seçilir. Hüzme genişliği derece cinsinden verilmelidir. Hüzme merkezi ve hüzme genişliği kararı sonrası drone sistemi hüzme merkezi sonucunu temel alarak konumlanır ve drone üzerindeki anten yapısına ait hüzme genişliği ayarlanır. Çeşitli ayarlamalar sonrasında drone üzerindeki iletim noktası kullanılarak, enkaz altındaki olası canlı kişilerle güvenilir (sağlam) bir iletişim linki kurulmaya çalışılır.

Şekil 1: Algoritma-1 için Verilen Akış Şeması.

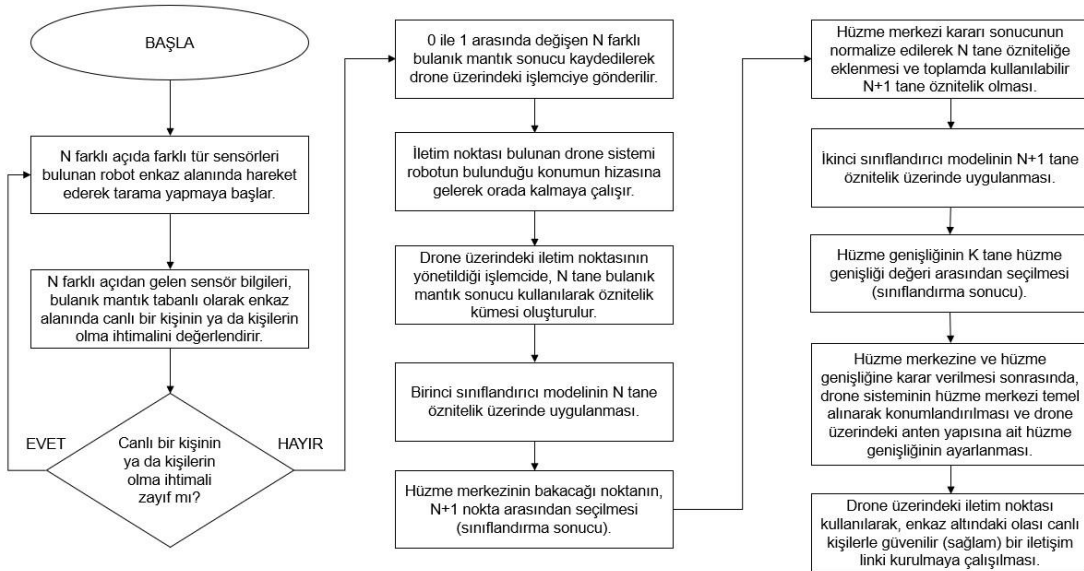


Algoritma-2 (Şekil 2): Enkaz altındaki canlı varlığın olma ihtimalinin robot tarafından analiz edilmesinin ardından bilgilerin karasal olmayan iletim noktasına gönderilmesi ve gönderilen

bilgilerin makine öğrenmesi yöntemlerine dayalı olarak önce hüzme merkezinin belirlenip ardından hüzme merkezi kararı sonucunun, karasal olmayan iletim noktasına gönderilen bilgilere eklenip bu bilgiler dahilinde hüzme genişliği kararının belirlendiği yöntem için sunulan algoritma.

Şekil 2 üzerinde gösterilen yöntem şemasında, sistemin başlama kısmından sonra N farklı açıda çeşitli sensörleri (hareket, ses, titreşim) bulunan robot enkaz alanında hareket ederek tarama yapmaya başlar. N farklı açıdan gelen sensör bilgileri ile bulanık mantık tabanlı olarak enkaz alanında canlı kişi ya da kişilerin olma ihtimalini değerlendirir. Robot, sensörlerden gelen bilgi dahilinde kullanılan bulanık mantık sonucunda, canlı kişi ya da kişilerin olma ihtimalinin zayıf olup olmamasını değerlendirir. Eğer değerlendirme sonucu evet ise robot enkaz alanını taramaya devam eder. Değerlendirme sonucu hayır ise bulanık mantık sonuçları kaydedilerek drone üzerindeki işlemciye gönderilir. Gelen bilgiler ile iletim noktası bulunan drone sistemi, robotun bulunduğu konum hizasına gelerek orada kalmaya çalışır. Drone üzerindeki iletim noktasının yönetildiği işlemcide, N tane bulanık mantık sonucu kullanılarak öznitelik kümesi oluşturulur. Oluşturulan öznitelik kümesi hüzme merkezinin kararının verilmesi amacıyla birinci makine öğrenmesi sınıflandırma modeli üzerinde kullanılır. Hüzme merkezinin bakacağı nokta N+1 nokta arasından (+1 robotun bulunduğu konum) seçilir. Hüzme merkezi kararı sonucu normalize edilir ve oluşturulan N tane öznitelik eklenerek kullanılabilir N+1 tane öznitelik kümesi oluşturulur. İkinci sınıflandırıcı makine öğrenmesi modeli N+1 tane öznitelik üzerinde uygulanır. Sınıflandırma sonucunda hüzme genişliği K tane hüzme genişliği değeri arasından seçilir. Hüzme genişliği derece cinsinden verilmelidir. Hüzme merkezi ve hüzme genişliği kararı sonrası drone sistemi hüzme merkezi sonucunu temel alarak konumlanır ve drone üzerindeki anten yapısına ait hüzme genişliği ayarlanır. Çeşitli ayarlamalar sonrasında drone üzerindeki iletim noktası kullanılarak, enkaz altındaki olası canlı kişilerle güvenilir (sağlam) bir iletişim linki kurulmaya çalışılır.

Şekil 2: Algoritma-2 için Verilen Akış Şeması.

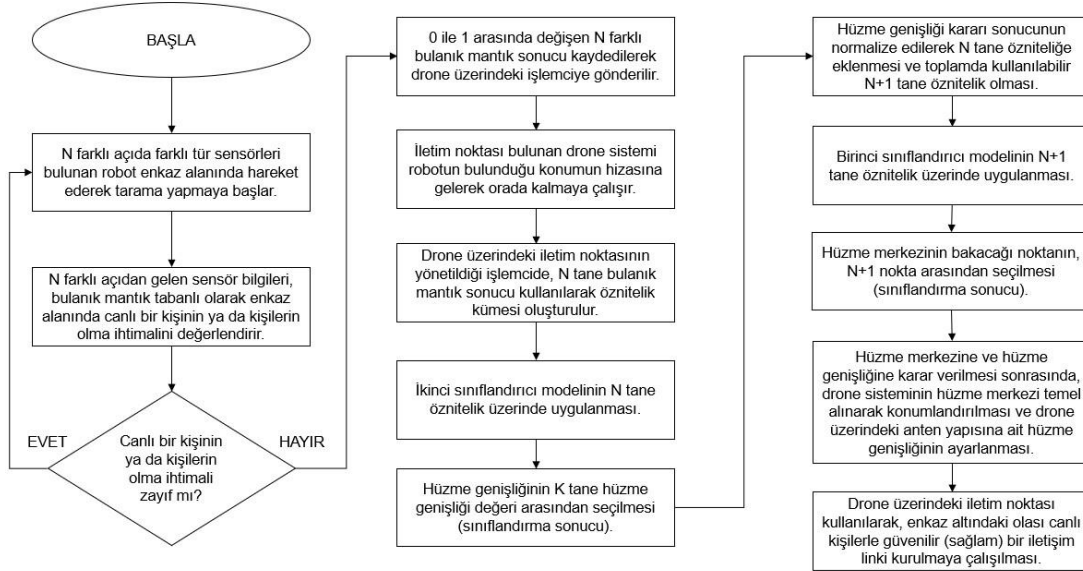


Algoritma-3 (Şekil 3): Enkaz altındaki canlı varlığın olma ihtimalinin robot tarafından analiz edilmesinin ardından bilgilerin karasal olmayan iletim noktasına gönderilmesi ve gönderilen bilgilerin makine öğrenmesi yöntemlerine dayalı olarak önce hüzme genişliği kararının belirlenmesi, ardından hüzme merkezi kararı için hüzme genişliği sonucunun karasal olmayan

iletim noktasına eklenerek bu bilgiler dahilinde hüzme merkezi kararının belirlendiği yöntem için sunulan algoritma.

Şekil 3 üzerinde gösterilen yöntem şemasında, sistemin başlama kısmından sonra N farklı açıda çeşitli sensörleri (hareket, ses, titreşim) bulunan robot enkaz alanında hareket ederek tarama yapmaya başlar. N farklı açıdan gelen sensör bilgileri ile bulanık mantık tabanlı olarak enkaz alanında canlı kişi ya da kişilerin olma ihtimalini değerlendirir. Robot, sensörlerden gelen bilgi dahilinde kullanılan bulanık mantık sonucunda, canlı kişi ya da kişilerin olma ihtimalinin zayıf olup olmamasını değerlendirir. Eğer değerlendirme sonucu evet ise robot enkaz alanını taramaya devam eder. Değerlendirme sonucu hayır ise bulanık mantık sonuçları kaydedilerek drone üzerindeki işlemciye gönderilir. Gelen bilgiler ile iletim noktası bulunan drone sistemi, robotun bulunduğu konum hizasına gelerek orada kalmaya çalışır. Drone üzerindeki iletim noktasının yönetildiği işlemcide, N tane bulanık mantık sonucu kullanılarak öznitelik kümesi oluşturulur. Oluşturulan öznitelik kümesi hüzme genişliği kararının verilmesi amacıyla ikinci makine öğrenmesi sınıflandırıcı modeli üzerinde kullanılır. Hüzme genişliği K tane hüzme genişliği değeri arasından seçilir. Hüzme genişliği derece cinsinden verilmelidir. Hüzme genişliği kararı sonucu normalize edilir ve oluşturulan N tane öznitelik eklenerek kullanılabilir N+1 tane öznitelik kümesi oluşturulur. Birinci sınıflandırıcı makine öğrenmesi modeli N+1 tane öznitelik üzerinde uygulanır. Sınıflandırma sonucunda Hüzme merkezinin bakacağı nokta N+1 nokta arasından (+1 robotun bulunduğu konum) seçilir. Hüzme merkezi ve hüzme genişliği kararı sonrası drone sistemi hüzme merkezi sonucunu temel alarak konumlanır ve drone üzerindeki anten yapısına ait hüzme genişliği ayarlanır. Çeşitli ayarlamalar sonrasında drone üzerindeki iletim noktası kullanılarak, enkaz altındaki olası canlı kişilerle güvenilir (sağlam) bir iletişim linki kurulmaya çalışılır.

Şekil 3: Algoritma-3 için Verilen Akış Şeması.

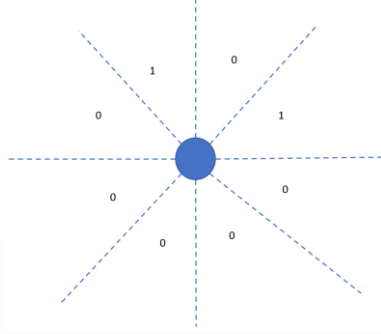


### 3. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Çalışmanın uygulama kısmı için gerekli olan en önemli materyallerden birisi verilerdir. Çalışma genel olarak makine öğrenmesi ve karar algoritmalarına dayalı olduğu için bunun yanında sensörler kullanılarak verilerin toplanmasından dolayı verilere ihtiyaç olmuştur. Kaynak taramalarında Google Dataset Search, Kaggle, Github ve UCI Machine Learning Repository

kaynaklarına bakıldığında, konu ile ilgili hedeflenen bir veri kümesine ulaşılamamıştır. Bu sebeple simülasyona dayalı yapay bir veri kümesi üretilmiştir. Tablo 1 üzerinde üretilen yapay veri kümesinin dayandığı temel bilgiler sunulmuştur. Bu veri kümesi oluşturulurken Şekil 4 ile gösterildiği şekilde enkaz bölgesinin sekiz bölgeye ayrıldığı varsayılmıştır. Robot sistemiyle hangi bölgede canlı olup olmadığı ihtimali 0 ya da 1 olarak gösterilmiştir. Eğer belli bir ihtimal olduğu düşünülürse 1 olarak işaretlenmiştir.

Şekil 4: Enkaz bölgesinin bölgelere ayrımı.

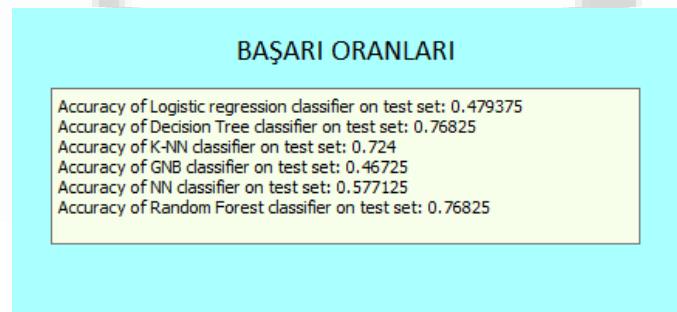


Tablo 1: Sentetik Veri Kümesinin Dayandığı Temeller.

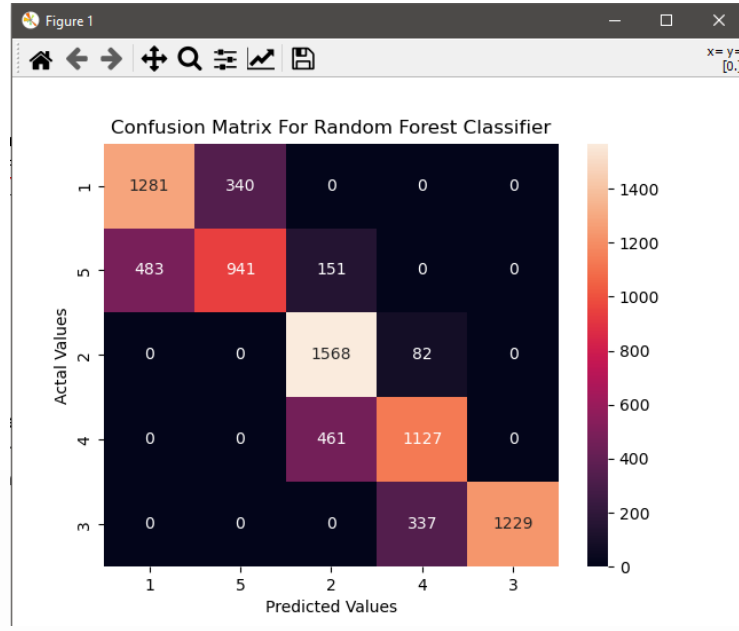
Class Label	Probability (%)	# of Regions	Bölge Yakınlığı
15 derece	80	1	-
15 derece	20	2	Çok
30 derece	30	1	-
30 derece	60	2	Çok
30 derece	10	3	Çok
60 derece	30	2	Orta
60 derece	50	3	Orta
60 derece	15	3	Çok
60 derece	5	4	Çok
90 derece	30	2	Az
90 derece	30	3	Orta
90 derece	30	4	Orta
90 derece	10	4	Çok
120 derece	20	2	Az
120 derece	20	3	Az
120 derece	20	4	Az
120 derece	40	5 ve üzeri	-

Kategorik sonuç olarak ikiden fazla etiket sınıflı veri bulunduğu için sınıflandırma temelli makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Sensörlerden gelen verilerin füzyonlanmış olduğu varsayılmıştır. Sentetik verileri oluşturmak için Python kütüphanelerinden Pandas, NumPy ve verileri görselleştirmek için Matplotlib kullanılmıştır. Üretilen veri kümesinde 20,000 örnekleme yer verilmiştir. %60 eğitim ve %40 test veri kümesi olarak ayrıştırılmıştır. Bu veri kümeleri üzerinde Şekil 5 ile sonuçları gösterilen altı farklı sınıflandırıcı kullanılmıştır. Bu yöntemlerin arasında en iyi sonuçları tüm algoritmalar için Decision Tree ve Random Forest sınıflandırıcılar vermiştir. Algoritma-1 kapsamında doğruluk oranı açısından %76.825 başarı sonucu elde edilmiştir. Random Forest sınıflandırıcı yöntemi için karmaşıklık matrisi Şekil 6 ile verilmiştir.

Şekil 5: Başarı Oranları.



Şekil 6: Doğruluk Oranları.



#### 4. SONUÇ

Geliştirmiş olunan algoritmalar, belli seviyede bir başarı oranı sağlamıştır. Sonraki çalışmalarda, sentetik verilerin dışında ölçüme dayalı verilerin kullanılması da mümkün olabilecektir. İleride drone ve robotlarla birlikte bu tasarımların kullanılması dahilinde, fiziksel ortamda daha yüksek başarılar elde edilecek, deprem ve bunun gibi doğa olaylarında enkaz altında kalan insanların kurtarılma olasılığı daha da artacaktır. Çalışma, enkaz altında kalan insanların haberleşmesini sağlayabilecek ve enkaz altında kalıp hayatlarını kurtarabilecek bir potansiyel taşımaktadır. Tasarlanmış olduğumuz algoritmalar, ileride yeni gelişmelere kapı açarak daha efektif ve verimli sonuçların elde edilmesini sağlayabilecektir.

#### KAYNAKÇA

Yazar, A., Dogan-Tusha, S., Arslan, H. 2020. "6G Vision: An Ultra-Flexible Perspective", ITU Journal on Future and Evolving Technologies – Volume 2020, Article 9, 1(1), 1-20.

Bor-Yaliniz, I., Salem, M., Senerath, G., Yanikomeroğlu, H. 2019. "Is 5G Ready for Drones: A Look into Contemporary and Prospective Wireless Networks from a Standardization Perspective", IEEE Wireless Communications, 26(1), 18-27.

Giordani, M., Zorzi, M. 2021. "Non-Terrestrial Networks in the 6G Era: Challenges and Opportunities", IEEE Network, 35(2), 244-251.

**Presentation ID / Sunum No: 86**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: Murat Mert UZ 0000-0001-8691-4097  
Afife Binnaz Hazar Yoruç 0000-0001-7281-2305  
Cahit Sertaç Aydoğan 0000-0001-7728-1398

## **Ti-6Al-4V Sac Malzemenin Sıcak Pres Şekillendirme Prosesinin İncelenmesi: Sonlu Elemanlar Analizi**

**Araştırmacı Murat Mert Uz<sup>1</sup>, Prof. Dr. Afife Binnaz Hazar Yoruç<sup>1</sup>, Cahit Sertaç Aydoğan<sup>2</sup>**  
<sup>1</sup>, Yildiz Technical University, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Davutpaşa Cad. No.127, 34210, Esenler, Istanbul, Turkey  
<sup>2</sup>, Turkish Aerospace Industries, Fethiye Mahallesi, Havacılık Bulvarı No:17, Kahramankazan, Ankara 06980, Turkey

### **Özet**

Ti-6Al-4V alaşımı, üstün mekanik özellikleri ve düşük yoğunluğu nedeniyle özellikle havacılıkta sıklıkla tercih edilmektedir. Ti-6Al-4V'nin oda sıcaklığındaki düşük şekillendirme kabiliyeti sebebiyle araştırmacılar, Ti-6Al-4V alaşımının yüksek sıcaklıklarda şekillendirilmesini önermektedirler. Mevcut çalışma, Ti-6Al-4V alaşımının yüksek sıcaklıklardaki termo-mekanik özelliklerinin incelenmesini ve sıcak preste şekillendirilmesinin sonlu elemanlar analizi ile değerlendirilmesini içermektedir. 700°C ve 800°C sıcaklıklarda ve 0,1, 0,01, 0,001 s<sup>-1</sup> gerinim oranlarında tek eksenli sıcak çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen gerilim-gerinim eğrilerinden malzemenin sıcaklık ve deformasyon hızına olan hassasiyeti belirlenmiş, yüksek sıcaklıklardaki deformasyon mekanizmaları incelenmiştir. Son olarak, sıcak pres şekillendirme prosesi Sonlu Elemanlar Analizi tabanlı ABAQUS yazılımı ile simüle edilmiştir. Ayrıca farklı sıcaklık ve deformasyon hızlarının son ürün üzerindeki etkileri kıyaslanmış ve optimum şekillendirme parametreleri belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ti-6Al-4V, sıcak press şekillendirme, sonlu elemanlar analizi, sıcak çekme testi

### **Hot Press Forming Process Analysis Of Ti-6Al-4V Sheet Material: Finite Element Analysis**

#### **Abstract**

Ti-6Al-4V alloy is frequently preferred especially in aviation due to its superior mechanical properties and low density. Due to the low forming ability of Ti-6Al-4V at room temperature, researchers recommend forming the Ti-6Al-4V alloy at high temperatures. The present study includes the investigation of the thermo-mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy at high temperatures and the evaluation of the hot press forming by finite element analysis. Uniaxial hot tensile tests were performed at temperatures of 700°C and 800°C and strain rates of 0.1, 0.01, 0.001 s<sup>-1</sup>. The sensitivity of the material to temperature and deformation rate was determined from the obtained stress-strain curves, and the deformation mechanisms at high temperatures were investigated. Finally, the hot press forming process was simulated with the Finite Element Analysis based ABAQUS software. The effects of different

temperatures and deformation rates on the final product were compared, thus optimum forming parameters were determined.

**Key words:** Ti-6Al-4V, hot press forming, finite element analysis, hot tensile test

## 1. INTRODUCTION

Metal sheet forming is a vital process used in many sectors, especially in the mass production of structural parts in the aerospace industry. Ti-6Al-4V alloy is frequently preferred due to its high mechanical and corrosion resistance and ability to maintain these properties at high temperatures, and sheet metal processes are used in the shaping of Ti-6Al-4V. Studies related to the shaping of Ti-6Al-4V concentrate on cold forming at room temperature and superplastic forming at above 825°C. However, macro errors in cold forming and high cost of superplastic forming have led researchers to alternative methods.

In the past years, many researchers have evaluated the thermomechanical behavior of titanium at high temperature and the investigation of the hot forming process from different perspectives. Velay et al. [1] investigated the changes in the mechanical properties and microstructural transformations of the 3 mm thick sheet Ti-6Al-4V alloy at 550°C, 650°C and 730°C temperatures and low strain rates. They reported that the elongation value of the material increased with increasing temperature and low strain rates, thus increasing the formability capacity. Similarly, in another study, uniaxial hot drawing tests at room temperature, 400°C, 600°C and 700°C were applied, using computer aided engineering methods to effectively manufacture sheet Ti-6Al-4V sheet components and hot forming procedure has been developed. They created a mathematical model using the stress-strain data, they obtained and performed the finite element analysis of the process through the LS-DYNA v971 program. They reported that in addition to temperature and deformation rate, the dwell time during hot forming is a very important parameter [2].

The basic approach in finite element analysis is to make smaller problems and combine their solutions instead of solving the big difficult problem directly. In this way, complex engineering applications that cannot be expressed with classical strength laws can be solved more accurately [3, 4]. ANSYS, LS-DYNA, Nastran, VisualFEA, PamStamp and ABAQUS are the most common software packages that apply the finite element method in the industry [5]. In the literature, it has been observed that in the finite element analysis studies on cold forming of sheet metal forming, especially the solution of the springback problem is focused on. In hot forming, determination of reliable process conditions, detection of problems such as tearing and thinning are the main topics examined in the studies [6-8].

In this study, in which the effect of hot forming process parameters on the final product was investigated by the finite element method, the thermomechanical properties of Ti-6Al-4V sheet material were determined. Accordingly, uniaxial hot tensile tests were applied at quasi-static tensile ratios at 700°C and 800°C temperatures (0.1, 0.01, 0.001 s<sup>-1</sup>). As a result of the finite element analysis designed at industrial scale, 700°C was determined as the optimum temperature for forming, and it was seen that increasing speed could cause geometric irregularities.

## 2. MATERIALS AND METHODS

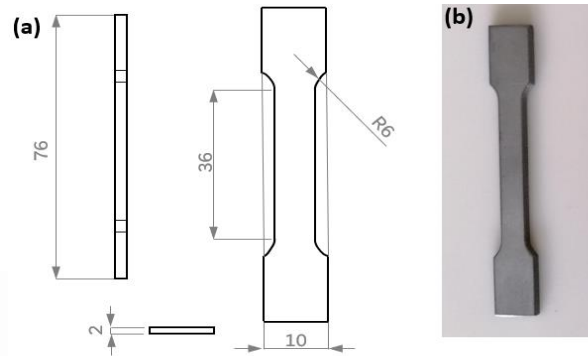
For the hot tensile tests, 2 mm thick Ti-6Al-4V sheet material supplied by Turkish Aerospace Industries (TUSAŞ) was used. The chemical composition of the material is given in Table 1. The chemical composition of the samples complies with the ASTM B348/B348M-19 standard [9].

**Table 1.** Chemical composition of Ti-6Al-4V sheet material

Element	Al	V	Fe	Ti
%weight	5,78	3,84	1,27	Balanced

## 2.1. High Temperature Tensile Tests

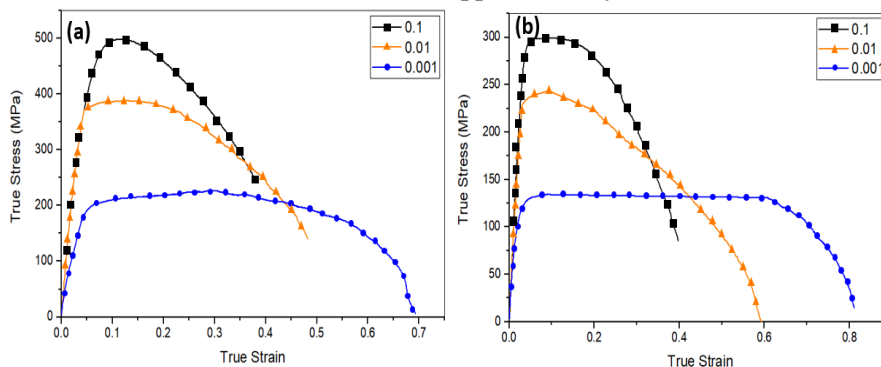
The tensile test specimens were cut parallel to the rolling direction from the sheet with a high dimensional accuracy water jet. The samples were sized in accordance with the ASTM E8/E8M-11 standard and the sample sizes are shown in Figure 1 [10].



**Figure 1.** a) Tensile test specimen geometry (all dimensions mm), b) tensile test sample image

High temperature uniaxial tensile tests were performed at 700° and 800°C at strain rates of 0.001 s<sup>-1</sup>, 0.01 s<sup>-1</sup> and 0.1 s<sup>-1</sup>. Instron universal mechanical test system was used, and the heating of the test pieces in the system and heat monitoring were provided by the induction system and thermal camera, respectively. Oxidation in the samples was neglected due to the very short induction heating time. At the end of the test, the samples were quenched. The stress-strain curves obtained as a result of the uniaxial high temperature tensile tests are shown in Figure 2. It can be clearly seen that the mechanical behavior of Ti-6Al-4V alloy is directly related to temperature and strain rate. The yield strength of the material was approximately 450 MPa at a temperature of 700°C at a strain rate of 0.1 s<sup>-1</sup>, and 198 MPa at a strain rate of 0.01 s<sup>-1</sup>. Similarly, yield strength at 800°C was determined as 265 MPa at a strain rate of 0.1 s<sup>-1</sup>, 233 MPa at a strain rate of 0.01 s<sup>-1</sup> and 122 MPa at a strain rate of 0.001 s<sup>-1</sup>.

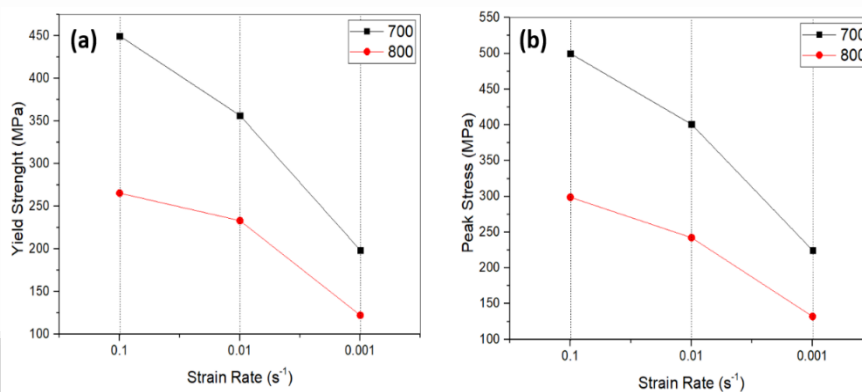
As can be seen from the data, the decreasing strain rate greatly reduced the yield strength of the material. In order to examine the effect of temperature on mechanical strength, tensile test results performed at different temperatures at the same strain rate were examined. The yield strength, which was 450 MPa at 700°C at a strain rate of 0.1 s<sup>-1</sup>, decreased to 265 MPa as the temperature increased to 800°C. It has been shown that the mechanical strength decreases with increasing temperature. When the peak stress values are examined, it is seen that the value, which was approximately 500 MPa at a strain rate of 0.1 s<sup>-1</sup> at



**Figure 2.** Stress-strain curves in Ti-6Al-4V alloy at a) 700°C, b) 800°C temperature at different strain rates

700°C, decreased to 401 and 225 MPa at a strain rate of  $0.1 \text{ s}^{-1}$  and  $0.001 \text{ s}^{-1}$ , respectively. At 800°C, the peak stress value was measured as 298, 242 and 130 MPa at strain rates of  $0.1 \text{ s}^{-1}$ ,  $0.01 \text{ s}^{-1}$  and  $0.001 \text{ s}^{-1}$ , respectively. Graphs showing yield strength and peak stress values are shown in Figure 3.

The point to be noted here is that there is a very low difference between yield strength and peak stress, especially in the sample tested at a strain rate of 0.001 at 800°C. The reason for this is that the thermal softening effect in the material reduces the strength after the yielding behavior. At high strain rates, this results in a greater increase in stress, as the so-called work hardening is the predominant mechanism. The difference between the peak stress and the yield stress increases with the strain rate and shows the work hardening effect [11, 12]. The balance between work hardening and thermal softening effect at high temperature and low strain rate reveals a steady state flow behavior. This is also a desired reliable region for high temperature processes [13, 14].

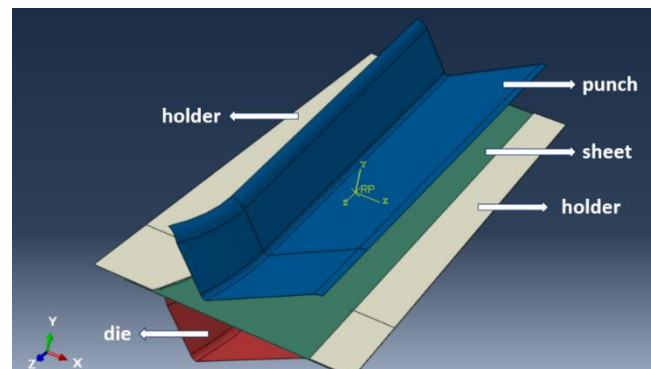


**Figure 3.** Mechanical properties under different conditions: a) yield strength, b) peak stress

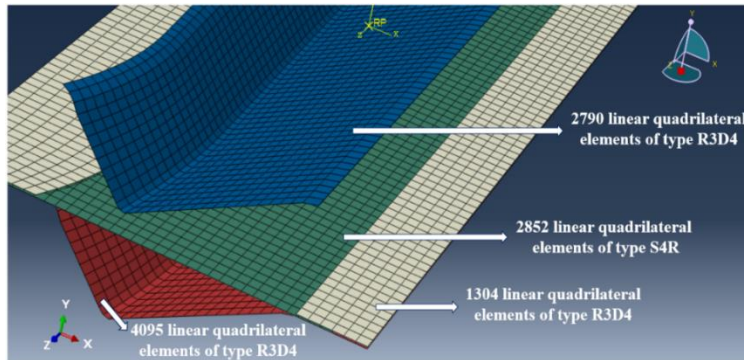
## 2.2. Hot Press Forming Process - Finite Element Analysis

In the finite element analysis performed using ABAQUS FEA software, design components were provided by TAI. The finite element analysis of this final design is designed to guide the experimental work to be carried out on the bench. Figure 4 shows the assembled state of the parts. In the specified design, the 'holding' parts are derived by cutting from the punch for material stabilization. The whole design consists of a total of 4 parts: punch, holder, die and plate. The created part is designed as an exemplary aero-structural part.

Some steps are defined to the software for finite element analysis. First of all, in the first step, the holders hold the part with a force of 10 kN. The main purpose here is not to form the part, but to ensure that the



**Figure 4.** FEA model and parts



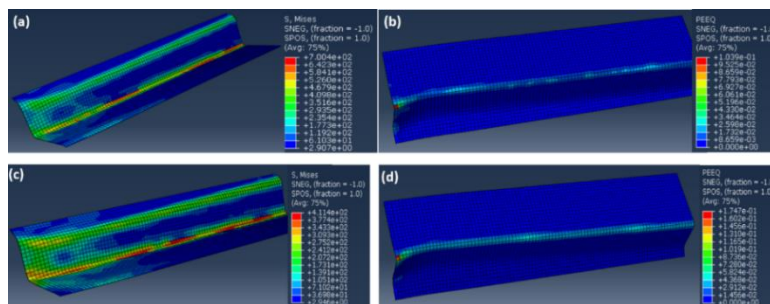
**Figure 5.** Meshed part and mesh information

part remains attached to the mold. Then comes the second step where the shape change takes place. At this step, the punch applies a displacement of 50 mm. Gravity, which affects the whole system, is introduced to the system for all steps.

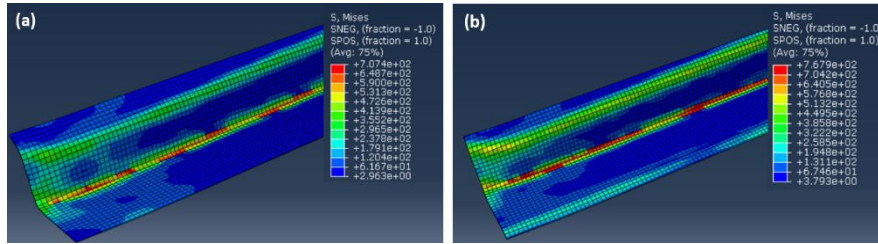
Dynamic-Explicit procedure was used for the analysis of sheet metal forming process in the studies. For the friction feature between the parts, the 'kinematic contact method' was preferred and the friction coefficient was assigned 0.1. According to the designed mesh structure, the workpiece consists of 2582 linear quadrilateral elements of S4R type, while die, punch and holder are meshed in R3D5 type. Holder consists of 1304 linear quadrilateral elements, die 4095 linear quadrilateral elements and punch 2790 linear quadrilateral elements.

Meshed parts and mesh information are shown in Figure 5. In our study, different temperatures (700°C - 800°C), different sheet thicknesses (1 mm - 2 mm) and different deformation rates (1 mm/s - 2 mm/s) were tried for the simulation of sheet metal forming in the hot press and each parameter was tested. The effect on the final product was examined.

In the finite element analyzes performed, it was determined that the stress on the shaped part decreased with increasing temperature. Stress accumulation is concentrated in the bend regions where the deformation is highest at both temperatures. It was observed that the maximum stress, which was 700 MPa at 1 mm/s speed in 1mm sheet at 700°C, was 411 MPa at 1 mm/sec speed in 1mm sheet at 800°C (Figure 6a and 6c). Despite the decreasing stress, a higher shape change was detected at 800°C in the plastic equivalent strain values (Figure 6b and 6d).



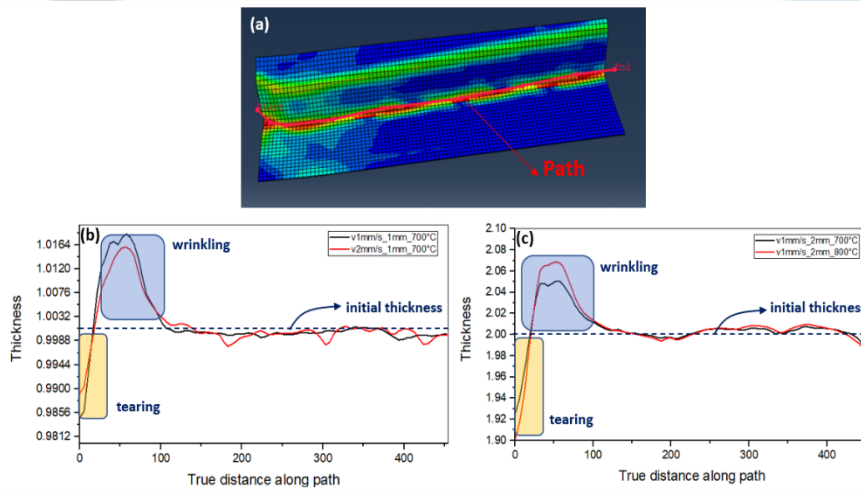
**Figure 6.** 700°C-1mm-1mm/s sample; a) stress distribution, b) PEEQ distribution, 800°C-1mm-1mm/s sample; c) stress distribution, d) PEEQ distribution



**Figure 7.** a) 700°C-1mm thickness-1mm/sec sample stress distribution, b) 700°C-2mm thickness-1mm/sec sample stress distribution

To examine the effect of thickness on hot forming, 1 mm and 2 mm sheets tested under the same process conditions were compared. It was observed that the stress accumulation increased and intensified as the thickness increased. Although there is no macro problem in the final shape of the 2 mm sheet, it can be thought that geometric discontinuities may occur with increasing sheet thickness. The final thicknesses of all samples were determined in the direction of the determined path. The effects of deformation temperature, forming speed and sheet thickness on sheet material thickness are expressed in separate graphs (Figure 8). In the examination of the shell thicknesses of the parts, the change according to the initial thickness may indicate wrinkling or tearing. Both problems are major macro errors encountered in sheet metal forming. Figure 8b shows the graph showing the effect of the deformation rate on the thickness [15].

Although the thickness residue at 2 mm/s deformation speed is less than at 1 mm/s speed, changes in thickness are also more frequent in regions where the deformation is less. Thickness variations for both speeds are within the acceptable threshold. There is thinning in the initial region of the piece. This can



**Figure 8.** a) The path where the shell thickness is determined, b) Shell thickness change graph at 1 mm/s and 2 mm/s deformation speed for 1 mm sheet at 700°C and c) Shell thickness variation graph at 700°C and 800°C for 2 mm sheet metal at 1 mm/s

cause tearing. Figure 8b shows the graph showing the effect of deformation temperature on thickness. The thickness variation appears to be more marginal at 800°C. It should also be noted that Ti-6Al-4V alloy has a high oxygen affinity and  $\alpha$ -case formation will be easier at 800°C.  $\alpha$ -case formation is undesirable and must be controlled during forming of titanium and its alloys at high temperatures [16].

## CONCLUSION

Within the scope of our study, thermomechanical properties of Ti-6Al-4V sheet material at quasi-static strain rates at 700°C and 800°C were determined, and finite element analysis was designed on the basis of these properties. An aero-structural product was designed to set an example on an industrial scale. In

the finite element studies carried out, it was determined that 700°C was sufficient for forming and that the speed did not cause a marginal change, but it was still observed that increasing speed could lead to geometric discontinuities. Future studies may be on the comparison of experimental data with finite element analysis results and, also on the estimation of the  $\alpha$ -case layer.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (Turkish Aerospace Industries-Yıldız Technical University 2244 - Industrial PhD Fellowship Program/project number: 118C071) and the Scientific Research Program of Turkish Aerospace Industries.'

## REFERENCES

- 1- Velay, V., Matsumoto, H., Vidal, V., Penazzi, L., Nazaret, F., Marcel, Y., & Bouillane, M. (2016). Hot Forming Process Analysis of Ti6Al-4V Alloy: Experiment, Behaviour Modelling and Finite Element Simulation. In *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd. Vol. 838, pp. 183-189
- 2- Odenberger, E. L., Hertzman, J., Thilderkvist, P., Merklein, M., Kuppert, A., Stöhr, T., ... & Oldenburg, M. (2013). Thermo-mechanical sheet metal forming of aero engine components in Ti-6Al-4V–PART 1: Material characterisation, *International journal of material forming*. 6(3). 391-402.
- 3- C. Scarponi, “Hemp fiber composites for the design of a Naca cowling for ultra-light aviation,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 81, pp. 53–63, 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.06.001.
- 4- Ö. K. GÜRSOY, “Plastisite Modellerinin Sac Metal Formlama Sonlu Elemanlar Analizleri Üzerine Etkilerinin Tespiti,” Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, 2019.
- 5- S. S. Rao, *The Finite Element Method in Engineering*, Sixth Edit. Butterworth-Heinemann, 2017.
- 6- C. S. Erman Tekkaya, “Part: Finite Element Method,” in *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*, Springer, 2019, 508-514.
- 7- A. E. T. Taylan Altan, *Sheet Metal Forming: Processes and Applications*. ASM International, Materials Park, 2012.
- 8- A. R. O. Y. Naskar and S. Kumar, “Simulation of Cup Drawing By Different Methods,” *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 9, no. December 2017, pp. 1058–1068, 2018.
- 9- ASTM B348/B348M-21 Standard Specification for Titanium and Titanium Alloy Bars and Billets
- 10- ASTM E8/E8M-11 Standard Test Methods For Tension Testing Of Metallic Materials,” 2011.
- 11- Y. Chu, J. Li, F. Zhao, B. Tang, and H. Kou, “Characterization of the elevated temperature compressive deformation behavior of high Nb containing TiAl alloys with two microstructures,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 725, no. February, pp. 466–478, 2018, doi: 10.1016/j.msea.2018.04.055.
- 12- T. Yasmeen, Z. Shao, L. Zhao, P. Gao, J. Lin, and J. Jiang, “Constitutive modeling for the simulation of the superplastic forming of TA15 titanium alloy,” *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 164 2019, doi: 10.1016/j.ijmecsci.2019.105178.
- 13- T. Zhang, Y. Liu, D. G. Sanders, B. Liu, W. Zhang, and C. Zhou, “Development of fine-grain size titanium 6Al-4V alloy sheet material for low temperature superplastic forming,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 608, pp. 265–272, 2014, doi:10.1016/j.msea.2014.04.098.
- 14- J. Luo, M. Li, W. Yu, and H. Li, “The variation of strain rate sensitivity exponent and strain hardening exponent in isothermal compression of Ti-6Al-4V alloy,” *Mater. Des.*, vol. 31, no. 2, pp. 741–748, 2010, doi: 10.1016/j.matdes.2009.09.055.
- 15- A. Abdul Ghafar, A. B. Abdullah, and J. I. Mahmood, “Experimental and numerical prediction on square cup punch–die misalignment during the deep drawing process,” *Int. J. Adv. Manuf.*

Technol., vol. 113, no. 1–2, pp. 379–388, 2021,  
doi: 10.1007/s00170-021-06595-5.

- 16- Chan, K. S., Koike, M., Johnson, B. W., & Okabe, T. (2008). Modeling of alpha-case formation and its effects on the mechanical properties of titanium alloy castings. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 39(1), 171-180.



**Presentation ID / Sunum No: 88**

**Oral Presentation / Sözlü Sunum**

ORCID ID: 0000-0002-6242-0305

## **Yeni Nesil Çevre Dostu Polyester Karışımli Dokuma Kumaşların Boyama Özelliklerinin İncelenmesi**

**Araştırmacı Gökçe Keskin<sup>1</sup>, Araştırmacı Gamze Sakallı<sup>1</sup>, Araştırmacı Yasemin Dülek<sup>1</sup>,  
Araştırmacı Ömer Muzaffer Polat<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>*Ustaoglu Tekstil*

### **Özet**

Dünya genelinde çevre sorunlarına önlem almak ve iyileştirmek adına çevre dostu malzemeler üzerine önemli araştırmalar yürütülmektedir. Polyesterin çevrede ayrışmasının yaklaşık 300 yıl gibi bir sürede gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Tekstil sektöründe bu uzun ayrışma süresini hızlandırmak amacıyla polyester ipliklerin doğada daha kısa bir sürede ayrışmasını sağlayan çevre dostu iplik arayışına girilmiştir. Bu çalışmada, polyester ailesine mensup içerisinde yeni nesil çevre dostu biyobozunur geri dönüşümlü liflerin de kullanıldığı farklı kompozisyona sahip dokuma kumaşların boyama özellikleri incelenmiştir. HT boyama prosesine göre boyanan kumaşların kumaş görüntüleri, yıkama haslık testleri (ISO 105-C06 C2S) ve K/S renk verimi değerleri ölçülerek, lif çeşidi ve miktarının boyama üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan tüm ölçümlere göre kompozit kumaşların referans %100 PET içerikli kumaşa göre başarılı sonuçlar sergilediği görülmüştür. Özellikle BIO-RPET ve RPET içerikli kumaşların ürün kalitesini yakaladığı böylelikle çevre dostu ürünlerin geliştirilmesine imkân verdiği söylenebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** PBT, PTT, PET, Biobozunur, Biyokompozit İplik, Boyama

### ***Investigation of the Dyeing Properties of the New Generation of Eco-Friendly Polyester Blend Woven Fabrics***

### **Abstract**

Important researches are carried out on environmentally friendly materials in order to take precautions and improve environmental problems around the world. It is estimated that the decomposition of polyester in the environment takes place in about 300 years. In order to accelerate this long decomposition time in the textile industry, a search has been made for environmentally friendly yarns that allow polyester yarns to decompose in a shorter time in nature. In this study, the dyeing properties of woven fabrics of different composition, in which new generation environmentally friendly biodegradable recycled fibers are used, were investigated. The effect of fiber type and amount on dyeing was investigated by measuring fabric images, washing fastness tests (ISO 105-C06 C2S) and K/S color yield values of fabrics dyed according to HT dyeing process. According to all the measurements, it was seen that the composite fabrics showed successful results compared to the reference 100% PET fabric. It can be said that especially BIO-RPET and RPET-containing fabrics achieve product quality, thus enabling the development of environmentally friendly products.

**Keywords:** PBT, PTT, PET, Biodegradable, Biocomposite Yarn, Dyeing

## GİRİŞ

Kitlesel üretkenlik, renklendirilebilme özelliği, kullanım kolaylığı gibi sayısız avantajlara sahip olan plastikler ve bunların gelişigüzel imha edilmesi ciddi çevre kirliliği sorunlarına neden olmaktadır. Çevre sorunlarına çözüm bulma konusuna artan bir ilgi söz konusudur ve çevre dostu malzemeler üretmek, prosesler geliştirmek amacıyla yürütülen birçok araştırma mevcuttur. Tekstil sektöründe günümüzde 100 milyon ton olan elyaf talebinin, eğer hızlı artış devam edecek olursa 2030'da 140 milyon tona ulaşması mümkün görülmektedir. 2018'de kullanılan 100 milyon tonluk elyafın 55 milyon tonu polyester, 26 milyon tonu pamuk, 6 milyon tonu selülozik, 5 milyon tonu polyamid, 2 milyon tonu akrilik ve 1 milyon tonu yün kaynaklıdır. Polyester, diğer geleneksel polimer malzemelerin aksine, kolayca toplanabilir ve nihai ürünlere dönüştürülebilmektedir (Park ve Kim, 2014:1-17). Geri dönüştürülmüş (recycle) polyesterin payı ise 20-30 bin tonda kalmakta, bu da sürdürülebilirlik için yeterli görülmemektedir. Polyesterin çevrede ayrışmasının yaklaşık 300 yıl gibi bir sürede gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Bu nedenle geri dönüştürülmüş polyester kullanımını teşvik etmek için uygulama yelpazesini genişletmek önemlidir.

Çevreci bir yaklaşım sunan geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (RPET) ve biyobozunur (biodegradable) geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (BİO-RPET) içerikli kumaşların boyama özelliklerini kıyaslamak ve sektöre daha çevreci öneriler sunmak amacıyla çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda çeşitli polimerlerden elde edilen ipliklerin farklı özelliklerinin incelendiği çalışmalar olduğu gözlemlenmiştir. Atmosferik şartlar altında kolayca boyanabilen ve elastikiyetleri ile ön plana çıkan politrimetilen tereftalat (PTT) ve polibütülen tereftalat (PBT) liflerinin konvansiyonel ve yeni metotlar kullanılarak boyama koşullarının (Filiz, 2015), geri dönüştürülmüş polietilen tereftalat (RPET) ve polibütülen tereftalat (PBT) kullanılarak dokuma kumaşların ek mordan kullanılmadan Terminalia chebula boyası ile boyamasının (Lee vd., 2020), bikomponent yapıda PET/PTT ipliklerin farklı moleküler yapıya sahip üç dispers boya ile boyanmasında kinetik etkilerinin (Souissi vd., 2022:4) incelendiği, bikomponent PET/PTT filament ipliğin fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki farklılıklar bu ipliğin boyama aşamasını karmaşık hale getirdiği için fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmeden bikomponent iplikler için bir boyama prosesinin (Souissi vd., 2021:42) geliştirildiği çalışmalar mevcuttur. Benzer şekilde gerçekleştirilen çalışmalar bulunurken (Souissi vd., 2020:1-21; Yang & Wang, 2016:411-417; Yıldırım vd., 2012:28-38), çalışmada literatürden farklı olarak, sentetik iplik üreticisi tarafından geliştirilen iplik yapısında bulunan özel malzeme sebebiyle biyolojik olarak parçalanma süresinin daha kısa olduğu biyobozunur (biodegradable) geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (BİO-RPET) iplikler seçilmiştir. Bu ipliklerin ASTM D5511 standardına göre anaerobik koşullarda biyolojik olarak parçalanabilir olduğu raporlanmıştır. Standart test değerlendirmesinin 106 günü boyunca, biyobozunur özellikteki tekstüre iplik örneklerinin yaklaşık %20'sinde biyolojik olarak parçalanma özelliği bulunurken, normal polyester iplik örnekleri değişmeden bütünlüğünü korumuştur. Buna bağlı olarak da ipliğin biyolojik olarak parçalanma süresi 3-5 yıl arasında tahmin edilmektedir.

Avrupa Birliği çevre koruma yönetmeliklerine uymamıza yardımcı olan ürünler oluşturmak, enerji tüketiminde ve su tasarrufunda azalmaya katkıda bulunmak, sera gazı emisyonlarını azaltmak, yenilenemeyen doğal kaynakları korumak ve biyobozunur olmayan atıkların ekolojik etkisini azaltmak amacıyla çalışmada biyobozunur (biodegradable) geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (BİO-RPET) içerikli kumaşlara yer verilmiştir. BİO-RPET iplikleriyle elde edilen farklı kompozisyonlarda kumaşların boyama özelliklerinin incelenmesindeki amaç daha doğa dostu bir ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktır. Ticari olarak satışı olan polietilen tereftalat (PET), geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (RPET), biyobozunur (biodegradable) geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (BİO-RPET), polibütülen tereftalat (PBT), bikomponent yapıda polietilen tereftalat / politrimetilen tereftalat (BİCO PET-PTT) iplikler ikili kombinasyonlar halinde katlama ve büküm yöntemleriyle kompozit iplikler haline getirilmiş, bu ipliklerle dokunan kumaşlar üzerinde açık ve koyu tonlarda üç farklı renk reçetesi HT boyama prosesine göre uygulanarak numunelerin, referans

%100 PET kumaşa kıyasla spektrofotometre (D65-10\*) ile  $\Delta E$  ve K/S (renk verimi) değerleri ölçülerek yıkama haslık testleri (ISO 105-C06 C2S) gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, yeni nesil polyester grubuna ait içlerinde çevre dostu geri dönüştürülmüş biyobozunur özellikte kumaşların da bulunduğu farklı kompozisyonlara sahip kumaşların boyamaları başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve lif içeriğinin boyama özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda referans kumaşa benzer sonuçlar elde edilmiş, dispers boyarmaddelerle boyanabilir özellikte yeni nesil çevre dostu polyester kumaşların boyanması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

## METARYAL METOD

Çalışmada, 150 denye kalınlıkta polietilen tereftalat (PET), geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (RPET), biyobozunur (biodegradable) geri dönüştürülmüş (recycle) polietilen tereftalat (BİO-RPET), polibütillen tereftalat (PBT), bikomponent yapıda polietilen tereftalat / politrimetilen tereftalat (BİCO PET-PTT) iplikler kullanılarak ikili kombinasyonlar halinde katlama ve büküm yöntemleriyle üretilen Tablo 1'de özellikleri verilen 300 denye kalınlıkta S yönü 436 T/m büküm ile farklı kompozisyonlarda katlı ve bükümlü kompozit iplikler kullanılmıştır. Katlama ve büküm işlemi biten ipliklere 100°C'de 60 dakika süresince fikse işlemi uygulanmıştır.

**Tablo 1.** Kullanılan Kompozit İplik Özellikleri

Kompozit İplik Kodu	Kompozit İplik İsmi	1.İplik Adı	2. İplik Adı	Katlama Şekli	Büküm Sayısı ve Yönü (T/m)
1-Referans	300 denye 96 filament PET iplik	150 denye 48 filament PET Yarı Mat Tekstüre İplik	150 denye 48 filament PET Yarı Mat Tekstüre iplik	1-1	S yönü 436 T/m
3	300 denye 184 filament BİO-RPET/PET kompozit iplik	150 denye 136 filament BİO-RPET Yarı Mat Tekstüre İplik	150 denye 48 filament PET Yarı Mat Tekstüre İplik		
7	300 denye 184 filament BİO-RPET/RPET kompozit iplik	150 denye 136 filament BİO-RPET Yarı Mat Tekstüre İplik	150 denye 48 filament RPET Yarı Mat Tekstüre İplik		
10	300 denye 272 filament BİO-RPET/BİO-RPET	150 denye 136 filament BİO-RPET Yarı Mat Tekstüre İplik	150 denye 136 filament BİO-RPET Yarı Mat Tekstüre İplik		
11	300 denye 184 filament BİO-RPET/PBT kompozit iplik	150 denye 136 filament BİO-RPET Yarı Mat Tekstüre İplik	150 denye 48 filament PBT Parlak Tekstüre İplik		
12	300 denye 280 filament BİO-RPET/PET-PTT kompozit iplik	150 denye 136 filament BİO-RPET Yarı Mat Tekstüre İplik	150 denye 144 filament bikomponent PET/PTT Yarı Mat Tekstüre İplik		

Farklı kompozisyona sahip kompozit iplikler atkı ipliği, 300 denye 192 filament polyester efektli iplik çözgü ipliği olarak kullanılarak farklı kompozisyonlarda dokuma kumaşlar üretilmiştir. Tablo 2'te dokuma kumaş bilgileri verilmiştir.

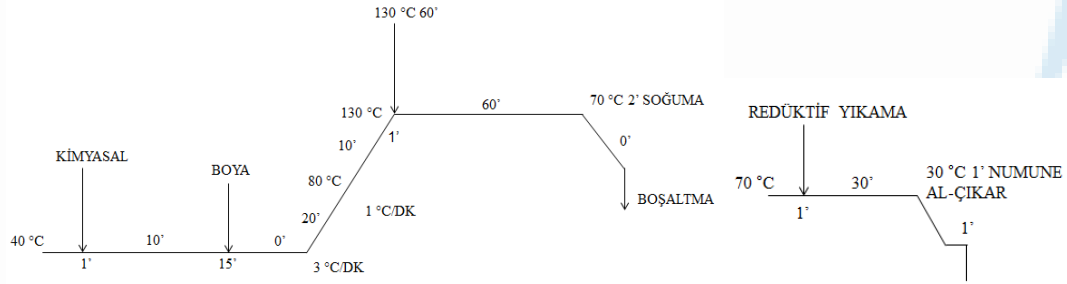
**Tablo 2.** Dokuma Kumaş Özellikleri

Kumaş Kodu	Atkı İpliği	Çözgü İpliği	Çözgü Sıklığı	Atkı Sıklığı	Kumaş Ağırlığı (gr/m <sup>2</sup> )	Kompozisyon
1	300 denye 96 filament PET iplik	300 denye 192 filament Polyester Efekt İplik	20	15	153	%100 PET
3	300 denye 184 filament BİO-RPET/PET kompozit iplik	300 denye 192 filament Polyester Efekt İplik	20	15	150,7	%79 PET %21 BİO-RPET
7	300 denye 184 filament BİO-RPET/RPET kompozit iplik	300 denye 192 filament Polyester Efekt İplik	20	15	152,7	%57 PET %21 RPET %21 BİO-RPET

10	300 denye 272 filament BİO-RPET/BİO-RPET iplik	300 denye 192 filament Polyester Efekt İplik	20	15	148,6	%57 PET %43 BİO-RPET
11	300 denye 184 filament BİO-RPET/PBT kompozit iplik	300 denye 192 filament Polyester Efekt İplik	20	15	152	%57 PET %21 BİO-RPET %21 PBT
12	300 denye 280 filament BİO-RPET/PET-PTT kompozit iplik	300 denye 192 filament Polyester Efekt İplik	20	15	152,2	%67 PET %21 BİO-RPET %11 PTT
16	300 denye 272 filament BİO-RPET/BİO-RPET	300 denye 272 filament BİO-RPET/BİO-RPET	15	15	150	%100 BİO-RPET

Çalışma kapsamında dokuma kumaşlara, Şekil 1’te verilen çektirme yöntemi HT boyama prosesine göre farklı boya konsantrasyonuna sahip %3 siyah, %0.02 bej ve %0.01 pembe renk reçetelerine göre boyama prosesi uygulanmıştır. Koyu tonlarda boyama sonrasında redüktif yıkama işlemi yapılmaktadır. Boyamanın ardından yaş açma makinesinde halat halinde olan kumaşlar açık en hale getirildikten sonra 165 C 1,5 dakika süre ile ramöz makinesinden geçirilmiştir. Boyanan kumaşların mikroskop görüntüleri, yıkama haslığı (ISO 105-C06 C2S) ve spektrofotometre (D65-10\*)  $\Delta E$  ve K/S renk verimi değerleri incelenmiştir.

Şekil 1. HT Boyama Prosesi

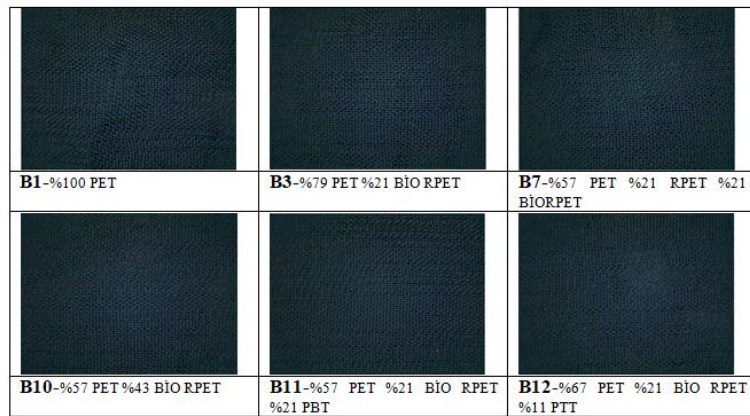


## BULGULAR

### %3 Siyah Boyama Yıkama Haslığı Testi ve Spektrofotometre Ölçüm Sonuçları

%3 siyah boyama reçetesi ile boyanmış farklı kompozisyonlardaki kumaşların mikroskop görüntüleri Şekil 2’de, yıkama haslığı test sonuçları Tablo 3’te, spektrofotometre ölçüm sonuçları Tablo 4’te ve renk verimi (K/S) sonuçları Grafik 1’de verilmiştir.

Şekil 2. % 3 Siyah Boyama Kumaş Görüntüleri



**Tablo 3.** % 3 Siyah Boyama Yıkama Haslık Sonuçları

%3 Siyah Yıkama Haslığı Test Sonuçları						
Numune Kodu	Yün	Akrilik	Polyester	Polyamid	Pamuk	Asetat
B1-Referans	4-5	5	5	4-5	4-5	4-5
B3	4-5	5	5	5	5	5
B7	4-5	5	4-5	4	5	4
B10	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4
B11	5	4-5	4-5	4	4-5	4
B12	5	5	4-5	4	5	4-5

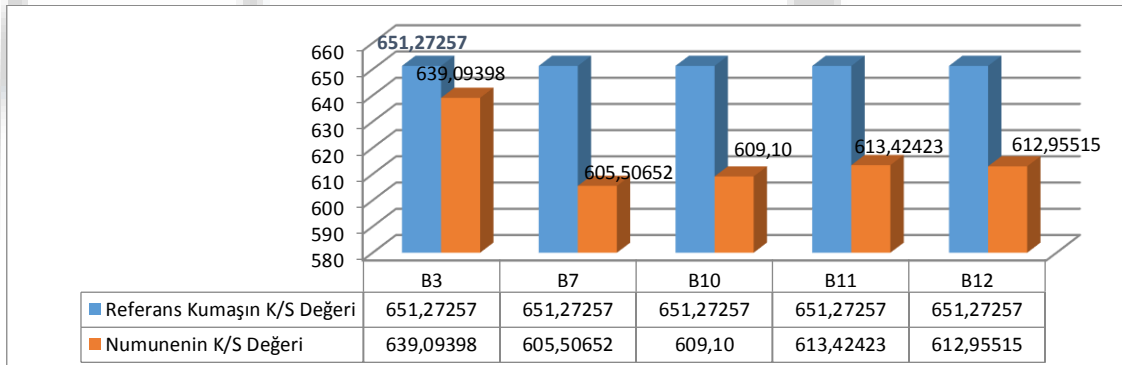
Yıkama haslığı sonuçları değerlendirildiğinde, referans kumaş değerine göre bazı liflerde yarım puanlık düşüş görülse de sonuçların kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir.

**Tablo 4.** % 3 Siyah Boyama Spektrofotometre Sonuçları

% 3 Siyah Boyama Spektrofotometre Sonuçları							
NUMUNE KODU	DL* (Lightness)	Da*	Db*	$\Delta C^*$ (Doygunluk)	$\Delta H^*$ (Ton)	$\Delta E^* \leq 1.00$ (Toplam Renk Sapması)	Karar
B1-Referans							
B3	0.159	-0.048	-0.137	0.126	0.072	0.215	GEÇER
B7	0.711	-0.098	-0.397	0.378	0.155	0.820	GEÇER
B10	0.557	-0.173	-0.434	0.409	0.225	0.727	GEÇER
B11	0.530	-0.052	-0.509	0.494	0.131	0.736	GEÇER
B12	0.544	0.016	-0.363	0.360	0.051	0.654	GEÇER

Spektrofotometre sonuçlarında her numune geçer kararı almıştır. %79 PET %21 BİO-RPET içeren B3 numunesinin renk sapması 0.215 ile referansa en yakın değere, %57 PET %21 RPET %21 BİO-RPET içeren B7 numaralı kumaş 0.820 ile referans değere göre en büyük renk sapmasına sahiptir. Tüm numunelerin renk sapmaları ( $\Delta E$ ) 1'in altında kaldığı bu nedenle başarılı olduğu söylenebilir. DL (açıklık- koyuluk) verileri düştükçe renk koyulaşmaktadır. En koyu tondan en açık tona doğru numuneleri sıralarsak sıralama B3, B11, B12, B10, B7 şeklindedir. Kalorimetrik renk özelliklerine bakıldığında, bütün kumaşlar açık ve canlı tonlar ortaya koymuştur. B7, B10 ve B11 kumaş numuneleri hafifçe mavilik içermektedir.

**Grafik 1.** % 3 Siyah Boyama K/S Sonuçları

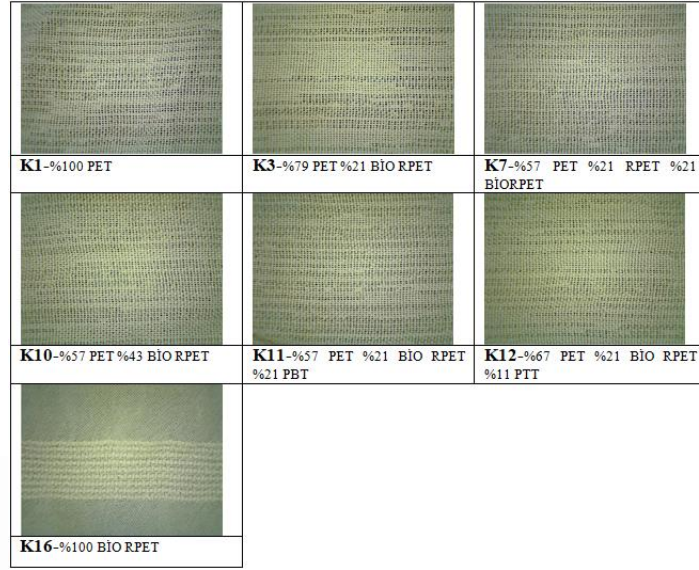


K/S grafiğinde de B3'ün referansa yakın sonuç verdiği gözlenmiştir. Diğer numunelerde renk verimliliği beklenenden düşük ölçülmüştür bunun koyu tonda boyama prosesiyle ilgili olduğu öngörülmektedir.

### %0,02 Bej Boyama Yıkama Haslığı Testi ve Spektrofotometre Ölçüm Sonuçları

%0,02 bej boyama reçetesi ile boyanmış farklı kompozisyonlardaki kumaşların mikroskop görüntüleri Şekil 3'de, yıkama haslığı test sonuçları Tablo 5'te, spektrofotometre ölçüm sonuçları Tablo 6'te ve renk verimi (K/S) sonuçları Grafik 2'te verilmiştir.

**Şekil 3. % 0,02 Bej Boyama Kumaş Görüntüleri**



**Tablo 5. % 0,02 Bej Boyama Yıkama Haslık Sonuçları**

%0,02 Bej Yıkama Haslığı Test Sonuçları						
Numune Kodu	Yün	Akrilik	Polyester	Polyamid	Pamuk	Asetat
K1-Referans	4-5	5	5	5	5	4-5
K3	4-5	5	5	5	5	5
K7	4-5	5	5	5	5	5
K10	4-5	5	5	5	5	5
K11	4-5	5	5	5	5	5
K12	4-5	5	5	5	5	5
K16	4-5	5	5	5	5	5

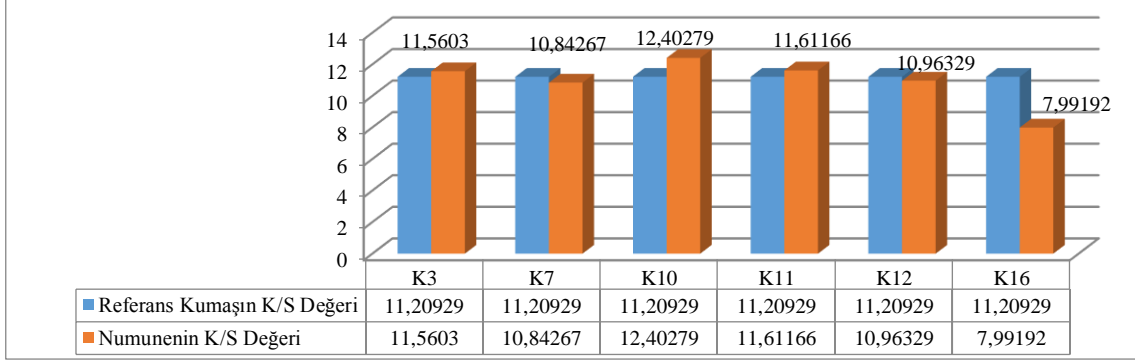
Yıkama haslığı sonuçları değerlendirildiğinde, bütün numuneler referans değere ulaşmış hatta asetat değerinde referans kumaş değerlerini geçmiştir.

**Tablo 6. % 0,02 Bej Boyama Spektrofotometre Sonuçları**

% 0,02 Bej Boyama Spektrofotometre Sonuçları							
NUMUNE KODU	DL* (Lightness)	Da*	Db*	$\Delta C^*$ (Doğunluk)	$\Delta H^*$ (Ton)	$\Delta E^* \leq 1.00$ (Toplam Renk Sapması)	Karar
K1-Referans							
K3	0.000	0.266	0.446	0.513	0.077	0.519	GEÇER
K7	0.659	0.355	0.604	0.693	0.099	0.962	GEÇER
K10	-1.004	0.724	1.000	1.202	0.281	1.591	KALIR
K11	-0.534	0.771	1.115	1.326	0.280	1.457	KALIR
K12	0.109	0.845	1.016	1.265	0.380	1.325	KALIR
K16	3.841	-1.030	-0.729	-1.037	0.719	4.043	KALIR

Spektrofotometre sonuçlarında %79 PET %21 BİO RPET içeren K3 numunesinin renk sapması 0.519 ile referansa en yakın değere, %57 PET %21 RPET %21 BİO RPET içeren K7 numaralı kumaş 0.962 renk sapması ile geçer kararı almıştır. Diğer numunelerin renk sapmaları 12in üzerindedir. Kalorimetrik renk özelliklerine bakıldığında, DL (açıklık-koyuluk), sırasıyla en açıktan koyuya doğru K16, K7, K12 numuneleri daha açık ton, en koyudan en açığa doğru K10, K11 numuneleri daha koyu tona sahiptir. K10, K11, K12 hafif kırmızılık, K16 numunesi ise donuk ve sarı ton içermektedir.

**Grafik 2. % 0,02 Bej Boyama K/S Sonuçları**

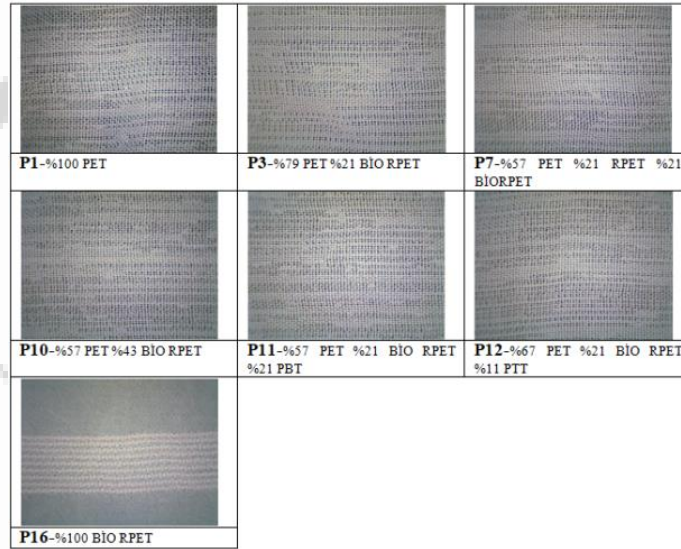


K/S grafiğinde de %100 BİO RPET içeren K16'nın %100 PET içeren referansı yakalayamadığı görülmüştür. Diğer numunelerin renk verimleri başarılıdır.

### %0,01 Pembe Boyama Yıkama Haslığı Testi ve Spektrofotometre Ölçüm Sonuçları

%0,01 pembe boyama reçetesi ile boyanmış farklı kompozisyonlardaki kumaşların mikroskop görüntüleri Şekil 3'de, yıkama haslığı test sonuçları Tablo 7'te, spektrofotometre ölçüm sonuçları Tablo 8'da ve renk verimi (K/S) sonuçları Grafik 3'te verilmiştir.

Şekil 4. %0,01 Pembe Boyama Kumaş Görüntüleri



Tablo 7. %0,01 Pembe Boyama Yıkama Haslık Sonuçları

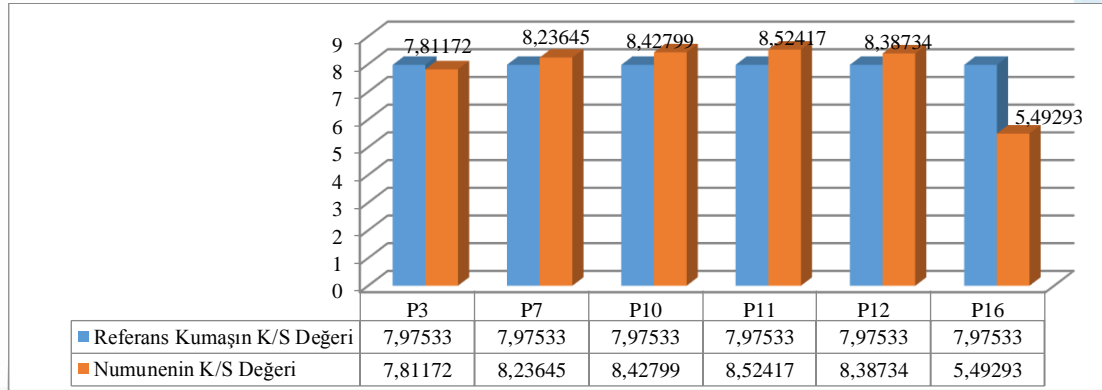
%0,01 Pembe Yıkama Haslığı Test Sonuçları						
Numune Kodu	Yün	Akrilik	Polyester	Polyamid	Pamuk	Asetat
P1-Referans	4-5	5	5	5	5	5
P3	4-5	5	5	5	5	5
P7	4-5	5	5	5	5	5
P10	4-5	5	5	5	5	4-5
P11	4-5	5	5	5	5	4-5
P12	4-5	5	5	5	5	5
P16	4-5	5	5	5	5	5

Yıkama haslığı sonuçları değerlendirildiğinde, tüm numuneler başarılı sonuçlar sergilemiştir. %57 PET %21 RPET %21 BİO RPET içeren P7, %57 PET %43 BİO RPET içeren P10 numaralı kumaş numunelerinde asetat değerlerinde referansa göre yarım puanlık bir düşüş söz konusudur.

**Tablo 8.** %0,01 Pembe Boyama Spektrofotometre Sonuçları

%0,01 Pembe Boyama Spektrofotometre Sonuçları							
NUMUNE KODU	DL* (Lightness)	Da*	Db*	$\Delta C^*$ (Doygunluk)	$\Delta H^*$ (Ton)	$\Delta E^* \leq 1.00$ (Toplam Renk Sapması)	Karar
P1-Referans							
P3	0.170	0.333	0.248	0.328	0.254	0.448	GEÇER
P7	-0.078	0.799	0.025	0.798	0.046	0.803	GEÇER
P10	-0.719	2.202	-0.034	2.202	0.026	2.317	KALIR
P11	-1.026	1.794	0.248	1.788	0.284	2.081	KALIR
P12	-0.868	2.381	0.382	2.375	0.421	2.563	KALIR
P16	4.078	-3.977	-0.117	-3.971	0.258	5.698	KALIR

Spektrofotometre değerlerine bakıldığında %79 PET %21 BİO RPET içeren P3 numunesinin renk sapması 0.448 ile referansa en yakın değere, %57 PET %21 RPET %21 BİO RPET içeren K7 numaralı kumaş 0.803 renk sapması ile geçer kararı almıştır. Diğer numunelerin  $\Delta E^*$ 'leri 1'in üzerindedir. En koyudan açık değere doğru P11, P12, P10, P7 numuneleri DL değerine göre koyu renge sahiptir. En açıktan koyuya doğru P16, P3 numuneleri açık tonlara sahiptir. P16 numunesi çok açık ve  $\Delta C^*$  (doygunluk)' ye bakıldığında referansa göre donuk kalmıştır. P3, P11 ve P12 hafifçe kırmızılık, P16 ise mavilik içermektedir.

**Grafik 3.** %0,01 Pembe Boyama K/S Sonuçları

K/S grafiğinde de %100 BİO RPET içeren K16 numunesinin %100 PET içeren referansı yakalayamadığı görülmüştür. Diğer numunelerin renk verimlerinin referansa göre başarılı sonuç verdiği gözlenmiştir.

## DEĞERLENDİRME

PET içerikli 3. numune haslıklarda referans değerlerinin üzerine çıkmıştır. Yapısında RPET içeren 7. numune, BİO-RPET/BİO-RPET atkı ipliğine sahip 10. numune, PBT içeren 11. numune ve BİCO-PET/PTT atkı ipliği içeren 12. numunelerin haslık değerleri de referans verilerini yakalamıştır. Siyah boyamanın gerçekleştirildiği denemelerde haslıklarda daha çok değişim gözlemlenmiştir. Boya renkleri açıldıkça haslık değerlerinin daha iyi sonuçlar verdiği açık renk denemelerinde ortaya konulmuştur. Boya moleküllerinin boyutu da liflerin arasından çıkışlarını etkilediği için haslıklarda etkisinin olduğu düşünülebilir. Bilindiği gibi liflere boyarmadde alımı, liflerin sahip olduğu camlaşma sıcaklıklarının üzerindeki derecelerde başlamaktadır. PTT ve PBT lifleri sahip oldukları düşük camlaşma sıcaklıkları sayesinde atmosferik şartlarda kaynama sıcaklığında carriere kullanılmadan dispers boyarmaddelerle rahatlıkla boyanabilmektedir. HT boyamada yüksek sıcaklıklarda boyama işlemi gerçekleştirildiği için renk verimi düşmektedir. Siyah boyamanın yıkama haslık değerlerinde bu durum net bir şekilde gözlenmektedir. Boyamadan sonra redüktif yıkama işlemi K/S değerini azaltmaktadır. Siyah denemede yüksek boya konsantrasyonunun ardından birden fazla redüktif yıkama yapılmaktadır, bundan kaynaklı olarak K/S değerlerinde düşüşler diğer denemelere göre fazla gözlemlenmiş olabilir. Boyamanın sonucundaki verimliliği belirleyen bir diğer faktör ise boya molekülünün yapısıdır. Büyük moleküle

sahip boyar maddeler ısındıklarında küçük moleküllere sahip boyar maddelere kıyasla daha düşük kinetik enerjiye sahip olurlar bu da liflerin arasından daha yavaş şekilde uzaklaşmalarını sağlar. Boyamadan sonra redüktif yıkama işlemi K/S değerini azaltmaktadır. Siyah denemede yüksek boya konsantrasyonunun ardından birden fazla redüktif yıkama yapılmaktadır, bundan kaynaklı olarak K/S değerlerinde düşüşler diğer denemelere göre fazla gözlemlenmiş olabilir. Boyamanın sonucundaki verimliliği belirleyen bir diğer faktör ise boya molekülünün yapısıdır. Büyük moleküle sahip boyar maddeler ısındıklarında küçük moleküllere sahip boyar maddelere kıyasla daha düşük kinetik enerjiye sahip olurlar bu da liflerin arasından daha yavaş şekilde uzaklaşmalarını sağlar.

Yapılan tüm testlere bakıldığında kumaşların referans PET/PET kumaşa göre başarılı sonuçlar sergilediği gözlemlenmiştir. Özellikle BİO-RPET ve RPET kumaşlarının kullanıldığı numunelerin ürün kalitesini yakaladığı böylelikle çevre dostu ürünlerin geliştirilmesine imkan verdiği söylenebilir.

Sonraki çalışmalarda sürdürülebilir çevre dostu farklı kompozisyona sahip kumaşların boyama performanslarını incelemek için farklı yöntemlerin ve farklı çevre dostu boyarmaddelerin kullanıldığı araştırmalar yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- Filiz, Y. F. (2015). *PTT Ve PBT Lifli Kumaşların Boyanma Ve Haslık Özelliklerinin Karşılaştırılması* [Pamukkale Üniversitesi].  
<http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11499/1624/EnginDemiray.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lee, H. J., Jung, J. S., & Kim, S. H. (2020). Dyeing and Antibacterial Properties of Chemically. *Polymers*, 12.
- Park, S. H., & Kim, S. H. (2014). Poly (ethylene terephthalate) recycling for high value added textiles. *Fashion and Textiles*, 1(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40691-014-0001-x>
- Souissi, M., Khiari, R., Abdelwaheb, M., Zaag, M., Meksi, N., & Dhaouadi, H. (2022). Kinetics study of dyeing bicomponent polyester textiles (PET/PTT) using environmentally friendly carriers. *RSC Advances*, 12(4), 2361–2374. <https://doi.org/10.1039/d1ra08416j>
- Souissi, M., Khiari, R., Haddar, W., Zaag, M., Meksi, N., & Dhaouadi, H. (2020). Dyeing of innovative bicomponent filament fabrics (PET/PTT) by disperse dyestuffs: Characterization and optimization process. *Processes*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/PR8050501>
- Souissi, M., Khiari, R., Zaag, M., Meksi, N., & Dhaouadi, H. (2021). Ecological and cleaner process for dyeing bicomponent polyester filaments (PET/PTT) using ecological carriers: analysis of dyeing performance. *RSC Advances*, 11(42), 25830–25840. <https://doi.org/10.1039/d1ra04771j>
- Yang, Z., & Wang, F. (2016). Dyeing and finishing performance of different PTT/PET bi-component filament fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 41(4), 411–417.
- Yildirim, F. F., Avinç, O. O., & Yavaş, A. (2012). Poli (Trimetilen tereftalat) lifleri bölüm 2: Terbiye işlemleri. *Journal of Textiles and Engineer*, 19(88), 28–38. <https://doi.org/10.7216/130075992012198804>

## **Etkin Bir Karar Destek Sistemi ile Müşteri Seçimi ve Sipariş Takip Sistemi Geliştirilmesi**

**Araştırmacı Behiye Beste Aydın<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi

### **Özet**

İşletmelerin günümüzdeki rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmeleri ve ayakta kalabilmeleri kalite, verimlilik ve maliyete bağlıdır. İşgücü, makine, hammadde, finansman gibi kıt kaynakların etkin kullanılmasına bağlı olarak rekabet gücü korunmaktadır. Üretim planlama ve kontrol ile bu kaynaklar etkin kullanılabilir. Global pazarda teknolojinin ilerlemesiyle hızlı bir değişim söz konusu olmaktadır. Bunun beraberinde işletmelerin bu değişimi benimseyerek yeni fırsatları değerlendirmesi, verdikleri hizmetin yüksek düzeyde olması için yeni teknolojileri kullanmaları gerekmektedir. Rekabet, gelişen teknoloji ve küreselleşmeyle beraber problemler karmaşık hale gelmekte ve bu problemlerin çözümünde zekâ, uzmanlık ve doğru karar verebilme önem kazanmaktadır. Rekabet ve değişim ortamında değişen koşulları önceden tahmin edebilmek, hızlı yanıt verebilmek işletmelerin başarılı olmalarını sağlamaktadır. Bunların gerçekleşebilmesi için işletmelerin mevcut kaynaklarını verimli kullanması ve doğru zamanda doğru kararlar alabilmesi gerekmektedir. Doğru zamanda doğru kararların kişiye bağlı kalmaksızın verilmesi karara ulaşma süresini kısaltmaktadır. İşletmelerin karmaşık kararlarını çözmek için bilgi teknolojileri ile insan zekasının bütünleştirildiği bilgi sistemlerine karar destek sistemleri denilmektedir. KDS ile karar vericiye yön verilerek seçim kolaylaştırılmaktadır. Karar destek sistemleri karar verme aşamasında karar vericilere ihtiyaç duyulan alternatifleri sunarak karar verme sürecini hızlandırmaktadır.

Önceden tahmin edilemeyen değişimlere karşılık hazırlıklı olmak için tutulan stokların kullanımı imalat süreçlerinin her bir aşamasını bir diğerinden bağımsız kılarak, üretim olanaklarının daha ekonomik ve etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Böylelikle istenilen zamanda doğru malzemeye ulaşılmasıyla imalat süreci aksatmamakta ve müşteri talepleri vaktinde karşılanmaktadır. Kullanılacak malzeme miktarlarının bilinmesi, stok kontrolünün doğru bir şekilde yapılması; alınacak siparişlerin teslim süresinin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Çalışmada etkin bir karar destek sistemi ile müşteri seçimi ve alınması muhtemel yeni siparişler için optimum teslim süresi verilebilmesi amaçlanmıştır. Müşteri seçiminde önemli parametreler belirlenerek, her bir parametreye puan verilerek müşteri önceliği belirlenmiştir. Müşteri, stok durumu, proses süreleri, mevcut kapasite kullanımları ile veri tabanları oluşturulmuştur. Verilerin çekilmesiyle karar destek sisteminin karar vermesinde gerekli tüm veri ihtiyaçları karşılanarak, izlemesi gereken adımların yer aldığı bir algoritma geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Karar destek sistemleri, müşteri seçimi, siparişe göre üretim, teslim tarihi.

## ***Developing Customer Selection And Order Tracking System With An Effective Decision Support System***

### ***Abstract***

*The survival and survival of businesses in today's competitive environment depends on quality, efficiency and cost. Competitiveness is maintained depending on the effective use of scarce resources such as labor, machinery, raw materials and finance. These resources can be used effectively with production planning and control. There is a rapid change in the global market with the advancement of technology. In addition to this, businesses need to adopt this change and evaluate new opportunities, and use new technologies to ensure that the service they provide is at a high level. With competition, developing technology and globalization, problems become more complex and intelligence, expertise and right decision-making gain importance in solving these problems. Being able to anticipate changing conditions in a competitive and changing environment and to respond quickly enables businesses to be successful. In order for these to happen, businesses need to use their existing resources efficiently and make the right decisions at the right time. Making the right decisions at the right time, regardless of the person, shortens the time to reach the decision. Information systems in which information technologies and human intelligence are integrated to solve the complex decisions of businesses are called decision support systems. With KDS, the choice is facilitated by giving direction to the decision maker. Decision support systems accelerate the decision-making process by providing the alternatives needed to the decision-makers during the decision-making phase.*

*The use of inventories to be prepared for unpredictable changes makes each stage of the manufacturing process independent from the other, and ensures that production opportunities are used more economically and effectively. Thus, by reaching the right material at the desired time, the manufacturing process is not disrupted and customer demands are met on time. Knowing the amount of material to be used, stock control correctly; It is an important factor in determining the delivery time of the orders to be received.*

*In the study, it is aimed to provide optimum delivery time for customer selection and possible new orders with an effective decision support system. In customer selection, important parameters were determined and customer priority was determined by giving points to each parameter. Databases were created with customer, stock status, process times, current capacity usage. By pulling the data, all the data needs necessary for the decision support system to make a decision are met, and an algorithm has been developed that includes the steps to be followed.*

***Keywords:*** *Decision support systems, customer selection, make-to-order, delivery date.*

### **1. GİRİŞ**

Günümüz rekabet ortamında işletmelerin ayakta kalabilmeleri verimlilik ve maliyete bağlıdır. İş gücü, makine, hammadde ve finans gibi kıt kaynakların verimli kullanılmasına dayalı olarak rekabet gücü sağlanmaktadır. Bu kaynaklar üretim planlaması ve kontrolü ile verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

İşletmelerde imalat için gerekli üretim öğeleri; mamulleri hazır duruma getirebilmek için son işleme kadar birbirleriyle iş birliği içerisinde. Bu iş birliği önemli bir yönetsel faaliyet olan planlamayı gerektirmektedir. Etkin planlar oluşturan örgütler hedefleri doğrultusunda başarıya ulaşabilirler. Örgütler planlama çalışmalarında ilk olarak üretim planlamaya yönelirler. Üretim planlama ile işlere verilen terminlere uyum sayesinde müşteri memnuniyeti sağlanmış olur. Stok düzeylerinin istenen nicelikte ayarlanmasıyla üretim sürelerinin olabilecek en uygun şekilde kısaltılması sağlanarak müşteri taleplerine kısa sürede cevap verilebilmektedir. Plan/program doğrultusunda müşteriden gelebilecek farklı ve kazançlı işlerin alınması olanağı yaratılmaktadır.

İşletmeler müşterileriyle var olmaktadır. Güçlü ilişkilere sahip şirketler, rakiplerine göre rekabet avantajı sağlamaktadır. Firmanın müşterilere karşı ilgisizliği, müşteri şikayetlerinin çözüme kavuşturulamaması, müşterilerin daha düşük fiyatla başka firmaya yönelmesi vb. sebepler müşteri memnuniyetsizliğinin nedenleridir. Bu hoşnutsuzlukları en aza indirmenin potansiyel ticari faydaları

vardır. Müşteriler, işletme için değerleri ve beklentileri bakımından farklılık gösterir. Müşterileri işletmeye kattıkları değere ve ihtiyaçlarına göre kategorize etmek mümkündür. Bu bağlamda müşteri seçiminde karar vermeye yardımcı karar destek sistemlerinden faydalanmak işletmeler için önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışmada genel olarak değinilen müşteriye verilecek teslim tarihi konusunda alt etmenler açıklanarak çalışmaya yön verecek karar destek sistemlerinden bahsedilmiştir.

## **2. METARYAL VE YÖNTEM**

Çalışmanın bu bölümünde müşteri seçimi ve teslim tarihi verilmesi için geliştirilmesi hedeflenen, kavramsal model olan karar destek sistemleri açıklanmıştır.

### **2.1. Karar Destek Sistemleri**

Karar destek sistemleri gelişime açık ve gelişimi devam eden sistemlerdir. Teknolojinin sunduğu yenilikler ile içerisinde yeni kolaylıklar barındırmaktadır. Bu nedenle yapılan tanımlar bulunulan dönemlerin özelliklerine göre çeşitlilik ve farklılık göstermektedir.

Karar destek sistemleri karar vericinin analiz kabiliyetlerini artırıcı bilgi sunarak onları desteklemeyi, fırsatlar konusunda uyarılar yaparak tavsiyelerde bulunmayı ve yapısal olmayan kararlarda yardım sunarak problem çözümünü kolaylaştırmayı amaçlar (Holsapple, 1996).

Karar destek sistemlerinin tanımı yapılırken, “yarı-yapılı problem” kavramı önemli bir unsur olmaktadır. Yapılı problemler rutin ve tekrarludur ve belirsizlik içermezler (bu tür problemlerin tek bir çözüm yöntemi vardır). Daha az yapılı (yarı-yapılı) bir problemin alternatif çözüm yöntemleri vardır ve çözümler birbirine denk olmayabilmektedir. Tamamıyla yapısız bir problemin ise ya çözüm yöntemleri bilinmemektedir ya da etkin olarak değerlendirilemeyecek kadar fazla sayıda çözüm yöntemi mevcuttur (Tatlidil ve Özel, 2005).

Karar destek sistemleri problem çözme, değerlendirme, analiz etme ve problemin daha iyi anlaşılması için analist ve yöneticilere veri ve birçok kaynak sunarak kolaylık sağlamaktadır. Karar vericiler karar verme aşamasında veya öncesinde bilgileri analiz ederek, yorumlayarak ve değerlendirerek vakit kaybetmektedir. Bu sebeple karar destek sistemleri karar verme aşamasında karar vericilere ihtiyaç duyulan alternatifleri sunarak karar verme sürecini hızlandırmaktadır.

## **3. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **3.1. Müşteri Seçimi**

Çalışmanın öncelikli olarak amacı müşteri seçimi ve sipariş takip sistemi geliştirilmesinin yapılması, müşteri seçiminde ve alınması muhtemel siparişlerde teslim süresi öngörüsü oluşturacak bir uzman sistem tasarlanmasıdır. Böylece işletmenin mevcut kaynaklarını verimli kullanması ve doğru zamanda doğru kararlar alabilmesi amaçlanmıştır.

Müşteriler işletmeler için değer ve beklenti yönleriyle farklılık göstermektedir. Müşterileri firmaya sağladıkları değere ve ihtiyaçlarına göre sınıflandırmak mümkündür. Bu bağlamda müşteri seçiminde en önemli kriterler “parametreler” olarak belirlenerek, bu parametrelere puanlar verilmiştir. Sistemin karar vermesine yardımcı olacak, seçime yön verecek parametreler ve puanlama detayları aşağıda verilmiştir.

#### **1. Ödeme şartı var mı?**

Ödeme yapılmadığı takdirde imalat başlamamaktadır.

#### **2. Siparişin gecikmesi durumunda işletmeye verilecek cezai durum var mı?**

Siparişin gecikme durumu olmaması adına müşteriler teslim tarihini geçen süre için cezai tutar koyabilir.

**3. İşletme için ciro büyüklüğü olan bir iş mi?**

İşletme karlılığını yükseltmek amacıyla cirosu yüksek işler tercih edilebilir.

**4. Müşteri ilk veya daimi müşteri mi?**

Müşteri memnuniyetini arttırmak amacıyla daimi müşterilere öncelik verilebilir, ilk kez sipariş verecek müşteri için karşılıklı güven duygusu sağlanabilir. Böylelikle uzun süre devam eden veya edecek iş ilişkisi sağlanabilir.

**5. Müşterinin büyüme potansiyeli var mı?**

Büyüme potansiyeli olan müşteriler farklı yatırımlarda bulunarak yeni siparişler verebilir.

**Tablo 1. Puanlamalar**

Puanlama Kıstasları	Puanlama
Çok Yüksek	10
	9
Yüksek	8
	7
	6
Orta	5
	4
Düşük	3
	2
Çok Düşük	1

Her bir parametreye puan verilerek müşteri önceliği belirlenmesi amaçlanmıştır. Parametrelere 0 ile 1 arasında bir skalada ağırlık değerleri verilmiştir. Her bir puanın verilen ağırlıklar ile çarpılmasıyla müşteri seçimi önceliklendirmiştir.

**Tablo 2. Müşteri Seçimi**

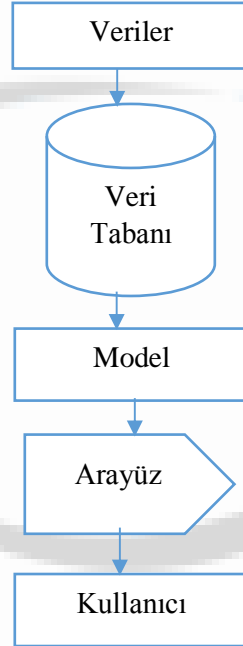
Müşteri Seçim Parametreleri	Ağırlık	1. Müşteri	Sonuç	2. Müşteri	Sonuç	3. Müşteri	Sonuç
Uygun ödeme koşulları	0,6	5	3	10	6	8	4,8
Cezai durum	0,5	1	0,5	1	0,5	10	5
Ciro potansiyeli	1,0	10	10	10	10	3	3
Uzun süre devam eden iş ilişkisi	0,7	3	2,1	10	7	6	4,2
Uzun süre devam etmesi planlanan iş ilişkisi	0,5	5	2,5	10	5	10	5
Müşteri büyüme potansiyeli	0,6	10	6	10	6	3	1,8
<b>Toplam Puan</b>			<b>24,1</b>		<b>34,5</b>		<b>23,8</b>

Müşteri seçiminde parametreler değerlendirildiğinde 2. müşteri önceliklendirilmiş, akabinde sırasıyla 1. ve 3. müşteri yer almıştır.

### 3.2. Algoritma ve Veri Tabanları

Geliştirilen sistemin termin süresi karar desteği verebilmesi için karar vermesine olanak sağlayacak, analiz yapmasına yardımcı alt yapısını oluşturan veri tabanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Öncelikli olarak üretilecek her mamulün malzemeleri için ürün ağaçları veri tabanı oluşturulmuştur. İmalat proses süreleri ve proseslerde kullanılan malzemeler belirlenerek proses süreleri ve proses bazlı malzeme veri tabanları oluşturulmuştur. Sistemin otomatik olarak stok kontrollerinin yapabilmesi için güncel stok miktarlarının yer aldığı veri tabanı oluşturulmuş, stokta bulunmayan malzemelerin tedarik sürelerinin analiz edilebilmesi için malzeme tedarik süreleri veri tabanı oluşturulmuştur.

Güncel kapasite doluluk oranlarının görülebilmesi için kapasite hesapları tanımlanarak imalat doluluk durumu incelenmiştir. Doluluk oranları hesaplanmasında asıl amaç kapasitenin ne kadarının kullanıldığını, normal mesai kapasitesi içerisinde aktif siparişler dışında çalışılabilecek ne kadar işçilik saati olduğunu, mesai yapılması gereken durumlarda ne kadar fazla mesai kapasitesi oluştuğunu görebilmektir. Geliştirilen sistemde veri tabanından yukarıda açıklanan verilerin çekilerek; bu veriler ile bir iş modeli kurularak kullanıma uygun bir karar destek sistemi hazırlaması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Karar Destek Sistemi Yapısı

Yazılan algoritmada teklif aşamasında olan sipariş için üretilmesi planlanan mamulün seçilmesiyle sistem ilk olarak müşteri seçimi konusunda belirlenen parametrelere karşılık verilen ağırlık değerleriyle her müşteriye puan vererek karar destek verecek, ilerleyen aşamada sırasıyla proses akışındaki proses sürelerini hesaplayarak ürün ağacı veri tabanından malzeme bilgilerini alıp proseste kullanılacak malzemeler için stok kontrolünü yapacaktır. Stokta bulunmayan malzemeler için malzeme tedarik süreleri veri tabanına giderek en uzun süren malzeme tedarik süresini hesaplayacaktır. Proses süresi ve malzeme temin süresini kıyaslayarak prosesin son bitiş tarihini verecektir. Algoritmanın ilerleyen aşamasında kapasite kullanım oranlarını veri tabanından alarak ve tüm veri analizlerini tamamlayarak üretim teslim tarihi verecektir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

İş çeşitliliğinin artmasıyla gelişen dünyada problemlerin artıyor olması, işletmelerin gelişim karşısında yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Bu bağlamda desteklere ihtiyaç duyulmasıyla karar destek sistemleri ortaya çıkmış olup, karar vericinin yükünü hafifleterek çözümler üretmektedir. Çalışma planına göre farklı şekilde dizayn edilen karar destek sistemleri ile doğru kararlar verilebilmektedir. Karar destek sistemlerinin başarısı karar vericinin en iyi kararı vermesinde doğrudan orantılıdır. Bu durumda karar destek sistemlerinin iyileştirilebilmesi için yardımcı algoritmalar kullanılmaktadır. Böylelikle karar destek sistemleri yardımcı algoritmalarla optimize işlemini yapmaktadır.

Müşterilerin işletmeler için taşıdığı önemden yola çıkılmasıyla, işletme ve müşteri arasındaki ilişkinin her iki taraf açısından fayda sağlayacak şekilde yakın hale gelmesi ve uzun dönemli olması önemli bir faktördür. İşletmeler müşterinin siparişini ne zaman teslim edeceklerini belirler ve müşteriye teslim tarihini planlar. Müşteriye beklenenden daha geç bir tarih verilirse sipariş iptal ettirebilir veya müşteri kaybedebilir.

Bilgi teknolojileri ve uzman sistemler, bir veri tabanı aracılığıyla müşteri önceliklendirme ve müşteri seçimi için kullanılabilir. Veriler doğru bir şekilde toplandığında ve sistematik olarak etkin bir şekilde analiz edildiğinde bu konuda çok faydalı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

Karar destek sistemi ile müşteri seçimi ve sipariş takip sistemi geliştirilmesini ele alan bu çalışmada, müşteri seçiminde ve alınması muhtemel siparişlerde teslim süresi öngörüsü oluşturacak bir uzman sistem tasarlanmıştır. Geliştirilen modelde müşteri seçiminde gerekli kriterler olan her bir parametreye ağırlık verilerek puan sistemiyle müşteri önceliği belirlenmiştir. İşletmenin ürün ağacı, mevcut stok ve malzeme bilgileri, proses süreleri, kapasite oranları bilgisayar ortamında değerlendirilerek, geliştirilen karar destek sistemi ile siparişin teslim edilmesi gereken optimum süre bilgisine dönüştürülmüştür. Böylelikle hem siparişlere teslim süresi ataması yapılarak üretim teslimat süresi karar desteği verilmiş hem de müşteri seçimi karar desteği verilmiştir.

#### KAYNAKÇA

Holsapple, Clyde W. ve Whinston Andrew B. (1996). *Decision Support Systems A Knowledge Based Approach*. New York: West Publishing.

Tatlıdil, H., & Özel, M. (2005). Firma Derecelendirme Çalışmaları Konusunda Çok Değişkenli İstatistiksel Analize Dayalı Karar Destek Sistemlerinin Kullanımı. *Bankacılar Dergisi*, 54, 46-58.