UBAK

16TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

SCIENCE AND ENGINEERING

11 - 12 MARCH 2023

Full Text Book

Tam Metin Kitabı

ANKARA BİLİM ÜNİVERSİTESİ

www.ubaksymposium.org

The 16th International Scientific Research Congress

- Science and Engineering –

16. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi

Fen ve Mühendislik Bilimleri

UBAK

11 - 12 March 2023

Ankara

Proceeding Book

Bildiri Tam Metin Kitabı

Editor

Prof. Dr. Bahri Bayram

Ankara 2023

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 Design / İç Tasarım

Mahmut Sami TEMİZ

First Edition / BirinciBasım / ©

March 2023 - Ankara

ISBN

978-625-8190-75-5

Asos Yayınevi

1st Edition 30 March 2023

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

E-Mail: asos@asosyayinlari. com

Web: www. asosyayinlari. com

İnstagram: https://www. instagram. com/asosyayinevi/

Facebook: https://www. facebook. com/asosyayinevi/

Twitter: https://twitter. com/Asosyayinevi

Ankara 2023

B O R A D S / K U R U L L A R

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 Üniverstesi
Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Adem KAYA, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Samet ÇELİK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Oğuz AKIN DÜZGÜN, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Aycan Mutlu YAĞANOĞLU, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Bekir GÜRBULAK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Abdülkerim DİLER, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Osman ÜNSAL BAYRAK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Okan DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Bahar BAYRAK Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Handan AKKAŞ, Ankara Bilim Üniversitesi
Arş.Gör. Dr. Zeynep GÜRBÜZ, 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. Recep AYDIN, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Yerlan ANDEASBAYEV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Doç. Dr. Muzaffer ATEŞ, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
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. Zübeyde BAYSAL, Dicle Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nurcan BERBER, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Ayhan BİNGOLBALİ, Yıldız Technik Üniversitesi
Doç. Dr. Cihan BOYRAZ, Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. M. Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Huseyin COLAK, Northeastern Illinois University
Prof. Dr. Bülent ÇAĞLAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent 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 ESENBUĞA, 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 HUSSAİN, 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 KİANİFARD, 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
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 Bilgehan POLATOĞLU, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet TOPAL, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Berrin TOPUZ, Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesı
Doç. Dr. Meryem SEFERİNOĞLU, Sinop Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih SEYİS, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Prof. Dr. Oleg SYNYUK, Khmelnitsky National University, Ukreine
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 YİLMAZ, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mithat ZEYDAN, İstanbul Medeniyet Üniversitesi

<u>Sekretary / Sekreterya</u>
Doç. Dr. Adem KAYA
Dr. Esra TÜRE

TAM METİNLER

PROCEEDINGS

İÇİNDEKİLER

Presentation ID / Sunum No:49

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Beyaz Hindiba (Cichorium İntybus), Çay (Camellia Sinensis), Meyan (Glycyrrhiza Glabra) ve Sarı Kantaron (Hypericum Perforatum) Bitki Özütleri Kullanılarak Yenilebilir Anti-Mikrobiyal Krem Eldesi.

Araştırmacı Gökalp Erkan[1] , Araştırmacı Zeynep Taviloğlu[1]
[1]Özel MEF Fen ve Teknoloji Lisesi

*Corresponding author: Gökalp ERKAN

ÖZET: *Bu araştırmada gıda maddesi olarak da tüketilebilen kakao ve shea yağları ile zeytinyağı; beyaz hindiba, çay, meyan kökü ve sarı kantaron ekstraktları ve nişasta kullanılarak yenilebilir anti-mikrobiyal krem elde edilmiştir. Elde edilen krem karışımın, insanda deri enfeksiyonlarının oluşumuna yol açan ve sağlığını olumsuz etkileyen E.coli (gram negatif) ve S. aureus (gram pozitif) bakterileri üzerindeki anti-bakteriyel etkisi streptomisin antibiyotik eklenerek karşılaştırıldığı disk difüzyon tekniği kullanılarak irdelenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler krem yapımında kullanılan özütlerin gram(-) ve gram(+) bakterilere örnek olarak seçilen patojenler üzerinde iyi bir anti-mikrobiyal etkisinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca elde edilen karışımla ilgili yapılan fiziksel parametrik analizler, karışımın endüstriyel olarak üretilen ve çeşitli amaçlarla kullanılan kremlere benzer renk, doku ve görünümde olduğu ortaya koymuştur. Bunlara ek olarak yapılan çalışmada ürünün en az 6 aylık bir raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, çalışmanın amacına uygun olarak yenilebilir anti-mikrobiyal kremin çeşitli hastalıklar sonucunda fırsatçı patojenlerin deride oluşan enfeksiyonlarda, enfeksiyonları önlemek ve cildin ihtiyaç duyduğu bakımı sağlamak için güvenle kullanılabileceğini göstermiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Yenilebilir, Krem, Anti-Mikrobiyal, Beyaz Hindiba, Çay, Meyan, Sarı Kantaron*

Production of Edible Anti-Microbial Cream Using White Chicory (Cichorium İntybus), Tea (Camellia Sinensis), Licorice (Glycyrrhiza Glabra), and St. John's Wort Extracts (Hypericum Perforatum).

ABSTRACT: *In this research, an edible anti-microbial cream was obtained by using cocoa, olive oil, and shea butter, which can also be consumed as food, and the extracts of white chicory, tea, licorice root, and St. John's Wort extracts, and starch. The antibacterial effect of the cream mixture on E.coli (gram-negative) and S. aureus (gram-positive) bacteria, which cause skin infections in humans and adversely affect health, was examined using the disc diffusion technique, in which streptomycin antibiotic was used. The data obtained in the study showed that the extracts used in cream production had a good anti-microbial effect on gram(-) and gram(+) bacteria selected as examples. Furthermore, the physical parametric analyzes of the mixture obtained revealed that the mixture was similar in color, texture, and appearance to the creams produced industrially and used for various purposes. In addition to these, it has been determined that the product has a shelf life of at least 6 months. This result showed that, following the purpose of the study, edible antimicrobial cream can be used safely in skin infections caused by opportunistic pathogens as a result of various diseases, to prevent infections and to provide the care needed by the skin.*

Keywords: *Edible, Cream, Anti-Microbial, White Chicory, Tea, Licorice, St. John's Wort*

GİRİŞ

Kozmetik, insanoğlunun cilt sağlığı ve güzelliği için kullandığı malzeme ve metotlar bütünü olarak tanımlanabilir (Çomoğlu, 2012). Dilimize Fransızca "cosmetique" kelimesinden gelen ve anlamı "güzellik müstahzarı" olan kelimenin asıl kökeni Yunancadır. Yunanca "κοσμέω (kosmeo)" düzenlemek, çeki düzen vermek, donatmak ve güzelleştirmek anlamlarına gelmektedir (Kartal, 2018). Her ne kadar kozmetik kelimesi ile akla ilk gelen makyaj ürünleri olsa da, bununla birlikte saçtan tırnağa kadar çok geniş bir yelpazede tedavi edici ürünleri de kapsamaktadır (Çakı ve ark., 2019). Bu sebeple bu alan dermatoloji, mikrobiyoloji, toksikoloji ve farmakoloji gibi disiplinlerle yakın etkileşim içindedir (Kurucu ve Demirel, 2006).

Eski Mısır uygarlıklarından beri kozmetik ürünlerinin elde edilmesinde çeşitli madenler, hayvansal ve bitkisel ürünler kullanılmaktadır ve bu ürünler saçtan deriye, dişten tırnağa kadar krem, solüsyon, pudra ve sabun formunda uygulanmaktadır (Çakı ve ark., 2019; Akhtar ve ark., 2011). Buna uygun olarak bu çalışmada yenilebilir krem yapımı için bitkisel ürünler seçilmiştir. Seçilen bütün bitkisel materyallerin projenin amacına uygun olarak oral yolla alındığında insan vücudunda toksin etki göstermemesine özen gösterilmiştir.

Kremler, cilde ya da mukozaya uygulanan yarı katı emülsiyon formundaki karışımlardır. Bu karışımlar içindeki yağlı ürünler deri tarafından emilerek cildi veya mukozayı nemlendirir. Bu şekilde uygulanan vücut bölgesi nemlendirilmiş olur (Edake, 2019).

Geçmişten günümüze kadar gelişen geleneksel tıp metotları, alopatik ilaç metotları üretilene kadar dünyada sağlık hizmetlerinde kullanılmaktaydı. Bu alopatik sistem modern biyoloji ve kimya bilgilerini kullandığından tıp çevrelerinde hızlı bir şekilde kabul görerek geleneksel yöntemlerin yerini almıştır (Ravindra ve Muslim, 2013). Buna rağmen geleneksel olarak hazırlanan ilaçlar, bu ürünlerin güvenli olduğu yönündeki genel izlenim ve alopatik metotlarla hazırlanan sistemlerdeki tek moleküllük etken maddelerin insan sağlığı üzerindeki diğer olumsuz etkileri sebebiyle hala kullanılmaktadır. Hatta son yıllarda bu tür uygulamalara ilgi giderek artmaktadır (Akhtar ve ark., 2011; Kurucu ve Demirel, 2006; Ravindra ve Muslim, 2013).

Deri, vücudun dış etkenlere karşı ilk savunma hattıdır ve dolaysıyla cilt sağlığı insan sağlığının bütünlüğü için çok önemlidir. Deri üzerinde doğal olarak yer alan ya da dış kaynaklı olarak gelen mikroorganizmalara karşın, cildin kendi bağışıklık özelliklerinden dolayı enfeksiyon gelişimi olmaz (Gül, 2016). Ancak yaşlanma, diyabet gibi cildin kurumasına neden olan hastalıklar ya da kemoterapi gibi genel bağışıklık baskılayıcı tedaviler cildin bu koruyucu özelliğinin azalmasına ya da ortadan kalkmasına yol açmaktadır. Bu şekilde cilt enfeksiyonlara açık hale gelmektedir (Çayırlı ve ark., 2012). Deri enfeksiyonlarına sebep olan mikroorganizmaların başınca gram (+) bir bakteri olan Staphylococcus aureus ve gram (-) bir bakteri Escherichia coli gelmektedir. Bu sebeple yapılan projede elde edilen kremin anti-bakteriyel özelliklerini test etmek için bu patojenler çalışmaya dahil edilmiştir.

Bu çalışmada, herhangi bir yan etkiye sahip olmayacak, diyabet ya da kemoterapi alan kanser hastalarında deri enfeksiyonlarını önleyecek, cildi doğal olarak nemlendirecek ve derinin koruyucu özelliklerini geri kazanmasına yardım edecek; anti-mikrobiyal, hatta yenilebilir bir krem yapımı amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilecek bu krem dış etkenlerin etkisiyle yaşlanacak olan cildin yaşlanma süresini geciktirerek kişilerin kendilerini psikolojik açıdan da iyi hissetmelerini sağlayacaktır.

Bu çalışmada üretilecek olan yenilebilir bitkisel krem içerisinde çeşitli bitkisel yağlar (kakao yağı, shea yağı ve zeytin yağı), Türkiye'de doğal olarak yetişen ve oral yolla da kullanılan çeşitli bitkilere [beyaz hindiba (Cichorium intybus), çay (Camellia sinensis), meyan (Glycyrrhiza glabra) ve sarı kantaron (Hypericum perforatum)] ait özütler ve çeşitli bitkisel ürünler (nişasta) kullanılacaktır.

Beyaz hidiba (Cichorium intybus) papatyagiller ailesinde yer alan çok yıllık otsu bir bitkidir ve ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Bitkinin kök, yaprak ve çiçekleri birçok ülkede sebze olarak tüketilmektedir. Ayrıca bitki içerdiği çeşitli tanen molekülleri sebebiyle geleneksel olarak iç parazitlerin neden olduğu hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Tilford, 1997). Ancak alanyazını incelendiğinde beyaz hindiba bitkisiyle bu çalışmada kullanıldığı şekilde yer aldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum yapılan bu çalışmanın özgün bir çalışma olduğunu göstermektedir.

Çay (Camellia sinensis) çaygiller ailesinde yer alan her dem yeşil çalı ya da bodur ağaç formunda ve ülkemizde Karadeniz bölgesinin, Doğu Karadeniz bölümünde doğal olarak yetişen bir bitkidir (Çiğdem ve Bayrak, 2003). Çay bitkisi yapraklarının tanen gibi anti-bakteriyel moleküller içerdiği bilinmektedir. Bitkiden elde edilen çeşitli etken maddelerin kozmetik sektöründe deri besleyici ve yaşlanmayı geciktirici etkisi olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Koch ve ark., 2019). Bu amaçla çay yapraklarından elde edilen ekstrat bu çalışmada elde edilen krem içeriğine eklenmiştir. Bu şekilde elde edilen kremin yaşlanmayı geciktirici bir etkisi olacaktır.

Meyan (Glycyrrhiza glabra) baklagiller ailesinde yer alan çok yıllık çalı ya da bodur ağaç formunda bir bitkidir. Ülkemizde baharatı ve şerbeti yapılarak içecek olarak kullanılan bir bitkidir (Aydın, 2008). Düşük dozlarda kullanıldığında insan sağlığı üzerinde olumlu etkisi olan meyan bitkisi kökünün yalnızca anti-bakteriyel değil aynı zamanda anti-fungal özelliğinin bulunduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Mamedov ve Egamberdieva, 2019). Meyan kökü özütü özellikle anti-fungal özelliği sebebi ile bu çalışmada kullanılmıştır.

Sarı kantaron (Hypericum perforatum) melez bir tür olarak sarıkantarongiller ailesinde yer almaktadır. Ülkemizde doğal olarak yetişen bitki özellikle deri olmak üzere birçok hastalığın geleneksel tedavisinde kullanılmaktadır (Bayram ve ark., 2004). Yüksek dozlarda harici olarak uygulandığında ya da oral alındığında ciddi alerjik etkilere yol açabilmesine rağmen çok fazla patojen bakteri üzerinde anti-bakteriyel özelliğine sahip olduğundan geleneksel tıpta kullanımı çok yaygındır (Schempp ve ark., 1999). Bu sebeple sarı kantaron ekstratına, bu çalışmada üretilecek olan kremin hem raf ömrünü uzatmak hem de beyaz hindiba özütünün sağlayacağı anti-bakteriyel etkiyi genişletmek amacıyla yer verilmiştir.

Bu projede elde edilecek olan yenilebilir anti-mikrobiyal krem yapımı için baz olarak kullanılmak üzere kakao yağı ve shea yağı seçilmiştir. Seçilen her iki bitkisel yağ çeşidi insan sağlığı açısından bir tehlike oluşturmamaktadır ve gıda endüstrisinde de yaygın kullanılan hammaddelerdir (Cisse ve Yemişçioğlu, 2019; Lovett, 2015). Kakao ve shea yağları oda sıcaklığında katı formda bulunmaktadır. Bu nedenle elde edilecek ürünün krem formunda olması için içerisine belirli bir oranda oda sıcaklığında sıvı olan zeytinyağı eklenmiştir (Edake, 2019; Ravindra ve Muslim, 2013). Kozmetik ürün olarak elde edilen kremlerin yağ ve su olmak üzere iki farklı fazı bulunmaktadır. Su fazı için genellikle deiyonize su yanında gliserin yaygın olarak kullanılmaktadır (Dhase ve ark., 2014). Bu çalışmada elde edilecek kremin yenilebilir olması amaçlandığı için gliserin bu çalışmada kullanılmamıştır. Buna ek olarak çalışmada emüglatör kullanılmayacağı için deiyonize suda da eklenmemiştir. Bunların yerine yağ fazının deride oluşturacağı yağlı hissi azaltmak için nişasta tercih edilmiştir. Nişastanın ayrıca emülsiyon ürünlerin stabilitesini de arttırdığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Agama-Acevedo ve Bello-Perez, 2017).

1. AMAÇ

Projenin amacı herhangi bir yan etkiye sahip olmayan, diyabet ya da kemoterapi alan kanser hastalarında deri enfeksiyonlarını önleyen, cildi doğal olarak nemlendiren ve derinin koruyucu özelliklerini geri kazanmasına yardım eden; anti-mikrobiyal, yenilebilir doğal bir krem üretmektir. Ayrıca elde edilen bu krem dış etkenlerin maruziyetiyle yaşlanan cildin yaşlanma sürecini yavaşlatarak, insanların kendilerini psikolojik açıdan da iyi hissetmelerini sağlayacaktır.

2. YÖNTEM:

Bu araştırma nicel araştırma yöntemlerinden biri olan deneysel yöntem kullanılarak yürütülmüştür (Ekiz, 2003). Yenilebilir anti-mikrobiyal krem, oral olarak aldığında toksin etkisi olmayan materyaller kullanılarak üretilmiştir (Dhase ve ark., 2014). Elde edilen kremlerin anti-bakteriyel etkileri disk difüzyon yöntemi ile incelenmiştir (Andrews, 2001). Ayrıca endüstriyel olarak üretilen kremlerle karşılaştırılmak üzere fiziksel parametrik özellikleri test edilmiştir (Ravindra ve Muslim, 2013; Sahu ve ark., 2011; Şenses, 2007).

2.1. Kullanılan Araç-Gereç ve Aygıtlar

Soxhlet ekstratör seti (150 mL'lik), etüv, pastör fırını, viskozimetre cihazı, distilasyon seti (alkolü ekstrattan ayırmak için), hassas terazi, manyetik karıştırıcı, balık, 250 mL'lik balon, krem kavanozları (20 mL'lik), sıcak su banyosu, kriztalazuvar, penset, mikser, buzdolabı ve 250 mL'lik beher cam.

2.2. Kullanılan Kimyasallar

Etil alkol, bitki ekstrat eldesi için 200 mL' kullanılmıştır. 200 gram kakao yağı, 200 gram Shea yağı, 100 mL zeytinyağı ve 10 gram nişasta krem yapımı için sarf edilmiştir (Mısır Çarşısından temin edilmiştir).

2.3. Bitkisel Materyal Eldesi

Çalışmada kullanılacak olan bitkiler Mısır Çarşısında bir aktardan 50şer gram olarak satın almıştır. Bütün ürünler küflenmemesi için kâğıt paketler içinde temin edilmiştir. Beyaz Hindiba ve Meyan kök, Çay yaprak ve Sarı Kantaron çiçek olarak alınmıştır. Bitkilerden daha verimli bir şekilde ekstre elde etmek için materyaller makas ile küçük parçalara ayrılmış ve daha sonra ise havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Elde edilen bitkisel tozlar 20şer gram olacak şekilde tartılarak hazırlanan sokshlet kapsüllerine yerleştirilmiştir. Kalan bitki örnekleri daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere ışık almayan ve nemsiz bir dolaba kaldırılmıştır.

2.4. Soxhlet Ekstratürü ile Beyaz Hindiba, Çay, Meyan ve Sarı Kantaron Bitkilerinden Özüt Eldesi

Hazırlanan bitki kapsüllerini yerleştirmek ve ektrasyon işlemi için deney düzeneği kurulmuştur. Sokshlet cihazı 150 mL kapasitede olduğu için 200 mL etil alkol 250 mL'lik beher cam ile ölçülerek sistemdeki balon içine dökülmüştür. 20 gram bitki tozu içeren kapsül sokshlet cihazı içine yerleştirilmiştir (Handali ve ark., 2011). Hazırlanan kapsüllerin sokshlet cihazının sifon kolonu geçmemesine özen gösterilmiştir. Isıtıcı alkolün kaynama noktası üzerine getirilerek (80°C) ve karıştırıcı 250 rpm'e ayarlanarak sistem çalıştırılmıştır (Handali ve ark., 2011). İlk elde edilen datalar sisteminin 20 dakikada bir sifon yaptığını göstermiştir. Buna bağlı olarak sistem 6 saat süresinde özüt elde etmek için çalıştırılmıştır.

2.5. Distilasyon Sistemi ile Elde Edilen Özütlerden Etil Alkolün Ayrılması

Etil alkol ile elde edilen bitki özütlerinden alkolü ayırmak için distilasyon sistemi hazırlanmıştır (Dhase ve ark., 2014). Alkol içindeki özüt sistemde 3 saat boyunca bekletilerek etil alkolün özütten ayrılması sağlanmıştır. Özüt içinde etil alkol kalmış olması ihtimali göz önünde bulundurularak özüt 80 °C dereceye ayarlanmış etüvde bir saat boyunca bekletilmiştir. Elde edilen son ürün krem eldesi için kavanozlara konarak saklanmıştır.

2.6. Krem Yapımı

Krem yapımı için belirlenen miktar 500 gram olarak belirlemiştir. Buna bağlı olarak ilk önce 200 gram kakao yağı ve 200 gram Shea yağı 40 °C dereceye ayarlanmış sıcak su banyosu içine yerleştirilmiş 1000 mL'lik beher cam içine konulmuştur. Sıvı hale gelen karışım içine 100 mL zeytin yağı eklenmiştir (Cisse ve Yemişçioğlu, 2019; Dhase ve ark., 2014; Handali ve ark., 2011; Lovett, 2015). Bir karıştırıcı ile materyaller karıştırıldıktan sonra karışım buz dolabının dondurucu bölümüne yerleştirilmiştir. Aralıklarla kontrol edilerek yağın üst kısmı kaymak oluşturana kadar beklenmiştir. Okul laboratuvarındaki buzdolabında bu formu elde etmek 30 dakika sürmüştür. Üzeri kaymak tutmuş olan karışım bir kez daha oda sıcaklığında yüksek hızda bir karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Buradaki amaç emüglatör kullanılmadan hazırlanan krem karışımının stabilizasyonunu arttırarak raf ömrünü uzatmaktır. Elde edilen kremin ciltte oluşturacağı yağlı etkiyi azaltmak için bu aşamada karışım içerisine 10 gram nişasta teraziyle tartılarak eklenmiştir (Agama-Acevedo ve Bello-Perez, 2017). Bir süre daha çırpma işlemi sürdürüldükten sonra karışım tekrar buzdolabının dondurucu bölümüne yerleştirilmiştir. Dondurucuda 10 dakika bekletilen karışım içerisine elde edilen bitki özütlerinden her 100 mL için ayrı ayrı 0,5 gram olacak şekilde eklendi ve krem karışımı tekrar oda sıcaklığında 10 dakika yüksek hızda bir karıştırıcıyla karıştırılmıştır (Cisse ve Yemişçioğlu, 2019; Dhase ve ark., 2014; Handali ve ark., 2011). Elde edilen kremler kavanozlara alınarak diğer analizler için saklanmıştır.

2.7. Anti-bakteriyel etki

2.7.1. Besiyerlerinin Hazırlanması

Patojen mikroorganizmaların ekimi için kullanılacak olan besiyeri Mueller Hinton (Merck 105437)'dur. Mueller Hinton besiyeri için 6,8 gr toz besiyeri 200 mL saf su içinde çözülmüştür. Daha sonra otoklavda

121°C'de 15 dakika sterilize edilip, 47°C'a soğutulmuştur. Hazırlanan besiyeri 60 mm'lik Petri kutularına 12,5'er mL dökülmüştür (Nworu ve Esimone, 2006; Yakupoğulları ve ark. 2006; Weintraub, 2007; Richard ve ark., 2012).

2.7.2. Mikroorganizmaların Ekimi

S. aureus (ATCC No. 29737) ve *E. coli* (ATCC No. 8739) suşları İstanbul Çapa Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji laboratuvarında rutin olarak kullanılan *E. coli* ve *S. aureus* suşlarından temin edilmiştir. Üniversite laboratuvarında teslim edilmek üzere suşlar serum fizyolojik içinde 2 koloni süspansiyonu şeklinde hazırlanmıştır. Bu suşların ekimi MEF Okulları laboratuvarında *E. coli* ve *S. Aureus* Mueller Hinton besiyerine yayma yöntemi ile laminar flow kullanılarak yapılmıştır (Sutcliffe, 1978; Yu ve ark, 2004; Weintraub, 2007; Watkins ve ark., 2012).

2.7.3. Bitki Özütlerinin ve Antibiyotik Disklerin Eklenmesi

Beyaz hindiba, çay, meyan ve sarı kantaron bitkilerinden elde edilen özütler anti-bakteriyel testlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Hazırlanan özütler 50 µl miktarında difüze ettirildiği 6 mm'lik diskler (non-impregnated disc) ile Strepromisin diski (10 mikrogram) bakteri ekiminin yapıldığı Mueller Hinton besiyerlerine sırası ile numaralandırılarak ekilmiştir (Bauer ve ark., 1966; Bonev ve ark., 2008). Strepromisin içeren diskler, test edilen her bakteri türünün duyarlılığını karşılaştırmak için referans olarak kullanılmıştır. Deney, her bir ekstrakt için üç kez tekrarlanmıştır.

2.7.4. İnkübasyon

Bakteri ekimleri yapılan, özüt içeren disklerin ve streptomisin disklerinin yerleştirildiği petri kapları 35-37°C'de 24 saat beklemek üzere etüve yerleştirilmiştir. İnkübasyon sonrası petriler tek tek incelenerek agar diskler etrafında oluşan inhibisyon zon çapı milimetrik bir cetvel yardımı ile ölçülerek tablo-1 üzerinde gösterilmiştir (Bauer ve ark., 1966).

2.8. Fiziksel Parametrelerin Analizi

2.8.1. Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi:

Yenilebilir anti-mikrobiyal kremin görünümü ürünün rengi, pürüzlülüğü ve dokusu göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir (Sahu ve ark., 2011; Şenses, 2007).

2.8.2. pH'nın Belirlenmesi:

Sağlıklı bir derinin pH'sı 5,5'tir ve cilt sağlığının sürdürülebilmesi için kullanılan kozmetik ürünlerin de bu pH değerini değiştirmemesi gerekmektedir (Gül, 2016). Bunun için elde edilen ürünlerden 5 gram terazi ile ölçülmüş ve 45 mL distile su içinde çözünmüştür. Elde edilen süspansiyonun pH değeri oda sıcaklığında dijital pH metre ile ölçülmüştür (Ravindra ve Muslim, 2013; Şenses, 2007).

2.8.3. Homojenliğinin Belirlenmesi:

Yenilebilir anti-mikrobiyal kremin homojenliği göz ve dokunma ile test edilerek belirlenmiştir (Sahu ve ark., 2011; Şenses, 2007).

2.8.4. Deriye Sürülme Kapasitesinin Belirlenmesi:

Sürülme kapasitesi, kremin deriye uygulanan bölgedeki yayıldığı alanı ifade etmektedir. Oluşturulan formülün terapötik etkisi aynı zamanda sürülme değerine bağlıdır. Bu nedenle hazırlanan kremin sürülme kapasitesinin belirlenmesi gerekmektedir (Şenses, 2007).

Bu sebeple iki cam slayt arasına yaklaşık 5 gr krem teraziyle ölçülerek uygulanır. 5 dakika süresince 1000 gram ağırlığındaki bir kütle cam slaytlar üzerine yerleştirilir. Presleme yapılırken iki cam slayt arasında homojen kalınlıkta bir film oluşmasına dikkat edilir. Bir makara sistemi yardımı ile üst cama 10 gram ağırlığındaki bir kütle uygulanarak cam slaytların birbirileri üzerinde kayması sağlanır ve üst cam slaydın alt cam slayt üzerinde 10 cm'lik yer değiştirmeyi kaç saniyede aldığı hesaplanır. Elde edilen veriler aşağıdaki formül yardımıyla kullanılarak ürünün sürülme kapasitesi hesaplanır (Şenses, 2007):

$$S = m \times L/t$$

S: Sürülme kapasitesi

m: Üst cam slaytı hareket ettiren kütlenin ağırlığı

L: Alt cam slayt üzerindeki hareket mesafesi

T: Hesaplanan süre

Bu ölçüm üç tekrar şeklinde yapılmıştır ve elde edilen dataların ortalama değerleri alınmıştır.

2.8.5. Lekeleme (Smear) Tipinin Belirlenmesi:

Bu test biyoloji kulübünde görev alan öğrencilerin sol elleri üzerin uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonrasında el üzerinde oluşacak görüntünün türüne göre ürünün çok yağlı, orta yağlı, az yağlı ya da yağsız olduğuna karar verilmiştir. (Kuchekar ve Bhise, 2012; Şenses, 2007).

2.8.6. Krem Tipinin Belirlenmesi:

Bu testle, elde edilen ürünün su ya da yağ yardımıyla seyreltilerek oluşan görünüme göre krem tipinin yağ içinde su tipi mi yoksa su içinde yağ tipi mi olduğuna karar verilir. Ancak bu çalışmada elde edilen krem için su fazı kullanılmadığı için elde edilen krem bu iki tip kremden farklı olması gerekmektedir (Şenses, 2007).

2.8.7. Viskozitenin Belirlenmesi:

Bu test için fizik laboratuvarında yer alan Brookfield marka viskozimetre cihazı kullanılmıştır. Ölçüm oda sıcaklığında ve 1 rpm sabit dönme hızda üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin ortalama değeri alınmıştır. (Ravindra ve Muslim, 2013; Şenses, 2007).

3. BULGULAR

3.1. Elde edilen bitki ekstratlarının ve üretilen kremlerin anti-bakteriyel analizi

Tablo-1 incelendiğinde farklı bitki özütlerinin inhibisyon zonlarının 7 mm ile 20 mm arasında değiştiği görülmektedir. Streptomisin antibiyotiğinin anti-bakteriyel etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda *E. coli* bakterileri için inhibisyon zonunun 15-25 mm arasında ve *S. aureus* bakterileri için inhibisyon zonunun 20-30 mm arasında olduğunu gözlenmiştir (Andrews , 2001; Nworu ve Esimone, 2006; WHO, 1961). Buna göre bu araştırmada kullanılan bitki özütlerinin inhibisyon zonları tablo-1'de olduğu gibi incelendiğinde gram negatif E. coli bakterileri ile gram pozitif *S. aureus* bakterileri üzerinde iyi bir antbakteriyel etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 1: *Beyaz hindiba, çay, meyan ve sarı kantaron bitkilerinden elde edilen özütlerinin ve Streptomisinin inhibisyon zonları*

Bitki Özütleri ve Streptomisin	*E.coli (gram negatif) inhibisyon zon çapı (mm)*			*S. aureus (gram pozitif) inhibisyon zon çapı (mm)*		
	Petri-1	Petri-2	Petri-3	Petri-1	Petri-2	Petri-3
Beyaz Hindiba	14	13	13	17	18	14
Çay	7***	11	10	9	9	13
Meyan Kökü	13	10	16	17	8***	14

Bitki Özütleri ve Streptomisin	*E.coli (gram negatif) inhibisyon zon çapı (mm)*			*S. aureus (gram pozitif) inhibisyon zon çapı (mm)*		
	Petri-1	Petri-2	Petri-3	Petri-1	Petri-2	Petri-3
Sarı Kantaron	17	15	20**	18	19**	11
Antibiyotik Disk*	**20***	**22***	**21***	**24***	**22***	**29***

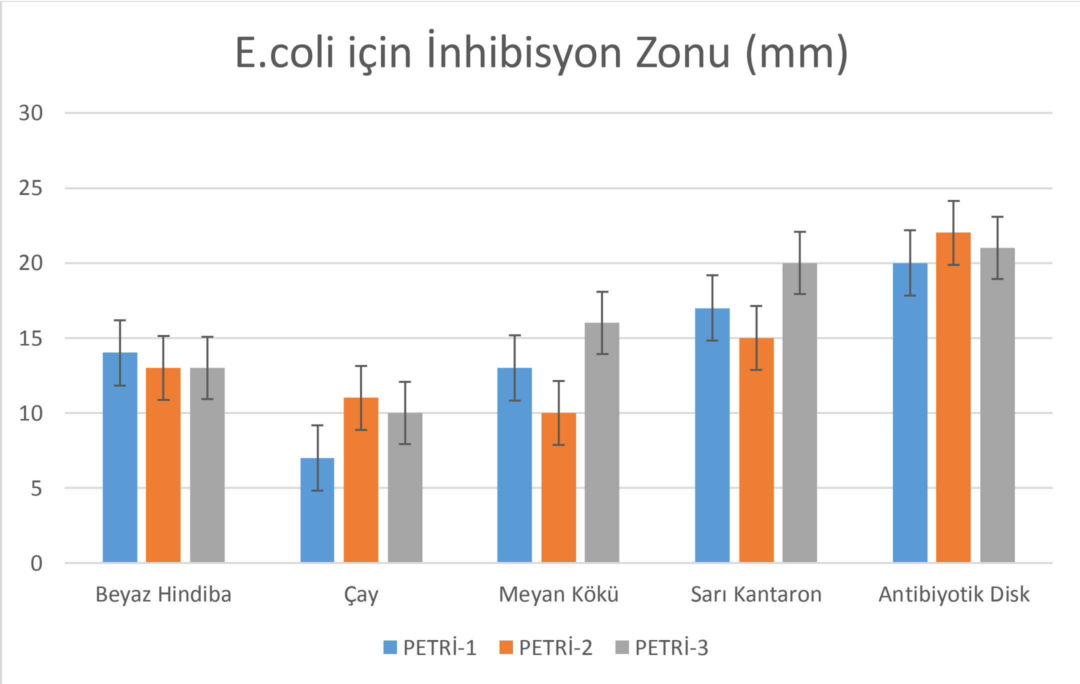
* Streptomisin disk (Streptomycin antibacterial sustainability disc): 10 mikrogram

** En yüksek değer

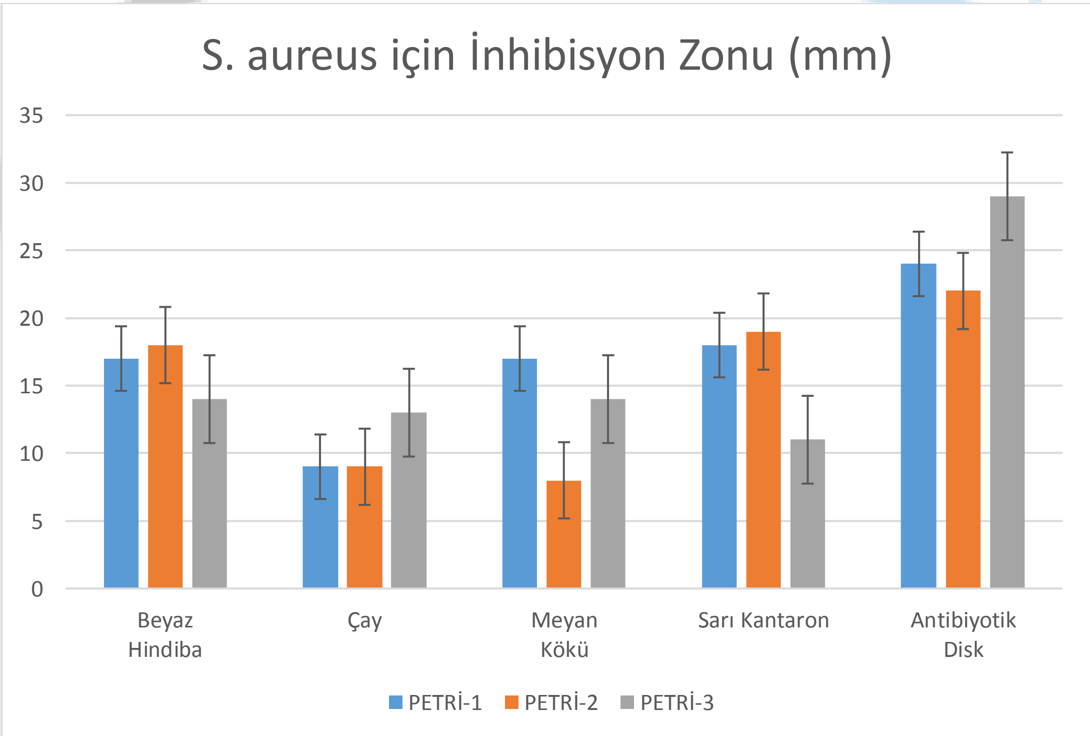
*** En düşük değer

Grafik-1'de olduğu gibi *E.coli* üzerindeki en zayıf anti-bakteriyel etkinin çay özütünün (7 mm), olduğu görülmektedir. Ancak 4 farklı bitki özütünün ortalama inhibisyon zon çapları hesaplandığında, bu değerin 9 mm'nin üzerinde (Beyaz Hindiba ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 13,3±0,6 mm; Çay ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 9,3±2,1 mm ; Meyan Kökü ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 13±3 mm ve Sarı Kantarın ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 19±2,5 mm) olduğu belirlenmiştir (Nworu ve Esimone, 2006). Tablo-1'deki veriler incelendiğinde *E. coli* üzerindeki en güçlü anti bakteriyel etkinin sarı kantaron ve ikinci sıra ise beyaz hindiba özütlerinde olduğu tespit edilmiştir (Sutcliffe, 1978; Weintraub, 2007).

Grafik-2'de görüldüğü gibi Beyaz hindiba, çay, meyan ve sarı kantaron bitkilerinden elde edilen özütlerinin *S. aureus* üzerinde etkisi incelendiğinde en zayıf anti-bakteriyel etkinin Meyan kökü özütü olduğu tespit edilmiştir. Fakat 4 farklı bitki özütünün ortalama inhibisyon zon çapları hesaplandığında, bu değerin 14 mm'nin üzerinde (Beyaz Hindiba ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 16,3±2,1 mm; Çay ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 14±2,3 mm; Meyan Kökü ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 15,5±4,5 mm ve Sarı Kantarın ekstratı ortalama inhibisyon zon çapı: 16±4,3 mm) olduğu belirlenmiştir (Nworu ve Esimone, 2006). Tablo-1 incelendiğinde *S.aureus* üzerindeki en güçlü anti-bakteriyel etkinin beyaz hindiba (19 mm) özütüne ait olduğu görülmüştür (Yu ve ark, 2004; Watkins ve ark., 2012).



Grafik-1: *E.coli üzerindeki farklı bitki özütlerinin ve Streptomisin antibiyotiğinin antibakteriyel etkisi (± standart sapma)*



Grafik-2: *S.aureus üzerindeki farklı bitki özütlerinin ve Streptomisin antibiyotiğinin antibakteriyel etkisi (± standart sapma)*

3.2. Elde edilen Yenilebilir anti-mikrobiyal kremin fiziksel parametrik analizi

Tablo-2'de yenilebilir anti-mikrobiyal kreme ait fiziksel parametrelerin analiz sonuçları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

3.2.1. Duyusal Özellikler:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin parlak-lekesiz beyaz renkte olduğu belirlenmiştir. Köpüksü bir görüntüsü olan kremin hoş bir kokusu olduğu tespit edilmiştir.

3.2.2. pH:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin pH değeri pH metre cihazıyla 5,9 olarak ölçülmüştür.

Tablo-2: *Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin fiziksel özellikleri*

Fiziksel Parametreler	**Gözlemler**
Görünüş	Parlak Beyaz, Lekesiz
pH	5,9
Homojenlik	Homojen, Kıvamlı, Pürüzsüz
Sürülme Kapasitesi	Kolay sürülebilir
Lekeleme Tipi	Çok yağlı
Krem Tipi	Yağlı
Viskozite	11.000 cP

3.2.3. Homojenlik:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin homojen, pürüzsüz ve kıvamlı bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir.

3.2.4. Deriye Sürülme Kapasitesi:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin sürülme kapasitesi 100 gr.cm/sn. olarak hesaplamıştır. Bu sonuç kremin kolay sürülebilir özellikte olduğunu göstermiştir (Ravindra ve Muslim, 2013; Şenses, 2007).

3.2.5. Lekeleme (Smear) Tipi:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal krem deri üzerinde yağlı bir tabaka oluşturduğu için çok yağlı özellikte bir krem olduğu tespit edilmiştir.

3.2.6. Krem Tipi:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal krem içeriğindeki yüksek miktardaki yağ dolayısıyla yağlı krem türleri arasında yer alması uygun görülmüştür.

3.2.7. Viskozite:

Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin viskozitesi oda sıcaklığında (25 ^{o}C) ortalama 11,000 cP olarak hesaplanmıştır.

Şekil-3: *Elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal kremin 6 ay sonundaki görünüşü. Sol görsel yenilebilir anti-mikrobiyal kreme, sağ görsel piyasan satın alınmış farklı bir kreme aittir.*

Bu projede elde edilen yenilebilir anti- mikrobiyal krem endüstriyel olarak üretilen ve çeşitli amaçlarla kullanılan kremlere benzer renk, doku ve görünümde olduğu tespit edilmiştir. İlk olarak Temmuz 2021'de üretilen kremler Kasım 2021'e kadar 6 aylık bir sürede gözlemlenmiştir. Bu süre içinde Yenilebilir anti-mikrobiyal kremde (Şekil-3):

a) Dokunun bozulması (yağların süspansiyon hale gelmesi),

b) Kokusunun değişimi,

c) Renk değişimi (bakteri ya da küf oluşumu) meydana gelmemiştir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA:

Bitkisel ürünler kullanılarak hazırlanan krem topikal olarak cilde uygulanabilir. Bu projede üretilen bu karışım istenirse gıda ürünü olarak da tüketilebilir. Çünkü üretimi yapılan krem amacına uygun olarak harici olarak ya da oral yolla alındığında insan sağlığını olumsuz etkileyecek bir madde içermemektedir. Aynı zamanda yapılan anti-bakteriyel testlerden elde edilen veriler kremin *E. coli* ve *S. aureus* gibi vücutta enfeksiyonlara neden olan patojenler üzerinde iyi bir anti-bakteriyel etkisi olduğunu göstermiştir (Çayırlı ve ark., 2012). Buna göre kakao yağı, shea yağı ve zeytinyağı; beyaz hindiba, çay, meyan kökü ve sarı kantaron özütleri ve nişasta kullanılarak hazırlanan karışım hem gıda maddesi olarak tüketilmek, hem de deri enfeksiyonlarını önlemek için cilde topikal olarak uygulanmak üzere uygundur.

Bu çalışmada elde edilen yenilebilir anti-mikrobiyal krem zengin besin öğelerine sahip olmasının yanında son derece basit bir yöntemle ve az miktarda ekipman kullanılarak üretilmiştir. Bu ürünün anti-mikrobiyal özelliğinin yanında, cildi besleyici ve yaşlanmayı geciktirici etkisi bulunmaktadır (Koch ve ark., 2019; Mamedov ve Egamberdieva, 2019; Schempp ve ark., 1999; Tilford, 1997). Bu ürün sağlıklı bireyler tarafından cilt sağlığının sürdürülmesinde ve bağışıklığının güçlendirilmesinde kullanılabilir (Çayırlı ve ark., 2012; Gül, 2016). Buna ek olarak derinin yaşlanma etkisini azalttığı için bireylerin psikolojisini de olumlu yönde etkileyecektir.

Yenilebilir anti-mikrobiyal kremin üretimindeki asıl amaç bu ürünün cildin nemini yitirdiği ve bağışıklığının azaldığı, diyabet hastalarında ya da vücut bağışıklığını baskılayan kemoterapi alan kanser hastalarında, oluşması mümkün deri enfeksiyonlarının önüne geçmek ve aynı zamanda derinin ihtiyaç duyduğu bakımın sağlanmasıdır. Elde edilen sonuçlar bu ürünün bu amaçlar için kullanılabileceğini göstermiştir.

Bütün bunlara ek olarak alan yazını incelendiğinde bu tür bir formülasyon kullanılarak hazırlanan ve yukarıda belirtilen amaçlar için kullanılan bir ürüne rastlanmamıştır. Bu durum yapılan bu çalışmanın özgünlüğüne işaret etmektedir.

5. ÖNERİLER:

Yenilebilir anti-mikrobiyal krem üretilmesi için seçilen bitkilerden elde edilen özütlerin yapısal özelliklerinin belirlenmesi için spektrofotometrik metot kullanılarak analiz yapılabilir. Bu şekilde özüt içinde hangi alifatik gruplar, alkol grupları, karboksilik asit, keton, ester, eter gibi organik grupların varlığı tespit edilebilir.

Yenilebilir anti-mikrobiyal krem üretilmesi için seçilen bitkilerden elde edilen özütler etil alkol kullanılarak sokshlet cihazıyla elde edilmiştir. Çalışma kapsamının artırılması için hekzan, su gibi farklı tipte çözücüler kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

Yenilebilir anti-mikrobiyal krem üretilmesi için seçilen bitkilerden elde edilen özütleri anti-bakteriyel özellikleri test edilmiştir. Meyan kökü özütünün alan yazınında anti-fungal özellikte olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple yapılan çalışmada elde edilen kremin anti-fungal özellikte olduğu ifade edilmiştir. İleri bir çalışma olarak diğer bitki özütlerinin de anti-fungal özellikleri test edilebilir.

El ve vücut kullanımı için tasarlanan yenilebilir anti-mikrobiyal kremin yüz gibi hassas cilt bölgeleri için kullanımı dermatolojik olarak test edilerek, kremin hangi vücut bölgeleri için kullanımının uygun olduğu belirlenebilir.

6. KAYNAKLAR:

Agama-Acevedo, Edith, and Luis A. Bello-Perez. "Starch as an emulsions stability: the case of octenyl succinic anhydride (OSA) starch." *Current Opinion in Food Science* 13 (2017): 78-83.

Akhtar, Naveed, et al. "Evaluation of various functional skin parameters using a topical cream of Calendula officinalis extract." *African journal of Pharmacy and Pharmacology* 5.2 (2011): 199-206.

Andrews, Jennifer M. "The development of the BSAC standardized method of disc diffusion testing." *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 48.suppl_1 (2001): 29-42.

Aydın, B. D. "Bazı tıbbi bitki ve baharatların gıda patojenleri üzerine antibakteriyel etkisinin araştırılması." *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi* 14.1 (2008): 83-87.

Bayram, E., et al."Farklı kökenli bazı Sarı kantaron (Hypericum perforatum L.) populasyonlarının verim ve kalite özellikleri." *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 41.2 (2004).

Cisse, Vassiriki, and Fahri Yemişçioğlu. "Cacao butter and alternatives production." *Cukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 34.1 (2019): 51-60.

Salih, P., Kaplan, N. E. ve Çakı, M. N.. "Lavandula Stoechas (Karabaş Otu) Bitki Özütünden Kozmetik Ürün Eldesi." *Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 1.1 (2019): 24-37.

Çayırlı, Mutlu, et al. "Diyabetik hastalarda deri belirtileri Skin symptoms in patients with diabetes." *Smyrna Tıp Dergisi* 2 (2012): 43-47.

Çiğdem Eda ve Ali Bayrak. "Siyah Çayların Aroma Maddeleri Üzerine bir Araştırma." (2003): *Gıda* 28.4.

Çomoğlu, Tansel. "Kozmetikler." *Marmara Pharmaceutical Journal* 16.1 (2012): 1-8.

Dhase, Ashwini S., Somishwar S. Khadbadi, and Shweta S. Saboo. "Formulation and evaluation of vanishing herbal cream of crude drugs." *Am J Ethnomed* 1 (2014): 313-8.

Edake, Ashitosh Chandrakant, et al. "Development and evaluation of polyherbal foot care cream." *International journal of advance research, ideas and innovations in technology* (2019).

Gül, Ülker. "Derinin Sık Görülen Bakteriyel Enfeksiyonları." *Ankara Medical Journal* 16.1 (2016).

Handali, Somayeh, et al. "Formulation and evaluation of an antibacterial cream from Oxalis corniculata aqueous extract." (2011): 225-260.

Kartal, Numan. "Türkçedeki yabancı sözcüklerin açıklamalı sözlüğü." *Pegem Atıf İndeksi* (2018): 001-721.

Koch, Wojciech, et al. "Applications of tea (Camellia sinensis) and its active constituents in cosmetics." *Molecules* 24.23 (2019): 4277.

Kuchekar, Shantanu, and Kiran Bhise. "Formulation and development of antipsoriatic herbal gelcream." (2012).

Kurucu, S., and M. Demirel. "Kozmetik preparatlarda kullanılan bitkiler ve formülasyon özellikleri." *Turkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences* 2.17 (2006): 47-56.

Lovett, P. N. "Shea butter: Properties and processing for use in food." *Specialty oils and fats in food and nutrition*. Woodhead Publishing, 2015. 125-158.

Mamedov, Nazim A., and Dilfuza Egamberdieva. "Phytochemical constituents and pharmacological effects of licorice: a review." *Plant and human health, Volume 3: Pharmacology and therapeutic uses* (2019): 1-21.

Miller, Paul Rozin. "A teaspoon of sewage will spoil a barrel of wine, but a teaspoon of wine will do nothing for a barrel of sewage." *Sensing the World: An Anthropology of the Senses* (2020): 229.

Ravindra, R. P., and P. K. Muslim. "Comparison of physical characteristics of vanishing Cream base, cow ghee and shata-dhautaghrita as per pharmacopoeial standards." *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 4.4 (2013): 14-21.

Sahu, A. N., S. Jha, and S. D. Dubey. "Formulation and Evaluation of curcuminoid based herbal face cream." *Indo-Global Journal of Pharmaceutical Sciences* 1.1 (2011): 77-84.

Schempp, Christoph M., et al. "Antibacterial activity of hyperforin from St John's wort, against multiresistant Staphylococcus aureus and gram-positive bacteria." *The Lancet* 353.9170 (1999): 2129.

Şenses, Funda. "El kremi üretiminde kullanılan yüzey aktif maddelerin kremin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri." (2007).

Tilford, G. L.. Edible and medicinal plants of the West. Mountain Press Publishing, (1997): 154-157.

Presentation ID / Sunum No:73

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6764-7349

Kaliks"4"aren Furfuryamid Türevinin Sentezi ve İnsan Prostat Kanseri Hücreleri (Pc3) İle Fare Fibroblastik Hücreleri (L929) Üzerindeki Sitotoksik Etkisinin Değerlendirilmesi

Araştırmacı Gamze Yıldırım[1] , Inst.Öğr. Gör. Dr Fatih Özcan[1] ,
Dr. Öğretim Üyesi Pembegül Uyar Arpacı[1]
[1]Selçuk Üniversitesi

*Corresponding author: Gamze Yıldırım

ÖZET: *Sağlıklı hücrelere zarar vermeden sadece kanserli hücreleri hedef alabilen ilaç taşıyıcı sistemler kanser tedavisinde çok önemlidir. Supramoleküler Kaliksaren bu açıdan oldukça ümit verici bir adaydır ve hedefe yönelik tedavi için ilaç taşıyıcı sistem olarak kullanılabilecek bir formülasyona sahiptir. Kaliks[4]aren, uygun prosedürler kullanılarak farklı konumlarda bir Furfuryamid grubu ile işlevselleştirildi (5,11,17,23-Tetra-tert-bütil-25,27-bis-Furfuryamid-26,28-dihidroksi kaliks[4]aren). Sentezlenen bileşiğin yapısı, 1H-NMR ve FT-IR ile karakterize edildi. PC3 ve L929 hücre hatları 96 kuyucuklu plakalara ekildi, %0.1 DMSO kullanılarak hazırlanan Kaliks[4]aren furfuryamid 24-48-72 saat için 8-1000 µM/ml konsantrasyonlarda seri dilüsyon uygulandı. Sitotoksisite sonuçları kolorimetrik olarak XTT yöntemi ve mikroskobik yöntemlerle değerlendirildi. Bu çalışmada bildirilen sonuçlar, Kaliks[4]aren Furfuryamid 'in bir ilaç dağıtım sistemi olarak in vitro sitotoksisitesinin, etkili ve güvenli kanser tedavisi için umut verici bir yaklaşım sunduğunu göstermiştir.*

Anahtar Kelimeler: *İlaç Taşınımı; Kaliks4"aren Furfuryamid; L929; Pc3*

Synthesis of Calyx"4"arene Furfuryamide Derivative and Evaluation of İts Cytotoxic Effect On Human Prostate Cancer Cells (Pc3) With Mouse Fibroblastic Cells (L929)

ABSTRACT: *Drug delivery systems that can target only cancerous cells without harming healthy cells are very important in cancer treatment. Supramolecular calix[4]arene is a very promising candidate in this respect and has a formulation that can be used as a drug delivery system for targeted therapy. Calyx[4]arene was functionalized with a Furfuryamide group at different positions using appropriate procedures (5,11,17,23-Tetra-tert-butyl-25,27-bis-Furfuryamide-26,28-dihydroxy calix[4]arene). The structure of the synthesized compound was characterized by 1H-NMR and FT-IR. PC3 and L929 cell lines were cultivated in 96-well cell culture dishes, Calyx[4]arene Furfuryamide prepared using 0.1% DMSO was applied in serial dilutions at 8-1000 µM/ml concentrations for 24-48-72 hours. Cytotoxicity results were evaluated colorimetrically the XTT method and microscopic technique. The results reported in this study showed that the in vitro cytotoxicity of Calyx[4]arene Furfuryamide as a drug delivery system offers a promising approach for efficient and safe cancer therapy.*

Keywords: *Drug Delivery; Kaliks"4"arene Furfuryamide; L929; Pc3*

1. INTRODUCTİON

Cancer is one of the biggest global threats to human health. Although chemotherapy is an effective way to treat cancer, most chemotherapeutic drugs show non-selective toxicity to cells, which not only causes systemic side-effect reactions, but also reduces the effectiveness of treatment (D. Shetty, 2019). Morever, many anticancer drugs (such as paclitaxel, doxorubicin, and curcumin) have poor water solubility and low stability, further limiting their effectiveness during clinical treatments (Fan, 2021). Drug carriers have the potential to solve these problems. An ideal drug carrier can specifically target cancer cells, release the drug slowly, and minimize the drug's side-effect reactions (Lebron et al., 2021). Supramolecular approaches have been frequently preferred in the literature as drug delivery systems and have attracted great interest among researchers in various disciplines. Supramolecules can encapsulate different anticancer drugs through host-guest interactions or self-assembly processes, and these supramolecules could be used in drug/gene delivery and bioengineering studies among potential applications (Webber & Langer, 2017). Calixarenes are third generation supramolecular compounds. Calixarene supramolecules have a hydrophobic cavity with adjustable size and conformation, and the upper and lower edges of these molecules can be functionalized as required. Therefore, compared to crown ethers and cyclodextrins, calixarenes have the added advantage that the self-assembly process (and subsequent structure) can be more easily controlled. Kalixarene molecules can not only assemble into molecular clusters of different order, but also aggregate into clusters with different morphologies with metals, metal ions, non-metal oxides, and organic molecules. These clusters have been used to identify biomolecules such as sugars, amino acids, peptides, proteins and nucleic acids, as well as to load and transport different drug molecules (Basilotta et al., 2021). Calixarenes are a family of bowl- or cone-shaped synthetic supramolecular macrocycles composed of phenol units and an aldehyde linked by methylene bridges. In this work, we focus on Supramolecular approaches to design more complex in vitro systems that mimic the complex environment of natural tissues. In parallel, it is important to note that the structural and textural properties of fabricated biomaterials, as well as material chemistry, determine cell response. For this purpose, 5,11,17,23-Tetra-tert-butyl-25,27-bis-Furfuryamid-26,28-dihydroxy Calix[4]arene, a derivative of calix[4]arene, was synthesized. Cytotoxic analyzes were performed using the synthesized calix[4]arene-derived prostate cancer cell line (PC3) and Mouse Fibroblastic cell line (L929).

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Synthesis of 5,11,17,23-Tetra-tert-bütil-25,27-bis-Furfuryamid-26,28-dihidroksi Calix[4]arene

P-tert-butylcalix[4]arene compounds with different functional groups were synthesized using appropriate procedures. It was obtained as a result of the condensation reaction of formaldehyde and phenol compounds in basic medium (Figure 1). 2.13 g of the diester compound synthesized in the second step is weighed and dissolved in (2.5 mmol CH2Cl2 :CH3OH dichloromethane (45 ml/45 ml) 15 mmol furfurylamine is added. The reaction is stirred at room temperature for 48 hours on a magnetic stirrer. Each step of the reaction was analyzed using ^{1}H-NMR and FT-IR Spectrum.

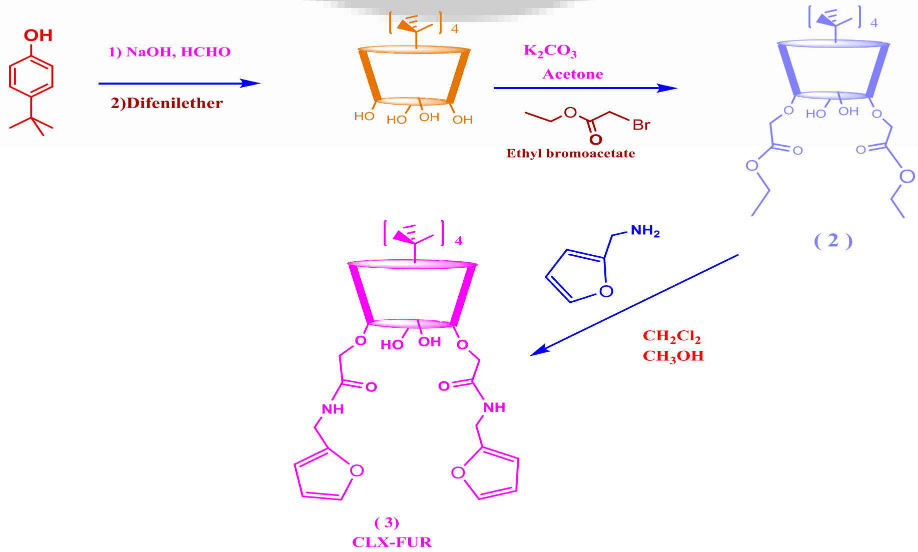


Figure 1: Synthesis of 5,11,17,23-Tetra-tert-bütil-25,27-bis-Furfuryamid-26,28-dihidroksi Calix[4]arene.

2.2. Cell Culture

Cytotoxic analyzes of calix[4]arene derivative prostate cancer cell line (PC3) and Mouse fibroblastic cell line (L929) were used. RPMI 1640 containing 10% (v/v) fetal bovine serum (FBS) and 2 mM L-glutamine, was used as the culture medium for the PC3 cell line. Gentamicin (1mg/ml) was added to the medium to prevent bacterial infection. DMEM High glucose containing 10% (v/v) fetal bovine serum (FBS) was used as the culture medium for the L929 cell line. To prevent bacterial infection was added to the medium. Cells were grown to perform the planned studies in an incubator at 37℃, 5% CO2 (Fig.2).

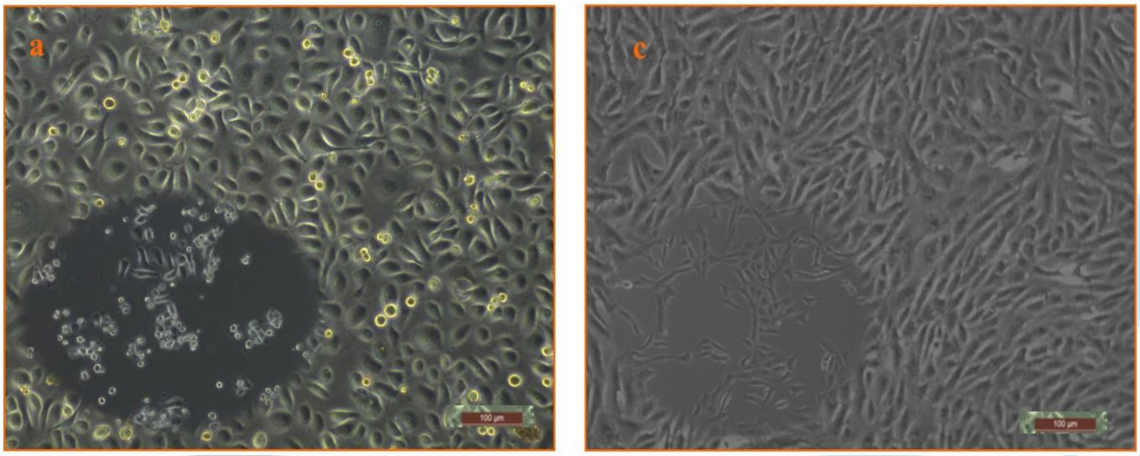


Figure.2: Invert Microscope (10X) İmage of Prostate Cancer Cell Line PC3 (A), Mouse Fibroblastic Cell Line L929 (B).

2.3. Cytotoxicity Analyzes

XTT method was used for cytotoxicity studies. XTT solution (2,3- bis [2 – methoxy – 4 – nitro – 5 - sulfophenyl] – 2H – tetrazolium – 5 – carboxyanilide salt) is based on the reduction of tetrazolium salts to colored formazone compounds depending on cell viability (active mitochondria). The reduced formazone compounds are water soluble and the compound density can be measured at wavelengths determined spectrophotometrically, and this density is directly proportional to the number of metabolically active cells (fig.3) (Zengin et al., 2015). During the study, the determined cell lines were seeded in 96-well cell culture dishes and the calix[4]arene derivative was applied using the serial dilution method starting from a concentration of 1000 µM/ml. 24-48-72 hours were determined as incubation times. XTT was applied to the groups whose incubation was completed in an oven with 5% CO2 at 37℃ and incubated for 5 hours. After 5 hours of incubation at 37 ℃, the optical density of the chromogenic product resulting from dissolution of formazan crystals produced by mitochondrial enzymes of living cells was measured at 460 nm with a 96-well plate reader (BioTek Epoch). Inhibition of cell proliferation and IC_{50} (inhibitor concentration 50) values were determined for each cell line.

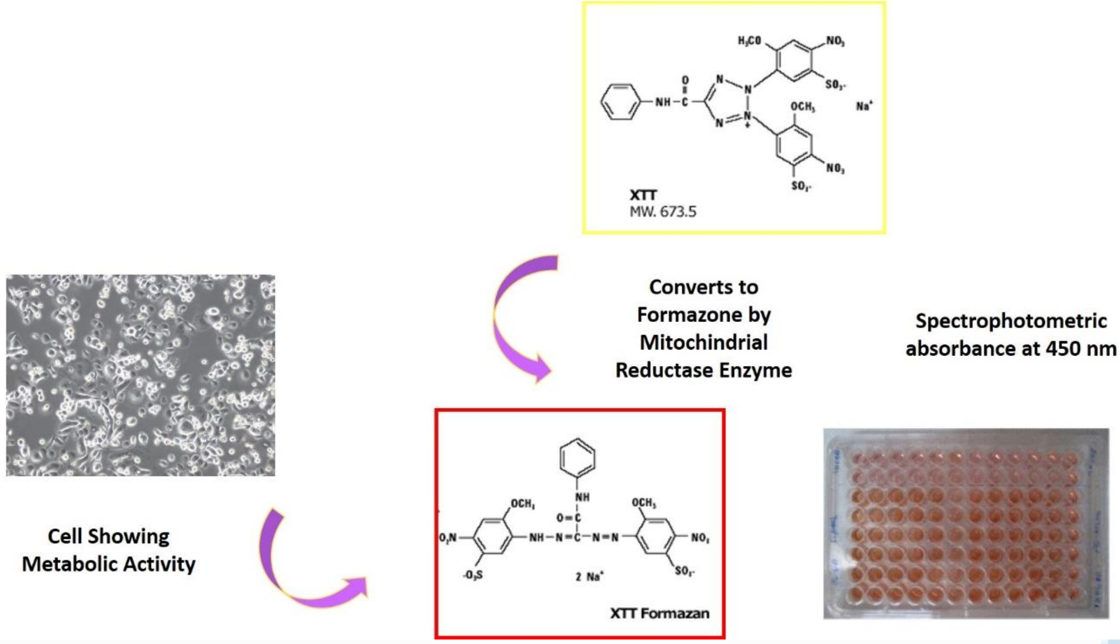


Figure 3. Principle of XTT Method.

3. RESULTS

3.1. Characterization of 5,11,17,23-Tetra-tert-butyl-25,27-bis-Furfuryamide-26,28-dihydroxy Calix[4]arene

The reaction is followed by ^{1}H-NMR and FT-IR to observe the conversion of the starting materials to the product (EtOAc:n-hexane, 1:1). In addition, conversion of the ester carbonyl band at 1751 cm-1 to the amide carbonyl band at 1661 cm-1 CLX-FUR was observed in reaction FT-IR spectroscopy (Fig.4).

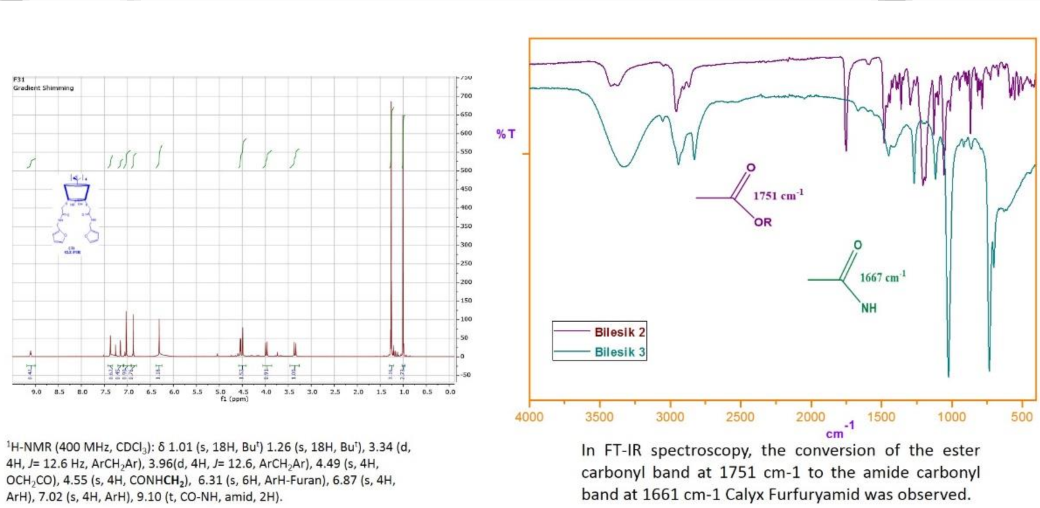


Figure 4. ^{1}H-NMR and FTIR Analysis.

3.2. Cytotoxicity analyzes

As a result of the XTT we performed for cytotoxicity analyzes, the IC50 concentration that killed 50% of the cells could not be calculated for the incubation periods of 24-48-72 hours in PC3 and L929 cell lines. In other words, no death was observed even at 1000 µM/ml, which is the highest concentration for the substance used. There was no cytotoxic effect of the applied calc[4]arene derivative (Fig.5). It was also photographed using an invert microscope (10X) at the end of the incubation periods before the XTT analysis (Fig. 6ab). The % cell viability graph in the XTT method applied in our research and the microscope images displayed are in harmony with and support each other.

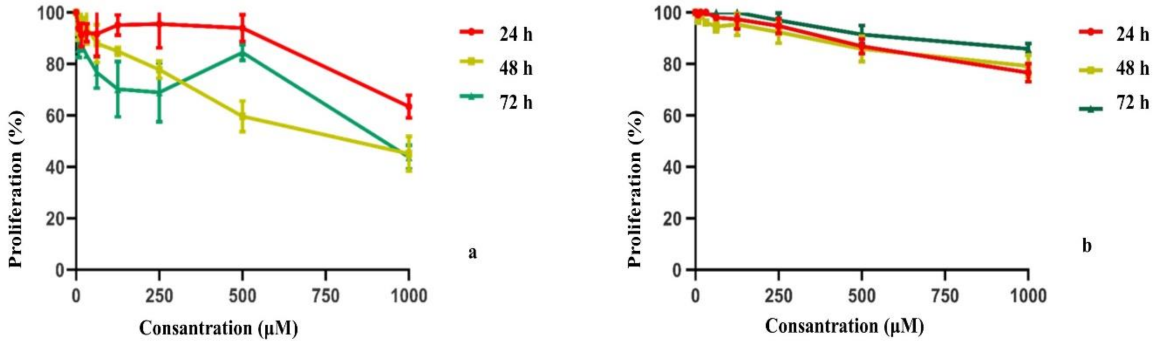


Figure 5. PC3 Cell Line % Proliferation (A), L929 Cell Line % Proliferation.

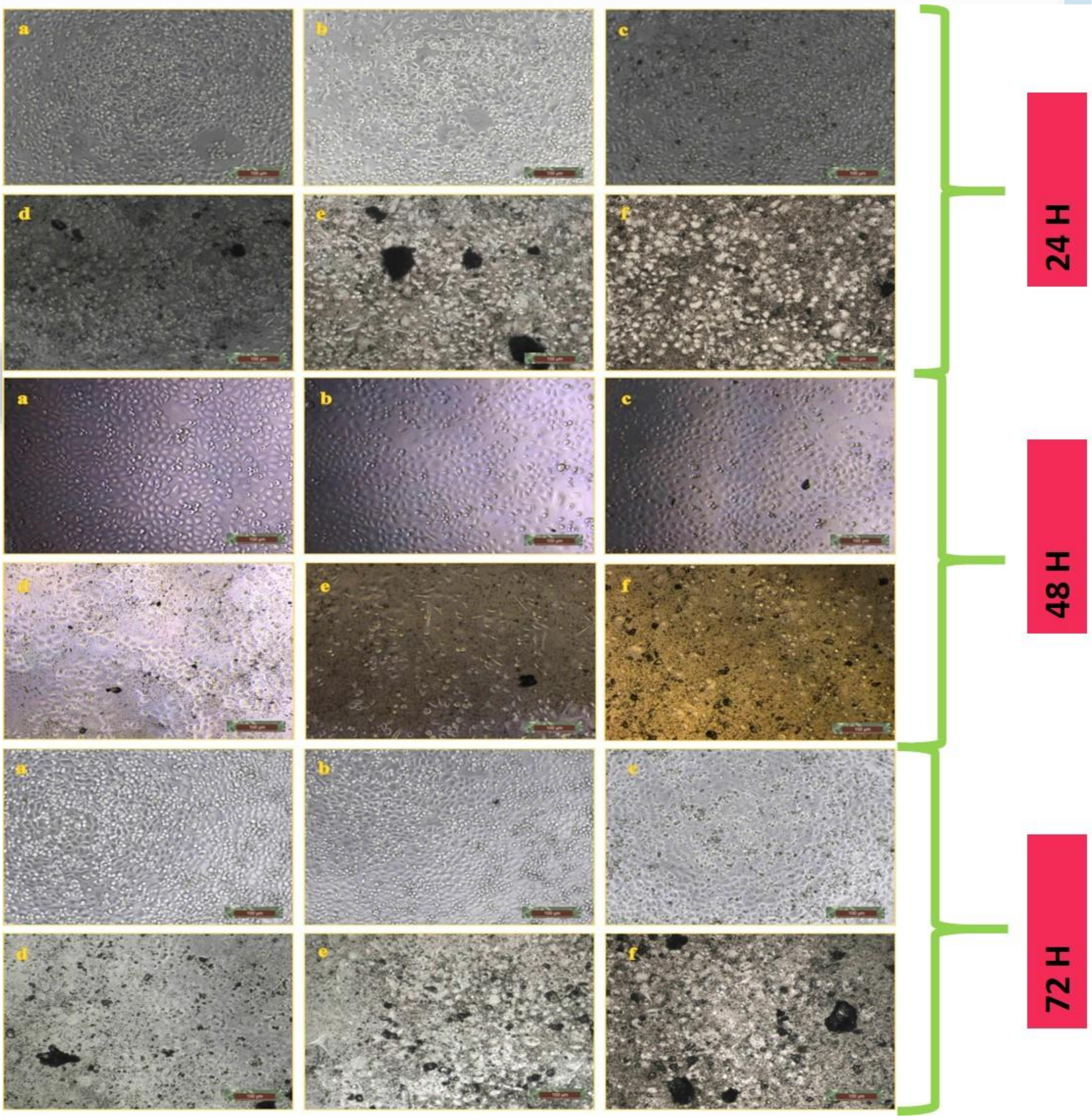


Figure 6a. Invert Microscope (10X) Images of The PC3 Cell Line After 24-48-72 Hours of Incubation Before XTT Application. a) Control, b) 8 µM, c) 62.5 µM, d) 250 µM, e) 500 µM, f) 1000 µM.

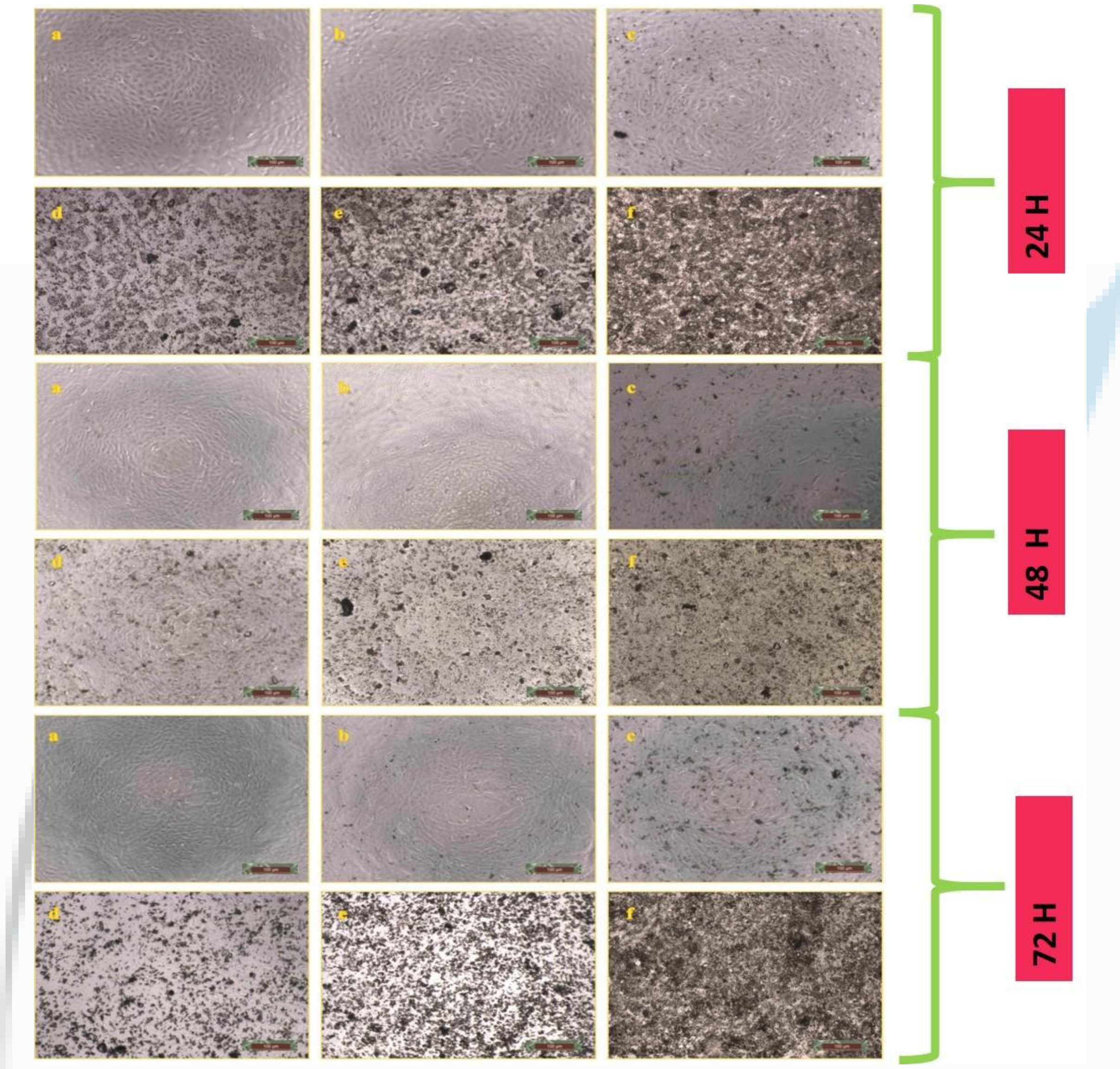


Figure 6b. Invert Microscope (10X) İmages of L929 Cell Line After 24-48-72 Hours İncubation Before XTT Application. A) Control, B) 8 µM, c) 62.5 µM, d) 250 µM, e) 500 µM, f) 1000 µM.

4. CONCLUSİON

Calixarenes are frequently studied as drug delivery vehicles in the literature. Lebron et al. (2021) In their study, they wanted to investigate whether calixarene-based liposomes improve their use as nano delivery systems compared to bare calixarenes. He states that thanks to their unique structural properties, calixarene-based liposomes can provide hybrid systems that will result in non-viral vectors with synergistically enhanced cell transfection properties. More suitable calixarenes for the preparation of calixarene-based liposomes have been reported as amphiphilic ones. Calixarene-based liposomes were prepared for the delivery of genetic material and doxorubicin (Lebron et al., 2021). Xu et al. (2022) In this study, an integrated nano-drug delivery system with calixarene is presented that enables tumor-targeted delivery and in vivo monitoring of anti-cancer drugs. Hypoxia-sensitive calixarene exhibits high binding affinity to a number of anti-cancer drugs and rhodamine B (RhB) under normoxic conditions, while reducing its binding affinity under hypoxic conditions, leading to drug release and fluorescence, with concomitant recovery observed. Moreover, the hypoxia-responsiveness of hypoxia-responsive calixarene carries nano drug delivery system with tumor targeting ability, resulting in enrichment of the drug in tumors and increased tumor suppression in mice. In addition, the drug delivery system could become a generic platform that allows the delivery of a wide variety of anti-cancer drugs with strong host-guest interactions with hypoxia-sensitive calixarene (Xu et al., 2022).

In our study, the fact that the Kalixarene derivative does not have a cytotoxic effect on both healthy and cancer cells proves its usability as a drug carrier vehicle.

REFERENCES

Basilotta, R., Mannino, D., Filippone, A., Casili, G., Prestifilippo, A., Colarossi, L., . . . Campolo, M. (2021). Role of Calixarene in Chemotherapy Delivery Strategies. *Molecules*, *26*(13). doi:10.3390/molecules26133963

D. Shetty, T. S., M.A. Olson, A. Trabolsi. (2019). Self-assembly of stimuli-responsive imine-linked calix[4]arene nanocapsules for targeted camptothecin delivery. *Royal Society of Chemistry*, *55*, 8876–8879. doi:10.1039/c9cc02214g

Fan, X. G., Xia. (2021). Development of calixarene-based drug nanocarriers. *Journal of Molecular Liquids*, *325*. doi:10.1016/j.molliq.2020.115246

Lebron, J. A., Lopez-Lopez, M., Garcia-Calderon, C. B., I, V. R., Balestra, F. R., Huertas, P., . . . Ostos, F. J. (2021). Multivalent Calixarene-Based Liposomes as Platforms for Gene and Drug Delivery. *Pharmaceutics*, *13*(8). doi:10.3390/pharmaceutics13081250

Webber, M. J., & Langer, R. (2017). Drug delivery by supramolecular design. *Chem Soc Rev*, *46*(21), 6600-6620. doi:10.1039/c7cs00391a

Xu, L., Chai, J., Wang, Y., Zhao, X., Guo, D.-S., Shi, L., . . . Liu, Y. (2022). Calixarene-integrated nano-drug delivery system for tumor-targeted delivery and tracking of anti-cancer drugs in vivo. *Nano Research*, *15*(8), 7295-7303. doi:10.1007/s12274-022-4332-4

Zengin, G., Sarikurkcu, C., Uyar, P., Aktumsek, A., Uysal, S., Kocak, M. S., & Ceylan, R. (2015). Crepis foetida L. subsp. rhoeadifolia (Bieb.) Celak. as a source of multifunctional agents: Cytotoxic and phytochemical evaluation. *Journal of Functional Foods*, *17*, 698-708. doi:10.1016/j.jff.2015.06.041

Presentation ID / Sunum No:13

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2728-706X

Supraharmonics Analysis Caused by Electrical Vehicle Charging Stations and Battery Energy Storage System in Yedas Hq

Researcher Caner Özen[1] , Researcher Kerim Kaya[1] , Researcher Arsalan Bayatmakoo[1]
[1]YEDAŞ

*Corresponding author: Caner Özen

ÖZET: *Küresel yeşil enerji geçişiyle birlikte, akıllı şebekeler, güç elektroniği sistemleri ve yenilenebilir enerji üretiminin giderek artan entegrasyonu ile birlikte karbon emisyonlarıyla ilgili çevresel endişeler ele alınmaktadır. Dağıtık üretim, elektrikli motor sürücüleri, LED, BESS teknolojileri, robotlar ve birçok doğrusal olmayan yükün şebekelere entegrasyonu artmaktadır. Konvansiyonel elektrik şebekelerinde güç kalitesi için tanımlanan frekans aralığı 0-2 kHz frekans bandını kapsamaktadır. Bununla birlikte, tüm bu yeni teknolojiler, 2-150 kHz frekans bantlarındaki emisyonlar yoluyla şebekelerde sorunlara neden olmaktadır. Ayrıca birçok A sınıfı cihaz ile 0-2 kHz frekans bandı ölçümü yapılabilmektedir. Günümüzde özellikle bu yenilenebilir teknolojilerin artmasıyla oluşabilecek bu tür yüksek frekanslı emisyonları ölçebilen cihaz sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada YEDAŞ Genel Müdürlük Binası'nda BESS ve Elektrikli Araç Şarj Cihazı uygulamaları için supraharmonik ölçüm sonuçları sunulmuştur.*

Anahtar Kelimeler: *Güç Kalitesi, Batarya Enerji Depolama Sistemleri, Elektrikli Araçlar, Supraharmonik*

Supraharmonics Analysis Caused by Electrical Vehicle Charging Stations and Battery Energy Storage System in Yedas Hq

ABSTRACT: *With the global green energy transition, environmental concerns about carbon emissions are being addressed by integrating smart grids, power electronics systems, and ever-increasing integration of renewable energy production. The integration of distributed generation, electric motor drives, LED, battery technologies, robots and many non-linear loads into grids are increasing. The frequency range defined for power quality in conventional electricity grids covers the frequency band of 0-2 kHz. However, all these new technologies are causing problems to the grids through emissions in the frequency bands of 2-150 kHz. In addition, 0-2 kHz frequency band measurement can be carried out with many Class A devices. Nowadays, the number of devices that can measure such high-frequency emissions, which may occur especially with the increase of these renewable technologies, is quite limited. In this study, supraharmonics measurement results for BESS and EV Charger applications are presented in YEDAS HQ Building.*

Keywords: *Power Quality, Battery Energy Storage Systems, Electrical Vehicles, Supraharmonics*

1. INTRODUCTION

The fact that environmental pollution effects, high oil prices and the decrease of fossil fuel share in energy production force the sector into green energy resources. There have been cutting-edge developments last decade in this field. Renewable energy (RE) resources, battery energy storage systems (BESS), electric vehicles (EV), and charging stations are among them. New problems occur along with these new technologies and improvements [1-5]. Increasing demand for EVs requires increasing installation of charging stations in various locations in the grid. However, the effects on the grid would be devastating. One of the effects is EVs consume a large amount of electrical energy. Especially DC fast charging stations penetration in the grid would be enormous. This situation may lead to overlapped peak demands and a decrease in the voltage level from the nominal [6]. The other one is the power quality problems such as voltage drop, harmonics, and especially supraharmonics (SH) [7-9].

It's been proposed to use EV chargers with REs plus BESS to overcome the penetration of EV charging stations during peak demand hours in recent years in the literature [10]. This kind of concept requires an energy management system (EMS) to use energy production by RE for charging the BESS and during the peak demand hours charging the EVs via stored energy in the BESS. In addition to this concept, vehicle-to-grid (V2G) applications have been studied over the last decade [11-13]. This concept uses EV batteries to draw or inject power into the grid according to the grid's requirements.

The other problem is about the power quality field. To charge the batteries of EV or BESS devices, bidirectional power conversion systems (PCS) are required. The operation of PCSs generate harmonics and SH (SH) which have negative impacts on the grid if it surpasses the allowed limits. Also, it must be noticed that still there is no limitation for SH.

This paper presents a picture of the impacts of BESS and EV applications individually and concurrently operations in the Yesilirmak Distribution System Operator (YEDAS) Headquarter building with real measurement data.

2. POWER QUALITY

The developments in the power electronics field have made industrial and residential components more efficient. Along with these developments, some power quality phenomena occurred in the grid such as harmonics, short-duration voltage variation (voltage sags, voltage swells, and interruptions), voltage unbalance, frequency deviation, flicker, and SH. In general, harmonics refers to a frequency higher than the fundamental frequency and define as the n times of it. The distorted waveforms generally contain an infinite number of waves. The frequency range that is being considered is the 50th harmonics which is about 2.5 kHz [14]. Beyond this frequency considered SH in the range of 2-150 kHz.

Semiconductor switching devices produce large harmonics of voltages, as they suddenly chop waveforms of voltage during their transmission from conductive to cut-off states. Due to the usage of power electronic devices with high switching frequency such as inverters, variable speed drives etc, SH exist in the grid. The undesirable repercussions of high frequency (HF) emissions identified so far are malfunction and destruction of power electronic devices, lifetime degradation of grid-connected equipment, resonance conditions, audible noise generation and disturbance to Power Line Carrier (PLC) communication [15-18]. SH may cause faults in touch-controlled operator components and lamp dimmers, reduction in the service life of LED lamps, communication problems (e.g. PLC communication), overheating of transformers and capacitor banks, and communication losses with intelligent meters. In addition, SH distortion caused by nonlinear loads increases power losses, which can adversely affect electric utility distribution systems and components. In recent years, the number of high-frequency-based electronic devices like PV and wind energy inverters, EV chargers, and computer power supplies has increased. In this chapter, some of the sources for SH will be examined.

2.1. EV CHARGERS

Electric vehicle (EV) chargers play an important role among many SH sources. The HF emissions caused by EV charging may vary on internal construction and the mode of charging. The different modes of charging EVs are divided into inductive and conductive charging. Inductive charging, also known as wireless charging, uses a high-frequency transformer. The charging process begins by combining the primary winding located outside the vehicle with the secondary winding on the vehicle. Depending on their power handling capacity, conductive charging has three levels: Level 1, 2, and 3. Level 1 and Level 2 are on-board chargers which is located in the EV. Level 3 chargers or DC fast chargers are installed off-board due to their large size and heavy weight. They usually handle more than 20 kW. The related charging characteristics are given in Table I.

	Voltage	Phase	Current	Power	Type
Level 1	208-240 V AC	Mono	15-20 Amps	2.8-3.8 kW	Slow
Level 2	208-240 V AC	Three	20-80 Amps	3.8-15 kW	Medium
Level 3	208-240 V AC	Three	>85 Amps	15-96 kW	Fast
	600 V DC	DC	32-250 Amps	15-240 kW	Fast

Table I. CHARGING CHARACTERISTICS

EV chargers as an SH source result from the switching frequency of the AC-DC converter operations. Manufacturers often do not specify the exact switching details of these converters. Therefore, the existing literature on HF emissions from EV chargers is based on experimental evidence [19, 20]. Based on the literature, EV chargers generate SH in 15 kHz up to 100 kHz.

Different standards have been put forward regarding EV charging stations around the world. These are IEC 62196, CHAdeMO and SAE J1772. The charging station in this study case uses IEC 62196 standard's Type 2 (Mennekes) charging socket. Devices in the IEC 62196 standard can transfer energy up to 43.5 kW in 3 phases with AC charging. In these devices, the AC-DC conversion process is carried out on the EV.

2.2. BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM INVERTERS

The BESS applications have beneficial impacts on the grid such as during the peak hour [21]. This technology basically contains batteries, inverters, protection devices, auxiliary devices, HVAC systems and its' drivers. The cutting-edge semiconductor electronic devices generate harmonics and supraharmonics. For BESS applications; inverter and HVAC drivers generate SH in this case. The switching frequency of the BESS that has been measured is 20 kHz according to the specifications of the inverter. Besides that, the switching frequency is not constant and it may vary in a certain range. In this case, the switching frequency is around the 18-22 kHz range.

3. MEASUREMENT METHODS

Supraharmonics is the phenomenon of the transformation of high-frequency small-amplitude current harmonics into high-frequency large-amplitude voltage harmonics. The required devices for the measurement of this phenomenon must be capable of measuring the frequency of 2-150 kHz. When the related devices were investigated, it was seen that class A devices such as A-Eberle PQ-Box 150, PQ-Box 300, and PowerSide PQube 3 devices provide these features. The measurement was carried out with the A-Eberle PQ-Box 300 device. However, since measurements at the MV level can be made via voltage or current transformers, and since it is estimated that the sensitivity will decrease due to the frequency response of these transformers and accurate measurement data will not be obtained, LV measurements were performed in this study. In the LV measurements that were carried out, a Rogowski coil was used for current measurements, and a crocodile-tipped probe was used for voltage measurements. The measurement point is the YEDAS Headquarters building's PCC point with the EV charging station, building's loads and the BESS.

4. FIELD MEASUREMENTS AND ANALYSIS

The methodology for high-frequency emissions measurement in the frequency band 2-150 kHz is not defined in this section. The measurement was carried out with the A-class A-Eberle PQ-Box 300 device, within the scope of IEC 61000-4-30 standard's Annex C section.

The measurement was carried out in the YEDAS HQ building which consists of BESS, two EV Charging stations, PCs, and LEDs. The supraharmonic data obtained as a result of a monthly measurement are given in Figure 1 as a color matrix.

As can be seen in Figure 1, there is a pattern of supraharmonics during BESS operation hours. Figure 2 is a close-up view of the BESS operation hours.

According to the measurements, the maximum value is 727.37 mV in 16 kHz frequency which is related to the EV charger. The EV charger's effect goes up to 70 kHz but in a low effect. The pattern from 12 kHz up to 20 kHz is related to the BESS operation. Therefore, the BESS effects are maximum 300 mV at 14 kHz.

The supraharmonics in dB (μV) according to the limit values mentioned in EN 50065 and IEC 61000-3-8 standards are given in Figure 3.

As can be observed from the above figures, none of the SH exceed the limits. But there is a pattern through SH frequencies. The inverter of BESS's switching frequency is 20 kHz. So an increase in SH for multiples of 20 kHz can be seen. Furthermore, the inverter of EV chargers' switching frequencies is 15 kHz. Similarly, an increase in SH for multiples of 15 kHz can be seen.

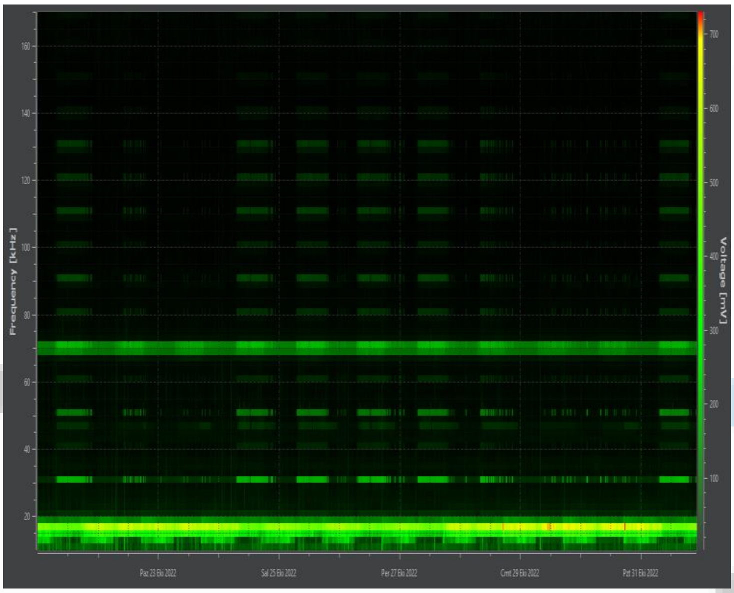


FIGURE I. MONTHLY MEASUREMENT OF SUPRAHARMONICS

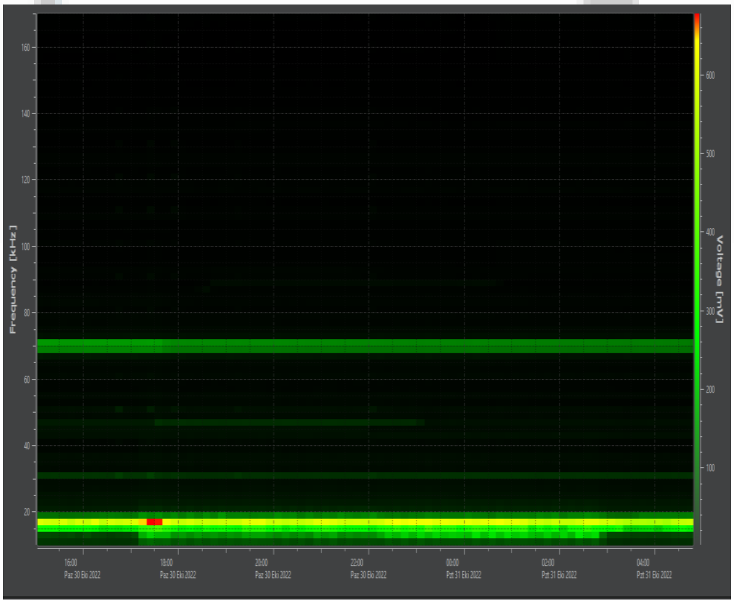


FIGURE 2. SUPRAHARMONICS DURING BESS OPERATION HOURS

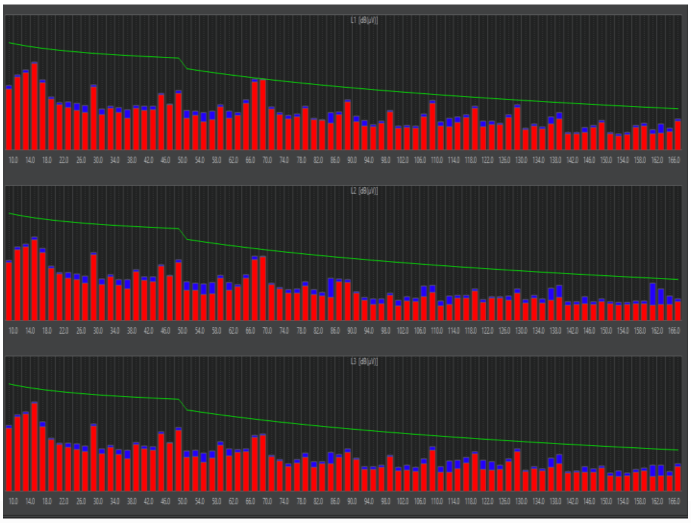


FIGURE 3. SUPRAHARMONICS IN DB (μV)

5. CONCLUSION

In this paper, YEDAS Power Quality and Energy Storage Systems Department has conducted measurements to observe two EV charging stations' and the BESS's effects on SH. The measurements were carried out on the PCC of BESS and the EV charging stations located in the YEDAS HQ building. As it is expected, high-frequency emissions have seen on 15 kHz and 20 kHz frequency bands due to EV chargers and the BESS respectively. This paper presents a picture of these cutting-edge technologies' operations' effects on SH. When the EV charging station and BESS are operational, it has been observed that the supraharmonics increases.

6. REFERENCES

[1] A. Novitskiy, S. Schlegel, D. Westermann, "Measurements and Analysis of Supraharmonic Influences in a MV/LV Network Containing Renewable Energy Sources," in Proc. PQ & SEEM, Kärdla, Estonia, 2019, pp. 1–6.

[2] T. Slangen, T. van Wijk, V. Cuk, ´ S. Cobben, The propagation and interaction of supraharmonics from electric vehicle chargers in a low-voltage grid, Energies 13 (15) (2020) 3865, https://doi.org/10.3390/en13153865.

[3] M. Bollen, M. Olofsson, A. Larsson, S. Rönnberg, M. Lundmark, "Standards for supraharmonics (2 to 150 kHz)," IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine, vol. 3, no. 1, pp. 114- 119,2014.

[4] Hernández, J. C., et al. "Guidelines for the technical assessment of harmonic, flicker and unbalance emission limits for PV-distributed generation." Electric Power Systems Research 81.7 (2011): 1247-1257.

[5] Rönnberg, S.K.; Castro, A.G.; Bollen, M.H.J.; Moreno-Munoz, A.; Romero-Cadaval, E. Supraharmonics from power electronics converters. In Proceedings of the 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE), Costa da Caparica, Lisbon, Portugal, 24–26 June 2015; pp. 539–544.

[6] S. Gaikwad; H. Mehta, "Investigation of effects of increasing EV penetration on distribution transformers in Modi Ganpati Area, Pune." 2020 IEEE Electric Power and Energy Conference (EPEC), DOI: 10.1109/EPEC48502.2020.9319915

[7] F. Möller, S. Müller, J. Meyer, C. Wald, et al., 2015, "Impact of Electric Vehicle Charging on Unbalance and Harmonic Distortion – Field Study in an Urban Residential Area", Proc. CIRED conference, pp. 1-5.

[8] R. C. Dugan, M. McGranaghan, and H. W Beaty, Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, 2nd Ed., 2003.

[9] Rönnberg, Sarah K., et al. "On waveform distortion in the frequency range of 2 kHz–150 kHz—Review and research challenges." Electric Power Systems Research 150 (2017): 1-10.

[10] S. Müller; J. Meyer; J. Jacob; P. Giertz, "HARMONIC AND SUPRAHARMONIC DISTURBANCES CAUSED BY THE COMBINED OPERATION OF FAST CHARGING STATIONS AND A BATTERY STORAGE.", CIRED workshop on E-mobility and power distribution systems, Porto, 2-3 June 2022, Paper no 1429.

[11] U. C. Chuckwu; S. M. Mahajan, "Modeling of V2G net energy injection into the grid.", 2017 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), DOI: 10.1109/ICCEP.2017.8004724.

[12] D. A. Hagos, "Comparing the role of V2G hydrogen fuel cell and V2G electric vehicles for increased integration of VRE in a low carbon neighbourhood", 2022 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), DOI: 10.1109/ISGT-Europe54678.2022.9960601

[13] N. Koduri; S. Kumar; R. Y. Udaykumar, "On-board Vehicle-to-Grid (V2G) integrator for power transaction in smart grid environment.", 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, DOI: 10.1109/ICCIC.2014.7238404.

[14] CLC/TR 50422:2013, Guide for the application of the European Standard EN 50160.

[15] Alfalahi, Saad TY, et al. Supraharmonics in power grid: Identification, standards, and measurement techniques. IEEE Access, 2021.

[16] Rönnberg, S. K., A. Gil-De-Castro, and R. Medina-Gracia. "Supraharmonics in European and North American low-voltage networks." 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe). IEEE, 2018.

[17] Cho, Namhun, et al. "Analysis of harmonic hosting capacity of IEEE Std. 519 with IEC 61000-3-6 in distribution systems." 2019 IEEE PES GTD Grand International Conference and Exposition Asia (GTD Asia). IEEE, 2019.

[18] IEEE Draft Standard for Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems-Amendment 1, Standard IEEE P1547a/D3, Mar.2014, pp. 1-12

[19] S. Schöttke, J. Meyer, P. Schegner, and S. Bachmann, “Emission in the frequency range of 2 kHz to 150 kHz caused by electrical vehicle charging,” in 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility. IEEE, 2014, pp. 620–625.

[20] D. Darmawardana; J. David; J. Meyer; U. Jayatunga, "Analysis of High Frequency (Supraharmonics) Emissions Caused by Electric Vehicle Charging", 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power, DOI: 10.1109/ICHQP46026.2020.9177932.

[21] A. Cetin, S. Sancar, A. Bayatmakoo, K. Kaya, C. Ozen, and G. Poyrazoglu, "Reassessment of Bill Management by Batteries with Various TOU Tariffs: A Pilot Project from Turkey," 2022 3rd International Conference on Smart Grid and Renewable Energy (SGRE), 2022, pp. 1-6, DOI: 10.1109/SGRE53517.2022.9774130.

Presentation ID / Sunum No:14

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0722-5988

Dağıtım Şebekesinde Yaşanan Gerilim Olay Kayıtları İle Bölge Bazlı Arıza Kestirim Yöntemi

Araştırmacı Kerim Kaya[1] , Araştırmacı Caner Özen[1] , Araştırmacı Arsalan Bayatmakoo[1]
[1]Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.

*Corresponding author: Kerim KAYA

ÖZET: *Güç kalitesi Elektrik Dağıtım Şebekesinde oldukça önem arz etmektedir. Elektrik Dağıtım sistemlerinde Tedarik Sürekliliği, Ticari Kalite ve Teknik Kalite takibi yapılmaktadır. Özellikle burada Teknik kalite parametreleri içerisinde Etkin Gerilim Değişimi(EGD), Gerilim Dengesizliği(GD), Gerilim Çökmesi(GÇ) parametreleri takip edilmektedir. Ülkemizde Elektrik Dağıtım Sisteminin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında güç kalitesinde GÇ sag-swell-sag/swell değerleri detaylı analiz edilmektedir. Bu çalışmamızda fider bazlı analiz yapılmış olup fider başlangıç noktası olan Trafo Merkezindeki trafo çıkışındaki ölçü noktasından ve fider sonunda yer alan tüketici ölçü noktasından ölçüm alınmıştır. Burada Class A niteliğinde cihazlar kullanılmış olup 1 haftalık kayıtlar incelenmiştir. Gerilim olay kayıtları incelenmiş ve özellikle hangi tip olay kayıtları olduğu ve ne tür bir arıza tipi kaydedildiği irdelenmiştir. Bu arıza kayıtları ile arıza lokasyon tespiti yapılarak arıza kestirimi yapılmıştır. Ayrıca bu arıza lokasyonundaki problem araştırılmış ve bakım kaynaklı sorunlar giderilerek gerilim çökme sayıları ortadan kaldırılmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Dağıtım Şebekesi, Sag, Swell, Sag-Swell, Teknik Kalite*

Regıon-Based Fault Estımatıon Method Wıth Voltage Event Records Experıenced in the Dıstrıbutıon Network

ABSTRACT: *Power quality is very important in the Electricity Distribution Network. Continuity of Supply, Commercial Quality and Technical Quality monitoring are carried out in Electricity Distribution systems. In particular, the parameters of Effective Voltage Change (EVC), Voltage Unbalance (VU) and Voltage Collapse (VC) are monitored here within the technical quality parameters. Power sag-swell-sag / swell values in power quality are analyzed in detail within the scope of the procedures and principles related to the technical quality of the Electricity Distribution System in our country. In this study, a feeder-based analysis was performed and measurements were taken from the measuring point at the transformer outlet in the substation, which is the starting point of the feeder, and from the consumer measuring point located at the end of the feeder. Class A qualified devices were used here and 1-week records were examined. Voltage event records were examined and, in particular, what type of event records there are and what type of fault type is recorded were examined. Fault location determination was made with these fault records and fault estimation was made. In addition, the problem at this fault location was investigated and maintenance-related problems were eliminated, eliminating the number of voltage crashes.*

Keywords: *Distribution Network, Sag, Swell, Sag-Swell, Technical Quality*

1. GİRİŞ

Elektrik Dağıtım sistemlerinde gerilim düşümleri yıllık bazda birçok kez yaşanmaktadır[1][2].

Ayrıca gerilim düşümlerindeki olay kayıtlarının karakteristiği Teknik kalite standartları kapsamında incelenmektedir [3][4]. Birçok çalışmada ölçülen gerilim değerlerinin verileri kullanılmaktadır fakat burada ölçülen gerilim değerlerinin niteliği incelenmelidir. Bu çalışmada bir fider üzerindeki başlangıç ve bitiş ölçü noktalarındaki gerilim olay kayıtları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Güç Kalitesi Parametleri

Gerilim Düşmesi: Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %90'den daha düşük bir değere düşmesidir. Nedeni şebeke yetersizliği, aşırı yüklenme, büyük motorların yol alması ve kısa devreleridir.

Gerilim Yükselmesi: Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %110'dan daha büyük bir değere çıkmasıdır. Nedeni yük azalması ve şebekedeki ayar zayıflığıdır.

AG seviyesi için 208V-254V arası kabul edilebilir seviyedir. OG seviyesi için 16368V-20005V (16kv-20kv) arası kabul edilebilir seviyedir[5].

Gerilim Çökmesi: Nominal frekanstaki şebeke gerilimi efektif değerinin (0.1 pu – 0.9 pu) kısa süreli düşmesi (0.5 – 30 periyot) olayına denir [6, 7, 8, 9]. Gerilim düşümleri ve gerilim çökmeleri endüstri kuruluşlarında önemli derecede üretim kayıplarına sebebiyet vermektedir. Gerilim düşümlerinin ana sebepleri arasında kısa devreler, transformatörlerin ilk enerjilendirilme anı, kapasitör anahtarlama, büyük yüklerin devreye girmesi ve aşırı yüklenmelerdir.

3. BULGULAR

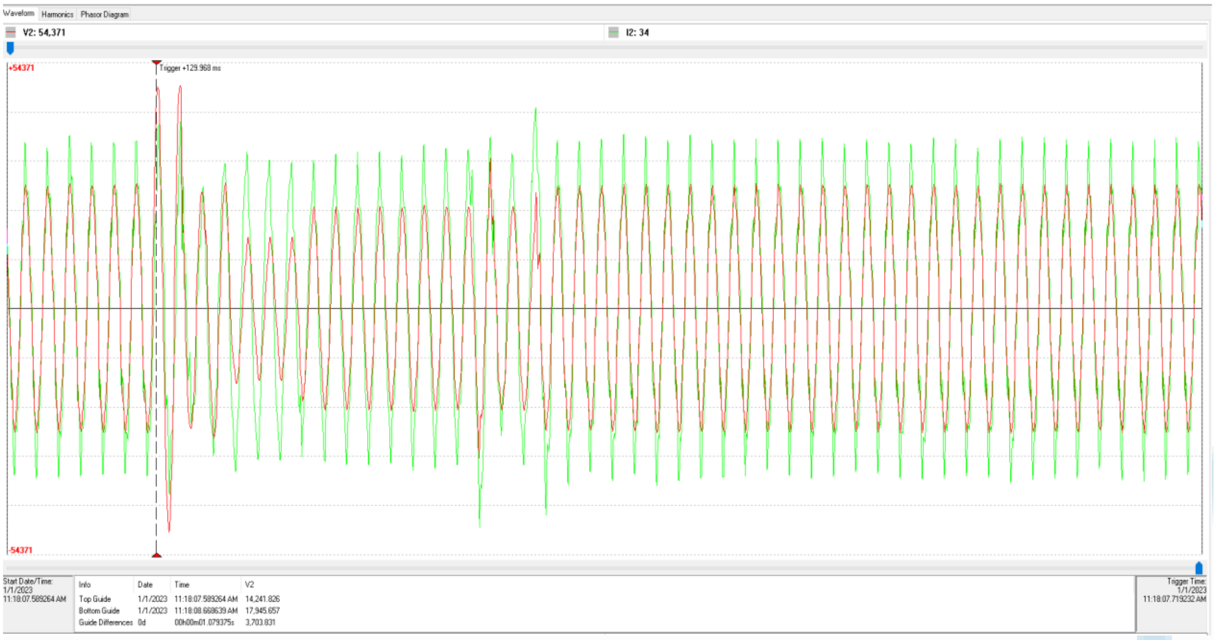
- *Trafo Merkezi trafo çıkış ölçüm noktası Olay Kayıtları*

Olay Adı	Nominal Değer	Tarih	Sure	Depth	Phase	Va Min	Va Maks	Vb Min	Vb Maks	Vc Min	Vc Maks	Arıza Tipi
Sag&Swell	18.187	1.01.2023 09:25	0.15	1.702	B	102.906	148.77	56.312	170.223	34.235	130.901	Tanımsız Veri2
Sag	18.187	1.01.2023 09:25	0.039	0.827	C	89.866	104.041	91.341	109.497	82.72	92.125	İki Faz Toprak Arızası
Sag&Swell	18.187	1.01.2023 09:47	0.19	0.34	C	104.274	148.152	55.007	150.461	33.978	133.667	Tanımsız Veri2
Sag	18.187	1.01.2023 09:47	0.02	0.81	A	81.019	88.164	101.197	107.291	105.127	109.785	Upstream
Sag&Swell	18.187	1.01.2023 09:47	0.078	1.919	B	117.485	139.61	150.358	191.93	44.533	81.731	Tek Faz Toprak Arızası
Sag&Swell	18.187	1.01.2023 11:17	0.149	1.865	B	102.549	143.96	53.442	186.499	34.778	129.403	Tanımsız Veri2
Sag	18.187	1.01.2023 11:17	0.148	0.808	C	88.845	103.511	89.751	109.936	80.754	90.359	Tanımsız Veri2
Sag	18.187	1.01.2023 11:17	0.04	0.82	B	88.983	102.574	81.989	91.1	90.859	105.63	İki Faz Toprak Arızası

- *Son tüketici Ölçüm Noktası Olay Kayıtları*

Olay Adı	Nominal Değe	Tarih	Sure	Depth	Phase	Va Min	Va Maks	Vb Min	Vb Maks	Vc Min	Vc Maks	Arıza Tipi
Sag&Swell	18.186	1.01.2023 09:25	0.29	1.649	B	87.157	135.478	59.992	164.908	67.585	133.11	Tanımsız Veri2
Sag&Swell	18.186	1.01.2023 09:47	0.067	1,35	A	119.905	134.98	100.914	131.157	67.578	75.464	Tek Faz Toprak Arızası
Sag&Swell	18.186	1.01.2023 09:47	0.2	0.594	B	82.163	97.545	59.363	108.154	88.976	135.885	Tanımsız Veri2
Sag&Swell	18.186	1.01.2023 09:47	0.091	1.933	B	94.234	140.984	104.673	193.26	44.91	100.181	Tek Faz Toprak Arızası
Sag&Swell	18.186	1.01.2023 11:18	0.308	1.871	B	80.728	137.208	58.312	187.131	44.907	131.108	Tanımsız Veri2
Sag	18.186	1.01.2023 11:18	0.05	0.807	B	85.19	105.516	80.719	95.178	89.575	107.378	Upstream

✓ 01.01.2023 11:18 Vb-Ib Osilo Kaydı



01.01.2023 11:18 Vb-Ib Osilo Kaydı incelendiğinde Trafo merkezi trafo çıkışından alınan ölçüm kayıtları iki faz toprak arızası görmüş ve son tüketim noktasından alınan ölçümde ise arıza kaynağının yukarıdan geldiğini göstermektedir. Bu şekilde arıza yeri ve arıza kestirimi yapılabilmektedir.

03.01.2023 YAŞANAN OLAY KAYITLARI İNCELEMESİ

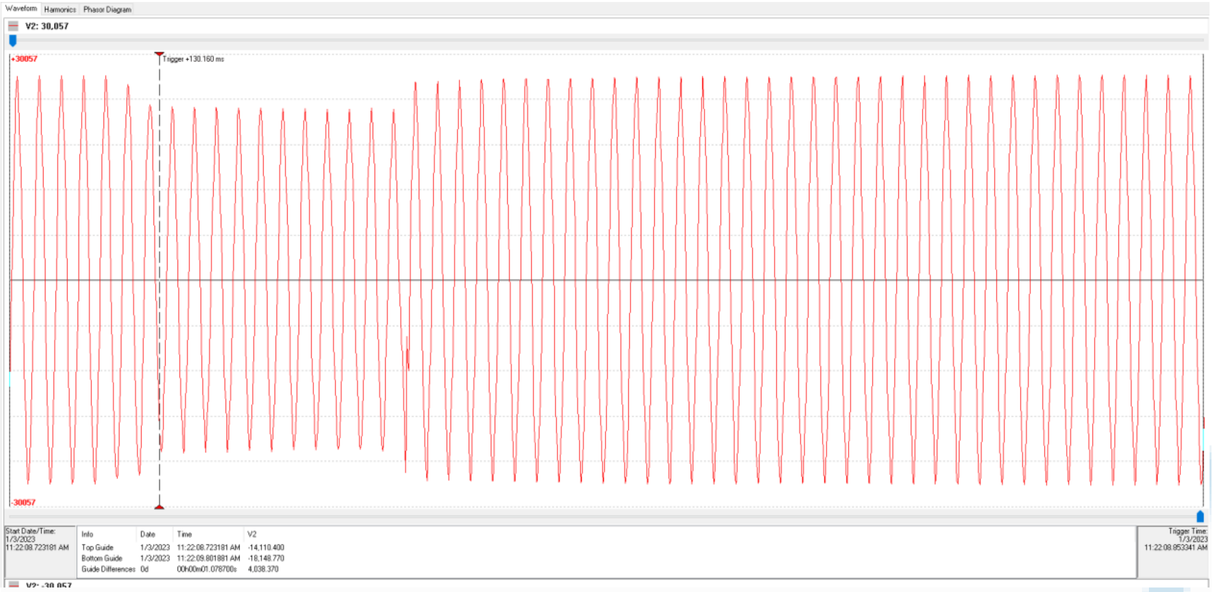
- *Trafo Merkezi trafo çıkış ölçüm noktası Olay Kayıtları*

Olay Adı	Nominal Değer	Tarih	Sure	Depth	Phase	Va Min	Va Maks	Vb Min	Vb Maks	Vc Min	Vc Maks	Arıza Tipi
Sag	18.187	3.01.2023 08:06	0.23	0.807	B	87.636	101.395	80.715	92.025	90.155	103.815	İki Faz Toprak Arızası
Sag	18.187	3.01.2023 11:21	0.219	0.81	B	88.508	101.395	81.037	91.643	90.607	103.65	İki Faz Toprak Arızası

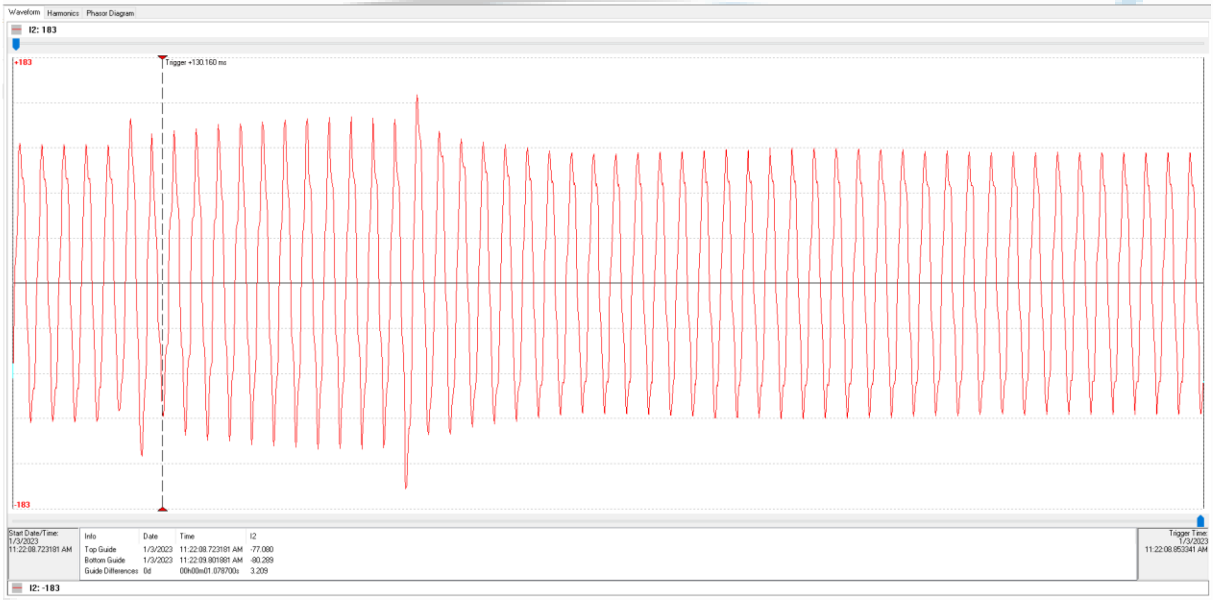
- *Son tüketici Ölçüm Noktası Olay Kayıtları*

Olay Adı	Nominal Değer	Tarih	Sure	Depth	Phase	Va Min	Va Maks	Vb Min	Vb Maks	Vc Min	Vc Maks	Arıza Tipi
Sag	18.186	3.01.2023 08:06	0.257	0.781	B	83.24	103.158	78.133	95.485	87.431	104.242	Upstream
Sag	18.186	3.01.2023 11:22	0.249	0.782	B	83.627	102.863	78.229	96.458	87.858	103.863	Upstream

- ✓ 03.01.2023 11:22 Vb Osilo Kaydı



- ✓ 03.01.2023 11:22 Ib Osilo Kaydı



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İletim ve Dağıtım sistemlerinde gerilim olayları çok sık yaşanan bir durumdur. Özellikle dağıtım sistemlerinde elektrik şebekesi teknik kalite usul ve esaslar kapsamındaki standartlara göre analizler yapılmaktadır. Burada gerilim çökmeleri süre ve derinlik kavramları irdelenerek sonuçlar çıkarılmaktadır. Ayrıca oluşan olay kaydının arıza tipi ve yönünün tespit edilmesi şebeke işletimi açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Trafo merkezi trafo çıkışı ölçüm noktasından veriler alınmış ve son tüketici ölçü noktasından alınan veriler ile detaylı incelemeler yapılmıştır. Alınan ölçümlerin çoğu aynı süre zarflarında gerçekleşmiş ve süre-derinlik kavramları da oldukça birbirine yakın olduğu görülmektedir. Trafo merkezi çıkışından bakıldığında arızanın iki-faz toprak arızası olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra son tüketim noktasından bakıldığında dağıtım şebekesi ve iletim şebekesinden kaynaklı olduğu görülmektedir. Her iki olay kayıtları kıyaslamalı bir şekilde incelendiğinde arızanın aslında iletim değil dağıtım şebekesinde bir sorundan kaynaklı olduğu görülmektedir. Burada hem arıza konum ve arıza kestirimi yapılmıştır. Ayrıca dağıtım şebekesinde sorunlar taranmış ve bu sorunun aslında sıkıbağ-kırık izolatör-agaç teması gibi nedenlerden kaynaklandığı görülmüştür. Bakım faaliyetleri kapsamında ilgili sorunlar çözülmüştür. Yapılan çalışma ile birlikte hem arıza kestirimi hem de arıza konum tespiti yapılarak bakım faaliyetlerine destek olunmuştur.

5. KAYNAKÇA

[1] Dugan R. C., Electrical Power Systems Quality, McGraw – Hill, 2002

[2] Ö. İ. Ve and D. E. Ğ. E. İ. R. İ. Lmes, “Güç kalitesi parametrelerinin ölçülmesi ve de ğerlendirilmes i,” 2008.

[3] E. Sistemleri, “Elektrik Dağıtım Sisteminde Gerilim Çukuru Yönü Tespiti ve Arıza Tipi Sınıflandırması Determination of Voltage Sag Direction and Classification of Fault Type in 1 Ankara,” pp. 125–130, 2018, doi: 10.5281/zenodo.1482632.

[4] IEEE recommended practice for evaluating electric power system compatibility with electronic process equipment, IEEE Standart 1346 – 1998

[5] “teknik kalite usul ve esaslar.”

[6] Bollen MJH., Understanding power quality problems, voltage sags and interruption. New York, IEEE Press, 2000.

[7] Recommended practice for monitoring electric power quality,IEEE Standard 1159,2009.

[8] Schneider Electric, "Power Logic ION 7550/ION7650 Power and energy meters", 2010.

[9] EN 50160 Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems. European Standard, CENELEC, 2007

Presentation ID / Sunum No:15

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Analysis of Power Quality Events in Distribution Grids With Synchro Phasor Device: Yedaş Case Study

Researcher Arsalan Bayatmakoo[1] , Researcher Kerim Kaya[1] , Researcher Caner Özen[1]
[1]YEDAŞ

*Corresponding author: Arsalan Bayatmakoo

ABSTRACT: *Transforming a national traditional grid into an intelligent smart grid is possible with advanced technologies to increase the reliability and robustness of a system. For the Distribution system operator (DSO), it is necessary to determine the voltage and phase angle at critical locations in the grid. Synchro phasor technology uses a monitoring device called a phasor measurement unit (PMU). A PMU is a power system device that provides great potential for monitoring an electrical grid by measuring the synchronized current and voltage phasor across a wide area. Concerning the electrical field experiences offered by PMUs, the power systems control and monitoring are entirely revolutionized. However, communication and cost links significantly impact the number of PMUs to be installed by DSOs. Additionally, identifying the appropriate PMU system application is a utility problem that must be resolved. For utility operators, despite smart meter information, quality of measurement and reporting records of devices for the prediction of blackouts and brownouts are critical.*

Keywords: *Distribution System Operator, Pmu, Power Quality, Grid*

INTRODUCTION

Real-time monitoring of power systems is essential for DSOs. To perform real-time monitoring of grid operation, measurement devices are integrated into the system. These devices transmit the measurements they make at the point where they are located to the operators through various communication media. Although the primary measuring devices and monitoring systems currently used provide significant benefits to operators, new insights have been revealed with the systems. One of them is PMU. These units have been used with the development of GPS technology. [1] PMUs designed for transmission network operators have become available for distribution networks as their application areas have expanded and their costs have been reduced.

PMU

Synchro phasors are a simple concept used for AC circuit analysis. Phasors are complex numbers that represent a sinusoidal function with amplitude, angular velocity, and phase angle. Since the changes in the power systems are not so fast, it can be assumed that the system is in a stationary regime, so phasors help explain the system's behavior. Phasors are used in many protection and data analysis functions.

The synchrophasor is obtained by calculating the phases of the voltage and current phasors according to a standard time reference. The derived simultaneous measurement sets greatly benefit activities such as advanced power system monitoring, protection, management, and control. According to recent studies, synchrophasor technology is crucial in system imaging and controlling in vast areas.

Real-time monitoring of energy systems is important for the safety and reliability of the system. Among the various methods used to monitor the power system, the "Supervisory Control and Data Acquisition" (SCADA) system are one of them. Eventually, drawbacks of SCADA, like synchronous measurement, the low sample rates, complex mounting structure, and the significant number of fiber optic cables in every center that needs to be monitored, have been recognized by utility operators.

Since the 1980s, GPS systems have been used in civilian applications, and the use of sampled synchronized measurement data has been realized. The combination of the synchronization accuracy of GPS and the technique of measuring AC symmetrical components has led to the emergence of the synchrophasor measurement phenomenon. The first PMU was developed by Virginia Tech in the 1990s and installed in many step-down distribution centers to test the validation and get the know-how of these new measurement tools. IEEE also updated PMU’s previous standards by 2005. The relevant standard defines PMU as wide-area monitoring systems used in the power industry's modern monitoring, protection, and control systems. PMU is important for power engineers due to its ability to synchronously measure real-time current and voltage phasors. PMU works well in terms of extensive sampling and measurement accuracy compared to traditional measurements taken from SCADA. In addition, the units placed on the busbar can also take measurement data from the other busbars.

SCADA technology uses data acquisition to monitor the power system completion in a few seconds. [2] This situation has a drawback for the grid dispatcher to observe the dynamic structure of the system. In systems under stress or in a faulty condition, the operators wrong fault location detection is one of the main reasons for interruptions. In Table 1, you can find the comparison of SCADA and PMU technologies.

Features	SCADA	PMU
Resolution	2-4 Sampling	50-60 Sampling
Measurement	Analog	Digital
Observability	Steady-state	Dynamic/Transient
Phase angle measurement	Not exist	Exist
Measurement Data	Voltage and Current, MW ve MVAR	Voltage and Current, Phase angle, MW ve MVAR

Table.1

Regarding the characteristics indicated in the table, it can be seen that PMUs are faster compared to SCADA. PMU provides a significant advantage with a sampling rate of up to 50 per second and reflects the changes to the operator by high resolution. One of the main reasons for this advantage is that the phasor measurement units work synchronously using GPS technology. Conventional monitoring systems like SCADA use an operator-specified reference angle, while PMU uses a global one. In addition, phasor measurement units measure phase angles directly instead of calculating them. [3],[4]

Studies were carried out after the major outages in the USA and Europe in 2003 and 2004. It was revealed that the main reasons for these outages were the inability to monitor the system. When looking at the outage reports, the importance of the lack of wide-area monitoring and the problems caused by the lack of data synchronicity was emphasized. On the other hand, while PMU technology allows monitoring of the system in large areas, it is superior to SCADA technology in terms of simultaneously determining the system status with the data it provides. These features, while enabling operators to see the dynamic behaviors in the system, provide them with benefits such as predicting the problems that may occur in advance and determining the correct control actions.

PMU MEASUREMENT FEATURES

The purpose of the PMU is to calculate and transmit the synchrophasor values. The variety of data to be received is shaped according to the user's request. The accuracy of measurements, reporting time, and evaluation stages should be carried out according to specific standards. The main ones of these standards are C37.118.1-2011/2014 and C37.118.2-2011.

The primary measurement values calculated by PMUs are voltage magnitude, current magnitude, and power flow values. In addition to these measurements, PMUs can measure the voltage and current phase angles at their location according to a global reference by direct measurement. These characteristics are among the most significant differences between PMUs and conventional measuring devices. Another difference is that the PMU can calculate the positive, negative, and zero sequences of the voltage and current, and frequency change rates. [5] With these calculations, the unit sends a wide range of information to the operator about its location. In this way, the operator can observe the system more clearly.

PMU measures 50 Hz. AC waves with a high sampling rate. These properties make them effective in detecting fluctuations in voltage or current. They are used to measure the values of the magnitude, phase angle, frequency, and frequency change rate of the signal at the input terminal. For this measurement, PMU uses a cosine wave, and this wave has the following form:

$$X = A.\cos(wt+\theta) \quad (1)$$

A: Voltage or current amplitude
w: Angular frequency and is equal to the value of 2nf
θ: Difference in the phase angle

The analog signals detected by the PMU are converted into digital signals by a converter (ADC). [6] With the help of GPS technology, high-speed synchronicity is done, and measurements made at different locations are sent to the specified data center.

SYNCHROPHASOR DEVICE IN DISTRIBUTION NETWORK

The application of synchrophasor technology in distribution networks first started in the USA. The first studies were created in the pilot region in 2003 with the joint efforts of the American Department of Energy (DOE), The University of Tennessee, Knoxville, and Oak Ridge National Laboratory. 270 PMUs were placed in the region for low-cost, easy-to-install, GPS-synchronized wide-area frequency measurement.

Following the information obtained after this study, research and investigations continued. By 2013, a new project was revealed by the same organization. This project aimed to improve the R & D studies conducted previously and improve data analysis.

In the following years, new topics, such as cyber security, began to be added to the research. The reason for this, as mentioned earlier, was to enhance the system's security to the highest level and to prevent possible cyber attacks. Investigation consistently proceeded, and phasor measurement units were mounted in the existing networks.

In the same year, similar research was started in Switzerland. The first purpose of this study was to understand the synchrophasor concept and to make improvements to it. Priority was given to the cyber security and control operations, and observations were started to be made in existing networks. Finally, the city of Lausanne was designated as a pilot zone, and the network behavior of this city was examined.

As another example, Belgium can be shown. In the study carried out in the Sibelga network of Belgium, 3 PMUs were placed. This study ensures that parallel switching at an important network node is performed correctly. Phase angle measurements were done with the PMUs positioned in the system at the position where the switching happened.

In addition to pioneering studies, research on phasor measurement units is continuing in many countries. Require the system's imaging to be more precise and faster, so the phasor measurement unit technology is gaining more and more importance. In this context, when we think about the energy system in Turkey and the region, phasor measurement unit technology is essential for Turkish grid operators in terms of monitoring, control, and security.

In the YEDAS case study, we mounted PMU to validate the features and monitor some of our distribution feeders in a real-time. You can find figure 1 and figure 2, which show the voltage and current magnitudes, respectively. PMU's precise time-stamped GPS-synchronized readings of voltage and current phasors lead us to track the outage and events as fast as possible.

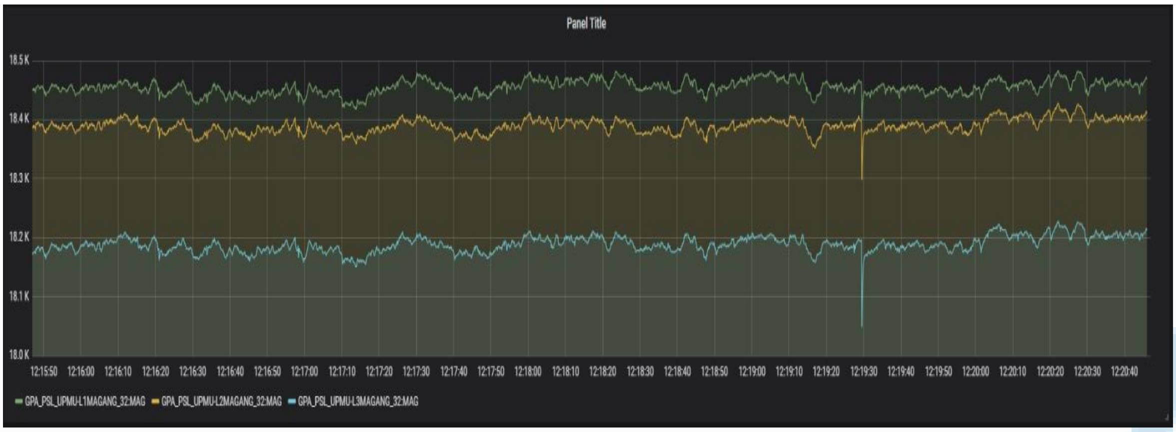


Figure.1

Figure.2

CONCLUSION

As a result of the analysis carried out:

I. Events that are impossible to be recorded by the network operator can be recorded with PMUs,

II. Exact fault location detection,

III. PMUs can be used to find the sources of voltage peaks through events occurring in the distribution network (fault source, capacitor switching source, transmission system source ...).

References

[1] A.G. Phadke, "Synchronized Phasor Measurements in Power Systems," IEEE Computer Applications in Power, April 1993.

[2] Keith Stouffer, Joe Falco and Karen Kent 'Guide to Supervisory Control and Data Acquisitions (SCADA) and Industrial Control System Security', Special Publication, NIST , Sep.2006.

[3] Mondal, Biswajit, et al. "Application of PMU and SCADA data for estimation of source of forced oscillation." 2019 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA). IEEE, 2019.

[4] Bentarzi, Hamid, Mohamed Tsebia, and Abdelkader Abdelmoumene. "PMU based SCADA enhancement in smart power grid." 2018 IEEE 12th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG 2018). IEEE, 2018.

[5] Routtenberg, Tirza, et al. "PMU-based detection of imbalance in three-phase power systems." IEEE Transactions on Power Systems 30.4 (2014): 1966-1976.

[6] Zhao, Xiaodong, et al. "GPS-disciplined analog-to-digital converter for phasor measurement applications." IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 66.9 (2017): 2349-2357.

https://standards.ieee.org/products-programs/icap/programs/pmu/

Presentation ID / Sunum No:53

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0001-6525-7769

Füze Telemetri Sistemi Tasarımı ve Başarım Analizi

Araştırmacı Celal Özgür Bozer[1] , Prof.Dr. Hüseyin Canbolat[1]
[1]Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

*Corresponding author: Celal Özgür Bozer

ÖZET: *Telemetri bir sistemin kablolu veya kablosuz olarak uzaktan kontrol edilmesidir. Telemetri sistemi sayesinde uzak veya ulaşılması kolay olmayan bir mesafeden veriler toplanır ve bu veriler görüntüleneceği bir noktaya iletilir. Telemetri sistemine havacılık ve uzay, sağlık, doğalgaz-elektrik sayaçlarını okuma gibi uygulama alanlarında ihtiyaç duyulur. Özellikle, havacılık ve uzay sektöründe uçak, mühimmat ve fırlatma araçları gibi çeşitli cisimlerin test edilmesinde telemetri sistemine ihtiyaç duyulur. Füze Telemetri Sistemi (FTS), mühimmata ait ethernet paket verilerini, sıcaklık, basınç, titreşim, gerinim gibi sensörlere ait verileri toplar. FTS bu verileri uygun formatta gerçek zamanlı olarak yer istasyonuna veya bir kayıt ortamına kaydeder. Telemetri sisteminin mimari yapısı kullanılan ekipmanların yapısı ve özellikleri tarafından belirlenir ve bunlar hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Bu çalışmada, füze üstü telemetri sistem tasarımına ve bu tasarım doğrultusunda geliştirilen Telemetri Sistem Performans Hesaplayıcı Arayüzü sayesinde, telemetri sisteminde kullanılan hem verici hem de alıcı taraftaki RF haberleşme değerleri ve modülasyon çeşitleri dikkate alınarak S/N Link Marjin değeri hesaplanıp telemetri haberleşme performansları karşılaştırılacaktır. Çalışma sonucunda, BPSK ve QPSK modülasyonlarında S/N Link Marjin değerleri BFSK, 4-FSK, PCM/FM, 8-PSK modülasyonlarına göre daha iyi çıkmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Telemetri, Füze Telemetri Sistemi, Rf Haberleşme, S/n Link Marjin*

Missile Telemetry System Design and Performance Analysis

ABSTRACT: *Telemetry is the wired or wireless remote control of a system. Thanks to the telemetry system, data is collected from a distance that is not far or easy to reach and transmitted to a point where it will be displayed. It is needed in various applications such as aviation and space, health, natural gas-electricity meter readings. A telemetry system is needed in testing various objects such as aircraft, ammunition and launch vehicles in the aerospace industry. The missile telemetry system (MTS) collects the ethernet packet the ammunition data, the data from the sensors such as temperature, pressure, vibration, strain. MTS saves this data in the appropriate format in real time to the ground station or a recording medium. To know the architectural structure of the telemetry system, it is necessary to have information about the structure and features of the equipment used. In this study, thanks to the onboard telemetry system design and the Telemetry System Performance Calculator Interface developed with this design, S/N Link Margin value can be calculated and telemetry communication performances can be compared by taking into account the RF communication values and modulation types for both the transmitting and receiving side used in the telemetry system. As a result of the study, S/N Link Margin values in BPSK and QPSK modulations were better than BFSK, 4-FSK, PCM/FM, 8-PSK modulations.*

Keywords: *Telemetry, Missile Telemetry System, RF Communication, Link Margin of S/N*

1. INTRODUCTION

Telemetry is the wired or wireless monitoring or control of a system. It literally means 'receiving remote measurement'. The purpose is to perform data collection. A wireless communication system is used in missile telemetry [4]. The general telemetry system structure is shown in Figure 1. Thanks to the missile telemetry system, measurements are taken from certain locations on the missile and transmitted to the subsystems, and it starts its functions. Acceleration, temperature, strain, pressure etc. of the ammunition. It collects the ethernet packet data of the missile and sends this data to the ground station in real time in the appropriate format. In munitions under development, a telemetry system is placed in the Test Head instead of the Warhead. As the working principle of the missile telemetry system, the data belonging to the sensors and missile are collected by the data collection system. Thanks to the transmitter, after the message signal is modulated with a carrier signal, it transmits the incoming signal via RF (Radio Frequency) to the transmitting antennas. Then the receiving antenna receives the modulated RF signal and after the signal is demodulated at the receiver, it is sent to the ground station to display the data [3].

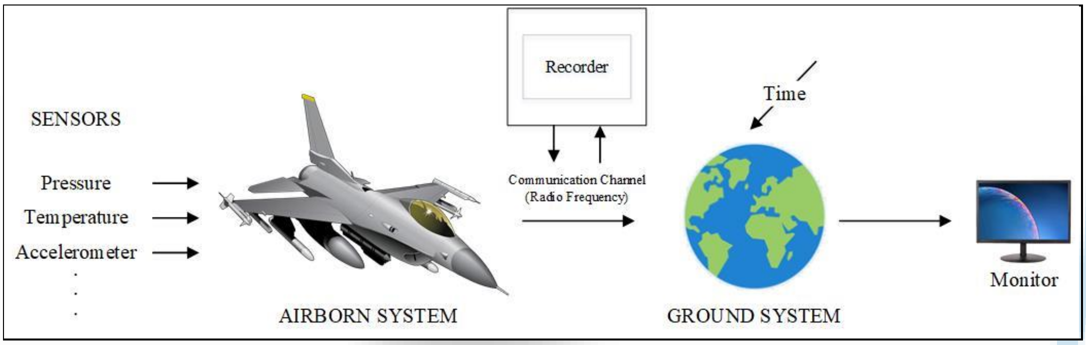


Figure 1. Basic Telemetry System

2. MATERIALS and METHOD

In telemetry tests, the data received from the missile is transmitted to the ground station by RF communication. In this communication, two antennas are used, a transmitter and a receiver. Thus, it is ensured that the data progresses with a high frequency and a small wavelength signal [1]. In order to know the structure of the telemetry system, first of all, it is necessary to know the communication components well. The structure of the basic communication system is shown in Figure 2.

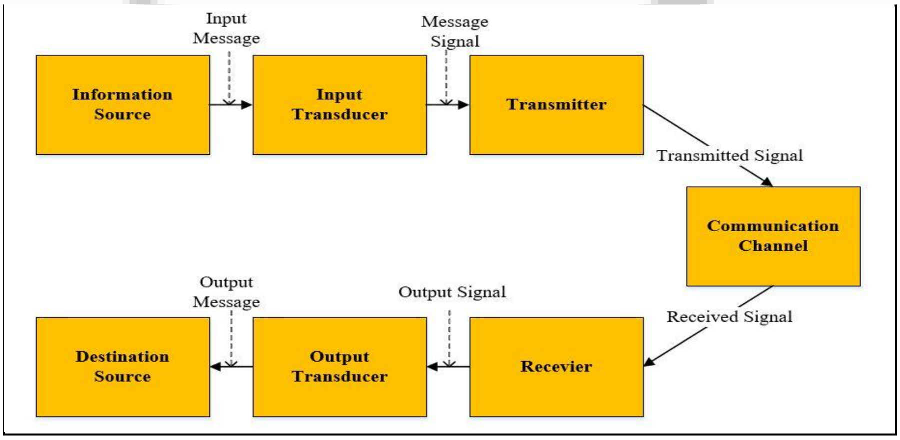


Figure 2. Basic Communication System

In RF communication, there are some loss or gain situations. This has a direct effect on the signal strength. For RF system losses:

- Reflection Due to Impedance Mismatch, (Voltage Standing Wave Ratio – VSWR)
- Polarization
- Free Space Path Loss (FSPL)

• Noise

• Multipath

• Attenuation is given as an example.

For RF system gains:

• Low Noise Amplifier (LNA)

• Antenna is given as an example.

For this system to work correctly, it is necessary to make correct design and link margin calculations. In this study, both telemetry system design and telemetry performance analysis are performed. 'Telemetry System Performance Calculator Interface' software has been developed to provide telemetry performance analysis. Thanks to this software, Range – Link Margin of S/N calculation is made by entering the communication parameter values on the transmitter and receiver side according to the modulation type. S/N is one of the important measures used to evaluate the performance of the system while designing the communication system. Also, the interface has features such as BER – Eb/N0, Range – FSPL and Range – Link Margin of Received Signal calculation.

2.1. Airborne Telemetry Station

Analog and digital data over the missile are collected by the data acquisition system. These data are acceleration temperature, pressure, serial data etc. it could be. If the collected data is an analog signal, it is converted into digital data via PCM (Pulse Code Modulation). This digital data is collected by the commutator. The Commutator structure includes TDM (Time Division Multiplexing) and PCM Generator structures. TDM collects each sensor and ethernet packet data and creates the PCM major frame structure. PCM Generator takes each minor frame and converts it into a single line (Figure 3) [5].

Figure 3. PCM Frame Structure

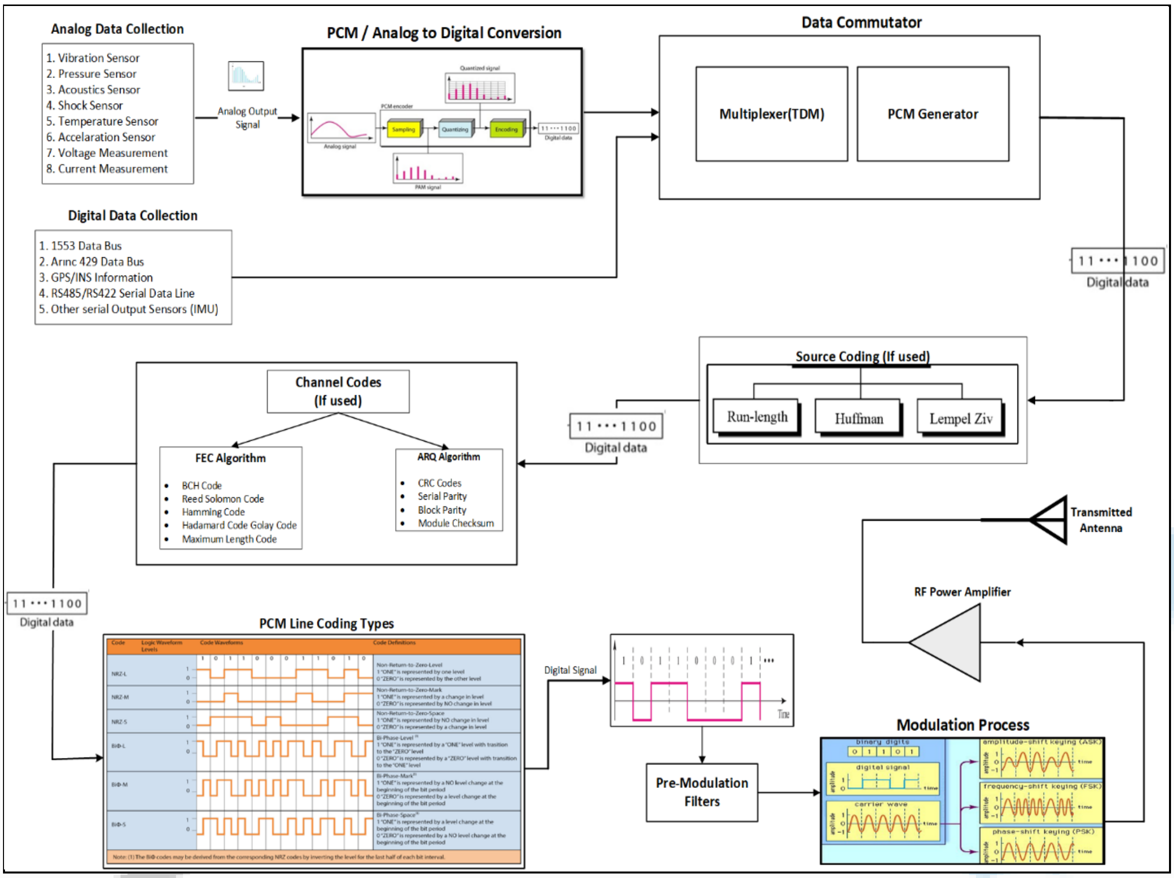


Figure 4. Airborne Telemetry System

Some coding varieties are available. These are source coding, channel coding and line coding. Source coding is used if it is necessary to compress the collected digital data. During data transmission, there may be malfunctions in the file. Channel coding is used in this. Line coding is used to convert digital data into a physical signal [2].

A pre-modulation filter is used to limit the bandwidth of the signals. Then, the signal enters the modulation process. The modulated signal is transmitted to the transmitting antennas. Transmitter antennas send the modulated signal via RF to the receiving antenna.

The Airborne Telemetry System described above is shown in Figure 4.

2.2. Telemetry Ground Station

Telemetry Ground Station is a hardware structure used for receiving data from the aerial telemetry transmitter, processing, displaying the data, and recording it on a recording medium.

RF signal is received by the antenna in the telemetry ground station. It enters a bandpass filter. Low Noise Amplifier (LNA) is used to increase the noise and gain in the signal. Thanks to the receiver, the signal is downloaded to IF (Intermediate Frequency), filtered and demodulated, separating it from the carrier frequency and obtaining the baseband signal [3]. Then the reverse of the operations used on the missile is applied to the signal. The structure of the Ground Station System is shown in Figure 5.

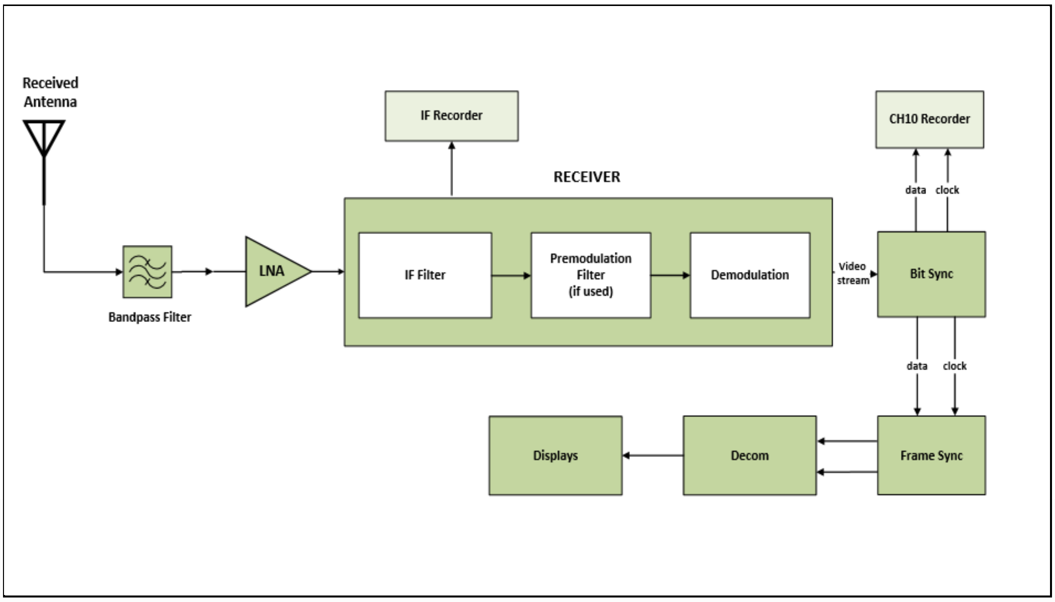


Figure 5. Telemetry Ground Station

2.3. A Complete End to End Link Margin Calculations

This section includes end to end link margin calculations according to S/N and receiver sensitivity. The formulas used to obtain these calculations are described below.

Equation 2.3 shows how to obtain Noise Factor of Transmitted Antenna.

$$P_L = P_t * \frac{4.VSWR}{(VSWR+1)^2} \tag{2.1}$$

where P_L is transmitted power, P_t is incident power.

$$G = \frac{P_L}{P_t} \tag{2.2}$$

where G is gain.

$$F = \frac{1}{G} \tag{2.3}$$

where F is noise factor.

Equation 2.4 is obtained Noise Figure of Transmitted Antenna using equation 2.3.

$$NF = 10 \log F \tag{2.4}$$

where NF is noise figure.

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) is given by

$$EIRP = P_{Transmitter\ Output}(dBm) + G_{Tranmitter\ Antenna}(\text{dB}) - P_{Cable,\ \ Connector,\ \ Other\ Losses}\ (\text{dB}) \tag{2.5}$$

The signal level coming to the receiver is obtained in equation 2.6.

$$\text{P}_{rx(total)} \ = P_{EIRP}\ (dBm) - P_{FSPL}\ (dB) - \ P_{Receive\ Antenna\ Polarization\ Losses}\ \ (dB) + G_{Receive\ Antenna\ Gain}\ (dB) + \ G_{LNA}\ (dB) - P_{Receive\ Side\ Connection\ Loss(cable/connector insertion\ losses\ and\ reflection)}\ (dB) - P_{Other\ Losses\ (between\ LNA\ and\ receiver\ if\ any)}\ \ (dB) \tag{2.6}$$

According to the receiver sensitivity, the receiver's link margin formula is obtained in equation 2.7 below.

$$Link\ Margin\ of\ Receiver\ \ = \text{P}_{rx(total)}\ (dBm)\ \ - \text{P}_{Receiver\ Sensitivity}\ (dBm) \tag{2.7}$$

The thermal noise obtained after LNA is obtained in equation 2.8.

$$\text{N}_{received}\ \ = K.T.B\ (dBm) + \text{G}_{LNA}\ (dBm) \tag{2.8}$$

BER and Eb/N0 formulas are calculated according to modulation types. If the BER value is known, the Eb/N0 value can be calculated. The C/N value is obtained in equation 2.9.

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b}{N_0} - \frac{BW}{BR} \tag{2.9}$$

Equation 2.12 is obtained using equation 2.10 and equation 2.11.

$$Needed\frac{C}{N} = Needed\frac{E_b}{N_0} - \frac{BW}{BR} \tag{2.10}$$

$$Link\ Margin\ of\ C/N\ \ (dB) = \ \ Obtained\frac{C}{N} - Needed\frac{C}{N} \tag{2.11}$$

$$Link\ Margin\ of\ C/N\ (dB) = \ \ Obtained\frac{C}{N} - Needed\frac{E_b}{N_0} + \frac{BW}{BR} \tag{2.12}$$

2.4. Telemetry System Performance Calculator Interface

It is an interface developed for telemetry performance analysis. By entering the communication parameter values on the transmitter and receiver side, Range-FSPL, BER-Eb/N0, Range-Link Margin of Received Signal and Range-Link Margin of S/N graphs are drawn (Figure 6). In addition, the values obtained against the inputs are calculated as shown in Figure 7.

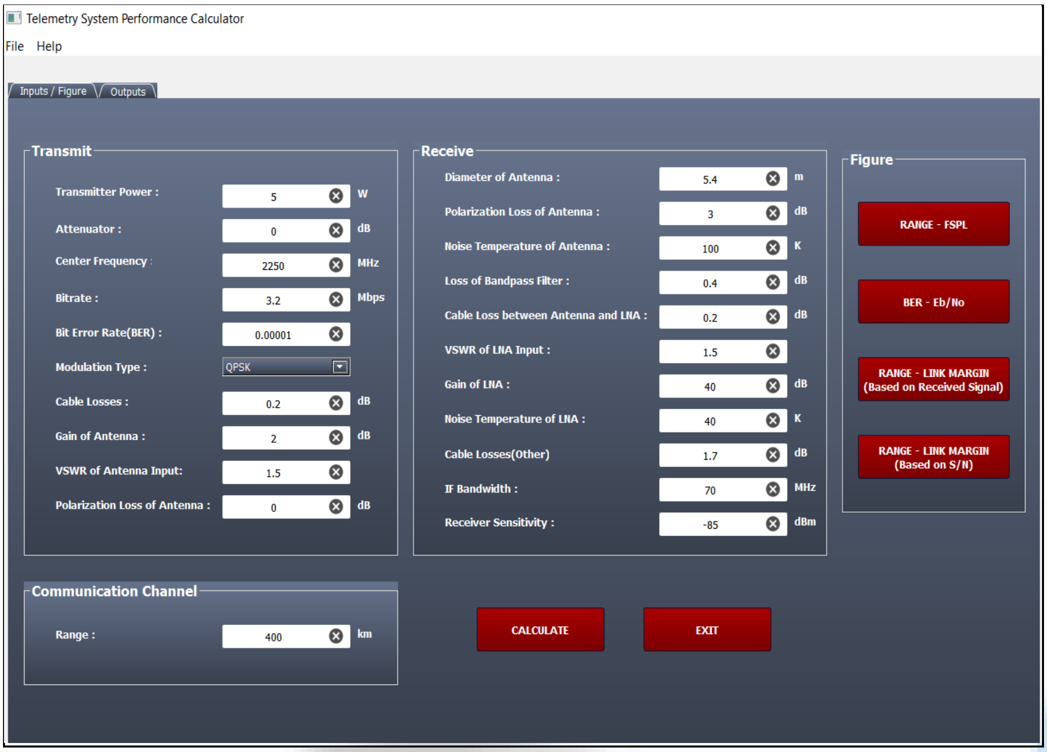


Figure 6. Telemetry System Performance Calculator Interface Input/Figure Screen

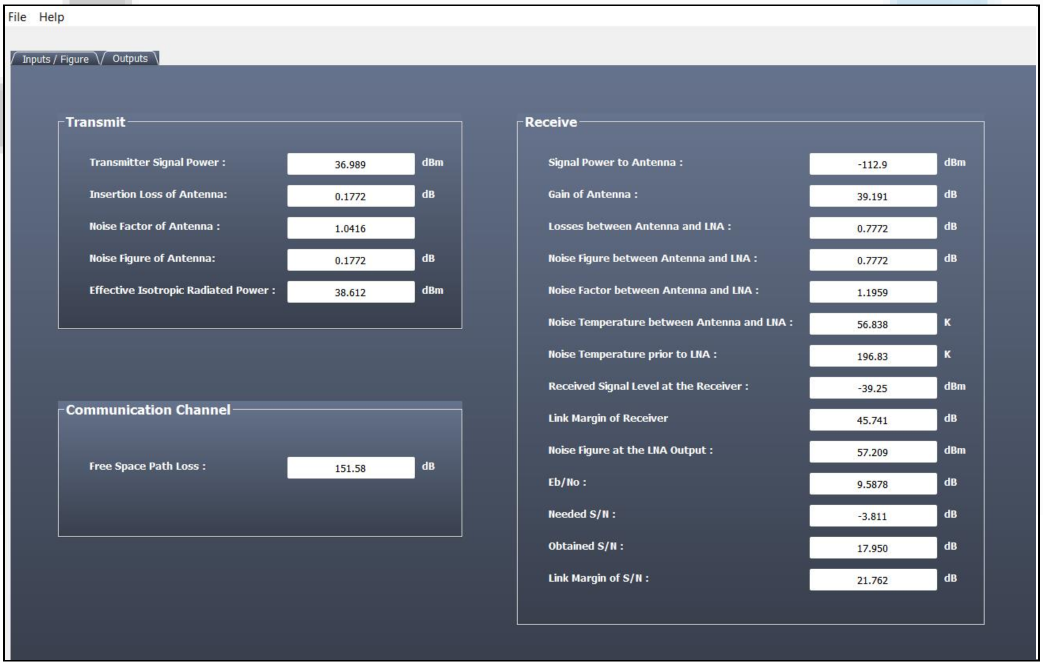


Figure 7. Telemetry System Performance Calculator Interface Output Screen

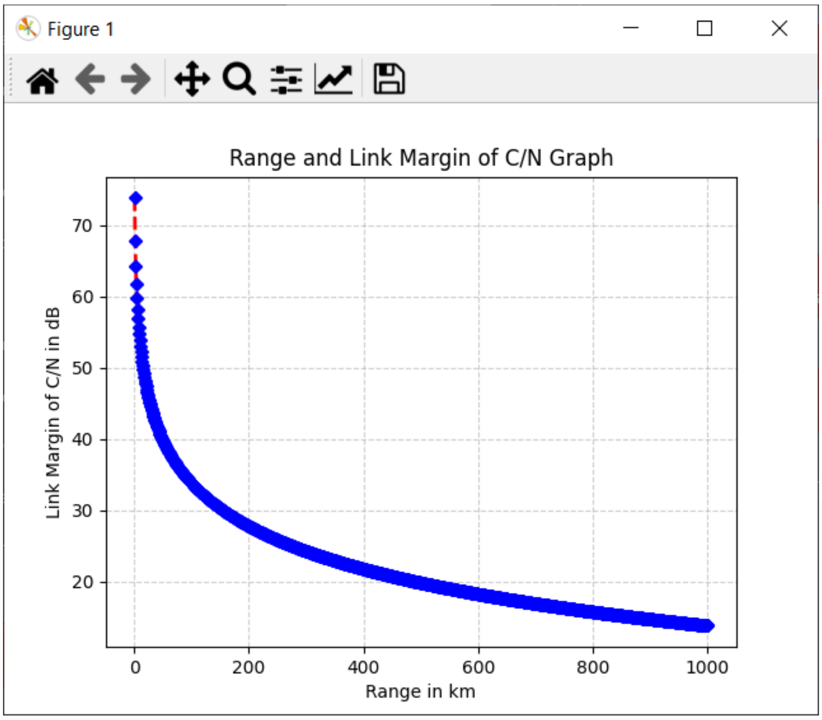


Figure 8. Range and Link Margin of S/N for BPSK and QPSK

3. CONCLUSION

In this study, the S/N Link Margin value is calculated, and the telemetry communication performances are compared, taking into account the RF communication values and modulation types used in the telemetry system, on both the transmitter and receiver sides. As a result of the study, S/N Link Margin values in BPSK and QPSK modulations are better than BFSK, 4-FSK, PCM/FM, 8-PSK modulations (Figure 8).

4. REFERENCES

[1] Sağlam, S. B. (2014). *Telemetre almaç sistemlerinin başarım analizi* (Master's thesis, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

[2] Altan, H. (2018). Telemetry Communications Systems Simplified. Independently published.

[3] Sağlam, A. (2017) Increasing transmission range of missile telemetry data with compression techniques. MS thesis. Baskent University Graduate School of Natural and Applied Sciences.

[4] Mayo-Wells, W. J. (1963). The origins of space telemetry. *Technology and Culture*, *4*(4), 499-514.

[5] Standard, I. R. I. G. 106-04 (Part I). 2004. Published by the Secretariat Range Commanders Council (RCC).

Presentation ID / Sunum No:75

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-3133-6557; 0000-0002-2080-5485

Analyzing IEEE 802.11ax: The Standard for The Next Generation WLANs

Asst.Prof.Dr. A. F. M. Shahen Shah[1] , Asst.Prof.Dr. Muhammet Ali Karabulut[2]
[1]Yildiz Technical University
[2]Kafkas University

*Corresponding author: Muhammet Ali KARABULUT

ABSTRACT: *The most recent version of the wireless local area networks (WLANs) standard is IEEE 802.11ax-2021, also referred to as high-efficiency wireless (HEW) or WiFi-6. The function of the Access Point (AP) in Wi-Fi networks has changed notably with the implementation of Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) in 802.11ax. This is because it gives the chance to use more sophisticated timing algorithms to manage Downlink (DL) traffic patterns and serve as a controller for Multi User Uplink (MU UL) transmissions at the same time. It becomes essential in this situation to develop a model for network analysis. In this paper, a model is developed to perform the network analysis of the IEEE 802.11 ax. The development of the model takes into account both UL and DL transmissions in addition to all the key performance-affecting variables. A theoretical study using Markov chains is presented. In addition, the simulation is used to validate the developed performance model.*

Keywords: *IEEE 802.11ax, OFDMA, WİFİ-6, WLAN*

1. INTRODUCTION

WLANs (wireless local area networks), are gaining popularity, raising concerns about how to handle the unavoidable overcrowding and slow communication that will inevitably result from the increase of new methods, technologies, and apps. Because there are many sites and access points in some environments, IEEE 802.11 evolved the IEEE 802.11ax standard.

Orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) based up-link multi-user (UL MU) transmission, which splits a transmission into some sub-channels and concurrently sends data packets for numerous users, is realized by a later released standard known as 802.11ax (IEEE, 2021). Getting precise communication synchronization between communicating stations (STAs) that have been set up to function in a completely distributed way is one challenging aspect of using OFDMA in Wi-Fi (Son, 2018). 802.11ax's ability to manage OFDMA signals in the downlink (DL) and uplink (UL) paths helps to get around this problem. By assigning OFDMA resources to the stations and scheduling UL broadcasts for them, the access points (APs) gather the transmission purpose from the stations. More significantly, it broadcasts a "trigger frame" to the WLAN, which starts the stations' real UL communication. Nevertheless, this results in IEEE 802.11ax stations having entrance to the channel in a totally different manner from current older nodes, as well as in inevitable alterations to MAC layer.

For future WiFi use-cases, single-user communication technologies like orthogonal frequency division multiple (OFDM) may not be successful, so 802.11ax has depended on MU technology. Each channel is split into numerous orthogonal sub-carriers (SCs) in the MU-OFDMA method, and a collection of these SCs constitutes re-source units. MU multiple input multiple output (MIMO) operation, i.e., the simultaneous transmission of data from multiple users over the identical resource unit (RU) utilizing multiple antennas, is feasible in each resource unit with a capacity of 106 sub-carriers or more. The channel status information (CSI) should be accessible at the AP in order to precisely decrypt this data. Additionally, the channel traits are more likely to affect this CSI information. As a result, the access point must use the channel sampling (Son, 2018; Bellalta, 2017; Choi, 2016) procedure to ask for CSI information from the stations more frequently. The MAC layer access method of 802.11ax networks is significantly impacted by these MU-OFDMA + MU-MIMO characteristics.

According to (Bellalta, 2017), utilizing specified factors when configuring an IEEE802.11ax network can result in effective utilization of both MU-MIMO and OFDMA. Additionally, the study using math and simulations demonstrates that MU communications can be secured in big-picture situations. Along with MU-MIMO and OFDMA, non-continuous channel sharing and link adaptation are assessed to confirm the performance enhancement of IEEE 802.11ax. The computer outcomes demonstrate this amendment's unmistakably higher output, improved quality of service (QoS), as well as increased multi-channel effectiveness (Lin, 2016).

The contributions made by this study are listed below:

- In order to analyze IEEE 802.11ax performance, the paper provides an analytical study.
- The efficiency of the system may be impacted by certain parameters. A theoretical study based on the Markov's chain model derives relationships among performance measures.
- The numerical results are presented to verify the analytical study.

The rest of the paper is ordered as follows: Section 2 describes an overview of IEEE 802.11ax. Section 3 provides the system model. Section 4 gives the numerical results. Lastly, Section 5 provides the conclusions.

2. OVERVIEW IEEE 802.11ax

IEEE 802.11ax suggests a number of important technologies in reaction to the high-density implementation situations and the technological and objective criteria.

Some novel transmission and encryption methods are adopted by IEEE 802.11ax. First, the highest transfer rate could be increased even more by adding 1024-QAM. The IEEE 802.11ax can theoretically attain a high transfer speed of 9.6 Gbps. Second, dual carrier modulation improves the resilience of communications in UL transmission as well as outdoor situations. Ultimately, IEEE 802.11ax has decided to make binary convolutional encoding and low-density parity check mandatory encryption methods.

A new SC division technique is used for IEEE 802.11ax that is more precise than standard IEEE 802.11. The 20 GHz frequency is split into 256 subcarriers spacing in IEEE 802.11ax, which is four times as many as in the original IEEE 802.11. With the help of this novel subcarrier division method, OFDMA resources can be scheduled more precisely and effectively, further enhancing frequency economy. The numerous access technique built on OFDMA and MU-MIMO is improved by IEEE 802.11ax to ensure MU simultaneous propagation in both the frequency and geographic domains. This offers a strong basis for raising WiFi effectiveness.

Access points and/or stations can send frames on non-continuous channels thanks to the improved channel boundaries in IEEE 802.11ax, which increases channel usage and completely utilizes the increased capacity. The improvement of MU-MAC is the most significant change made to IEEE 802.11ax's MAC layer. High-efficiency multiple-access (MU-MAC) technology allows multiple users to adhere to predetermined access guidelines to send UL data simultaneously (familiar as UL MU-MAC) or DL data simultaneously (familiar as DL MUMAC) through predetermined network access resources (i.e. time domain, frequency domain, and space domain resources). MU-MAC includes the MU-MIMO-based and OFDMA-based multiple access techniques that IEEE 802.11ax debuted.

First, IEEE 802.11ax is the earliest to implement UL MU-MAC for WiFi. Two specific methods are presented in depth, namely UL MU-MIMO and UL OFDMA. Second, IEEE 802.11ac only allows DL MU-MIMO for DL MUMAC, whereas IEEE 802.11ax adds DL OFDMA to improve DL concurrent access.

Additionally, to further increase MAC efficiency, IEEE 802.11ax suggests a cascaded MU MAC that enables the DL and UL MU transmissions to happen alternately during a transmission chance time period.

This part employs the standardization procedure of IEEE 802.11ax as an illustration to make the comprehension of the IEEE 802.11 standardization process easier. High efficiency WLAN (HEW) is the designation of the study group (SG) that IEEE 802.11 instantly forms following the introduction of IEEE 802.11ac in March 2013 (Hew, 2014). A number of characteristics have been verified as the primary technologies for the next-generation WLANs through thorough debate. The criteria for standards development (CSD) (IEEE, 2014a) and the PAR (IEEE, 2014b) were the next two significant papers that HEW finished. While CSD defines the technical criteria standardization process, PAR, one of the most crucial papers in the standardization procedure, explains the goals and technical standards. HEW was superseded by the IEEE 802.11 task group (TGax) in March 2014 (IEEE, 2017). This is the first time, MU and SR were considered the most crucial study paths during the creation of TGax. TGax made the decision to first create a standard framework document (SFD) (IEEE, 2016) in order to create the ultimate IEEE 802.11ax revision. SFD is typically used to describe the standard update and specify which technologies the document should include. SFD's work came to a close at the beginning of 2016, and the initial version of IEEE 802.11ax was published in March of that same year. Draft 3.0 of IEEE 802.11ax was published in October 2018 (IEEE, 2018). Additionally, IEEE 802.11ax's ultimate form will be made available in 2019. The timetable for the IEEE 802.11ax standardization procedure is depicted in Figure 1.

2013	2014	2015	2016	2018	2019
Study Group	PAR TASK Group	Space Frame Document	Draft 1 Draft 1.3	Draft 2	Final 802.11ax

Figure 1. Standardization Process of IEEE 802.11ax.

3. SYSTEM MODEL

We model the performance study of IEEE 802.11ac (Machrouh, 2016) on the Bianchi model, which we use for the mathematical model of our network. In terms of evaluating WiFi networks and determining traffic, the model performed remarkably well. We take into account a single AP and a number of STAs that are close to one another and have similar powers. It is assumed that the STAs and AP always have packets available for delivery; these packets are then combined. Figure 2 shows single user transmission for UL and DL. Figure 3 and 4 show DL and UL for multi-user transmissions, respectively.

The MU-RTS frame, which contains details about the STAs and the channel lengths, is a variation of the trigger frame. The AP only sends to the STAs that have responded, and each STA responds with a CTS frame. Aggregating ACK packets into a single MU-STAs Block ACK to minimize latency is another appealing feature.

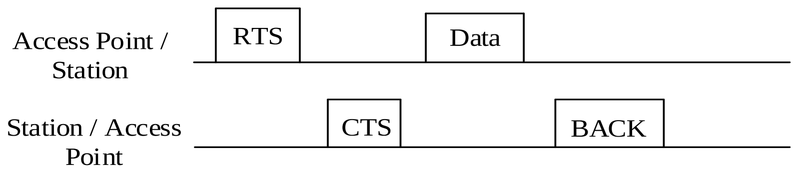


Figure 2. Single User Transmission For UL and DL.

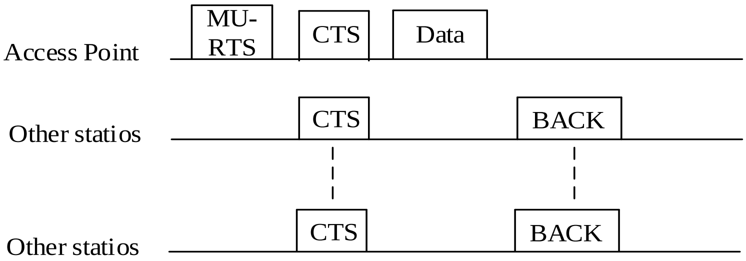


Figure 3. Multiple User Transmissions for UL.

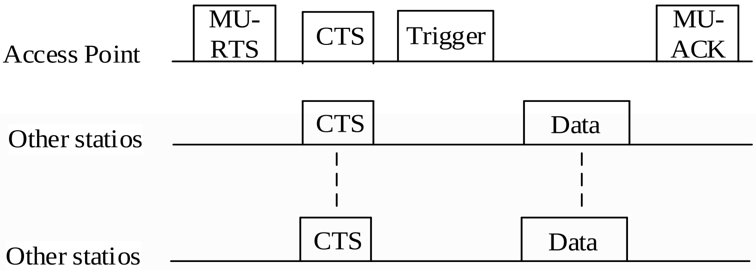


Figure 4. Multiple User Transmissions for DL.

A DL transmission begins when the counter of AP backoff hits zero, whereas STAs begin UL transmissions when their backoff counters also reach zero. The Markov Chain Model can be used to calculate the likelihood that a station will broadcast and the likelihood that there will be accidents. Additionally, it is possible to calculate the energy efficiency, which is the amount of energy spent to transferred data over a given time period.

The drawback is that the AP must collect channel and buffer status data from user units, which could result in a substantial amount of waste. As a result, there is a trade-off between the waste caused by such information and the quantity and pace at which it is needed. The two scenarios covered by the mathematical model are effective transfer and impact.

We describe the transmission probability τ and the collision probability P_c using the same Markov Chain Model in (Karabulut, 2020). τ can be written as

$$\tau = \frac{2(1-P_c)}{(1-2P_c)(CW+1)+P_c CW(1-(2P_c)^{m_r})}. \tag{1}$$

P_c can be given as

$$P_c = 1 - P_c^{UL} - P_c^{DL}, \tag{2}$$

where P_c^{UL} and P_c^{DL} are collision probabilities for UL and DL transmission, respectively. They can be expressed as (Lee, 2019)

$$P_c^{DL} = \tau(1-\tau)^N, \tag{3}$$

$$P_c^{UL} = N\tau(1-\tau)^{N-1}. \tag{4}$$

The channel will be occupied if any one of the N nodes transmits a message during a time period. Consequently, P_b can be given as

$$P_b = 1 - (1-\tau)^N . \tag{5}$$

P_s stands for the probability that a message will be properly transmitted and conveyed, and it can be written as

$$P_s = \frac{N\tau(1-\tau)^{N-1}}{1-(1-\tau)^N}. \tag{6}$$

S, the ratio of data sent in a slot time to the typical slot time length, is the normalized system throughput. It can be depicted as

$$S = \frac{E[\textit{payload information transmitted in a slot time}]}{E[\textit{length of slot time}]} \tag{7}$$

The operator for the mean value is shown here as $E[.]$. Then, it could be stated as

$$S = \frac{P_s P_b L}{T_e}. \tag{8}$$

Here, L refer data size. In the instance of a Markov chain, T_e is the expected duration of a node and is written as

$$T_e = (1-P_b)T_{slot} + P_b P_s T_s + P_b(1-P_s)T_c. \tag{9}$$

Here, the durations of successful and colliding packet transfer are denoted by T_s and T_c, respectively, which can be given as

$$T_s = T_{SIFS} + T_{RTS} + T_{CTS} + \frac{L}{R_d} + T_{ACK} , \tag{10}$$

$$T_c = T_{RTS} + T_{SIFS} + T_{ACK} . \tag{11}$$

Here, T_{RTS}, T_{CTS}, T_{ACK}, T_{SIFS} are request to send (RTS), clear to send (CTS) acknowledgment (ACK), short inter-frame space (SIFS), times, respectively. R_d refers transmission rate.

4. NUMERICAL RESULTS

In this part, the analytical model is verified, and network performance is examined through numerical analysis carried out in MATLAB.

We concentrate primarily on output because it has been significantly improved by the ax change. In our tests, we selected a base service set with a single entry point and a number of stations that were distributed at random within one another's broadcast range. We investigate how aggregation affects speed and emphasize how well different modulation and coding algorithms work when used with varying channel lengths. We then demonstrate how the number of nodes affects WiFi performance. The values used for the numerical results are listed in Table 1.

Table 1. Parameter Values Utilized in Numerical Results

Parameters	Values
T_{SIFS}, T_{DIFS} (μs)	16, 34
RTS, CTS, ACK, L, (bytes)	26, 20, 14, 6000
R_d (Mbps), N	11, 100
CW, m_r	32, 5

Figure 5 shows the throughput according to the number of STAs. The number of stations is considered as 50 and the comparison is made. The lower number of stations provides higher throughput as well as supports more efficient communication. The throughput is decreasing as the number of stations is increased. Because there will be increased competition and more collisions due to excess packets in the channel for transmission. Channel bandwidth has been studied. An increase in throughput is observed with the increase in channel bandwidth.

Figure 6 shows the throughput versus packet size for several key parameters of the standard. The number of stations is compared between 25 and 100. The lower number of stations provides higher throughput. Throughput is increased with the increase in the packet size. The usage of channel improves as the packet length increases.

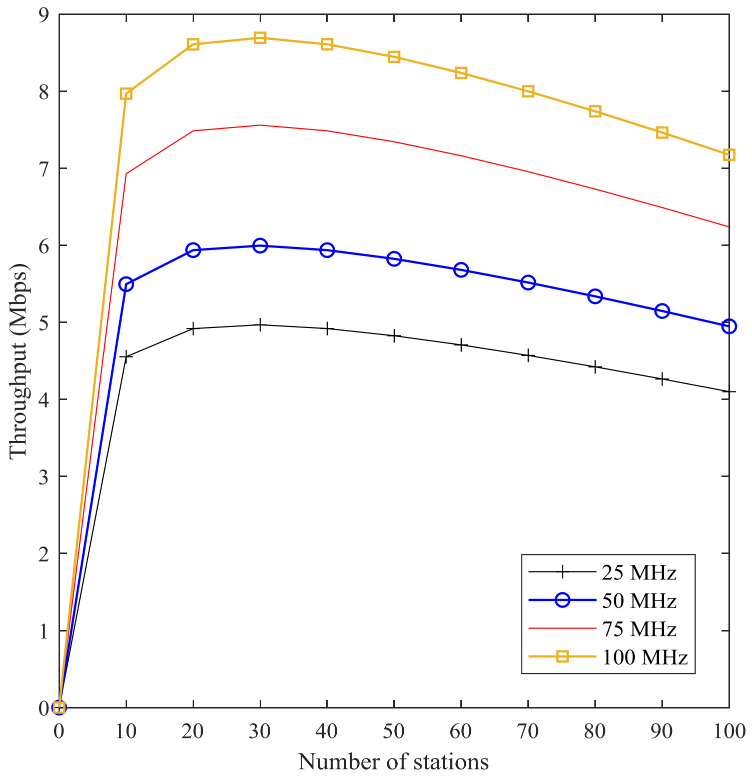


Figure 5. Throughput for Different Channel Bandwidth.

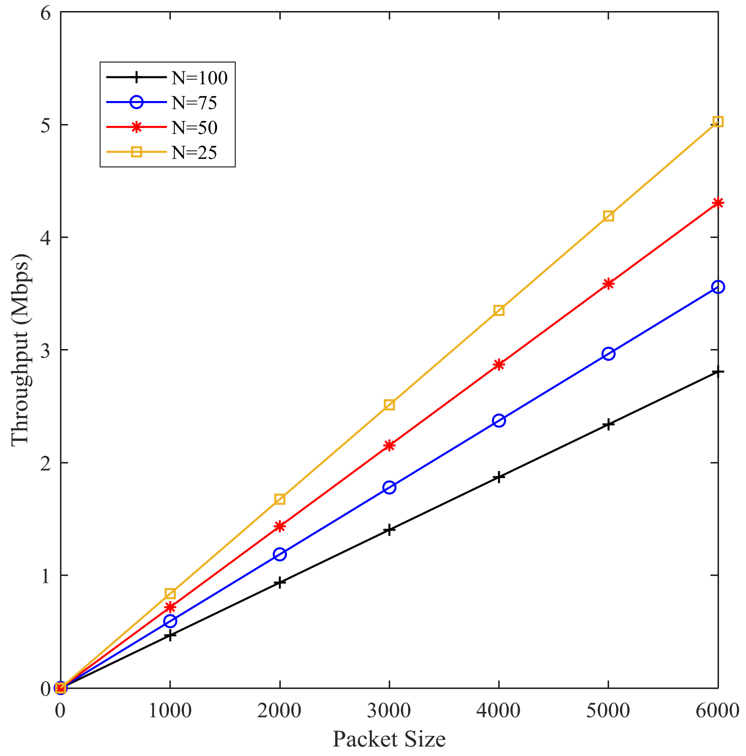


Figure 6. Throughput for Different Packet Size with Different Number of Stations.

5. CONCLUSION

In this paper, we show a numerically validated mathematical model for the IEEE 802.11 ax standard. The suggested model is validated analytically under saturated circumstances, and the WLAN is assessed for different network characteristics. Depending on the context of the situation, changing one or more of these factors can result in significant changes in efficiency.

6. REFERENCES

IEEE, (2021). Draft Standard for Information technology– Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) for High Efficiency WLAN: IEEE 802.11ax.

Son, Y., Kim, S., Byeon, S., Choi, S. (2018). Symbol Timing Synchronization for Uplink Multi-User Transmission in IEEE 802.11ax WLAN. IEEE Access, 6, 72962–72977.

Bellalta, B., Szott, K. K. (2017). AP-initiated Multi-User Transmissions in IEEE 802.11ax WLANs, Computer Science, Networking and Internet Architecture, arXiv: 1702.05397.

Choi, J., Choi, S., & Lee, K.B. (2016). Sounding Node Set and Sounding Interval Determination for IEEE 802.11ac MU-MIMO. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 65, 10069-10074.

Lin, W., Li, B., Yang, M., Qu, Q., Yan, Z., Zuo, X., & Yang, B. (2016). Integrated Link-System Level Simulation Platform for the Next Generation WLAN - IEEE 802.11ax. 2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 1-7.

HEW, (2014). Status of IEEE 802.11 hew study group high efficiency WLAN.

IEEE, (2014a). IEEE 802.11 hew sg proposed csd. doc IEEE 802.11-14/0169r1.

IEEE, (2014b). 802.11 hew sg proposed par. doc. IEEE 802.11-14/0165r1.

IEEE, (2017). Status of project IEEE 802.11ax high efficiency (he) wireless LAN task group.

IEEE, (2016). Specification framework for tgax. doc IEEE 802.11-15/0132R15.

IEEE, (2018). Wireless lan medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications amendment 6: Enhancements for high efficiency wlan. IEEE Draft 802.11ax/D3.0.

Machrouh, Z., Najid, A. (2016). Performance Analysis of IEEE802.11ac DCF Enhancement for VHT with Frame Aggregation,” iJES, 4(3), 17-21.

Karabulut, M. A., Shah, A. S., & İlhan, H. (2020). Performance modeling and analysis of the IEEE 802.11 MAC protocol for VANETs. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35(3), 1575-1587.

Lee, K. (2019). Performance Analysis of the IEEE 802.11ax MAC Protocol for Heterogeneous Wi-Fi Networks in Non-Saturated Conditions. Sensors, 19(7), 1540.

Presentation ID / Sunum No:78

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0002-4285-4955

İnsansız Hava Aracı İle Taktik Güdümlü Mühimmat Arasında Veri Bağı Tasarımı ve Optimizasyonu

Araştırmacı Hasan Karataş[1] , Prof. Dr. Hüseyin Canbolat[1]
[1]Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

*Corresponding author: Hasan Karataş

ÖZET: *Operasyonel alanda kullanılmakta olan insansız hava araçlarına (İHA) ek olarak İHA'lar ile birlikte kullanılan taktik güdümlü mühimmatlar da savunma sanayii alanında giderek önem kazanmaktadır. Çalışma kapsamında hem İHA'ları hem de taktik güdümlü mühimmatları oluşturan alt sistem bileşenleri açıklanmaktadır. Çalışmanın asıl amacı ise İHA'lar ile İHA'larla birlikte kullanılan taktik güdümlü mühimmatların arasındaki dijital haberleşme veri bağının özelliklerine ve parametrelerine yer vererek bir tasarım ve optimizasyon yapmaktır. Uygulama kısmında tasarım girdi parametreleri oluşturulup ve farklı dijital modülasyon yöntemleri seçilerek farklı veri hızlarında tasarımlar gerçekleştirilmektedir. Modülasyon yöntemlerinden olan QPSK, hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere ön plana çıkmaktadır. Aynı veri hızına sahip diğer modülasyon yöntemlerinden (BPSK, 4-QAM) ise hem bant genişliği kullanım verimi hem de güç kısıtlaması açısından daha ön plana çıkarak avantajını göstermektedir. Optimizasyon aşamasında ise Modefrontier optimizasyon programı vasıtasıyla MOGA (Multi-Objective Genetic Algorithm) optimizasyon algoritması kullanılarak 400 farklı en iyi tasarımlardan meydana gelen bir tasarım kümesi oluşturulmaktadır. Gerçekleştirilen tasarım girdi parametreleri ve modülasyon yöntemi, Modefrontier tarafından oluşturulan tasarım kümesi içerisinde kendine yer bulmaktadır. Sonuç olarak gerçekleştirilen tasarım, optimizasyonla kendini doğrulamaktadır. Bu tarz optimizasyon programlarının kullanımı sayesinden hem tasarımda zaman kaybının hem de oluşabilecek maliyetin önüne geçileceği tespit edilmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *İha, Taktik Güdümlü Mühimmat, Veri Bağı, Optimizasyon, Dijital Haberleşme*

Data Link Design and Optimization Between Unmanned Aerial Vehicle and Tactical Guided Munition

ABSTRACT: *Tactical guided munitions are becoming more significant in the military industry, along with unmanned aerial vehicles (UAV) utilized in the operational field. The paper explains the subsystem components of tactical guided bombs and unmanned aerial vehicles (UAVs). The major goal of the project is to design and optimize a digital communication data link between tactical guided munitions and UAVs using their characteristics and specifications. By defining design input parameters and selecting various digital modulation techniques, designs are realized at various data rates in the application portion. As can be seen from the calculations, one of the modulation methods, QPSK, comes to the fore. It stands out in terms of bandwidth utilization effectiveness and power restriction when compared to other modulation techniques (BPSK, 4-QAM) with the same data rate. During the optimization phase, the MOGA (Multi-Objective Genetic Algorithm) optimization algorithm via the Modefrontier optimization program is used to generate a design set of 400 different best designs. The actualized design input parameters and modulation technique have a place in the Modefrontier design set. By optimization, the resulting design confirms its own validity. It is found that both the potential cost increase and design time loss will be avoided by the usage of such optimization programs.*

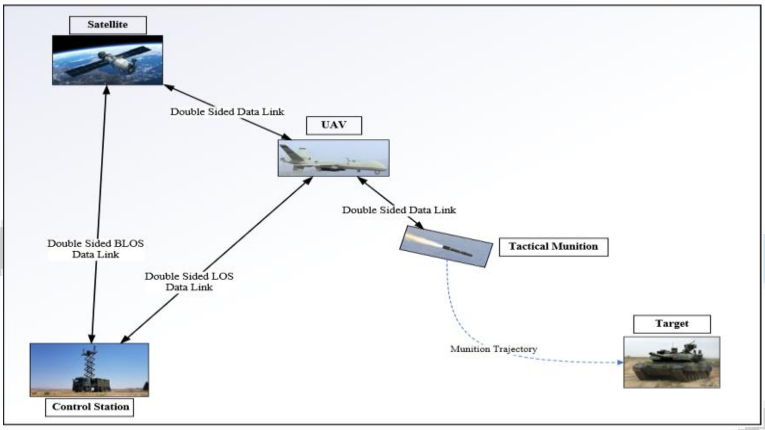
Keywords: *Uav, Tactical Guided Munition, Data Link, Optimization, Digital Communications*

1. INTRODUCTION

Unmanned aerial vehicles (UAV) are finding more and more applications as battery life extends and electronic flying components become more affordable (sensors, microprocessor, etc). They are used today in a wide range of industries, including target identification and tracking, surveillance, search and rescue in hazardous locations, agricultural spraying, traffic tracking and mapping, etc. UAV systems used for military purposes generally consist of their own subsystems, navigation systems, communication systems, payloads (various reconnaissance or surveillance cameras, tactical munitions, various communication relays, moving target indicators), ground control stations, launch-recovery systems and ground support equipment [1-12].

Tactical guided munitions are increasingly used by UAVs as payloads due to their evolving combat operational concepts. These munitions often belong to the air-to-air or air-to-ground munition categories. The tactical guided munitions generally consist of airframe, engine/propulsion, warhead, fuse, and their own control surfaces [14].

Figure 9. Digital RF Communication on the "Man in the loop" Concept



Tactical guided munitions and UAVs with precision strike capability are crucial to winning due to shifting war conceptions and evolving technology. These tactical guided weapons give UAVs an advantage in terms of combat capability.

In this situation, the RF data link communication system between tactical guided munitions and UAVs has turned into a requirement for the UAVs to successfully complete their missions with tactical munitions and in order to improve the effectiveness of the munitions. These systems, called the "man in the loop" concept, will undoubtedly be used more and more in the future [13].

Depending on whether the data link has line of sight or not, there are two possible sub-branches for how it might be used. By having a line of sight, UAVs might communicate with mission planning and control centers directly (LOS). Alternatively, UAVs can use the beyond line of sight (BLOS) concept to connect with mission planning and control stations via satellites [15].

The UAV and tactical guided munitions are connected by digital communication technologies. And in these systems, digital modulation techniques are employed. The fundamental idea behind digital modulation is to alter the properties of the analog sinusoidal carrier signal that will be used to superimpose the digital information or message signal. The analog sinusoidal carrier signal in issue can have variations in amplitude, phase, frequency, or even both. The transmission channel's condition affects these distinguishing characteristics [16,17].

Table 1. General Modulation Types

#	Digital Modulation	Analog Modulation	Pulse Modulation
Channel	Space/Air	Space/Air	Baseband
Carrier Signal	Sinusoidal	Sinusoidal	Pulse
Message Signal	Digital	Analog	Digital/Analog
Instance Types	ASK, FSK, PSK, QAM, M-ary	AM, FM, PM	PCM, PAM, PWN, PPM

Superior features of digital modulation over analog modulation;

- Information capacity is greater.
- Good compatibility with digital data services.
- Data security is higher than analog modulation.
- It provides better quality communication.
- It is more immune to noise.
- Provides easier multiplexing.

Factors such as free space path loss effect, multipath effect, doppler effect, atmospheric refraction effect, communication channel noise effect and munition exhaust (plume) attenuation effect reduce the digital communication quality of the data link between the UAV and tactical guided munitions [16].

2. METHODS

2.1. Data Link Design

There is a bilateral TDM digital communication data link between the UAV and tactical guided munition. Identical data link modules provide this two-way communication. The general technical specifications of the data link modules that are planned to be used in the design are given in

Table *2*.

Table 2. The General Technical Specifications of The Data Link Modules

Adjustable Frequency Range	2 GHz - 6 GHz
Adjustable RF Output Power	0 - 15 Watt
Available Modulation Options	BPSK, QPSK, Octal-PSK, Quad-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, BFSK and MSK/GMSK
Source Coding Options	Run-Length, Huffman, Lempel- Ziv
Channel Encoding Options (FEC)	Reed Solomon, Hamming, Convolutional, Turbo
Line Encoding Options	NRZ-L, NRZ-S, NRZ-M
RF Sensitivity	-95dBm

One of the main factors affecting the performance quality of communication systems is the ratio of the power of the signal reaching the receiver to the noise it is exposed to. In other words, it is the *C/N* (Carrier Signal Power / Thermal Noise Power) value, which is the digital communication equivalent of the SNR (Signal power to Noise power ratio). In current digital communication systems, the receiver of each system has its own characteristic *C/N* link margin value. This link margin value is the difference between the *C/N* value that comes to the receiver instantly and the *C/N* value needed for healthy and quality communication. This value has been given hypothetically within the scope of the study [19,20].

$$Link\ Margin = \ Obtained\frac{C}{N} - Needed\frac{C}{N} \tag{2.1}$$

$$Needed\frac{E_b}{N_0} = \ Needed\frac{C}{N} + \frac{BW}{BR} \tag{2.2}$$

$$Needed\frac{C}{N} = Needed\frac{E_b}{N_0} - \frac{BW}{BR} \tag{2.3}$$

Where BW: Bandwidth, using equation 2.1 and equation 2.3, equation 2.4 is obtained.

$$Link\ Margin = \ Obtained\frac{C}{N} - Needed\frac{E_b}{N_0} + \frac{BW}{BR} \tag{2.4}$$

If equation 2.4 is taken as logarithmic, equation 2.5 is obtained.

$$Link\ Margin(dB) = Obtained\frac{C}{N}(dB) - Needed\frac{E_b}{N_0} + \left(BW(dB) - BR(dB)\right) \tag{2.5}$$

$$BR(dB) = Obtained\frac{C}{N}(dB) - Needed\frac{E_b}{N_0} - \ BW(dB) - \ Link\ Margin(dB) \tag{2.6}$$

Equation 2.6 shows how to obtain the data rate logarithmically from the obtained signal/noise, the needed E_b/N_o, the given bandwidth and the link margin of the receiver. *C/N* in Equation 2.6 is obtained as a result of the following equations:

$$Efective\ Isotropic\ Radiated\ Power\ (EIRP) = \ Transmitter\ Output\ Power\ (dBm) + \\ \text{Transmitter Antenna Gain (dB)} - \ \text{Transmitter Cable/Connector Losses (dBm)} \tag{2.7}$$

$$FSPL\ (Free\ Space\ Path\ Loss)dB = 32.5 + 20\log(Range) + 20\log(Frequency) \tag{2.8}$$

$$C = EIRP - FSPL + \ Receive\ Side\ Antenna\ Gain\ (dB) + \ LNA\ Gain\ (dB) - \\ Antenna\ Polarization\ Losses\ - \ Receive\ Side\ Cable - Connector\ Losses \tag{2.9}$$

The free space path loss value is subtracted from the effective isotropic radiated signal power provided by the transmitter. In addition to cable and connector losses on the receiver side, losses caused by factors such as rain and snow are subtracted from the obtained value. Then, the receiver side antenna gain and RF amplifier value are added to the obtained value. The value obtained as a result of these operations will be carrier signal power (*C*). In addition, the channel thermal noise value (*N*) is obtained from equation 2.10.

$$N = k\ .Te\ .BW \tag{2.10}$$

Where, *N*: Thermal Noise Power, *k*: Boltzmann Constant, *Te*: Effective Noise Temperature in Kelvin, *BW*: Bandwidth Used [19,20].

Table 3. BER and Needed E_b/N_0 Formulas According to Modulation Methods

Modulation Type	BER Formula	Needed E_b/N_0 Formula
BPSK (2-PSK)	$BER = \left(\frac{1}{2}\right).erfc(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}})$	$(erfcinv(2.BER))^2$
QPSK (4-PSK)	$BER = \left(\frac{1}{2}\right).erfc(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}})$	$(erfcinv(2.BER))^2$
Octal-PSK (8-PSK)	$BER = \left(\frac{1}{3}\right).erfc(\sqrt{\frac{3.E_b}{N_0}}.\sin(\frac{\pi}{8}))$	$((erfcinv(3.BER)/\sin(\frac{\pi}{8}))^2/3$
(M – PSK)	$BER = \left(\frac{1}{k}\right).erfc(\sqrt{\frac{k.E_b}{N_0}}.\sin(\frac{\pi}{M}))$	$((erfcinv(k.BER)/\sin(\frac{\pi}{M}))^2/k$
QAM (4-QAM)	$BER = \left(\frac{2}{2}\right).(1-\frac{1}{\sqrt{4}})\ erfc(\sqrt{\frac{3.2.E_b}{2.(3).N_0}})$	$(erfcinv(2.BER))^2$
Octal-QAM (8-QAM)	$BER = \left(\frac{2}{3}\right).(1-\frac{1}{\sqrt{8}})\ erfc(\sqrt{\frac{3.3.E_b}{2.(7).N_0}})$	$(erfcinv(\frac{6.BER}{4-\sqrt{2}}))^2/\frac{9}{14}$
Octal-QAM (16-QAM)	$BER = \left(\frac{2}{4}\right).(1-\frac{1}{4})\ erfc(\sqrt{\frac{3.4.E_b}{2.(15).N_0}})$	$(erfcinv(\frac{6.BER}{4-\sqrt{2}}))^2/\frac{9}{14}$
32-QAM	$BER = \left(\frac{2}{5}\right).(1-\frac{1}{\sqrt{32}})\ erfc(\sqrt{\frac{3.5.E_b}{2.(31).N_0}})$	$(erfcinv(\frac{5.\sqrt{32}.BER}{2.(\sqrt{32}-1)}))^2/\frac{15}{62}$
64-QAM	$BER = \left(\frac{2}{6}\right).(1-\frac{1}{\sqrt{64}})\ erfc(\sqrt{\frac{3.6.E_b}{2.(63).N_0}})$	$(erfcinv(\frac{18.BER}{5}))^2/\frac{1}{7}$
M - QAM	$BER = \left(\frac{2}{k}\right).(1-\frac{1}{\sqrt{M}})\ erfc(\sqrt{\frac{3.k.E_b}{2.(M-1).N_0}})$	$(erfcinv(\frac{k.\sqrt{M}.BER}{2.(1-\sqrt{M})}))^2/\frac{3.k}{2.(M-1)}$
B-FSK (Noncoherent)	$BER = \left(\frac{1}{2}\right).e^{-\frac{E_b}{2.N_0}}$	$(-2).\ln(2.BER)$
MSK, GMSK (Noncoherent)	$BER = \left(\frac{1}{2}\right).erfc(\sqrt{\frac{(2\sqrt{ln2}).E_b}{3.N_0}})$	$(erfcinv(2.BER))^2/\frac{2\sqrt{\ln(2)}}{3}$
$k = log_2 M$	"k" is the number of bits per symbol, "M" is the symbol level	

Table 4. TDM Data Link Input Parameters

Parameter	Explanation	Value	Unit
Frequency	Operating Frequency	2200	MHz
Power_Tx	Transmitter Module RF Output Power	10	Watt
Gain_Tx	Gain of Transmitter Antenna	8	dBi
Loss_Tx	Transmitter Side Cable and Connector Losses	1.75	dB
Source Coding	Not Available	-	-
Channel Coding	Selected Coding Method Convolutional Coding	2	dB
Line Coding	NRZ-L	-	-
BW	Available Bandwidth of the Communication Channel	10	MHz
C/N _Link Margin	Receiver's Characteristic *C/N* Link Margin Value	8.5	dB
Gain_Rx	Gain of Receiver Antenna	8	dBi
Loss_Rx	Receiver Side Cable and Connector Losses	2.5	dB
Pol_Loss	Polarization Losses Due to Antennas	0	dB
LNA	Low Noise Amplifier on The Receiving Side	0.5	dB
Ambient_Loss	Ambient Losses Due to Effects Such as Snow, Rain	0.6	dB
Te	Effective Noise Temperature in Kelvin	290	Kelvin
BER	Bit Error Rate	10^{-6}	-
Range_Km	Maximum Distance Between Transmitter and Receiver	100	Km

As shown in Table 4, the input parameters are given for the TDM data link design between the UAV and tactical guided munition. The reason for choosing the bit error rate of 10^{-6} is that the currently accepted value for healthy and quality communication in the receivers of digital communication systems is 10^{-6}.

The reason why the maximum distance between the transmitter and the receiver, in other words the maximum distance between the UAV and tactical guided munition is 100 Km, is the concern of not losing the line of sight between the UAV and the munition.

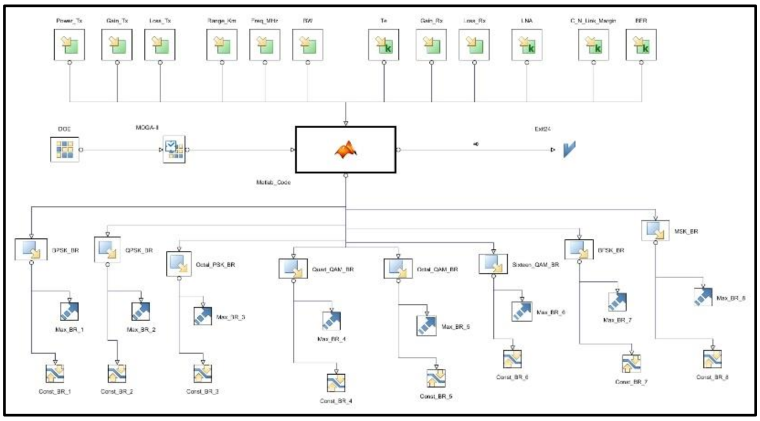
In the framework of the design, the antenna of both the UAV and the munition are considered identical, thus ignoring the polarization losses.

In addition, the LNA value has been ignored and near zero dB has been accepted. The reason for this is that amplifiers are not generally used in duplexer communication systems.

2.2. Optimization

Within the context of the study, optimization is carried out using the ModeFrontier application, which is a design optimization platform that can interact with a wide range of other programs (Microsoft Excel, LabVIEW, MATLAB Script, JavaScript, Python, CATIA V5, NX, SolidWorks, etc.).

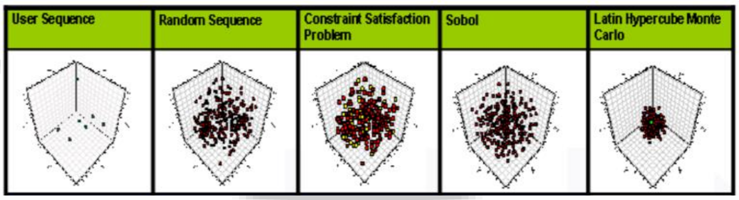
Figure 10. Workflow of the Optimization



The program consists of exactly three parts. The first part is "Workflow Editor", the second part is "Run Analysis" and the third part is "Design Space". As shown in Figure 10, the MATLAB code consisting of equations is embedded in the optimization program. Then, each input parameter and output parameter are defined with their limits and purposes. Additionally, as shown, "SOBOL" has been chosen as the design of experiment algorithm and "MOGA (Multi – Objective Genetic Optimization Algorithm)" has been chosen as the optimization algorithm of the program [21,22].

The DOE technique chooses the optimal set of design input parameters to maximize the effectiveness of the selected optimization procedure. In contrast to conventional methodologies that alter one input parameter at a time, the DOE approach offers the opportunity to adjust many input parameters simultaneously. The "Sobol DOE Algorithm," one of the effective gap-filling DOE algorithm strategies based on pseudo-random number generator, is employed in the thesis, as depicted in Figure 11.

Figure 11. DOE Options



In terms of their general use, optimization algorithms' fundamental goal is to select the optimal design alternatives in accordance with particular restrictions and objectives. Iterative comparison of the currently defined options until the best answer is identified is the fundamental tenet of optimization algorithms. Because MOGA requires a defined population rather than a single starting point, works with parameter sets rather than the parameters themselves, generates faster and more accurate solutions, and only works with itself rather than the derivative of the objective function, it is superior to other deterministic algorithms. While the general features of the MOGA optimization algorithm are given in Table 5, the values of the input parameters are given in Table 6 [21,22].

Table 5. Optimization Algorithm Parameters

Parameter	Value
Number of Generation	20
Probability of Selection	0.05

Parameter	Value
Probability of Directional Cross-Over	0.5
Probability of Mutation	0.1
DNA String Ration	0.05

Table 6. Workflow Input Parameters

Parameter	Explanation	Variable Type	Lower Bound	Upper Bound
Frequency	Operating Frequency	Variable	2.000 MHz	6.000 MHz
Power_Tx	Transmitter Module RF Output Power	Variable	1 Watt	15 Watt
Gain_Tx	Gain of Transmitter Antenna	Variable	1 dBi	15 dBi
Loss_Tx	Transmitter Side Cable and Connector Losses	Variable	1 dB	10 dB
BW	Available Bandwidth of the Communication Channel	Variable	5 MHz	15 MHz
Gain_Rx	Gain of Receiver Antenna	Variable	1 dBi	15 dBi
Loss_Rx	Receiver Side Cable and Connector Losses	Variable	1 dB	10 dB
Range_Km	Maximum Distance Between Transmitter and Receiver	Variable	1 Km	1000 Km
LNA	Low Noise Amplifier on The Receiving Side	Constant	0.5 dB	
Te	Effective Noise Temperature in Kelvin	Constant	290 Kelvin	
BER	Bit Error Rate	Constant	10^{-6}	
C/N _Link Margin	Receiver's Characteristic C/N Link Margin Value	Constant	8.5 dB	

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Data Link Design Results

These given input parameters have been calculated by means of the MATLAB calculation code which is occurred by the above equations and the output parameters shown in Table 7 below has been obtained. Of course, data rate values are very important here.

Table 7. Calculated Output Parameters

#	Modulation Type	Data Rate (Mbps)	Needed E_b/N_0 (dB)
1	BPSK	7.4971	10.5298
2	QPSK	7.4971	10.5298
3	8-PSK	3.4113	13.9495

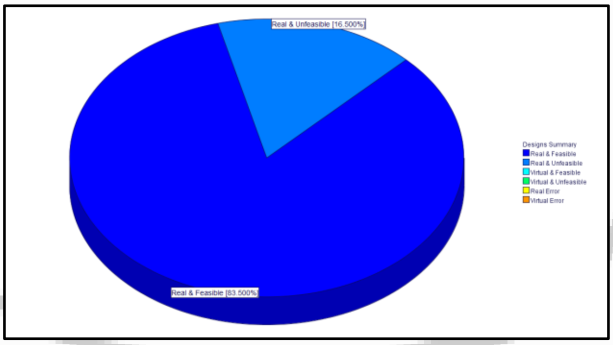
#	Modulation Type	Data Rate (Mbps)	Needed E_b/N_0 (dB)
4	4-QAM	7.4971	10.5298
5	8-QAM	4.8812	12.3934
6	16-QAM	3.0740	14.4017
7	32-QAM	1.8806	16.5359
8	64-QAM	1.1273	18.7584
9	2-FSK	3.2273	14.1904
10	MSK, GMSK	4.1612	13.0866

As it could be understood from the calculations, the data rate is very important in a communication with a fixed bit error rate and bandwidth. As shown in Table 7, the data rate values obtained from BPSK, QPSK and 4-QAM modulation methods are quite high and the required E_b/N_0 values are quite low as desired.

3.2. Optimization Results

As shown in **Error! Reference source not found.**, 334 of 400 designs are feasible, while 66 of them are unfeasible.

Figure 12. Number of Feasible and Unfeasible Designs After Optimization



While the Sobol algorithm was preferred in the experimental design, the Multi-Purpose Genetic Optimization Algorithm (MOGA) was preferred as the optimization algorithm. In addition, the first eight modulations with high data rate values shown in Table 7 were preferred and optimization was carried out. The design results and DOE (Experimental Design) results obtained as a result of the optimization are available and displayed in the Modefrontier program.

Figure 13. History Graphics of BPSK, QPSK, QAM Modulation in The Design Table

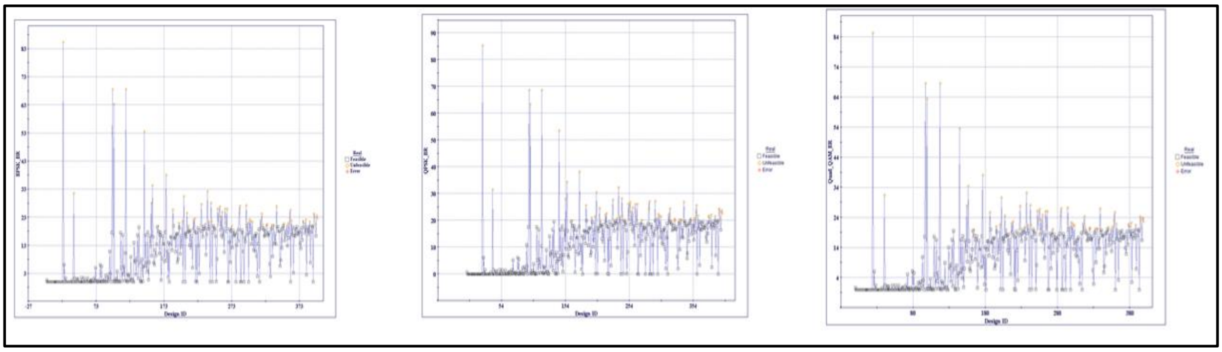


Figure 13 shows the places in the design set of the three modulation methods (BPSK, QPSK, 4-QAM) with the best data rate values from the 400 best design sets obtained.

4. CONCLUSION

The calculations show that, in comparison to other modulation methods, the data rate value achieved from BPSK, QPSK, and 4-QAM modulation methods is the highest and the desired Eb/N0 value is the lowest. These three modulation techniques have come to the forefront because of the high data rate values and low needed E_b/N_0 values.

Even though the data rates for these three widely used modulation techniques are same, QPSK is seen to be better than BPSK since it makes use of more symbols while using the bandwidth. Moreover, QPSK is more effective than 4-QAM in terms of power restriction since only phase switching requires energy in QPSK, but both amplitude and phase switching do in 4-QAM.

Also, the output data rate values according to eight different digital modulation methods obtained as a result of the design input parameters and calculations determined in the design framework are within the design limits obtained as a result of the optimization program. In this way, both design and optimization confirm each other.

Another inference obtained as a result of the thesis is that the use of such optimization programs both saves time for different engineering disciplines and prevents possible errors in the design process.

5. REFERENCES

[1] Babar, M. Z., Ali, S. U., Shah, M. Z., Samar, R., Bhatti A. I., and Afzal, W. (2013). “Robust Control of UAVs using H Control Paradigm, Emerging Technologies” (ICET), IEEE 9th International Conference.

[2] Anil Ufuk Batmaz, Ovunc Elbir, ve Cosku Kasnakoglu. (2013). “Design of a Quadrotor Roll Controller Using System Identification to Improve Empirical Results”. International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing vol. 1, no. 4, pp. 347-349.

[3] Stojcsics, D., Molnar, A. (2011). “Fixed – Wing Small – Size UAV Navigation Methods with HIL Simulation for AERObot Autopilot”, IEEE 9th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, September 8 – 10.

[4] J.M. Sullivan. (2006). “Evolution or revolution the rise of UAVs”, IEEE Technology and Society Magazine, 25(3), 43–49.

[5] D. McRuer and D. Graham, (2008) “Flight Control Century: Triumphs of the Systems Approach,” J. Guid. Control. Dyn., vol. 27, no. 2, pp. 161–173.

[6] K. L. B. Cook, (2007). “The silent force multiplier: The history and role of UAVs in warfare,” IEEE Aerosp. Conf. Proc.

[7] Z. K. Demirhan, (2010). “İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi,” Bilim ve Teknik, pp. 29–31.

[8] C. Karaağaç, (2016). “İHA Sistemleri Yol Haritası Geleceğin Hava Kuvvetleri 2016-2050,” Stm.

[9] Korchenko A.G., Illyash O.S., (2013). “The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles”, IEEE 2nd International Conference “Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments” Proceedings pp.28-34.

[10] Bento M. de F., (1995). “Unmanned Aerial Vehicles–An Overview”, InsideGNSS – www.insidegnss.com- Work. PaperBroeren A. P., P. Giguere, J. J. Guglielmo, M. S. Selig, Summary of Low-Speed Airfoil Data, Volume 1, Soartech Publıcatıons.

[11] Austin, R., (2010). “Unmanned Aircraft Systems, UVAS Design, Development and deployment”, A John Wiley and Sons Ltd. Publication.

[12] Fahlstrom, P.G, Gleason, T.J., (2012). “İntroduction To UAV Systems (Fourth Edition)”, A John Wiley & Sons Ltd. Publication.

[13] Siouris, George M., (2004). “Missile Guidance and Control Systems”. Springer-Verlag New York, Inc.

[14] Inger, Erk., (2021). “Roket ve Füze Mühendisliği”, Palme Yayınevi.

[15] Blakelock, J.H. (1991). “Automatic Control of Aircraft and Missiles”, John Wiley & Sons Inc., New York, NY, second edition.

[16] Carden, Frank. Jedlicka, Russel. Henry, Robert., (2002). “Telemetry Systems Engineering.” Artech House INC.

[17] Anderson, John B., (2005). “Digital Transmission Engineering”, A John Wiley & Sons INC.

[18] Gallager, Robert G., (2008). “Principles of Digital Communication”, Cambridge University Press.

[19] Rappaport, Theodore S., (1996). “Wireless Communications: Principles and Practice”, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR.

[20] Giordano, Arthur A. Levesque, Allen H. (2015). “Modeling of Digital Communication Systems Using SIMULINK”, A John Wiley & Sons INC.

[21] Karakoç A., (2011). "Multi-Disciplinary Design and Optimization of Air to Surface Missiles with Respect to Flight Performance and Radar Cross Section", M.S. Thesis, Mechanical Engineering Department, METU, Ankara.

[22] GÜN M., (2019). "External Configuration Design and Aerodynamic Optimization of Modular Guided Munitions", M.S. Thesis, Mechanical Engineering Department, METU, Ankara.

Presentation ID / Sunum No:27

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Sentetik Yün ve İpliklerden Mikroplastik Salımının İncelenmesi

Araştırmacı Serenay Hazar [1], Doç. Dr Meral Yurtsever[1]
[1]Sakarya Üniversitesi

*Corresponding author: Serenay Hazar

ÖZET: *Günlük hayatta kullanılan her tür plastiğin kullanılmaya başladığı andan itibarençevreye çok küçük boyutlardaki parçacıkları olan mikroplastik (1 µm<MP<5mm) ve nanoplastikleri (1 nm<NP<1 µm) saldığıbilinmektedir. Global ölçekte yapılmış araştırmalar, çevredemeydana gelen mikroplastik kirliliğine sentetik tekstil liflerinin katkısının oldukça fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Her yıl 200.000 ila 500.000 ton arası sentetik tekstil kaynaklı mikroplastik (polyester, polyamid, akrilik gibi) küresel deniz ortamına girmektedir.Sentetik mikrofiber (SMF) olarak da tanımlayabileceğimiz sentetik tekstil lif döküntüleri deniz, kara ve hava ortamlarında, kısaca her ortamda tespit edilmiş durumdadır. Yalnızca basit bir yeme içme işlemi sırasında bile, havadan çökelen MP'lerin yutulması yılda milyonlarca adete ulaşabilir. İnsanların kullandığı sentetik kıyafet veya sentetik ev tekstiline bağlı olarak bu oran, dış mekanlara nazaran İç mekanlardadaha fazladır. Bir tekstil ürününden etrafa dökülecek MF miktarı üründe kullanılan sentetik tekstil ürününün dokuma şekline ve kullanılan sentetik malzeme oranlarına göre değişiklik gösterebilir. Bu çalışmada piyasada yaygın olarak kullanılan farklı polimer malzemeden üretilmiş iplik türlerinin sentetik SMF salım oranları incelenmiştir. Araştımalarda kullanılan ipler mikroskop altında incelendikten sonra kimyasal yapıları da belirlenmiştir. Polyester, polyamid, akrilik, polipropilen ve poliüretan türevi malzemelerden yapılmış olduğu belirlenen bu iplik ürünleri üzerinde bir iklimlendirme kabini içerisinde kontrollü şartlarda yaşlandırma testleri yapılmıştır. Yaşlandırma testleri neticesinde belli periyotlarda alınan numunelerin SMF salım potansiyeli incelenmiştir. İnceleme işlemlerinde, son zamanlarda mikroplastik incelemede kullanışlı olduğu anlaşılan Nil kırmızısı boyama Floresan tekniği kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılan iplerin formunun ve yapısal özelliklerinin mikroplastik salımında önemli olduğunu göstermiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Salınım, Sentetik yün, Tekstil, İplik, Mikroplastik, Mikrofiber, Akrilik.*

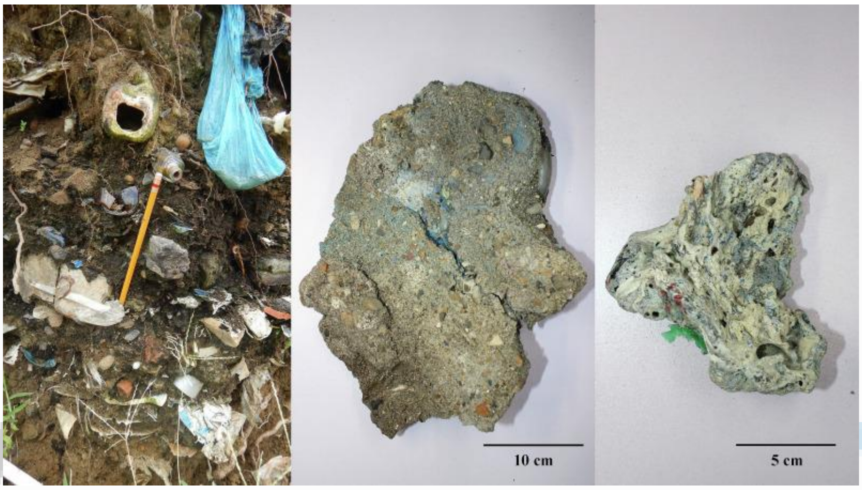
Investigation of Microplastic Release from Synthetic Wool and Yarns

It is known that all kinds of plastics used in daily life have released microplastics (1 µm<MP<5mm) and nanoplastics (1 nm<NP<1 µm), which are tiny particles, into the environment since they are used. Studies conducted on a global scale reveal that the contribution of synthetic textile fibers to microplastic pollution in the environment is quite high. Every year, between 200,000 and 500,000 tons of synthetic textile-derived microplastics (such as polyester, polyamide, and acrylic) enter the global marine environment. Synthetic textile fiber waste, which we can also define as synthetic microfiber (SMF), has been detected in sea, land and air environments, in short, in every environment. Ingestion of airborne MPs can amount to millions per year, even during just a simple eating and drinking process. Depending on the synthetic clothing or synthetic home textile people use, this rate is higher indoors than outdoors. In this study, aging tests were carried out under controlled conditions in a weathering chamber on yarns determined to be made of polyamide, acrylic, and polypropylene derivative materials. The microplastic release potential of the samples taken as a result of aging tests was examined. Nile red staining Fluorescence analysis technique was used in the analysis, which has recently been found to be useful in the microplastic examination. The obtained results showed that the form and structural properties of the yarn used can be highly effective in the release of microplastics.

Keywords: *Synthetic wool, Textile, Yarn, Microplastic, Microfiber, Acrylic.*

GİRİŞ

Global ölçekte plastik kullanım oranı yaklaşık 70 yıldır katlanarak artmaktadır. İçinde bulunduğumuz jeolojik dönem olan Antroposen dönemi Plastisen dönemi (Plastik Çağ) olarak da adlandırılmaktadır (Haram vd., 2022). 1907'de başlayan Plastisen, 1950' lerden bu yana yükselişle devam etmektedir. Bu çağda, üretim ve bununla doğru orantılı şekilde tüketim, plastiğe bağımlı bir duruma gelmiştir, plastiksiz bir yaşam neredeyse imkansız görünmektedir. Özellikle son yıllarda çevre kirliliğine sebep olan atıkların büyük oranda plastik atıklardan oluştuğu bilinmektedir. Kayaçları inceleyen ve maalesef jeolojik yapının içerisinde bir çok plastik türeviyle karşılaşan bilim insanları bu kayaları Plastiglomera olarak isimlendirmeye başlamıştır. Şekil 1'de Plastisen'e özgü yeni oluşumların örnekleri görülmektedir (Rangel-Buitrago vd., 2022).



Şekil 1. Plastiglomera şeklinde tanımlanan kaya örneği (Rangel-Buitrago vd., 2022)

Öyle ki bu durum yalnızca kayaçlarla sınırlı değildir. Tarım yapılan topraklarda, derin okyanus sedimentlerinde ve uzay da dahil olmak üzere insanlığın ulaştığı her yerde plastik atıklara rastlanmaktadır (Napper vd., 2023). Çevreye bilerek veya kazayla atılmış atıklar, ortamlarda bozunmadan kalarak, birikebilmektedir. Bu atıkların, parçalanarak mikro ve nanoplastiklere dönüşmesi ve içeriğindeki toksik kimyasalların (ağır metaller, Bisfenol-A, ftalatlar, Per ve poli-floro-alkiller, pestisitler, kalıcı organik kirleticiler) sızması sebebiyle su-toprak-hava kalitesi ve bu ortamlardaki yaşam günden güne bozulmaktadır (Bank vd., 2023).

Günümüzde tekstil ve moda endüstrisinde kullanılan malzemelere dikkat edildiğinde büyük çoğunluğunun sentetik polimerlerden yani plastiklerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Kıyafetlerde özellikle polyester, polyamid, akrilik, polipropilen malzemelerden üretilen sentetik tekstil ürünlerinin kullanımı oldukça yaygındır. Yalnızca bununla kalmayıp, ev tekstilinde ve diğer bir çok alanda kullanım için üretilen ürünlerde de sentetik tekstil malzemelerinin kullanımı söz konusudur. Kullanılan tekstil ürünlerinin kullanım ömrü dolduktan sonra veya ömrü dolmasa bile firmaların ticari kaygıları sebebiyle atık haline gelmekte ve bertaraf ihtiyacı doğmaktadır. Bu da, yüzyıllarca çevrede bozunmadan kalan plastiklerin çok hızlı bir şekilde doğaya ve kaderine bırakılması ve birikmesi anlamına gelmektedir. Çünkü tekstil endüstrisinde kullanılan hammaddeler ağırlıklı olarak sentetik polimerlerden oluşmaktadır.

İlgililer tekstil atıklarının bertarafına çözüm arayışı içerisindedir. Bu kapsamda, yerleşimden uzak bölgelere atık transferi ile tekstil atıklarına çözüm sağladığını düşünen firmalar bulunmaktadır. Örneğin, Şili'deki dünyanın en kurak çölü olan Atacama çölü, hızlı modanın neden olduğu kirlilikten giderek daha fazla zarar görmektedir (Şekil 2). Maalesef tekstil ve moda endüstrisinden kaynaklanan atıklar, global problem olan iklim değişikliği krizine de büyük katkıda bulunmaktadır.

Şekil 2. Şili'de (Iquique) Atacama Çölü'ne atılmış kullanılmış giysiler (Martin Bernetti/AFP)

Sentetik tekstil ürünlerinden kaynaklanan atıklar incelendiğinde, kullanılan elyaftan kopan-salınan liflere kadar çok farklı ebatlarda ve tiplerde plastik parçalarına rastlanmaktadır. Sentetik tekstil liflerinin en önemli kaynaklarının başında çamaşır yıkama suları gelmektedir (Cesa vd., 2017; Carney Almroth vd., 2018; Dris vd., 2016). Dünyada birçok ülkede, yıkama atıksuları kanalizasyon sistemleri aracılığıyla eninde sonunda atıksu arıtma tesislerine ulaşmaktadır. Kanalizasyon atık suyunda mikroplastiklerin salınmasını dikkate alan araştırmalar, mikroplastik parçacıkların % 70-99' unun çamurda tutulabileceğini göstermektedir (Bilgin vd., 2020; Cydzik-Kwiatkowska vd., 2022; Talvitie vd.,.2017).

Bununla birlikte, deşarj edilecek olan arıtılmış atıksularda da giderilmemiş mikroplastik liflerin kalacağı aşikardır. Bununla ilgili olarak saatte 1770 partikülün (veya yaklaşık 0,009 partikül/L) üzerindeki seviyelerdeki mikroplastikler rapor edilmiştir (Magnusson ve Norén 2014). Bu liflerin doğrudan sucul sistemlere (Dris vd., 2015) ve çamurun serilmesi yoluyla karasal sistemlere ulaştığı bilinmektedir (Habib ve ark. 1998) .

İngiltere' de yapılmış bir çalışmada, polyester, polyester-pamuk karışımı ve akrilikten üretilmiş kumaşlardan salınan mikroplastik lifler incelenmiş ve sonuçlar 6 kg çamaşır yıkandığında salınan lif sayısının 700.000'den fazla olabileceğini göstermiştir (Napper ve Thompson 2016). Şekil 3' te, çalışmada kullandıkları orijinal giysilere ait görüntüler verilmiştir. Her biri polyester-pamuk karışımı, polyester ve akrilikten yapılmış farklı bir kumaşı temsil eden kıyafetler ve her bir kumaştan tipik bir elyafın taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (2500 × büyütme) bulunmaktadır. Yıkama sırasında salınan liflerin ortalama boyutları ve her yıkama sırasında kumaştan salınan tahmini miktarlar (6 kg'lık tipik bir yıkama yükü varsayılarak) verilmiştir. Buna göre, polyester-pamuk karışımının bir yıkama yükünün (6 kg) 137.951 lif, polyesterin potansiyel olarak 496.030 ve akrilik 728.789 lif saldığı tahmin edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, giysi yapımında yaygın olarak kullanılan üç kumaştan (polyester, polyester-pamuk karışımı ve akrilik) tekstil liflerinin salınımını incelemiş ve 6 kg sentetik malzemenin yıkanmasının, yıkama başına 137.951–728.789 lif açığa çıkarabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, giysiler yıkandığında salınan çok sayıda elyafın, çevredeki mikroplastik kontaminasyonuna önemli bir katkı yapması söz konusudur (Napper ve Thompson 2016). Sentetik mikroliflerin, bu tür plastik lifleri (polyester) yuttukları bilinen *Daphnia magna* gibi organizmalar üzerinde de olumsuz etkilerinin bulunduğu ve sonuç olarak ölüm oranının arttığı bilinmektedir (Jemec vd., 2016).

Şekil 3. Farklı bir kumaşı temsil eden kıyafetler ve sentetik mikroliflerine ait SEM görüntüleri

Bir tekstil ürününden etrafa dökülecek parçacık miktarı üründe kullanılan sentetik tekstil ürününün dokuma şekline ve kullanılan sentetik malzeme özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada yaygın satışı olan ve örgü yapılarak kullanılan ipliklerden salınan mikroplastik miktar ve özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Numune olarak piyasada satılan farklı polimer malzemeden üretilmiş iplikler satın alınarak bu iplik türlerinin sentetik mikroplastik salım oranları incelenmiştir. Araştırmalarda kullanılan iplikler öncelikle mikroskop altında incelendikten sonra ATR-FT-IR analizi ile kimyasal yapıları belirlenmiştir. Daha sonrasında ise kontrollü yaşlandırma işlemleri uygulanarak her bir ipin ayrı ayrı mikroplastik salım potansiyeli araştırılmıştır. İncelenen iplere ait olarak etiketlerinde belirtilen polimer bilgisi Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. İncelenen ip çeşitleri

Ip-1	%100 Polipropilen
Ip-2	%100 Mikro Akrilik
Ip-3	%100 Akrilik
Ip-4	%50 Akrilik-%50 Polyamid

Çalışmalarda kullanılan iplikler 1 m ölçülerek dikkatlice kesilmiş ve uçlardaki kalıntı liflerin yapılacak salım deneylerini bozmaması için kesme yapıldıktan sonra en uçlarda kalan döküntüler alınmıştır. Daha sonra numuneler, deterjanla yıkanmış ve ultra saf sudan geçirilmiş olan cam beherlerin içerisine yerleştirilmiştir. Deneyler üzerinde herhangi bir kontaminasyonu önlemek için, ekstraksiyon işlemlerinde kullanılan ultra safsu, H_2O_2 ve Nil kırmızısı çözeltisi gibi tüm çözeltiler 0.45 µm selüloz filtre kağıdından süzülmüştür. Numunelere belli sıcaklık, ışık ve nem (60 ^{0}C, %80 nem, 10.000 lux) değerlerinde 40 gün eskitme işlemi uygulandıktan sonra mikroplastik miktarları incelenmiştir.

Bu incelemelerde makas kullanılarak 1m uzunluklarında kesilen ve yaşlandırma kabininde muamele edilen ip numuneleri, bekleme süresi sonrasında alınarak üzerine, 0.45 µm pore çapa sahip selüloz asetat filtre kağıdından süzülmüş olan ultra saf su eklenmiştir. Daha sonra 5 mL H_2O_2 (%30'luk) eklenerek çalkalayıcıda 150 rpm'de 60 dakika boyunca çalkalanmış ve 8 saat bekletildikten sonra bir cam elyaf filtre kâğıdı üzerine filtre edilerek lipofilik bir boya olan Nil kırmızısı boyama metoduna uygun şekilde (Shim vd., 2016) boyanıp, Floresan mikroskop altında incelenmiştir.

BULGULAR

Araştırmada kullanılan ip numunelerinin mikroskop altındaki görüntüleri çekilmiş ve kimyasal yapı analizleri yapılmıştır. İplere ait görüntüler Şekil 4' te verilmiştir.

İp 1: %100 Polipropilen

Kalınlık:1 575,226 µm

(magn. 4x)

İp 2: %100 Mikro Akrilik

Kalınlık:1 763,67 µm

(magn. 4x)

İp 3: %100 Akrilik

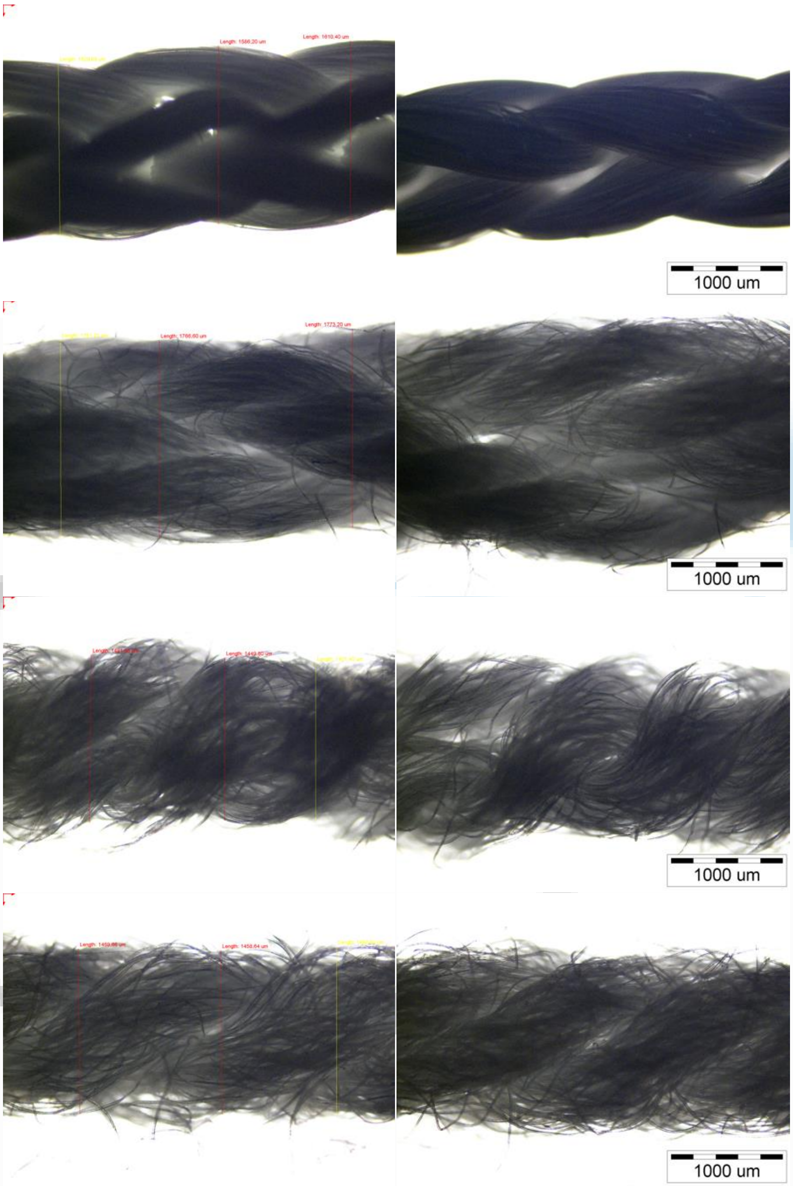
Kalınlık:1 447,626 µm

(magn. 4x)

İp 4: %50 Akrilik %50 Polyamid

Kalınlık: 1469,633 µm

(magn. 4x)



Şekil 4. İp numunelerine ait görüntüler

İncelenen ip numuneleri tuhafiyelerde satılan tamamiyle sentetik malzemelerden üretilmiş iplerdendir. İplerin kalınlıkları yaklaşık 1,5 mm civarındadır. Mikro akrilik yapısındaki ip, incelenenler arasındaki en hacimli olandır.

Araştırmalarda kullanılan ip numunleri üzerinde yapılan ATR-FT-IR analizleri sonucunda elde edilen spektralara ait bazı örnekler aşağıda Şekil 5'te sırasıyla verilmiştir.

İp 1
Polipropilen,
Olefin

İp 2

Polisoprene

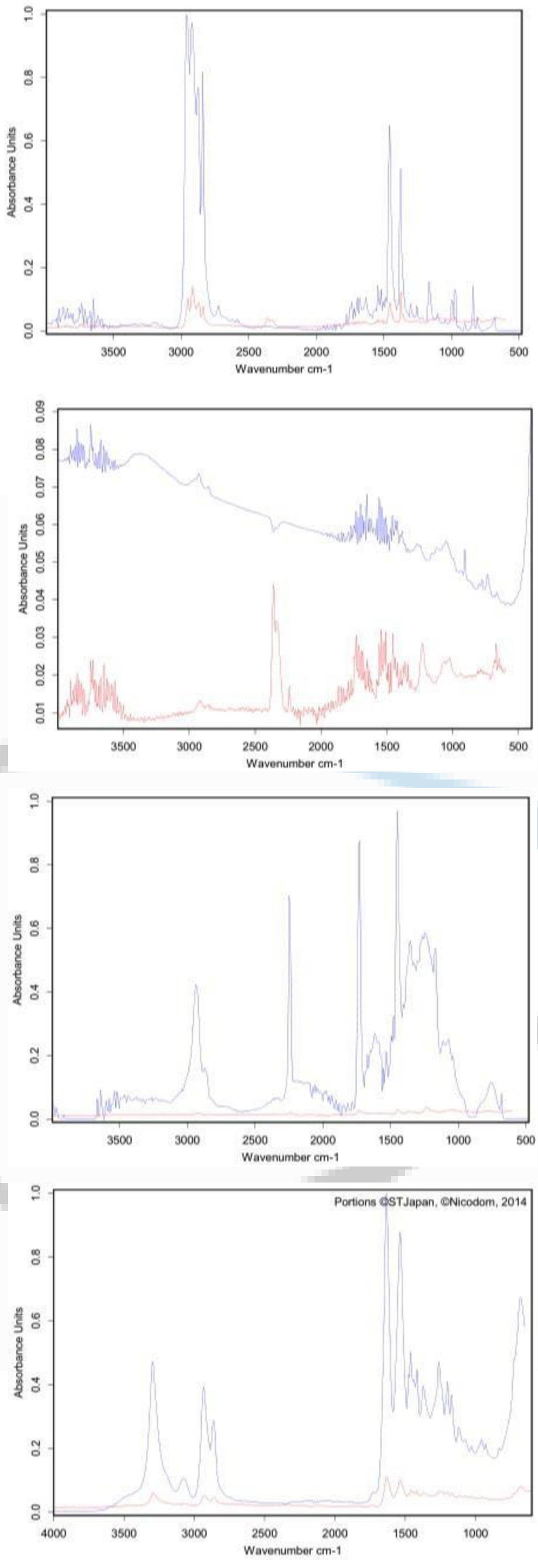
İp3

Akrilik

İp 4

Naylon fiber,

Enkasheer

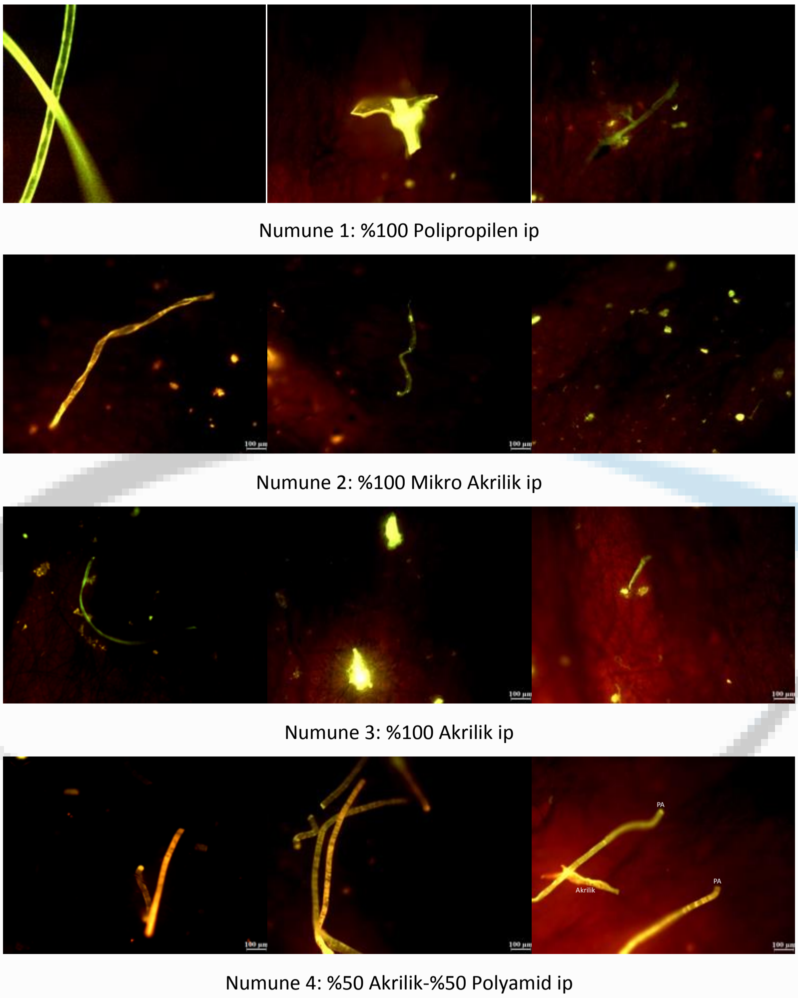


Şekil 5. İplerin ATR-FT-IR analizleri

Spektrada kırmızı incelenen örneği, mavi ise kütüphane eşleşmesini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, ürünlerin etiketinde belirtilen bilgilerle uyumludur.

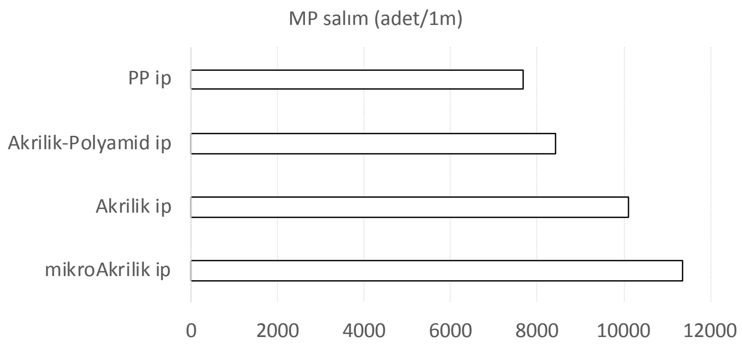
BULGULAR VE SONUÇ

Çalışmada kullanılan iplerde genel görünüş itibariyle polipropilen ip tiftiksiz, diğer ipler ise tiftikli bir görünüme sahipti. Ancak mikroskobik görüntüleme sonucunda elde edilen görüntülerden, polipropilen iplikten ve yarı yarıya akrilik-polyamid karışımı olan iplikten, uzun filament yapısında (eni kalın ve dairesel) döküntülerin oluştuğu, akrilik iplik türlerinden ise daha çok ince liflerle minik döküntülerin oluştuğu anlaşılmaktadır. Boyama sonrası incelenen mikroplastikler şekillerine göre parçacık, film ve lif olmak üzere sınıflandırılmıştır.



Şekil 6. Nil kırmızısı ile boyama-Floresan analizi tekniği ile elde edilen MP görüntüleri

Yapılan bir çalışmada (Carney Almroth vd., 2018), farklı ölçü ve teknikler kullanılarak örülmüş üç malzeme (akrilik, naylon, polyester) için sentetik tekstillerden dökülen mikro elyaf miktarı ölçülmüştür ve tüm bu kullanılan plastik kaynaklı tekstillerin lif döktüğü tespit edilmiştir. Ancak polyester yünlü kumaşların, 87 lif/m^{-2}/L^{-1} tüy döken polyester kumaşlarla karşılaştırıldığında, bir yıkamada ortalama 7360 lif/m^{-2}/L^{-1} ile en büyük miktarları döktüğü ortaya konulmuştur. Gevşek tekstil yapılarının, aşınmış kumaşlarda olduğu gibi daha fazla tüy döktüğü ve tüy dökümünü azaltmak için yüksek bükümlü ipliklerin tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Giysilerden elde edilen elyaf, potansiyel olarak önemli bir mikroplastik kaynağı olduğundan, daha akıllı tekstil yapımı, üretim alanlarında ön yıkama ve vakumla boşaltma ve ev tipi çamaşır makinelerinde daha verimli filtrelerin kullanılmasının bu sorunu hafifletmeye yardımcı olabileceği önerilmektedir.



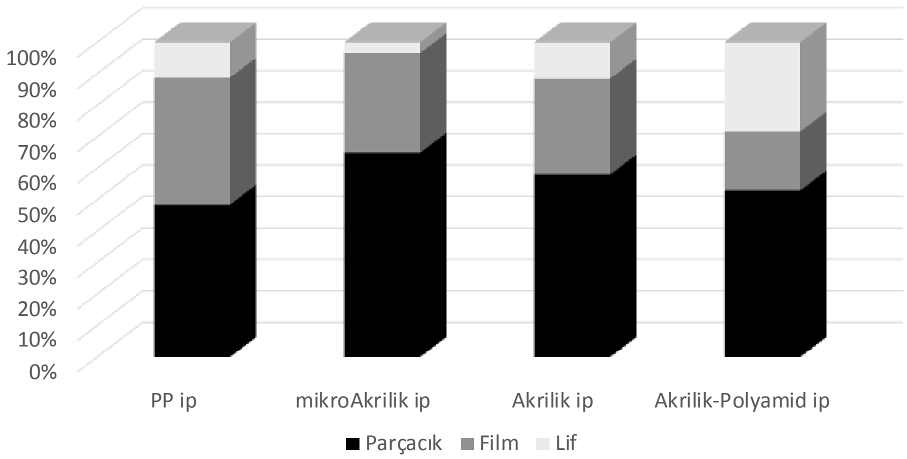
Şekil 7. İplerden salınan MP miktarı

Sentetik polimerlerden imal edilmiş olan iplerin incelendiği bu araştırma sonuçlarına göre (Şekil 7 ve Tablo 5), %100 polipropilen ipten ortalama 7666 adet, %50 akrilik-%50 polyamid karışımı olan ipten 8413 adet, %100 akrilik ipten 10093 adet ve %100 mikro akrilik ipten ise 11370 adet mikroplastik salımı gerçekleşmiştir.

Tablo 2. İplerdeki Mikroplastikler

	MP salım (adet/1m)				
ip6	*Parçacık*	*Film*	*Lif*	*Toplam*	*mini graf*
ort	3714,66667	3093,33333	858,666667	7666,66667	
medyan	3000	2800	800	7400	
Sta. sapma	2031,57676	1684,69528	669,629452	2634,86619	
ip7	*Parçacık*	*Film*	*Lif*	*Toplam*	
ort	7380	3600	390	11370	
medyan	6750	3600		9900	
Sta. sapma	3226,2207	2417,34802	534,255156	5243,62879	
ip8	*Parçacık*	*Film*	*Lif*	*Toplam*	
ort	5853,33333	3075,55556	1164,44444	10093,3333	
medyan	4200	2800	800	8200	
Sta. sapma	5026,65256	1808,48879	1195,71436	5796,87634	
ip9	*Parçacık*	*Film*	*Lif*	*Toplam*	
ort	4453,33333	1573,33333	2386,66667	8413,33333	
medyan	3200	1200	1000	6000	
Sta. sapma	3976,11258	1794,80732	2679,13179	6504,73214	

Nil kırmızısı ile boyama-Floresan analizi tekniği ile incelenen numune sonuçlarına göre mikro akrilik ipten salınan parçacık miktarı, diğerlerine oranla en fazla olup fiber (lif) oranı ise en azdır. % 50akrilik-%50 polyamid karışımı iplikten ise lif salımı en fazladır ve Şekil 6 sol en altındaki fotoğrafta görüldüğü gibi lif formunda olanlar PA6 yani naylon fiberlerdir. En az parçacık yapısı ise polipropilen iplikten kaynaklanan mikroplastiklerde görülmüştür (Şekil 8).



Şekil 8. İplerden salınan parçacık, film ve lif formundaki MP oranları

Çalışmadan elde edilen tüm bulgular, tekstil ürünlerinden kaynaklanacak sentetik mikroplastik liflerin miktar ve özelliklerinin (büyüklük, şekil, yapı, tip) kullanılan tekstil türüne son derece bağlı olduğunu göstermektedir.

Bununla beraber, tekstil endüstrisinde özellikle 2006'dan bu yana "Yavaş Moda" terimi popülerleşmeye başlamıştır. Yavaş Moda-slow fashion, günümüzdeki çok hızlı değişen moda akımlarına, eğilimlerine ve hızlı üretime karşı doğmuş bir yavaş hareketidir. Tanımlar irdelendiğinde, plastikler gibi sentetik malzemeleri yoğun bir şekilde kullanarak yavaş moda, yani doğaya saygılı bir tüketim maalesef mümkün görünmemektedir (Musova vd., 2021).

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, proje yürütücülüğünü Öğr. Gör. Dr. Ulaş Yurtsever'in yaptığı 220M024 numaralı TÜBİTAK projesi ile sağlanan imkanlar dahilinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleşmesinde katkı sağlayan TÜBİTAK'a sonsuz şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

Haram, L. E., Carlton, J. T., Ruiz, G. M., Maximenko, N. A. (2020). A plasticene lexicon. *Marine pollution bulletin*, *150*, 110714.

Rangel-Buitrago, N., Neal, W., Williams, A. (2022). The Plasticene: Time and rocks. *Marine Pollution Bulletin*, *185*, 114358.

Napper, I. E., Davies, A. J., Jah, M., Miner, K. R., Thompson, R. C., Quinn, M., Koldewey, H. J. (2023). Protect Earth's orbit: Avoid high seas mistakes. *Science*, *379*(6636), 990-991.

Bank, M. S., Swarzenski, P. W., Duarte, C. M., Rillig, M. C., Koelmans, A. A., Metian, M., Ok, Y. S. (2021). Global plastic pollution observation system to aid policy. *Environmental Science & Technology*, *55*(12), 7770-7775.

Cesa, F. S., Turra, A., Baruque-Ramos, J. (2017). Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of the total environment*, *598*, 1116-1129.

Carney Almroth, B. M., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., Persson, N. K. (2018). Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and pollution research*, *25*, 1191-1199.

Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment?. *Marine pollution bulletin*, *104*(1-2), 290-293.

Bilgin, M., Yurtsever, M., Karadagli, F. (2020). Microplastic removal by aerated grit chambers versus settling tanks of a municipal wastewater treatment plant. *Journal of Water Process Engineering*, *38*, 101604.

Cydzik-Kwiatkowska, A., Milojevic, N., Jachimowicz, P. (2022). The fate of microplastic in sludge management systems. *Science of The Total Environment*, 157466.

Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setälä, O. (2017). Solutions to microplastic pollution–Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water research*, *123*, 401-407.

Magnusson K, Norén F (2014) Screening of microplastic partiles in and down-stream a wastewater treatment plant, Swedish Environmental Protection Agency.

Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., Tassin, B. (2015). Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, *12*(5), 592-599.

Habib, D., Locke, D. C., Cannone, L. J. (1998). Synthetic fibers as indicators of municipal sewage sludge, sludge products, and sewage treatment plant effluents. *Water, Air, and Soil Pollution*, *103*(1), 1-8.

Napper, I. E., Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. Marine pollution bulletin, 112(1-2), 39-45.

Jemec, A., Horvat, P., Kunej, U., Bele, M., Kržan, A. (2016). Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean Daphnia magna. Environmental Pollution, 219, 201-209.

Carney Almroth, B. M., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., Persson, N. K. (2018). Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and pollution research*, *25*(2), 1191-1199.

Musova, Z., Musa, H., Drugdova, J., Lazaroiu, G., Alayasa, J. (2021). Consumer attitudes towards new circular models in the fashion industry. *Journal of Competitiveness*, *13*(3), 111.

Presentation ID / Sunum No:44

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4338-6049, 0000-0003-0916-6974

Magnezyum Alaşımlarını Korozyondan Koruyucu Kaplamalar

Dr. Goncagül Aksaray[1] , Prof.Dr. İlyas Dehri[1]
[1]Çukurova Üniversitesi

*Corresponding author: Goncagül Aksaray

ÖZET: *Magnezyum alaşımlarının yoğunluğunun düşük olması, işlenebilirliğinin kolay olması, hafif olması gibi nedenler mühendislik ve tasarım alanlarında oldukça fazla kullanım alanı bulmasına neden olmaktadır [1,2]. Özellikle sulu çözeltilere ve deniz tuzuna maruz kalan magnezyum yüzeyinde oluşan korozyon, kullanımda sınırlamalara yol açmaktadır [3,4]. Korozyondan korunmada birçok yöntem kullanılmakla beraber son zamanlarda yüzeyde etkili bir kaplama oluşturarak aşınmaya neden olan ortam ile malzeme arasında doğrudan teması keserek korozyona inhibitör etkisi oluşturmak için çalışmalar yapılmaktadır [5]. Bu çalışmada alkol çözeltisi içerisinde dimetil kloro silan ve viniltrietoksi silan bileşikleri kullanılmıştır. Çalışmada farklı süreler ve farklı derişimlerde dimetil kloro silanın etil alkolde hazırlanan karışımına magnezyum alaşımı elektrotun doğrudan daldırılmasıyla yüzeyde koruyucu kaplama oluşturması sağlanmıştır. Karbon sayısını arttırmanın silanın koruyucu etkisine katkısını görebilmek amacıyla da dimetil kloro silan, viniltrietoksi silan ile karıştırılarak etil alkol içerisinde karışım hazırlanmış olup bu hazırlanan karışıma da magnezyum alaşımı doğrudan daldırılarak yüzeyde koruyucu kaplama oluşturması sağlanmıştır. En uygun işlem koşulları belirlendikten sonra magnezyum alaşımı elektrotun korozyon davranışları yapay yağmur suyu içerisinde izlenmiştir. Bu amaçla korozyon potansiyelleri ve lineer polarizasyon ölçümleri yardımıyla Rp değerleri hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra AC impedans ölçümleri yapılmıştır. Oluşturulan koruyucu kaplamaların karakterizasyonu için bu kaplamaların SEM analizleri ve temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak dimetil kloro silanın alkolde hazırlanan karışımında en iyi koruyucu kaplama % 20 derişimde 15 dakika doğrudan daldırma ile elde edilmiştir. Bununla birlikte iki farklı silan bileşiğinin karışımının oluşturulmasının koruyucu etkiyi daha fazla arttırdığı görülmüştür. %20'lik dimetil kloro silan çözeltisinden elde edilen kaplamanın koruyucu etkisi %59,3 iken dimetil kloro silan ile viniltrietoksi silan bileşiklerinin karışımından elde edilen kaplamanın koruyucu etkisi %78,8 olarak hesaplanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Magnezyum Alaşımı, Silan, Doğrudan Daldırma, İnhibitör, Korozyon*

Corrosion Protective Coatings for Magnesium Alloys

ABSTRACT: *Magnesium alloys are widely used in engineering and design due to their low density, easy machinability, and lightweight [1,2]. Corrosion on the surface of magnesium, especially when exposed to aqueous solutions and sea salt, leads to limitations in use [3,4]. Although many methods are used in corrosion protection, studies have been carried out recently to create an effective coating and an inhibitory effect on corrosion by cutting the contact between the environment and the material that causes corrosion [5]. This study used dimethylchlorosilane and vinyltriethoxysilane compounds in an alcohol solution and a protective coating was formed on the surface by direct immersion of the magnesium alloy into the mixture of dimethylchlorosilane prepared in ethyl alcohol for different times and different concentrations. In order to see the contribution of increasing the carbon number to the protective effect of the silane, a mixture was prepared in ethyl alcohol by mixing dimethylchloro silane with vinyltriethoxy silane, and magnesium alloy was directly dipped into this prepared mixture to form a protective coating on the surface. The corrosion behavior of the magnesium alloy was monitored in artificial rainwater. Rp values were calculated with the help of corrosion potentials and linear polarization measurements, and AC impedance measurements were made. SEM analyses and contact angle measurements were made to characterize As a result, the best protective coating in the mixture of* *dimethylchlorosilane prepared in alcohol was obtained by direct immersion at 20% concentration for 15 minutes. However, it was observed that the formation of a mixture of two different silane compounds increased the protective effect more. While the protective effect of the coating obtained from a 20% dimethylchlorosilane solution was 59.3%, the protective effect of the coating obtained from a mixture of dimethylchlorosilane and vinyltriethoxysilane compounds was calculated at 78.8%.*

Keywords: *Magnesium Alloy, Silane, Direct Dipping, Inhibitor, Corrosion*

1. GİRİŞ

Magnezyum elementi yoğunluğu düşük (1,74 g/cm^3) oldukça hafif bir element olması nedeniyle özellikle havacılık, otomobilve uzay sanayinde kullanılmak istenen bir elementtir. Hafif bir element olması nedeniyle yakıt tasarrufu sağlanarak enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması sağlanacaktır. Fakat saf halde bulunan magnezyumun kimyasal etkinliğinin yüksek olması kullanımında kısıtlamalar oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle magnezyum elementinin dayanımını arttırmak amacıyla alüminyum, çinko, mangan gibi elementler ile metal alaşımları oluşturulmuştur (Song and Zhiming., 2014:126-140; Demir., 2019:1-8). Magnezyum alaşımlarının korozyona karşı dayanımını arttırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Korozyon olayında metal anot olarak davrandığı ve korozyon olayı metal çözelti ara yüzeyinde gerçekleştiği için metalin çözelti ile temasını kesecek her türlü uygulama korozyon hızını azaltacaktır. Korozyon hızını azaltmada inhibitor kullanımı, anadik koruma, katodik koruma, malzemenin tasarımının değiştirilmesi gibi yöntemler kullanılmakla birlikte koruyucu kaplama oluşturma önemli yer kaplamaktadır. Koruyucu kaplamalarda metelin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak metalin ortam ile doğrudan teması kesilmektedir (Nalli.,2010). Koruyucu kaplama oluşturulurken metale korozyona karşı dayanım kazandırmak ile birlikte günlük hayatta kullanımına uygun elektriksel ve ısıl özelliklerde kazandırılabilmektedir. Son zamanlarda yüzeyde kaplama oluştururken kendiliğinden toplanmaya dayanan fonksiyonel kaplamaların oluşturulması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Kendiliğnden toplanmanın olabilmesi için çapraz bağlanma yapabilecek bir malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada silan bileşikleri oldukça yüksek performans göstermektedir. Sialn bileşiklerinin metal yüzyinde tutunmasını sağlamak için organic çözücülerden yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada dimetil kloro silanın farklı derişimleri alkol ile birleştirilerek doğrudan daldırma ile magnezyum alaşımı yüzeyinde koruyucu kaplama oluşturulmaya çalışılmıştır. Çapraz bağlanmanın daha iyi gerçekleşmesi için karbon zincirini arttırmak amacıyla dimetil kloro silan bileşği ile viniltrietoksi silan bileşiği karıştırılarak organic bir çözücü olan etil alkol içerisinde hazırlanan karışıma doğrudan daldırma ile korozyona karşı koruyucu kaplamalar elde edilmiştir.

2. MATERYAL-METOD

Magnezyum alaşımlarını korozyondan korumak için yüzeyde kaplama oluşturabilmek amacıyla kullanılan etil alkol, dimetilkloro silan ve viniltrietoksi silan bileşikleri analitik saflıkta olup Merck firmasından temin edilmiştir. Çalışma elektrotu AZ63 magnezyum alaşımından (%91,184 Mg, %5,845 Al, %2,728 Zn, %0,293 Mn) silindirik metal çubuklar kesilmiş ve bu çubuklar da boyu 5 cm olacak şekilde kesilmiştir. Ölçümler sırasında iletkenliği sağlamak amacıyla kesilen magnezyum alaşımının bir ucuna bakır tel geçirilerek çalışma yüzeyi açıkta kalacak şekilde polyester ile kaplanarak elde edilmiştir. Elektokimyasal ölçümler Şekil 1'de görülen CHI 660C cihazında 3 elektrot yöntemiyle yapay yağmur suyu çözeltisi içerisinde yapılmıştır. Çalışma elektrotu olarak işlem görmemiş magnezyum alaşımı elektrot ile yüzeyinde silan kaplama oluşturulmuş magnezyum alaşımı elektrot kullanılmıştır. Refarans elektrot olarak gümüş-gümüş klorür elektrot ($Ag/AgCl/Cl^-$ 3M), karşı elektrot olarak platin elektrot kullanılmıştır.

Çizelge 1. Yapay Yağmur Suyunun İçeriği(Dehri ve ark,1999)

Eklenen madde	Sülfürik Asit	Amonyum Sülfat	Sodyum Sülfat	Nitrik Asit	Sodyum Nitrat	Sodyum Klorür
Miktarı(ppm)	31,85	46,20	31,95	15,75	21,25	84,85

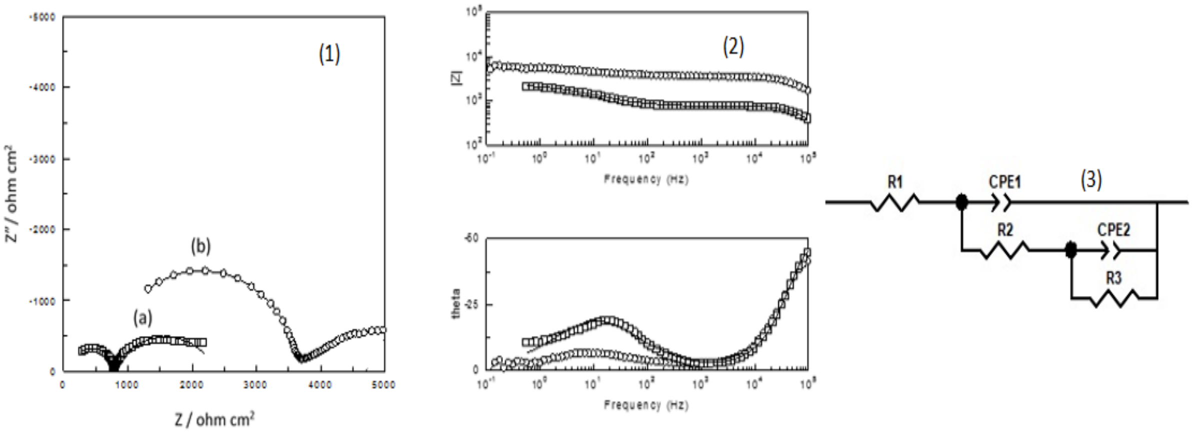
Şekil 1..Elektrokimyasal ölçümlerde kullanılan deney düzeneği

Magnezyum alaşımı yüzeyinde oluşturulmak istenen silan kaplamalar dimetikloro silanın %5, %10, %20 derişiminde alkol içerisinde ve karbon zinciri arttırıldığında daha etkili kaplama elde edileceği düşünüldüğünden dimetil kloro silan ile viniltrietoksi silanın % 5 derişimde karışımının etil alkol içerisinde hazırlanan karışımlara doğrudan daldırma ile farklı sürelerde (15,30,45,60 dakika) bekletilip 70℃'de etüvde 1 saat kurutulmasıyla elde edilmiştir. İmpedans ölçümleri 10^{5}-10^{-2} Hz frekans aralığında 5 mV genlikte elde edilmiş olup sonuçlar Nyquist ve Bode eğrileri şeklinde verilmiştir. Akım potansiyel eğrilerini elde etmek için öncelikle korozyon potansiyeli belirlenmiş ve saniyede 1 mV tarama hızında korozyon potansiyelinden 0,2 V'a kadar eğriler elde edilmiştir. Elde edilen eğriler işlem görmemiş magnezyum alaşımı ve yüzeyinde silan kaplama oluşturulmuş magnezyum alaşımı elektot için birbiriyle kıyaslanmıştır. Kaplamaların yüzey morfolojisini öğrenmek için SEM ölçümleri ve hidrofobik-hidrofilik karakteri hakkında bilgi sahibi olabilmek için temas açısı ölçümleri yapılmıştır.

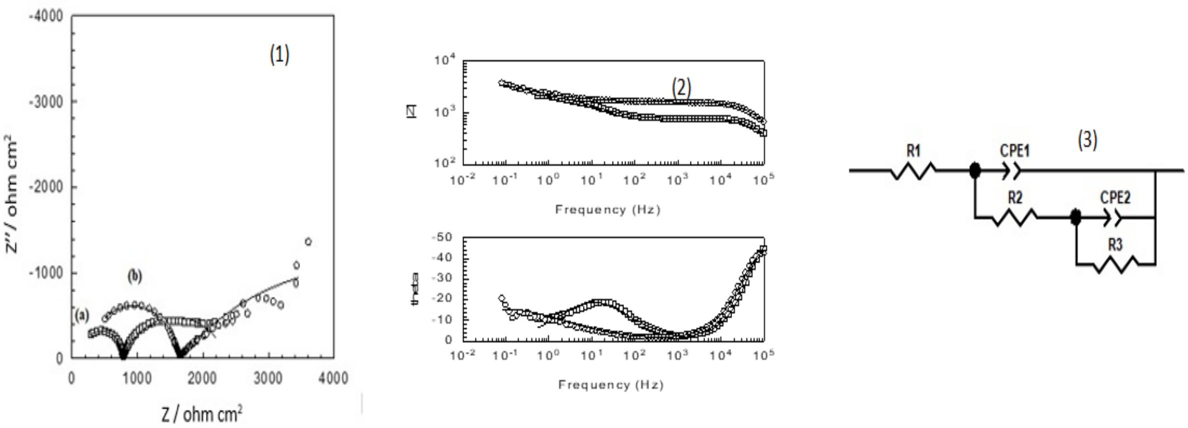
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

%5,%10,%20 derişimde dimetilkolor silanın alkolde oluşturulan karışımlarında doğrudan daldırma ile oluşturulmaya çalışılan silan kaplamaların korozyona karşı korumada en etkilisinin Çizelge 2'de karışım çözeltide 15 dakikada elde edildiği görülmüştür. Şekil 2 ve 3'te yüksek frekans bölgesinden başlayarak düşük frekans bölgesinde kapanan çift eliptik lup görülmektedir. Nyquist eğrisindeki yük transfer direnci ilk eliptik lupu, yüzeyde biriken türlerin direnci ise ikinci lup olarak görülmektedir. Eşdeğer devrede görülen kapasitif özellikler sabit faz elemanı (CPE) ile temsil edilmiştir.

Şekil 2. İşlem görmemiş magnezyum alaşımı (a) ve % 20 derişimde15 dakikada silan kaplama yapılmış magnezyum alaşımı(b) için Nyquist(1), Bode(2) eğrileri ve eşdeğer devre(3)



Şekil 3. İşlem görmemiş magnezyum alaşımı (a) ve karışım çözeltide silan kaplama yapılmış magnezyum alaşımı(b) için Nyquist(1), Bode(2) eğrileri ve eşdeğer devre(3)



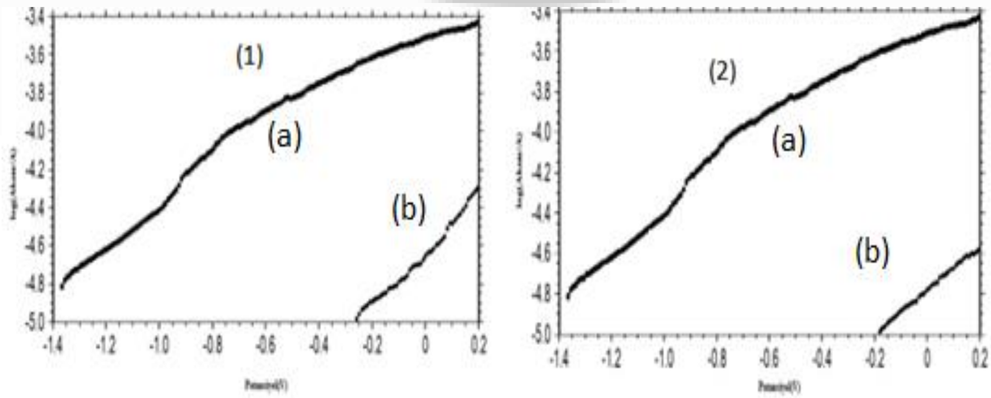
Çizelge 2'de verilen direnç değerlerine göre hesaplamalar yapıldığıda magnezyum alaşımı yüzeyinde %20 silan derişiminde 15 dakikada oluşturulan kaplamanın korozyona karşı koruyucu etkisinin %59,3 karışım çzöeltide oluşturulan silan kaplamanın koruyucu özelliği ise %78,8 olduğu görülmüştür. Bu durum silan bileşiklerinde zincir uzamasının korozyondan koruyucu kaplama oluşturmada olumlu etkisi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. %20 derişimde ve karışım silan çözeltisinin farklı sürelerdeki impedans ölçüm sonuçları

	Mg dk	CPE1 S.sec^n	n	R2 ohm cm^2	CPE2 S.sec^n	n	R3 ohm cm^2
Kaplamasız	0	3,26x10^{-9}	0,97	631	5,87x10^{-5}	0,68	1627
%20 Alkolde Oluşan Kaplama Yapay yağmur suyunda	15	2,416x10^{-9}	0,98	972,4	3,58x10^{-6}	0,50	4576
	30	2,36x10^{-6}	0,8	2300	-	-	-
	45	1,13x10^{-6}	0,34	1001	-	-	-
	60	4,35x10^{-7}	0,61	667,4	-	-	-
Karışımda Oluşan Kaplama Yapay yağmur suyunda	15	9,04x10^{-9}	0,90	1376	4,42x10^{-6}	0,51	9272
	30	2,36x10^{-6}	0,8	2300	-	-	-
	45	1,13x10^{-6}	0,34	1001	-	-	-
	60	4,35x10^{-7}	0,61	667,4	-	-	-

Çizelge 3'te akım potansiyel eğrilerinden hesaplanan akım değerleri verilmiştir. Impedans ölçümleri ile paralel olarak %20 derişimde 15 dakikada ve karışım çözeltide oluşturulan silan kaplamamların koruyucu etkisinin en fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4'te de görüldüğü gibi korozyona karşı koruyucu kaplamaların akım değerlerinde düşüş olduğu bulunmuştur.

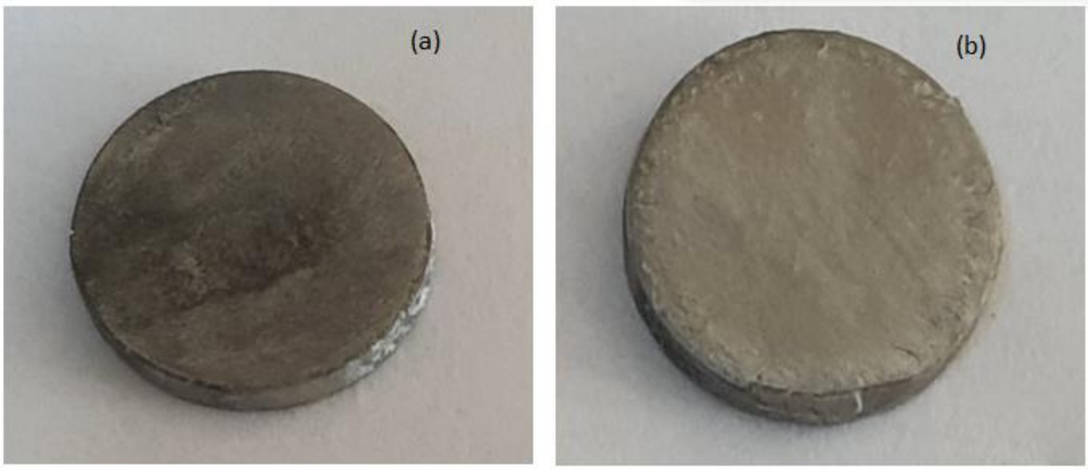
Şekil 4.İşlemsiz Mg alaşım elektrot (a) ve %20 derişimde 15 dakikada silan filmi oluşturulan Mg alaşım elektrotun (o) akım-potansiyel eğrileri (1), İşlemsiz Mg alaşım elektrot (a) ve karışım çözeltide silan filmi oluşturulan Mg alaşım elektrotun (o) akım-potansiyel eğrileri (2)



Çizelge 3.%20 derişimde ve karışım silan çözeltisinin farklı süreler için akım-potansiyel eğrilerinden elde edilen korozyon parametre değerleri

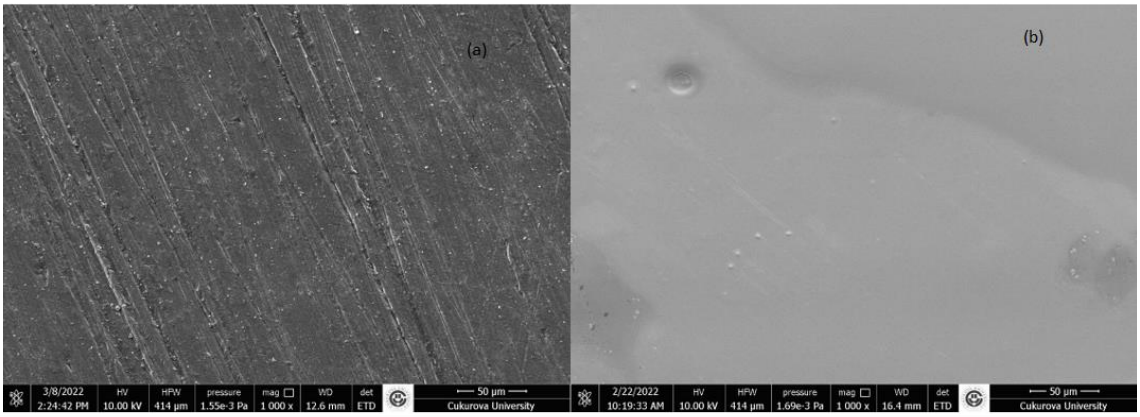
	Mg dk	E_{kor} (V)	I A/cm² (0,0V)	I A/cm² (0,2V)
Kaplamasız	0	-1,366	3,07x10^{-4}	3,07x10^{-4}
%20 Alkolde oluşan kaplama yapay yağmur suyunda	15	-0,258	2,25x10^{-5}	5,04x10^{-5}
	30	-1.372	2,91x10^{-4}	3,66x10^{-4}
	45	-1,389	5,05x10^{-4}	6,07x10^{-4}
	60	-0,428	4,80x10^{-5}	8,02x10^{-5}
Karışımda oluşan kaplama yapay yağmur suyunda	15	-0,191	1,63x10^{-5}	2,6x10^{-5}
	30	-0,673	5,12x10^{-4}	6,21x10^{-4}
	45	-0,896	6,74x10^{-4}	6,91x10^{-4}
	60	-1,122	7,63x10^{-4}	7,84x10^{-4}

Şekil 5. İşlem görmemiş magnezyum alaşımı elektrotun (a), Karışım çözeltide silan kaplama oluşturulmuş elektrotun fotoğraf makinesi ile elde edilen resmi (b)



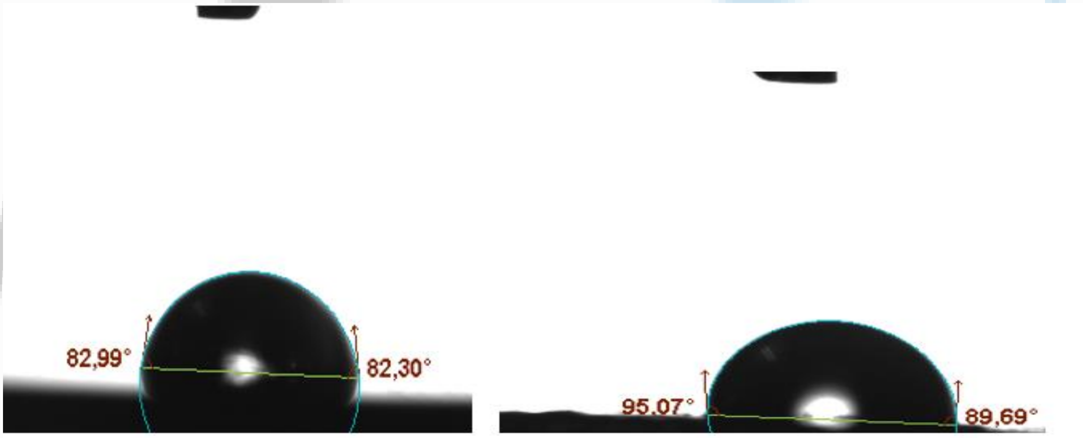
Şekil 5'te karışım çözelti içerisinde elde edilen silan kaplamanın magnezyum alaşımı yüzeyini tamamen kapadığı görülmektedir.

Şekil 6. İşlem görmemiş magnezyum alaşımı elektrotun SEM görüntüsü (a), karışım çözeltide silan kaplama oluşturulmuş magnezyum alaşımı elektorotun SEM görüntüsü (b)



Şekil 6'da 1000 büyütme oranında alınan SEM ölçüm sonuçları verilmiştir. İşlem görmemiş magnezyum alaşım yüzeyinde yüzeyi tamamen kapatan silan kaplama oluştuğu görülmektedir.

Şekil 7. İşlem görmemiş magnezyum alaşımı elektrotun (a), karışım çözeltide silan kaplama oluşturulmuş magnezyum alaşımı elektorotun temas açısı ölçümü (b)



Şekil 7'de işlem görmemiş magnezyum alaşımı elektrot ile yüzeyde silan kaplama oluşturulan magnezyum elektrot kıyaslandığında yüzeyde silan kaplama oluşturmanın metal yüzeyini ıslanmaya karşı koruduğu görülmektedir. Buda oluşturulan kaplamanın metal ile çözelti ara yüzeyinde gerçekleşecek korozyon hızını yavaşlatacak etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

Metalik malzemelerin korozyona karşı dayanımını arttırmak için magnezyum alaşımı yüzeyinde silan bileşikleri ile koruyucu kaplama yapılmaya çalışılmış bu nedenle doğrudan daldırma yönteminden yararlanılmıştır. Farklı derişimde dimetil kloro silan içeren alkol çözeltileri manyetik karıştırıcıda 72 saat karıştırma ile elde edilmiş olup bu çözeltierde en iyi koruyucu kaplama EIS ölçümleri ve akım potansiyel eğrileri göz önüne alındığında %20 derişimde 15 dakika sürede elde edilmiştir.

Bununla birlikte silan bileşiğinde bulunan karbon zincirini arttırmak için dimetil kloro silan ile viniltrietoksi silan bileşiklerinin karışımı ile elde edilen silan kaplamanın korozyon direncinin daha da yüksek olması silan kaplamada kullanılacak olan silan bileşiğinin daha fazla karbon içermesinin korozyona karşı korumada olumlu etki yarattığını göstermektedir. Silan bileşikleri korozyona karşı korumada fonksiyonel kaplama özelliği göstermektedir.

5. REFERANSLAR

Calado, L. M.,et al., (2021). Cerium phosphate-based inhibitor for smart corrosion protection of WE43 magnesium alloy. *Electrochimica Acta*, *365*, 137368.

Dehri, I., Howard and R.L., Lyon, S.b., 1999. Local electrochemical impedance of the Cur-Edge of coated galvanized steel after corrosion testing, Corrosion Science 14: 141-154.

Demir, İ. D. K.,2019, AZ63 Magnezyum Alaşımının Korozyon Direncine Kriyojenik İşlemin Etkisi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi , 8 (2) , 1-8.

Ding, Zi., et al., 2018, Exfoliation corrosion of extruded Mg-Li-Ca alloy, Journal of Materials Science & Technology, 34, 9, 1550-1557.

Nalli, K., 2010, Corrosion and its mitigation in the oil and gas industry, An overview, PMPipeliner Report.

Song, S., et al., (2022). Superhydrophobic composite coating for reliable corrosion protection of Mg alloy. *Materials & Design*, *215*, 110433.

Song, G., Shi, Z., 2014, Corrosion mechanism and evaluation of anodized magnesium alloys,Corrosion Science, 85, 126-140

Yao, W., et al., (2020). Superhydrophobic coatings for corrosion protection of magnesium alloys. *Journal of Materials Science & Technology*, *52*, 100-118.

Wang, Q., et al., 2020, Fabrication of Mg/Mg composite with sleeve-core structure and its effect on room- temperature yield asymmetry via bimetal casting-co-extrusion, Materials Science and Engineering: A, 769,138476.

Presentation ID / Sunum No:65

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-4998-1087

Co(Iı) İyonlarının Farklı Metal İyonlarının Bulunduğu Ortamda Çdsm Sistemi ile Ekstraksiyonu

Araştırmacı Volkan Demirel[1] , Doç.Dr. Ramazan Donat[1]
[1]Pamukkale Üniversitesi

*Corresponding author: Volkan Demirel

ÖZET: *Bu çalışmada Co(II) iyonlarının sulu donör fazdan yine sulu akseptor faza yeni geliştirilmiş ÇDSM (çok damlacıklı sıvı membran sistemi) sistemi ile ekstraksiyon özellikleri incelenmiştir. ÇDSM sistemi son birkaç yıldır geliştirilmiş olup birçok açıdan mevcut ekstraksiyon sistemlerine göre üstünlükler göstermektedir. Söz konusu sistem ile devamlı bir organik faz-su fazı etkileşimi sağlanmakta, daha az reaktif kimyasal kullanılarak ekstraksiyon sistemi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca uygulanan işlem sonucunda geleneksel ekstraksiyon sistemlerine göre daha az kimyasal artık oluşmaktadır. Deneysel çalışmalarda kerosen içinde çözünmüş D2EHPA taşıyıcı ligand olarak etkin şekilde kullanılmıştır. Co(II) iyonlarının taşınım oranları belirli zamanlarda sistemden numuneler alınarak, UV-Vis spektrofotometresinde incelenerek tespit edilmiştir. Bu ölçümlerde renkli kompleks oluşturmak amacı ile %5 KSCN çözeltisi kullanılmıştır. Yüksek oranda taşınımı ve kinetik verilerin en uygun değerlerde olduğu taşıyıcı ligand konsantrasyonu, pH, sıcaklık gibi sistem bileşenleri tespit edilmiştir. Ardından farklı metal iyonlarının (Ni(II), Fe(II), Mo(VI) ve Mn(II)) donör fazda varlığının taşınımı nasıl etkilediğinin tespit edilmesi için deneyler gerçekleştirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Ekstraksiyon, Kobalt, Sıvı Membran*

Extraction of Co(II) ions from the medium containing some metal ions through the MDLM system

ABSTRACT: *In this research extraction behaviours of Co(II) ion from aqueous donor phase to aqueous acceptor phase via MDLM (multi droplet liquid membrane) were investigated. MDLM system has been developed for the last few years and has superiority in many respects compared to existing extraction systems. A continuous organic phase interaction is provided with the system in question and extraction system is realized using less reactive chemicals. In addition, less chemicals are formed than traditional extraction systems.*

In experimental studies, the D2EHPA carrier dissolved in kerosene was used effectively as a ligand. The transportation rates of Co (II) ions were determined by taking samples from the system at certain times and examining the UV-vis spectrophotometer. In these measurements, a 5 %KSCN solution was used to create a colorful complex. System components such as carrier ligand concentration, pH and temperature, where high transportation and kinetic data are most suitable values, have been identified. Then, experiments were performed to determine how different metal ions (Ni (II), Fe (III), Mo (VI) and Mn (II)) affect the transport in the donor phase.

Keywords: *Extraction, Cobalt, D2EHPA, Liquid membranes system*

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin gelişmesi, yaşamın refahını artırmaya ilişkin insan düşüncelerinin ve kavramlarının gelişiminin bir kanıtıdır. Bu, dünyadaki endüstrilerin hızlı gelişimi ile kanıtlanmıştır.

Ancak bu endüstriyel gelişme aynı zamanda su, toprak ve hava kirliliğini de içeren çevre kirliliği gibi insan hayatını tehlikeye atabilecek yeni sorunların ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Tehlikeli ve ciddi şekilde ele alınması gereken çevre kirliliklerinden biri de hem çözelti hem katı hem de gaz halindeki ağır metal atıklarından kaynaklanan çevre kirliliğidir.

Kobalt, alaşımlardan şarj edilebilir lityum iyon pillere (bugün dünyanın tedarik edilen kobaltının %50'sine yakını) kadar çok sayıda uygulama için yaygın olarak kullanılan bir metaldir [1-3]. Elektrikli araçlar için şarj edilebilir pil pazarının büyümesiyle birlikte kobalt talebinin güçlü bir şekilde artması beklenmektedir. [3, 4], bu da önümüzdeki yıllarda bu geçiş metali için tedarik riskinde önemli bir artışa neden olabilir [5]. Bu artan talebi karşılamak için kobaltın birincil [6] ve ikincil kaynaklardan [7,8] çıkarılması ve ayrılması çok büyük önem arz etmektedir. Divalent kobalt iyonunun ayrılması ve mikro ekstraksiyonu da kimya anabilim dallarının amaçları için önemli bir konudur [9-12].

Çeşitli ağır metal iyonları içeren galvanik kaplama endüstriyel atık su arıtımı, kimyasal-fiziksel işlemler (indirgeme ve çökeltme), fiziksel adsorpsiyon işlemleri, iyon değiştirme işlemleri, buharlaştırma işlemleri ve elektrokimya ile gerçekleştirilebilir [13]. Bununla birlikte, bu süreçler nispeten pahalıdır ve bu bileşiklerin çökeltilerde ve suda yaşayan organizmalarda birikmesi gibi yeni sorunlara neden olma eğilimindedir [14].

Endüstriyel ağır metal atıklarına uygulanan kimyasal çöktürmenin genel ilkeleri, ağır metal hidroksitlerin, tuzların veya sülfürün düşük çözünürlüğüne dayanır. Ancak, düşük çözünürlük yöntemi daha az verimli yöntem olarak bilinir [15]. Aksine, düşük konsantrasyonlu ağır metal atık işleme yöntemleri söz konusu olduğunda bu daha etkilidir. Membranlar ve membran işleme teknikleri ilk olarak kimya ve biyomedikal laboratuvarlarında analitik uygulamalar için kullanılmıştır. Önemli teknik ve ticari etkilere sahip olması nedeniyle endüstriyel ürünlere dönüştürülme ve bu yöntemlerin uygulama alanı olarak çok hızlı bir şekilde gelişmiştir [16,17].

Metalleri geri kazanmak için sıvı-sıvı ekstraksiyonu başka bir alternatiftir, ancak birkaç ekstraksiyon ve geri ekstraksiyon aşaması kullandığından daha az ekonomik ve daha az verimlidir. Günümüzde halen geliştirilmekte olan ayırma tekniği, sıvı membran emülsiyonlarına dayalı bir tekniktir. Bu teknik, kullanım kolaylığı, nispeten ucuz ve verimli işletme maliyetleri (ekstraksiyon ve geri ekstraksiyon aşamaları bir aşamada gerçekleşir) ve yüksek seçicilik gibi özelliklerinden dolayı geniş ve potansiyel bir uygulama yelpazesi sunmaktadır [18]. Diğer ayırma teknikleriyle karşılaştırıldığında, sıvı membran (LM) tekniği, hareketli ve seçici olarak temsili bir maddenin varlığıyla daha iyi seçicilik ve verimlilik gösterir [19].

Bu çalışmada diğer tekniklere göre daha pratik ve daha etkili yeni bir yöntem olan Çok Damlacıklı Sıvı Membran (ÇDSM) sistemi ile diğer metal iyonların varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonu incelenmiştir. Kobalt iyonlarının ekstraksiyonunu etkileyen parametreler (donör çözelti pH'ı, akseptör faz pH'sı, taşıyıcı ligand D2EHPA konsantrasyonu, sıcaklık vb.) belirlenmiştir. Tek başına kobalt iyonlarının yanında ayrı ayrı dört farklı Ni(II), Mn(II), Fe(III), Mo(VI) iyonları ile birlikte ekstraksiyonu incelenmiştir. Ayrıca bu dört farklı metal iyonlarının birlikte olduğu durumda da seçimli olarak kobalt iyonlarının ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır.

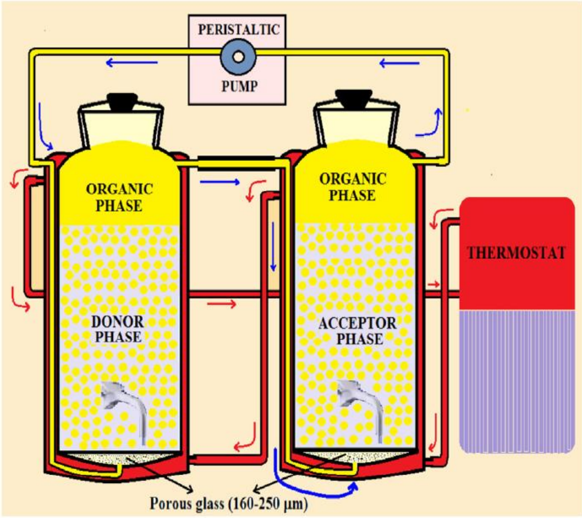
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Kimyasallar ve çözeltiler

Rafine kerosen TÜPRAŞ¸ A.Ş.'den (Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.), Co(II) nitrat, potasyum tiyosiyanat, nitrik asit, sodyum karbonat Merck firmasından, D2EHPA (Bis(2-etilheksil)fosfat) ise Sigma Aldrich'ten temin edilmiştir. 0.3087 g $Co(NO_3)_2$ suda çözülerek 250 ppm Co(II) stok solüsyonu, stok solüsyonun seri seyreltilmesi ile daha düşük konsantrasyonda Co(II) çözeltileri hazırlanmıştır. 250 mL %5 KSCN çözeltisi, 12.5 g KSCN'nin ağırlıkça %50 su ve %50 etanol çözücüler ile çözülmesiyle hazırlanmıştır.

2.2. Deneysel Prosedür

Deneysel kısımda Pamukkale Üniversitesi'nde geliştirilen Çok Damlacıklı Sıvı Membran (ÇDSM) tekniği kullanılmıştır. Sistemin şematik diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. ÇDSM sisteminin şematik gösterimi.

Sistem iki reaktörden oluşmaktadır ve her reaktörün altında poroz bir cam plaka bulunmaktadır. Bu poroz cam sayesinde homojen ve çok sayıda damlacık elde edilebilmektedir. Bu sistemde reaktörlerden birinde alt fazda besleme çözeltisi (suda çözünmüş ağır metal iyonları) ve üstte içinde taşıyıcı madde çözünmüş organik faz içerir. Çözücülerin polarite özelliklerinden dolayı her iki reaktörde iki faz vardır. ÇDSM sistemlerinde düşük yoğunluklu organik fazlar tercih edilir. Organik fazın sirkülasyonu bir peristatik pompa tarafından gerçekleştirilir ve kapalı basınç sisteminde bu faz sürekli olarak her su bazlı çözelti içinden çok sayıda damlacık olarak geçer. Geçiş sırasında kimyasal etkileşimler meydana gelir ve çözeltilerin farklı pH seviyeleri nedeniyle metal iyonları, alıcı fazda organik fazdan su fazına geçer ve donör fazda tam tersi şekilde su fazından organik faza metal iyonları geçişi gerçekleşir.

Reaktörlerin sıcaklığı çevrelerinde bir su sirkülasyonu ile sabitlenmiştir ve bu amaçla termostat (Labo SM3 kreozot cihazı) kullanılmıştır. Bir reaktörden diğerine organik fazın geçiş hızını ayarlamak için sisteme bir peristatik pompa takılmıştır. Sistem kurulduktan sonra pompa çalıştırılır ve belirlenen zaman aralıklarında donör ve akseptör fazdan bir valf ile numuneler alınır, daha sonra numuneler bir kompleks oluşturucu (Vogel reaktifi) ile birleştirilerek renkli bir çözelti elde edilir ve UV-vis spektrometre analizi ile absorbans değerleri tespit edildikten sonra iyon derişimleri hesaplanır.

2.3 Analitik cihazlar

Deneyler sırasında alınan numunelerin absorbanslarını belirlemek için Shimadzu UV-1201 V Model Spektrofotometre, membran sistemimizin sıcaklığını sabit bir sıcaklıkta tutmak için Labo SM3 model kreozot cihazı, organik fazın sirkülasyonunu kontrol etmek için Pompa BT300-2J modeli peristatik pompa, her iki fazda çözelti pH ölçümlerinde WTW marka pH 7110 model pH metre kullanılmıştır.

2.4 Kinetik Hesaplamalar

ÇDSM sisteminde donör fazdan organik faza bu fazdan tekrar akseptör faza Co(II) iyonlarının ekstraksiyon mekanizması aşağıda verilen tepkimeye göre birinci mertebeden gerçekleşmektedir.

$$A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C \qquad (1)$$

Eşitlik (1)'de *A* donör fazdaki Co(II) iyonu derişimini, *B* organik fazdaki Co(II) iyonu derişimini ve *C*'de akseptör fazdaki Co(II) iyonu derişimini simgelemektedir. k_1 ve k_2 reaksiyon hız sabitleridir.

ÇDSM sisteminde Co(II) iyonlarının donör fazdan organik faza ve organik fazdan tekrar akseptör faza ekstraksiyon ve geri alım işlemleri, birinci dereceden hız reaksiyonlarına uymaktadır. Sistem içindeki CO(II) iyonlarının başlangıç konsantrasyonunu C_o, C_e ise herhangi bir *t* anındaki konsantrasyonu ifade etmektedir. Sistemde gerçekleşen reaksiyonlar için kinetik parametrelerden k_1, k_2, C_B^{mak}, t_B^{mak}, J_d^{mak}, J_a^{mak} ve aktivasyon enerjinin (E_a) hesaplamalarında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir [20-22].

$$t_B^{mak} = \frac{\ln(\frac{k_2}{k_1})}{k_1 - k_2} \tag{2}$$

$$C_B^{mak} = C_O(\frac{k_2}{k_1})^{\frac{k_2}{k_1 - k_2}} \tag{3}$$

$$k_2 = \frac{-\ln(\frac{C_B^{mak}}{Co})}{t_B^{mak}} \tag{4}$$

$$J_d^{mak} = -k_1(\frac{k_1}{k_2})^{-k_1/(k_1-k_2)} \tag{5}$$

$$J_d^{mak} = k_2(\frac{k_1}{k_2})^{-k_2/(k_1-k_2)} \tag{6}$$

$$ln(J) = \ln(A) - \frac{E_a}{R}(\frac{1}{T}) \tag{7}$$

3. BULGULAR VE TARIŞMA

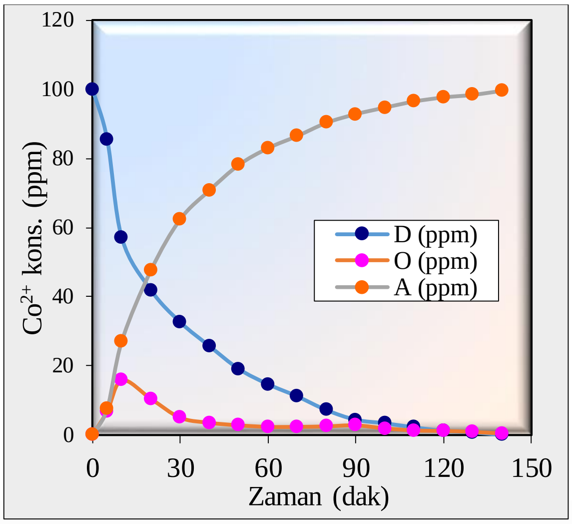
Co(II) iyonlarının ÇDSM tekniği ile ekstraksiyonunun gerçekleştirilmesi için, taşıyıcı madde olarak kerosen içinde çözünmüş D2EHPA reaktifi (organik faz), donör faz olarak 100 ppm Co(II) çözeltisi ve akseptör faz olarak da 1.50 M nitrik asit çözeltisi kullanılmıştır.

Co(II) iyonlarının kerosen içinde çözünmüş taşıyıcı ligand D2EHPA ile ÇDSM sisteminde eksraksiyon çalışmalarında elde edilen optimum şartlar Tablo 1'de verilmiştir.

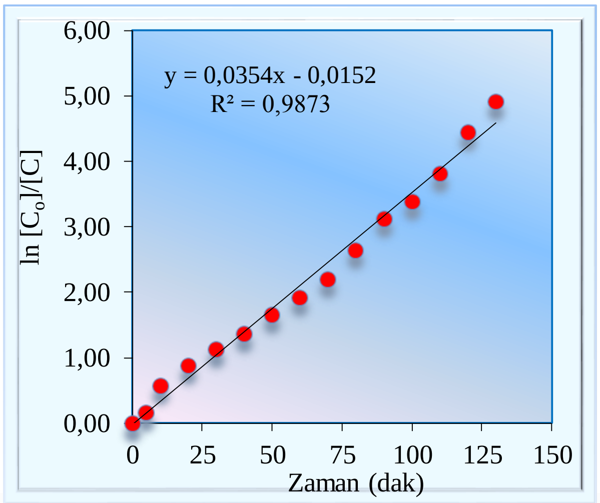
Tablo 1. Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda elde edilen optimal parametreler.

Akseptör faz pH	1.5
Donör faz pH	5.25
Donör faz konsantrasyon	100 ppm
Organik faz ligand konsantrasyon	0.75%
Sistem sıcaklığı	25°C
Peristatik pompa hızı	20 rpm
UV-vis ölçüm	325 nm

Bu deneyler sonucunda elde edilen taşınım grafiği Şekil 2 ve ln [C_o]/[C]'ye karşı zaman grafiği ise Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Co(II) metal iyonlarının ÇDSM sisteminde ekstraksiyonunda metal iyon derişimlerinin farklı fazlardaki zamanla değişimi.



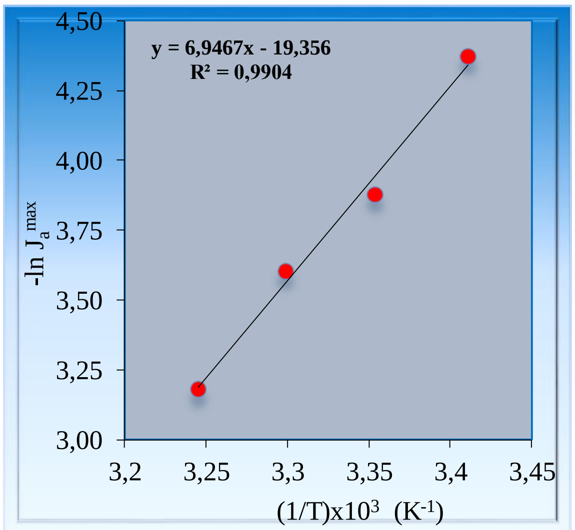
Şekil 3. Co(II) metal iyonlarının ÇDSM sisteminde ekstraksiyonunda ln [Co]/[C]'ya karşı zaman grafiği.

Ekstarksiyon çalışması sonucunda elde edilen kinetik veriler Tablo 2'de halinde verilmiştir.

Tablo 2. Co(II) metal iyonlarının ÇDSM sisteminde ekstraksiyonu sonrası elde edilen kinetik verileri

D2EHPA Kons. (mol/L)	k_1x10^2 (dak^{-1})	k_2x10^2 (dak^{-1})	t_B^{mak} (dak)	C_B^{mak} (mol/L)	J_d^{mak} (dak)	J_a^{mak} (dak)
0.023	3.54	12.7	13.91	16.97	-0.0216	0.0216

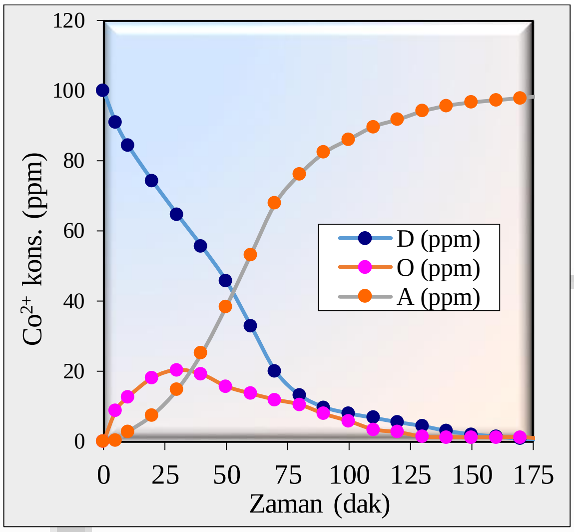
ÇDSM sisteminden metal iyonlarının taşınması veya ekstraksiyonunun temel bir unsuru aktivasyon enerjisidir. Kullandığımız sıvı membran tekniği ile dört farklı sıcaklık aralığında aktivasyon enerji değeri 13.80 kkal/mol (Şekil 4) olarak hesaplanmış olup, Co(II) iyonlarının ekstraksiyonuna ilişkin taşınım mekanizmasının kimyasal kontrollü olarak gerçekleştiği gözlenmiştir.



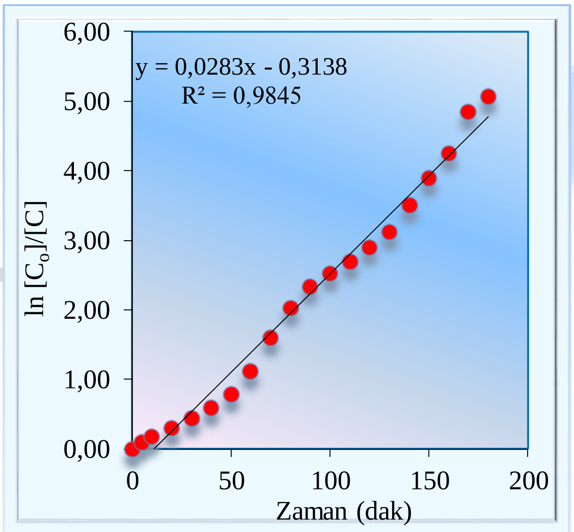
Şekil 4. Arrhenius denkleminin grafiksel gösterimi

Elde edilen %99.6'lık metal iyonu taşınımı sonrasında farklı metal iyonlarının donör fazda bulunmasının ekstraksiyon sistemini nasıl etkilediğini izlenmesi amacıyla bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler esnasında 100 ppm Co(II) iyonlarına ek olarak donör fazda her bir deneyde 50 ppm olmak üzere Ni (II), Fe (III), Mo (VI) ve Mn (II) metal iyonları kullanılmıştır. Ayrı ayrı her bir metal iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ÇDSM sisteminde her üç fazdaki ekstraksiyonunun zamanla değişi ile birlikte ln(*Co*/*C*) değişim grafikleri Şekil 5-12'de verilmiştir.

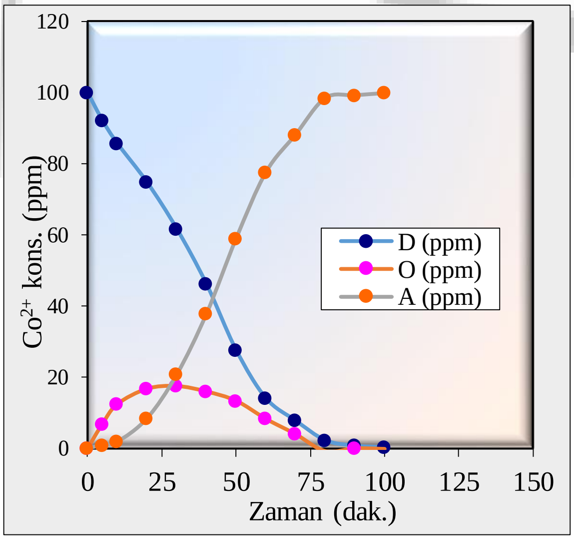
Deneyler sırasında diğer tüm faktörler, her fazın 100 mL hacmi, 0.023 mol/L D2EHPA konsantrasyonu, alıcı ve verici faz için sırasıyla 1.5 ve 5.25 pH değerleri, 20 rpm pompa hızı ve son olarak 25°C sistem sıcaklığı olarak sabit tutulmuştur. Her bir metal iyon varlığında yapılan Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda elde edilen kinetik veriler Tablo 3'de verilmiştir.



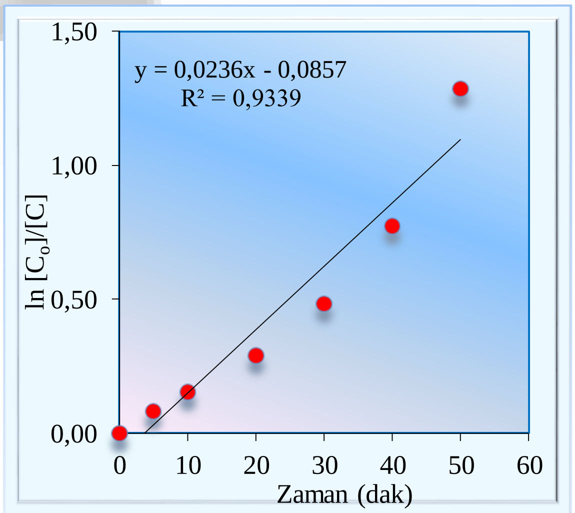
Şekil 5. Ni(II) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda her üç fazdaki derişimlerinin zamanla değişimi.



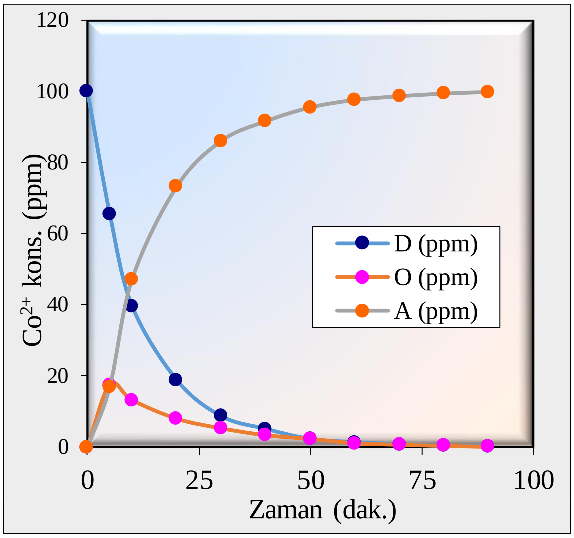
Şekil 6. Ni(II) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda ln [C_o]/[C]'ya karşı zaman grafiği.



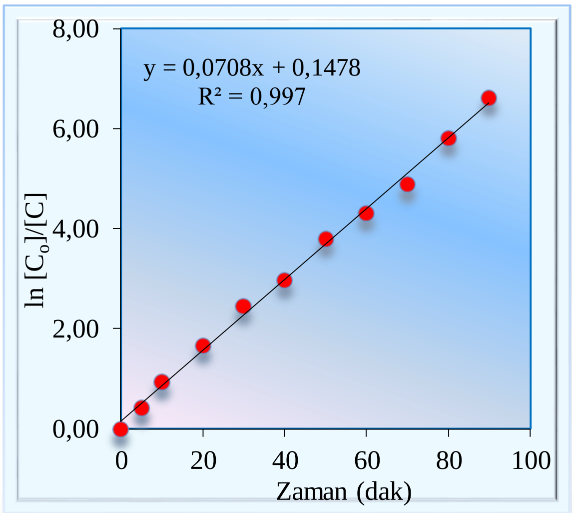
Şekil 7. Mn(II) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda her üç fazdaki derişimlerinin zamanla değişimi.



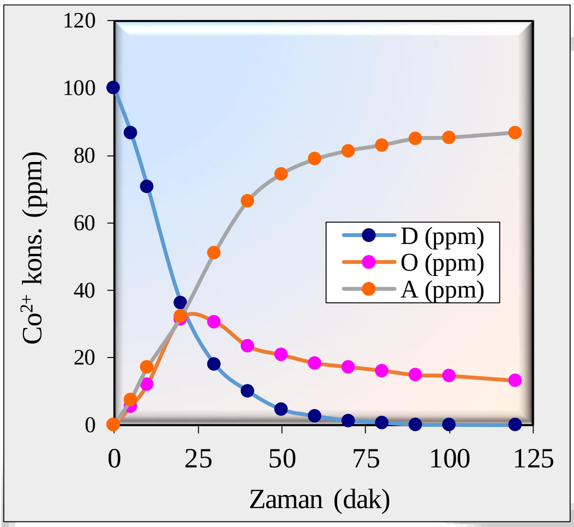
Şekil 8. Mn(II) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda ln [C_o]/[C]'ya karşı zaman grafiği.



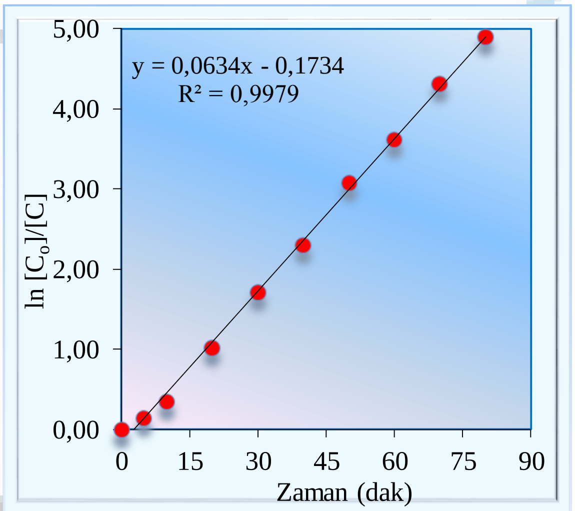
Şekil 9. Mo(VI) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda her üç fazdaki derişimlerinin zamanla değişimi.



Şekil 10. Mo(VI) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda ln [C_o]/[C]'ya karşı zaman grafiği.



Şekil 11. Fe(III) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda her üç fazdaki derişimlerinin zamanla değişimi.



Şekil 12. Fe(III) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda ln [C_o]/[C]'ya karşı zaman grafiği.

Yukarıdaki şekillerden tüm deneylerde donör fazdan organik faza organik fazdan tekrar akseptör faza Co(II) iyonlarının geçiş yüzdeleri dikkate alındığında, Co(II) iyonları, Fe(III) iyonlarının varlığı haricinde %99'un üzerinde bir verimle ekstrakte olduğu görülmektedir.

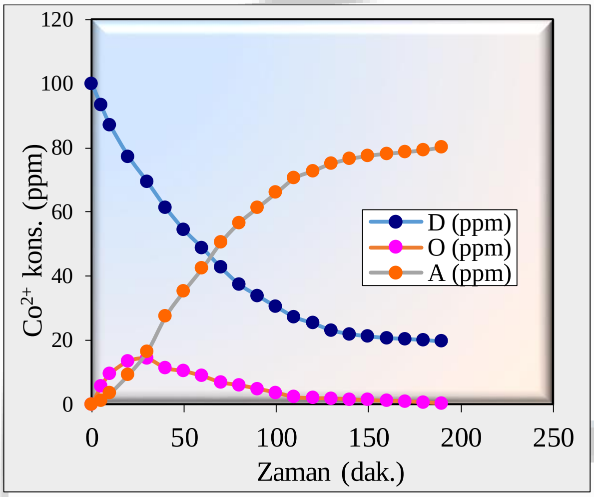
Zamana karşı ln (C_o/Ce) çizilerek elde edilen grafiklerde tüm R^2 değerlerinin 1'e çok yakın olması, tutarlı sonular elde edildiğinin göstermektedir. En hızlı reaksiyon Mo(VI) varlığında, en yavaş reaksiyon ise Fe(II) iyonlarının varlığında elde edilmiştir. Mo(VI) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda sinerjik bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 3. ÇDSM sisteminde her bir farklı metal iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonu sonrası elde edilen kinetik verileri.

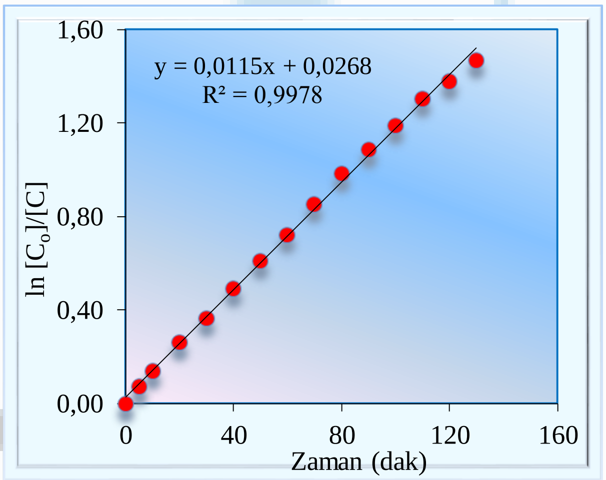
Metal	k_1x10^2 (dak^{-1})	k_2x10^2 (dak^{-1})	t_B^{mak} (dak)	C_B^{mak} (mol/L)	J_d^{mak} (dak)	J_a^{mak} (dak)
Ni(II)	2.83	5.20	25.57	26.21	-0.014	0.014
Mn(II)	2.36	6.00	25.58	21.43	-0.013	0.013
Mo(VI)	7.08	21.2	7.76	19.25	-0.041	0.041
Fe(III)	6.34	7.0	15	34.98	-0.024	0.024

Co(II) iyonlarının diğer metal iyonlarının varlığında ekstraksiyonunda elde edilen verilerin optimum koşullarda edilen veriler ile karşılaştırıldığında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ni(II) ve Mn(II) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının organik fazda birikim gösterdiği ve akseptör faza Co(II) iyonlarının ekstrasiyon süresinin bir miktar arttığı gözlenmiştir. Co(II) iyonlarının bu metal iyonlarının varlığında seçimli olarak ekstrakte olduğu ve bu metal iyonlarından etkilenmediği söylenebilir.

Dört farklı metal iyonları ile birlikte Co(II) iyonlarının ekstraksiyon denemelerinde ise Co(II) iyonlarının her üç fazdaki zamanla konsantrasyon değişimi Şekil 13 ve ln(C_o/C) değişim grafiği Şekil 14'de verilmiştir.



Şekil 13. Ni(II) Mn(II) Mo(VI) ve Fe(III) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda her üç fazdaki derişimlerinin zamanla değişimi.



Şekil 14. Ni(II) Mn(II) Mo(VI) ve Fe(III) iyonlarının varlığında Co(II) iyonlarının ekstraksiyonunda ln [C_o]/[C]'ya karşı zaman grafiği.

Şekil 13'den görüldüğü üzere Co(II) iyonlarının diğer metal iyonlarının varlığında ekstraksiyon veriminin azaldığı bununla birlikte ekstraksiyon süresinin ise uzadığı görülmektedir.

Co(II) metal iyonlarının dört farklı metal iyonlarının varlığında ekstraksiyon sonrası elde edilen kinetik verileri Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'den görüldüğü üzere optimum koşullarda Co(II) iyonları için elde edilen kinetik veriler karşılaştırıldığında çok büyük farkların olduğu görülmektedir. Co(II) metal iyonlarının dört farklı metal iyonlarının varlığında ekstraksiyonu seçimli olmadığı ve Co(II) iyonlarının ekkraksiyon yüzde verimi yanında süresinin arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4. Co(II) metal iyonlarının dört farklı metal iyonlarının varlığında ekstraksiyon sonrası elde edilen kinetik verileri

Metal	k_1x10^2 (dak^{-1})	k_2x10^2 (dak^{-1})	t_B^{mak} (dak)	C_B^{mak} (mol/L)	J_d^{mak} (dak)	J_a^{mak} (dak)
Ni(II) Mn(II) Mo(VI) ve Fe(III)	1.15	5.00	38.21	14.85	-0.0074	0.0074

4. SONUÇLAR

Yakın geçmişte geliştirilen sıvı membran sistemi (ÇDSM), sulu ortamdan Co(II) iyonlarının ekstraksiyonu için başarıyla kullanıldı. pH aralığı, taşıyıcı ajan konsantrasyonu, sistemin sıcaklığı ve diğer bazı metal iyonlarının donör fazdaki varlığı gibi sistem parametreleri değişken olarak kullanılmış ve toplanan veriler değerlendirilmiştir. Optimum parametreler; donör ve akseptör fazın sırasıyla 1.5 ve 5.25 pH değerleri, organik fazda 0,023mol/L D2EHPA konsantrasyonu, 25^{o}C sistem sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Belirtilen koşullar altında reaksiyon yüksek taşıma oranı (%99.56) vermiş ve elde edilen kinetik veriler güvenilir olmuştur. Ayrıca tüm kinetik verilerin yüksek tutarlılıkta hesaplanabilmesi için reaksiyon istenilen hızda gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlara göre taşıma reaksiyonu tersinmez ve birinci dereceden olmuştur.

Farklı metal iyonlarının donör fazda bulunmasının ekstraksiyon işlemini nasıl etkilediği de incelenmiş olup, Fe(III) iyonlarının bulunduğu ortam haricinde diğer metallerin ekstraksiyon verimliliğini etkilemediği ve seçimli olarak Co(II) iyonlarını ekstrakte edebileceği tespit edilmiştir. Fe(III) iyonlarının varlığında taşınım %85 dolaylarında gerçekleşmiş olup, daha uzun deneysel çalışmalarla taşınımın daha yüksek oranlarda gerçekleşebileceği öngörülmüştür. Dört farklı metal iyonlarının varlığında ise Co(II) iyonlarının ekstraksiyonu seçimli olarak gerçekleşmediği, sonraki çalışmalarda Co(II) iyonları içeren ve çevresel atık olarak bulunan kirli su örnekleri alınarak ekstraksiyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve çalışmaların ilerletilmesi planlanmaktadır.

ÇDSM tekniği hacimli sıvı membran sistemleri ile benzerlik göstermekle birlikte organik faz ve su fazları arası etkileşimin sürekliliği ile daha etkin bir sistem olarak öne çıkmaktadır. Bu tekniğin avantajları şöyle sıralanabilir: basit bir yapıda olması, hareketli parça olmaması, hafif ve taşınabilir olması, operasyonda esnek çalışılabilmesi, yüksek membran kapasitesi, yüksek ayırma faktörüne sahip olması ÇDSM sisteminin genel üstünlükleridir.

KAYNAKLAR

[1] Martin, G., Rentsch, L. Höck, M. Bertau, M. (2017). Lithium market research–global supply, future demand and price development, *Energy Storage Materials*. *6*, 171–179.

[2] Olivetti, E.A., Ceder, G., Gaustad, G.G., Fu, X. (2017). Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals, *Joule*, *1*, 229-243.

[3] Tisserant, A., Pauliuk, S. (2016). Matching global cobalt demand under different scenarios for co-production and mining attractiveness, *Economic Structures*, *5*, 4.

[4] Deetman, S., Pauliuk, S., van Vuuren, D.P., van der Voet, E., Tukker, A. (2018). Scenarios for Demand Growth of Metals in Electricity Generation Technologies, Cars, and Electronic Appliances, *Environ. Sci. Technol.*, *52*, 4950-4959.

[5] van den Brink, S., Kleijn, R., Sprecher, B., Tukker, A. (2020). Identifying supply risks by mapping the cobalt supply chain, *Resources, Conservation and Recycling*, *156*, 104743.

[6] Kongolo, K., Mwema, M.D., Banza, A.N., Gock, E. (2003) Cobalt and zinc recovery from copper sulphate solution by solvent extraction, *Minerals Engineering*, *16*, 1371-1374.

[7] Kang, J., Senanayake, G., Sohn, J., Shin, S.M. (2010). Recovery of cobalt sulfate from spent lithiumion batteries by reductive leaching and solvent extraction with Cyanex 272, *Hydrometallurgy*, *100*, 168-171.

[8] Nogueira, C.A., Delmas, F. (1999). New flowsheet for the recovery of cadmium, cobalt and nickel from spent Ni–Cd batteries by solvent extraction, *Hydrometallurgy, 52*, 267-287.

[9] Soylak, M., Koksal, M. (2019). Deep eutectic solvent microextraction of lead(II), cobalt(II), nickel(II) and manganese(II) ions for the separation and preconcentration in some oil samples from Turkey prior to their microsampling flame atomic absorption spectrometric determination, *Microchemical Journal, 147*, 832-837.

[10] Alothman, Z.A., Habila, M.A., Yilmaz, E., Al-Harbi, N.M., Soylak, M. (2015). Supramolecular microextraction of cobalt from water samples before its microsampling flame atomic absorption spectrometric detection, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 95*, 1311-1320.

[11] Koosha, M., Ramezani, V., Niazi, A. (2018). Determination of cobalt by air-assisted liquid–liquid microextraction, *Toxicological & Environmental Chemistry, 100*, 317-325.

[12] Shirani, M., Salari, F., Habibollahi, S., Akbari, A. (2020). Needle hub in-syringe solid phase extraction based a novel functionalized biopolyamide for simultaneous green separation/preconcentration and determination of cobalt, nickel, and chromium (III) in food and environmental samples with micro sampling flame atomic absorption spectrometry, *Microchemical Journal, 152*, 104340.

[13] Sumada, K. (2006). Kajian instalasi pengolahan air limbah industri elektroplating yang efisien, *Jurnal Teknik Kimia*, *1*, 26-36.

[14] Purnomo, D. (2009). Logam berat sebagai penyumbang pencemaran air laut. Diunduh kembali dari http://masdony.wordpress.com/2009/04/19/logam-berat-sebagaipenyumbang-pencemaran-air-laut.

[15] Harrison, R.M. Pollution, Causes, Efect sand Control. 3rd ed., Berlin, Springer 1997.

[16] Lonsdale, H.K. (1982). The Growth of Membrane Technology. *Journal of Membrane Sciences, 10(2-3)*, 81-181.

[17] Sirkar, KK. Membrane Handbook. Van Nostrand Reihnold Publisher: New York, 1992.

[18] Hamzah, B. (2009). Aplikasi 1-fenil-3-metil4-benzoil-5-pirazolon sebagai pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. (Tesis tidak diterbitkan). Universitas Hasanuddin, Indonesia.

[19] Religa, P., Gawroński, R.W., Gierycz, P. (2009). Kinetics of Chromium(III) transport through a liquid membrane containing DNNSA as a carrier. *International Journal of Molecular Sciences, 10 (3)*, 964-975.

[20] Şenvar, C. (1986). Kimyasal Kinetik ve Makromoleküller,Fizikokimya Cilt IV, Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

[21] Erdoğdu, F., Şahmurat, F. (2007). Mathematical fundamentals to determine the kinetic constants of firstorder consecutive reactions, *Journal of Food Process Engineering*, *30*, 407-420.

[22] Yilmaz, A., Kaya, A., Alpoguz, H. K., Ersoz, M., Yilmaz, M. (2008). Kinetic analysis of chromium(VI) ions transport through a bulk liquid membrane containing p-tert-butylcalix[4]arene dioxaoctylamide derivative, *Seperation and Purification Technology, 59(1)*, 1-8.

Presentation ID / Sunum No:68

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0742-774X

Su Sümbülü Bitki Kökü Biyokütlesi ile İçme ve Atık Sulardan Kobalt' in Uzaklaştırılması

Doç.Dr. Yaşar Genel[1]
[1]Van Yüzüncüyıl Üniversitesi

ÖZET: *Özet Bu çalışmada içme ve atık sularda yaygın olarak bulunan ağır metallerden kobaltın su sümbülü (Eichhorni crassipes) bitki kökü biyokütlesinin kullanabilirliği, optimummetal uzaklaştırma şartları, metal bağlama kapasitesinin araştırılması ve metal bağlama mekanizması incelenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda; Su sümbülü biyokütlesi tanecik boyutunun küçülmesi ile bağlama miktarının artığı, kobal'tın biyokütle üzerine bağlanmasının çok hızlı gerçekleştiği, ortamda bulunan metal konsantrasyonunun artması ile metal bağlanmasının da arttığı ve optimum şartlarda çalışılan Kobalt'ın bağlanma derecesinin %85'in üzerinde gerçekleştiği, düşük pH değerlerinde düşük metal bağlanması gözlenirken yüksek pH değerlerinde hızla arttığı görülmüştür*

Anahtar Kelimeler: *Aktivasyon , Su Sümbülü, Kobalt, Metal Bağlaması*

Removal of Cobalt From Drinking and Wastewater With Water Hyacinth Plant Root Biomass

ABSTRACT: *In this study, the usability, optimum metal removal conditions, metal binding capacity and metal binding mechanism of water hyacinth (Eichhorni crassipes) plant root biomass of cobalt, one of the heavy metals commonly found in drinking and wastewater, were investigated. As a result of the study; At low pH values, the binding amount of water hyacinth biomass decreases with the decrease in the particle size, the binding amount increases, the binding of cobalt on the biomass occurs very quickly, the metal binding increases with the increase in the metal concentration in the environment, and the binding degree of cobalt, which is studied under optimum conditions, is above 85%. While low metal binding was observed, it was observed that it increased rapidly at high pH values.*

Keywords: *Activation, Water Hyacinth, Cobalt, Metal Binding*

1. Giriş

Ağır metallerden kobaltın canlı organizmaların üzerinde toksit etkileri vardır. Biyolojik bozulmaya yatkın organik kirleticilerin aksine ağır metallerin zararsız ürünlere dönüşmezler. Bu neden dolayı içme ve atık sularda bulunan toksit ve ağır metal kirleticilerin uzaklaştırılması en önemli çevre olayların başında gelmektedir. Bu olumsuzluğu bertaraf etmek için kullanılan yöntemler sınırlıdır. Seyreltik sulu çözeltilerden metal iyonlarını uzaklaştırmak için kullanılan en yaygın işlemler; kimyasal çöktürme, iyon değiştirme, ters ozmoz ve ekstraksiyondur. Bu işlemlerle tam olmayan metal uzaklaştırılması, yüksek miktarda enerji-madde ihtiyacı ve uzaklaştırılması gerekli toksit çamur veya diğer atık ürünlerinin oluşması gibi önemli dezavantajlara sahiptir.

Çeşitli organizmaların metal iyonlarını biriktirmesi son yılların ilgili odaklarından biri haline geldi. Endüstriyel atıkların iyileştirilmesi ve metalleri geri kazanılmasında biyokütle kullanılmasının önemli avantajları;

- Aktif bağlama bölgelerinin çok olması,
- Şekillerinin küçük ve değişmez olması,
- Alkali ve toprak alkali metallerin girişiminden, iyon değiştirici reçinelerden daha az etkilenmesi' dir.

Bu çalışmada içme ve atık sularda yaygın olarak bulunan ağır metallerden kobalt metalinin uzaklaştırılmasında cansız Su Sümbülü bitki köklerinin kullanılabilirliğinin incelenmesi, optimum metal uzaklaştırma şartlarının araştırılması amacı ile bu çalışma yapılmıştır.

2. Materyal ve metot

2.1. Kullanılan Aletler

Kobalt tayini Varian Spectr AA 20 model alevli atomik spektrofotometresi (AAS) ve pH ölçümleri Jenway 3040 654 model pH metre ile yapıldı. Kobalt çöeltisini HCl asitle hazırlandı.

2.1.2. Kullanılan kimyasallar

Kobalt %99.999 saflıktaki toz metalinin HCl asit ile çözeltisi hazırlandı. Kobalt stok çözeltisi 2+ değerlikli seyreltik çözeltisi kullanıldı. pH ayarlaması için HNO_3 ve NH_3, asit ve bazla ön yıkama işlemi için NaOH ve KOH kullanıldı.

2.1.3. Biyokütle Örneklerinin Toplanması ve Biyosorpsiyona Hazırlanması

Kendim oluşturduğum serada yetiştirdiğim Su Sümbülü bitkilerinin kök kısımlarını kopararak bitkiden ayrıldı. Laboratuvarda bu bitki kökleri, üzerindeki toprak ve planktonların için çeşme suyu ile iyice yıkandı. Son olarak destile su ile birkaç kez yıkanan kökler 80^{o}C de 48 saat kurutuldu. Kurutulmuş bitki kökleri mikserle öğütülerek standart elekle elendi. <150, 150-355, 355-710, 710-1700,>1700 µm tanecik büyüklüğüne ayrılan bitki kökleri analizlerde kullanılmak üzere ayrı ayrı şişelenerek saklandı.

2.1.4. Atomik absorpsiyon Spektrofotometresi çalışma Koşulları

Kobalt metali alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi modunda tayin edildi.

2.2. Deneysel prosedür.

2.2.1. Çalışılan Ağır Metalin Su Sümbülü Bitki Kökü Biyokütlesi ile Optimum Uzaklaştırılma Şartlarının Belirlenmesi

İçme ve atık sularda yaygın olarak bulunan ağır metallerden kobalt metalinin Su Sümbülü bitki kökü biyokütlesi ile uzaklaştırılmasında optimum şartların belirlenmesi amacıyla; metal bağlanması üzerine biyokütle boyutunun, miktarının, karıştırma süresinin, başlangıç metal konsantrasyonunun ve pH'ın, etkisi incelenmiştir.

2.2.2. kobalt Bağlanması Üzerine Biyokütle Boyutunun Etkisi

Su Sümbülü bitki kökü biyokütlesinden 150 mg'lık örnek alındı. 50 mL, 5 ppm kobalt çözeltisinin başlangıç pH' sı 5' e ayarlanarak değişik tanecik boyutuna sahip biyokütleler ile 20 dakika süreyle karışıldı. Bu süre sonunda biyokütle ile çözelti süzülerek birbirinden ayrıldı. Çözeltide kalan kobalt miktarı AAS ile tayin edildi. Sonuçlar Tablo 2.1.' de verildi.

Tablo 2.1. kobalt Bağlanması Üzerine Biyokütle Boyutunun Etkisi

Biyokütle boyutu (µm)	Son pH	Çözeltide kalan Co (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Co (mg/g)	% Co Bağlanması
< 150	6.53	1.446	1.185	71.08

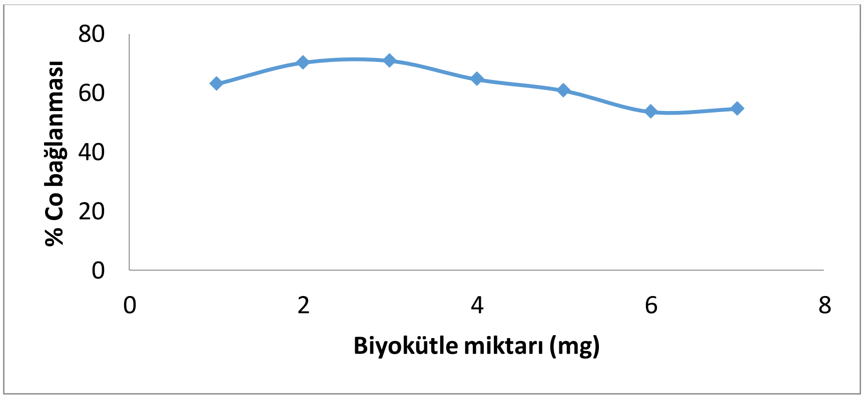
Biyokütle boyutu (µm)	Son pH	Çözeltide kalan Co (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Co (mg/g)	% Co Bağlanması
150-355	6.50	1.541	1.153	69.18
355-710	6.17	1.868	1.044	62.64
710-1700	6.03	2.144	0.715	57.12

2.2.3. Kobalt Bağlanması üzerine Biyokütle Miktarının Etkisi

150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş Su Sümbülü bitki köklerinden 50-1000 mg arasında tartımlar alındı. Başlangıç pH' sı 4.5' e ayarlanmış olan 50 mL, 5 ppm' lik kobalt çözeltileriyle 20 dakika karıştırıldı. Karıştırma süresinin sonunda çözeltler süzüldü ve çözeltide kalan kobalt miktarları AAS ile tayin edildi. Sonuçlar Tablo 2.2.' de, biyokütle miktarı ile kobalt bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik Şekil 2.2.' de görülmektedir.

Tablo.2.2. *Biyokütle miktarının Kobalt Bağlanması Üzerine Etkisi*

Biyokütle miktarı (mg)	Son pH	Çözeltide kalan Co (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Co (mg/g)	% Co Bağlanması
50	6.91	1.851	2.149	62.98
100	6.98	1.489	1.756	70.22
150	6.99	1.458	1.181	70.84
250	6.95	1.772	0.646	64.56
500	6.94	1.963	0.304	60,74
750	6.92	2.321	0.179	53.58
1000	6.88	2.270	0.137	54.60



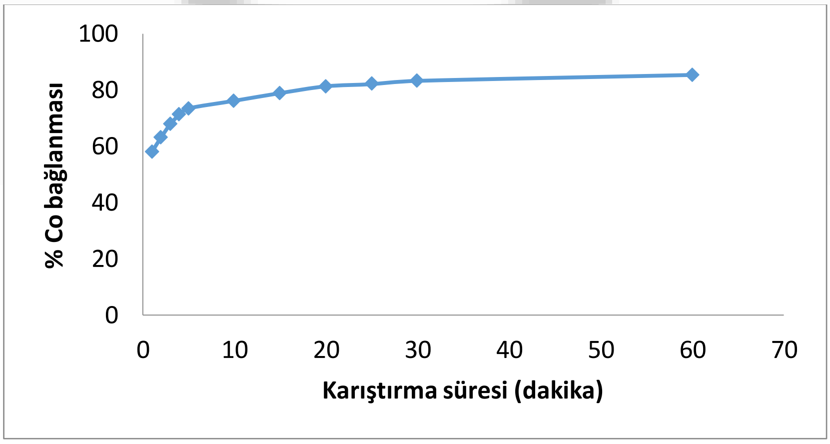
Şekil 2.2. Biyokütle Miktarının Kobalt Bağlaması Üzerine Etkisi

2.2.4. Kobalt Bağlanması Üzerine Karıştırma Süresinin Etkisi

150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş Su Sümbülü bitki köklerinden 50 mg’ lık ara tartımlar alındı, başlangıç pH’ sı 4.5’ e ayarlanmış olan 100 mL, 5 ppm’ lik kobalt çözeltileriyle karıştırıldı. Seçilen zaman aralıklarında 5 mL’ lik örnekler alınarak süzüldü ve çözeltide kalan kobalt miktarları AAS ile tayin edildi. Sonuçlar Tablo 2.3.’ de, biyokütle miktarı ile kobalt bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik Şekil 2.3.’ de görülmektedir.

Tablo 2.3. Karıştırma Süresinin Kobalt Bağlanması Üzerine Etkisi

Karıştırma süresi (dakika)	Son pH	Çözeltide kalan Co (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Co (mg/g)	% Co Bağlanması
1	6.46	2.095	0.581	58.10
2	6.59	1.932	0.633	63.24
3	6.64	1.782	0.679	67.92
4	6.67	1.687	0.713	71.32
5	6.70	1.655	0.735	73.52
10	6.79	1.586	0.762	76.21
15	6.82	1.504	0.789	78.94
20	6.87	1.435	0.813	81.35
25	6.88	1.490	0.821	82.12
30	6.93	1.519	0.833	83.29
60	7.19	1.461	0.853	85.39



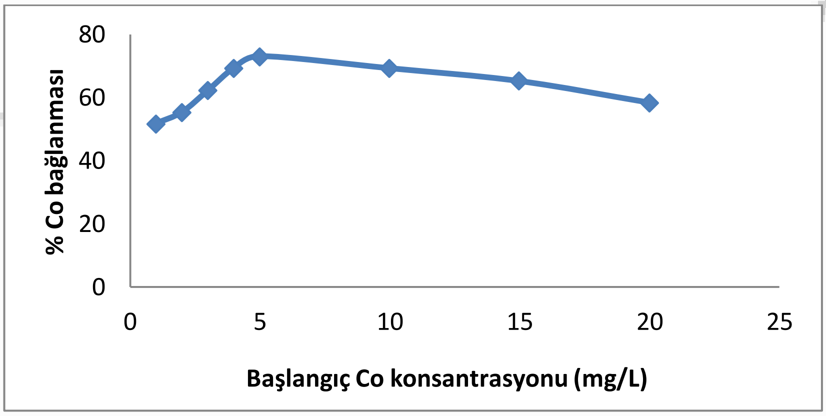
Şekil 2.3. Karıştırma süresinin Kobalt Bağlanması Üzerine Etkisi

2.4. Kobalt Bağlanması Üzerine Kobalt Konsantrasyonunun Etkisi

150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş Su Sümbülü bitki köklerinden 150 mg’ lık tartımlar alındı Değişik konsantrasyonlarda (1-20 ppm), 50 mL’ lik kobalt çözeltileri hazırlanarak başlangıç pH’ sı 4.5’ e ayarlandı. 20 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzüldü ve çözeltide kalan kobalt miktarları AAS ile tayin edildi. Sonuçlar Tablo 2.4.’ de, biyokütle miktarı ile kobalt bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik Şekil 2.4.’ de görülmektedir.

Tablo 2.4. Kobalt Bağlanması Üzerine Kobalt Konsantrasyonunun Etkisi

Başlangıç Co konsatrasyonu (mg/L)	Son pH	Çözeltide kalan Co (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Co (mg/g)	% Co Bağlanması
1	6.63	0.481	0.173	51.90
2	6.69	0.890	0.370	55.50
3	6.81	1.129	0.624	62.37
4	6.89	1.221	0.926	69.48
5	6.98	1.339	1.220	73.22
10	6.88	3.061	2.313	69.39
15	6.85	5.202	3.266	65.32
20	6.79	8.303	3.899	58.49



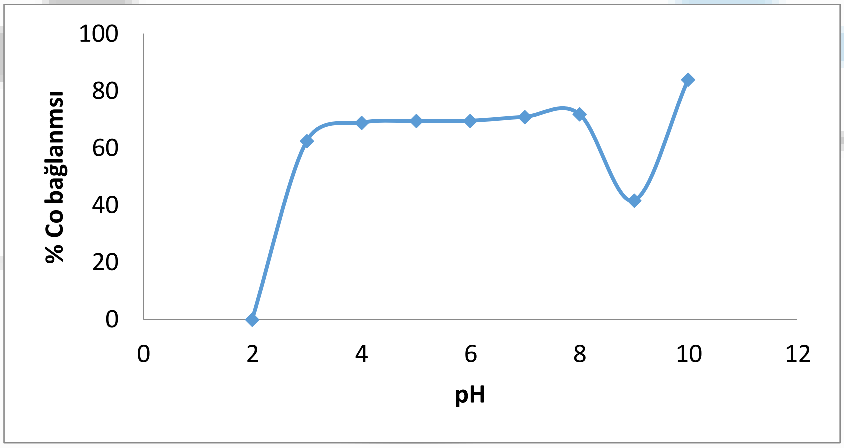
Şekşl 2.4. Kobalt Bağlanması Üzerine Kobalt Konsantrasyonunun Etkisi

2.5. Kobalt Bağlanması Üzerine pH’ nın Etkisi

150-355 µm tanecik boyutuna sahip kurutulmuş Su Sümbülü bitki köklerinden 150 mg’ lık tartımlar alındı 50 mL, 5ppm’lik kobalt çözeltileri hazırlanarak başlangıç pH’ ları 2 ile 10 arasında ayarlandı. 20 dakika süreyle biyokütle ile karıştırılan çözeltiler süzüldü ve çözeltide kalan kobalt miktarları AAS ile tayin edildi. Sonuçlar Tablo 2.5.’ de, biyokütle miktarı ile kobalt bağlanma yüzdesi arasında çizilen grafik Şekil 2.5.’ de görülmektedir.

Tablo 2.5. Kobalt Bağlanması Üzerine pH’ nın Etkisi

Başlangıç pH	Son pH	Çözeltide kalan Co (AAS) (mg/L)	Biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı Co (mg/g)	% Co Bağlanması
2	2.04	4.995	0.002	0.10
3	5.05	1.876	1.041	62.48
4	6.49	1.552	1.149	68.96
5	6.61	1.525	1.158	69.50
6	6.69	1.518	1.161	69.64
7	7.09	1.450	1.220	71.00
8	7.10	1.339	1.200	72.02
9	8.56	2.917	0.694	41.66
10	9.92	0.794	1.402	84.12



Şekil 2.4. Kobalt Bağlanması Üzerine pH’nın Ekisi

3. Bulgular

3.1. Metal Bağlanmasının Biyokütle Tanecik Boyutuna Bağlılığı

Tablo 2.1 ve Şekil 2.1 de görüldüğü gibi Su sümbülü bitki kökü biyokütlesinin tanecik boyutunun küçülmesi kobalt metalinin biyokütle üzerine bağlanma yüzdelerini arttırmaktadır.

3.2. Metal Bağlanmasının Biyokütle Tanecik Miktarına Bağlılığı

Tablo 2.2. ve Şekil 2.2 de görüldüğü gibi biyo kütle miktarınınarması ile metal bağlanmasının artışı beklenirken azaldığı görüldü. Bunun nedeni Su Sümbülü biyokütlesinin yoğunluğu sudan az olduğundan biyokütle suda yüzmesidir. Normalde bitki suya tam batırılıp karıştırıldığında metal bağlanması artacaktır.

3.3. Metal Bağlanmasının Karıştırma Süresine Bağlılığı

Tablo 2.3 ve Şekil 2.3 de görüldüğü gibi Su Sümbülü bitki kökü biyokütlesinin kobalt metali bağlanması oldukça hızlı olmuştur. Maksimum metal bağlanması ilk dakikalarda gerçekleşti.

3.4. Kobalt Bağlanmasının Ortamdaki Metal Konsantrasyonuna Bağlılığı

Tablo 2.4 ve Şekil 2.4 de görüldüğü gibi metal bağlanma yüzdesi başlangıçta artış göstermekte daha sonra metal bağlanması düşüş göstermektedir. Bunun nedeni ortamda metal iyonlarının azalmasındandır. Aslında metal bağlanma miktarı ortamda bulunan metal iyonu miktarındaki artışla artmaktadır. Metal iyonunun artmasına karşılık biyokütlenin kuru ağırlığı başına bağladığı metal miktarı da artmıştır.

3.5. Metal Bağlanmasının pH' ya Bağlılığı

Tablo 2.5 ve Şekil 2.5 görüldüğü gibi Su Sümbülü bitki kökü biyokütlesinin kobalt metalini bağlanması kuvvetle pH' ya bağlı olduğu görülmektedir. pH 2 ve pH 3' üçün üzerine çıkınca metal bağlanma hızla artış göstermiştir. Bu artış pH 9 ve pH 10 da kendini göstermiştir.

Sonuç

Su Sümbülü bitki kökü biyokütlesinin boyutu küçük olması yüzey alanının büyümesiyle metal etkileşimi yüksek olması sonucunda metal bağlanma istenilen düzeyde gerçekleşmiştir. Kütle miktarının artmasıyla bağlanmanın hızlı gerçekleştiği kısa bir süre sonra bir düşüş gözlenmiştir. Bunun sebebi ortamda metalin bulunmamasından kaynaklıdır.Karıştırma süresi arttıkça metal bağlanması artmakata, düşük pH larda bağlanmanın az olduğu yüksek pH larda ise(9 -10 pH) yüksek bağlanmanın gerçekleştiği, Konsantrasyon artışı ile metal bağlanması atış göstermiştir.Bu çalışma sonuçlarına göre Su Sümbülü bitki kökü biyokütlesi ağır metal uzaklaştırmasında kullanılabileceğini göstemiştir.

Kaynakça

Adıloglu, S., Adiloğlu, A., Açıkgöz, F. E., Yeniaras, T., & Solmaz, Y.(2015) LABADA (RumexpatientiaL.) Bitkisinin Kurşun Kirliliğinin Gideriminde Kullanım Kapasitesinin Araştırılması. *International Anatolia Academic Online Journal Sciences Journal*, *3*(2).

Özay C, Mammadov R. (2016) Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*,15(1) 68-77.

Ateş A, Yıldız A, Yıldız N, Calımlı A.(2007) Heavy metal removal from aqueous solution by Pseudevernia furfuracea (L.). *Zopf. Annali di Chimica*, 97,385-93.

Volesky B. (2003) Sorption and Biosorption. Montreal, Kanada: BV Sorbex, Inc, 316.

Benefield LD, Judkins JR JF, Weand BL. (1982) Process chemistry for water and wastewater treatment. New Jersey: Englewood Cliffs,; 433-5.

Nies DH. (1991) Microbial heavy-metal resistance. Appl Microbiol Biotechnol, 51, 730-50.

Raskin I, Ensley DE.(2000) Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment. New York: Wiley,352.

Dushenkov V, Kapulnik Y. (2000) Phytofiltration of metals. In: Raskin I, Ensley BD. eds. Phytoremediation of Toxic Metals - Using plants to clean-up the environment. New York: Wiley, 89-106.

Wolverton, B.C., mcdonald, R.C., Rebecca, C.(1978) Bioaccumulation and Detection of Trace Levels of Cadmium in Aquatic Systems by Eichhornia crassipes, *Environe Health Perspectives*, 27, 161- 164

Genel, Y., Ceylan, H., & Saltabas, O. (2012). Aktif bentonit ile sulu çözeltiden ağır metal giderimi. *Frese-nius Çevre 44 Bülteni*, 21 (7), 1810-1818.

Presentation ID / Sunum No:16

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6111-1682

Traversler ve Konsollar İçin İzolatörsüz Model Tasarımı

Araştırmacı Buğra Şen[1] , Araştırmacı Tuba Buğdaycı Avşar[1] , Araştırmacı Büşra Büyükbaş[1] , Araştırmacı Oğuz Kaan Atar[1]
[1]Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.

*Corresponding author: Buğra Şen

ÖZET: *İzolatörler, havai enerji nakil hatlarını taşıyan veya durduran travers ve konsollarda izolasyon sağlamak için kullanılan ağ elemanlarıdır. İzolatörlerde kırılma ve çatlamaya bağlı şebeke arızaları ile sıklıkla karşılaşılmaktadır. İzolatörler; nem, ani hava değişimleri, kuvvetli rüzgar, kirlenme gibi çevresel etmenlere karşı fiziksel dayanımları zayıf olduğundan kolayca çatlamakta ve kırılmaktadır. İzolatörlerde oluşabilen çatlak ve kırıklardan dolayı enerji nakil hatlarında yeterli izolasyon sağlanamamakta ve buna bağlı olarak enerji kesinti sayısı/süresi (SAİFİ, SAİDİ) artmaktadır. Ayrıca hat ile travers/konsollar arasında izolasyon sağlanamaması nedeni ile direk doğrudan enerjilenmekte ve bu durum can ve mal güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu çalışma ile cam elyaf takviyeli plastik geri dönüşümlü kompozit malzemeden oluşan yalıtkanlığı yüksek travers ve konsolların izolatörsüz olarak tasarımları ve üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu sayede söz konusu ürünün yaygınlaşması ile izolatör kaynaklı şebeke arızaların önüne geçilmesi sağlanacaktır. İzolatörsüz olarak üretilen kompozit yapılı travers ve konsollar, izolatör kullanılmadığından dolayı maliyeti daha düşük, daha hafif, daha kolay montaj edilebilir hale gelmiştir. Ayrıca malzeme yapısı gereği yanmaya ve çevresel şartlara karşı daha dirençli, daha uzun ömürlü bir ürün ortaya konulmuştur.*

Anahtar Kelimeler: *Havai Hat, Travers, Konsol, İzolatör, Şebeke, Arıza, İzolasyon*

Designing Isolatorless Model for Traverses and Consoles

ABSTRACT: *Insulators are network elements used to provide isolation in traverses and consoles that carry or stop overhead power transmission lines. Network failures due to breakage and cracking in insulators are frequently encountered.Insulators; Since their physical resistance is weak against environmental factors such as humidity, sudden weather changes, strong wind and pollution, they easily can be cracked and broken. Due to the cracks and fractures that occur in the insulators, adequate insulation cannot be provided in the energy transmission lines and accordingly, the number/duration of energy interruptions (SAIFI, SAIDI) increases. In addition, due to the lack of isolation between the line and the traverse/console, the pole is directly energized and this situation endanger the safety of life and property.In this study, the designs and productions of traverses and consoles with high insulation, consisting of glass fiber reinforced plastic recycled composite material, without insulators were carried out. So, it will be ensured that the product becomes widespread and network failures caused by insulators will be prevented. Composite structured traverse and consoles produced without insulators have become lower in cost, lighter and easier to install since no insulators are used. In addition, due to its material structure, product becomes more resistant to fires and environmental conditions and has a longer life.*

Keywords: *Overhead Lines, Travers, Console, İnsulator, Grid, Fault, İnsulation*

1. Giriş

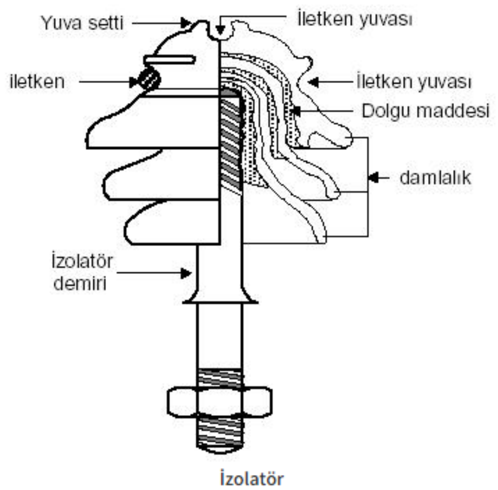
Elektrik enerjisi; aydınlatma, ısıtma, soğutma, ev aletleri, bilgisayarlar, elektronik cihazlar, makineler ve toplu taşıma sistemleri gibi birçok sistemin çalıştırılması için kullanılan günümüzün en önemli kaynaklarından biridir [1]. Bir elektrik kesintisinin ardından elektrik dağıtımındaki kayıplar, çok sayıda insanı etkileyen zamansal, ekonomik ve can kaybı gibi birçok olaya sebep olabilir [2]. Kötü hava koşulları veya ekipman arızası gibi faktörlerin neden olduğu kesintilerin ardından elektrik güç şebekelerinin verimli ve hızlı bir şekilde onarılması, elektrik enerjisi dağıtımındaki problemlerden biridir [3]. Elektrik yalıtkanları, iletkenleri yerinde tutmak, birbirlerinden ve çevre yapılardan ayırmak için kullanılır. Bir elektrik devresinin enerji verilen parçaları arasında bir set oluştururlar ve akım akışını istenildiği gibi tellere veya diğer iletken yollara sınırlarlar. Elektrik devrelerinin yalıtımı, tüm elektrikli ve elektronik cihazların başarılı bir şekilde çalışması için zorunlu bir ihtiyaçtır. Elektrik yalıtkanları olarak çeşitli tipte malzemeler kullanılır, seçim öncelikle her uygulamanın özel gerekliliklerine göre yapılır. Havai Enerji Hatlarında hava şartlarından dolayı porselen/cam izolatörler kullanılır [4]. İzolatörler; enerji nakil havai hatlarında kullanılan iletkenlerin direklere tespitine yarayan, iletkenleri hem taşımaya hem de toprak ile diğer iletkenlere karşı izole etmeye yarayan şebeke malzemeleridir [5].

Enerji iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılan izolatörlerin iki ana görevi vardır [5].

- ✓ Elektriksel bakımdan iletkenleri topraktan ayırmak
- ✓ İletken ağırlığını ve iletkenlere gelen ek yükleri karşılamak

İzolatörler, elektrik akımına karşı büyük direnç gösteren, sıcak ve soğuk hava şartlarına dayanıklı malzemeler olan porselen ve camdan imal edilir. Bunlara ilaveten, silikon ve epoksi reçineli izolatörler de yapılmakta ancak maliyeti yüksek olduğundan pek kullanılmamaktadır. İzolatörlerin iletkenlere gelebilecek yükleri emniyetli bir şekilde taşıyabilmeleri için mekanik dayanımlarının da iyi olması gerekir [5].

İzolatörler; Gövde, tutturma yuvası, etek ya da siper (damlalık), iletken yuvası ve izolatör demiri olmak üzere Şekil 1'deki gibi beş kısımdan oluşur. Enerji nakil havai hatlarında izolatörler traverslere çelikten yapılmış izolatör demirleri vasıtasıyla bağlanırlar. İzolatör demirleri yüksek gerilimde çimento ile yapılan harçla izolatöre tutturulur, alçak gerilimde ise çimentonun yerine alçı kullanılabilir [6].



Şekil 1 İzolatör kısımları [6].

İzolatörlerin de direklere tutturulabilmesi traversler aracılığı ile sağlanır. Traversler enerji nakil hatlarındaki iletkenlerin demir veya beton direkler üzerinde emniyetli geçişini ve taşınmasını sağlar. Traversler iki taraflı olup direklerde kullanılacak travers sayısı ve şekilleri kullanılacak iletken sayısına, gerilme kuvvetine, ağırlıklarına, izolatör ve direk tipine bağlı olarak değişir. Traverslerin seçiminde; iletken sayısı, iletkenin gerilme kuvveti ve ağırlığı, izolatör ve direk tipi, işletme gerilimi, tesisin kuruluş yeri gibi unsurların göz önünde bulundurulur. Traverslerin sayısı iletkenlerin tertibindeki durumuna ve direğin taşıyıcı, köşe, durdurucu, nihayet, branşman veya tevzi direği oluşuna göre değişmektedir. Çelik kafes direklerde olduğu gibi beton direklerde de hava hatlarının izolatöre bağlanması ve izolatörlerin de direklere tespit edilmesi için beton traversler kullanılır. Bir beton direkte kullanılacak travers sayısı, teşkil edilen hattın iletken tertibine ve direğin tipine bağlı olmaktadır. Traversler genel olarak iki şekilde yapılır. Bunlar beton ve demir traverslerdir (Şekil 2,3). Beton traversler vibre beton, demir traversler ise putrel demirden yapılmaktadır. Travers çeşitleri ise taşıyıcı, durdurucu ve nihayet traversleridir [7].

Şekil 2 Beton traversler [7]

Şekil 3 Demir ve ağaç traversler [7].

İzolatörleri direklere tutturulmasını sağlayan bir diğer araç konsollardır. Konsollar aynı traversler gibi iletkenleri taşımaya yarayan ve izolatörleri direklere tutturmaya yarayan tek taraflı taşıma parçasıdır. Konsollar, elektrik enerjisinin iletim ve dağıtım hava hatlarında kullanılan demir ve beton direklerde izolatörleri tespit etmek için kullanılır. Konsollar taşıyıcı, durdurucu, nihayet direkleri için ayrı şekil ve yapıda olur. Demir ve betondan olmak üzere iki farklı malzemeden yapılır (Şekil 4). Konsol elemanlarına yatay Z, G kuvvetlerinden ve dikey Y kuvvetlerinden yük gelir. Z kuvveti hat yönünde direğe gelen kuvvet olup iletkenin gerilmesi ile oluşan cer kuvveti etkisidir. Konsollar ve direkler hava hattı iletkeninin herhangi bir sebeple kopması varsayımına göre yapılır. G kuvveti hat istikametine dik olarak gelen kuvvet olup daha çok rüzgâr kuvvetinin oluşur. Y kuvveti direkten ve dolayısıyla konsoldan aşağıya doğru iletkenin kendisi ve üzerinde oluşabilecek buz yükü ağırlığının etkisiyle oluşabilecek kuvvettir. Konsolların da taşıyıcı, nihayet ve köşe konsolları olmak üzere üç farklı tipi mevcuttur [7].

Şekil 4 Beton ve demir konsollar [7].

Kompozit malzemeler, farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Farklı malzemeler, kompozite farklı özellikler vermek amacıyla birlikte işlenir. Kompozitler; mukavemet ve diğer mekanik özelliklerin iyileştirilmesinin yanı sıra ısıyı iyi iletebilecek, yalıtabilecek ve belirli manyetik özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanabilmesi sayesinde spesifik özelliklere bağlı olarak geliştirilebilen önemli malzemelerdir. Kompozit malzeme içindeki lifler hizalanarak tabakayı bir yönde çok güçlü, ancak gücün çok önemli olmadığı başka bir yönde daha zayıf hale getirebilirler. Uygun bir matris malzemesi seçilerek ısıya, kimyasallara ve hava koşullarına dayanıklılık gibi özelliklerde de tasarlanabilir. Kompozit malzemelerin en büyük avantajı, hafiflik ile birlikte mukavemet ve sertliktir. Üreticiler, uygun bir takviye ve matris malzemesi kombinasyonu seçerek, belirli bir amaca yönelik belirli bir yapının gereksinimlerine tam olarak uyan özellikler üretebilen kompozit malzemelerin bir diğer avantajı da tasarım esnekliği sağlamasıdır. Kompozitler, karmaşık şekiller halinde kalıplanabilir [8]. Rüzgâr türbini, devre kesiciler, sigorta panelleri, aydınlatma gövdeleri, elektrik dağıtım panoları, güneş panelleri, kablo taşıyıcılar, yalıtkan platformlar vb. gibi yapıların elektrik-elektronik aksamlarında da önemli bir konuma sahiptir. Kullanılan en yaygın kompozit malzeme cam elyaf tipli kompozit yapılardır.

Cam elyaf takviyeli plastik, kompozit malzemeler ve bağlayıcılardan (sentetik reçine) laminasyon, sarma ve kalıplama işlemi ile yapılan hafif, mükemmel korozyon korumalı, iyi ısı, elektrik ve ses yalıtımı özelliklerine sahip yeni bir kompozit malzeme türüdür. Cam elyaf takviyeli plastik, tasarım esnekliği, kolay biçimlendirme vb. özelliklerin üst düzey performansı sayesinde inşaat, ulusal savunma, ulaşım, kimya mühendisliği ve enerji alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Cam elyaf takviyeli plastiklerin birçok geri dönüşüm ve kullanım yöntemi vardır. Geri dönüşüm yöntemi, atığın türlerine ve özelliklerine bağlı olarak; kimyasal geri dönüşüm, fiziksel geri dönüşüm, enerjisel geri dönüşüm ve kapsamlı geri dönüşüm olmak üzere dört türe ayrılır [9]. Cam elyaf takviyeli plastiklerin; özellikleri, uygulanabilirliği ve ekonomik katkısı göz önüne alındığında yaygınlaştırılması gereken önemli bir malzeme türüdür.

Kompozit travers (Şekil 5) ve konsollar; korozyona uğramaması, UV dayanımı, içerisine uygulanan fiber katkılar ile çekme, eğilme ve burulma mukavemetlerini artırılabilme gibi özellikleri sayesinde Amerika Birleşik Devletleri'nin özellikle nemli ve hava şartlarının ani değişiminin çok olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Fırtına ve ani hava değişimlerinden kaynaklı ağaç direklerin zarar görmesi ve uzun süreli kesintilerin önüne geçilmesi için kompozit özlü direk ve traversler kullanılmıştır. Öte yandan ulaşımı ve müdahale zorluğu yaşanılan bölgelerde ağır ekipmanların ve parçaların değişimi yerine kompozit ürünler tercih edilerek nakliyat kolaylaştırılmış, daha hızlı ve basit kurulum sağlanmıştır.

Şekil 5 Kompozit Travers.

İzolatörler; yüksek elektrik alan, kirlilik, ıslanma olayları, korona, sıcaklık değişimi, mekanik şok, kuş vb. hayvanlarla etkileşim, rüzgâr, güneş radyasyonu, yağ sızıntıları, yıldırım ve anahtarlama darbeleri, biyolojik büyüme ve titreşim kaynaklı birçok olaya maruz kaldığından güç sistemlerinde arızaya neden olurlar Ayrıca izolatörlerin hassas yapılarından dolayı üretimi, nakliyesi ve kurulumu aşamalarında zorluklar yaşanmaktadır. Enerji nakil havai hatlarının büyük nüfusların enerji ihtiyacını karşıladığı düşünüldüğünde, izolatör kaynaklı küçük arızalar bile ciddi sorunlara yol açmaktadır [10]. İzolatör arızlarında dolayı, havai enerji hattı ile travers/konsollar arasında izolasyon sağlanamaz ve direk doğrudan enerjilenir, bu durum can güvenliğini tehlikeye atmakta ve maliyetli sonuçlar doğurmaktadır. Şekil 6'da izolatör arızalarına ait görseller gösterilmiştir.

Şekil 6 İzolatör Arızaları [10].

Yapılan araştırmalar sonucu Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş. (YEDAŞ) sorumluluk bölgesi havai hatlı dağıtım şebekelerindeki yalıtım kaynaklı çıkan arızaların neden olduğu ortalama kesinti süresi istatistiksel olarak belirlenmiş ve bu istatistiklere göre 2021-2022 yıllarında iletkenlerin üzerinde meydana gelen buz yükü, şiddetli yağış ve rüzgâr, tozlu hava, kuş vb. canlıların iletkenlere çarpması, iletkenin sıkı bağdan kurtulması gibi sebeplerle elektrik direklerinin enerjilendiği ve uzun süreli elektrik kesintilerine neden olduğu tespit edilmiştir. 2021-2022 yılları arasında şebekede meydana gelen arızaların neden olduğu yaklaşık 26.000 saatlik kesintinin 3.742 saati izolatör kaynaklı, 5.913 saati sıkı bağ kaynaklı, 1.852 saati kuş çarpılması ve 14.573 saati iletkene temas eden ağaç kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum enerji nakil havai hatlarının yalıtım seviyesinin arttırılması gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada cam elyaf takviyeli plastik geri dönüşümlü kompozit malzemeden oluşan yalıtkanlığı yüksek travers ve konsolların izolatörsüz olarak tasarımları ve üretimleri gerçekleştirilmiştir. Travers ve konsolların yalıtkan olması sayesinde izolatör ihtiyacına gerek kalmayacak ve izolatör kaynaklı şebeke arızaların önüne geçilmesi sağlanacaktır. İzolatörsüz olarak üretilen kompozit yapılı travers ve konsollar, izolatör kullanılmadığından dolayı yüksek maliyet kazancı sağlayan, mukavemeti daha güçlü, daha hafif, daha kolay montaj edilebilir hale gelmiştir. Ayrıca malzeme yapısı gereği yanmaya ve çevresel şartlara karşı daha dirençli, daha uzun ömürlü bir ürün ortaya konulmuş şebekeye yeni bir model kazandırılmıştır.

2. Traversler ve Konsollar için İzolatörsüz Modelin Tasarlanması

Bu bölümde, CAD-CAE ve Solidworks programları ile alçak gerilim ve orta gerilim dağıtım şebekelerinin daha güvenli ve fonksiyonel olmasını sağlayacak, YEDAŞ sorumluluk bölgesindeki G-K1", G-K2", G-10I" ve G-12I" direk tiplerine uygun, cam elyaf takviyeli plastik geri dönüşümlü kompozit malzemeden oluşan izolatörsüz konsol ve traverslerin tasarlaması ve üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Tasarımlar, simülasyon çalışmaları ile analizler yapılarak doğrulanmıştır. Çalışma kapsamında; ürünün 3 boyutlu tasarımları, kalıp sistemlerinin oluşturulması, farklı et kalınlıklarında ve gövde çaplarındaki tasarımlar, paket programları ile farklı deformasyon türlerinde ve kuvvetlerinde maksimum yük noktaları ve değerlerinin belirlenmesi, simülasyon değerlerine göre tasarımın optimize edilerek en uygun ölçülerin belirlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Dağıtım şebekesinde kullanılan travers ve konsolların izolatör kullanılmadan tasarlanabilmesi için iletkenlerin kendi ve direk ile arasında yer alan atlama mesafesinin ayarlanabilmesi oldukça önemli bir konudur. Yapılan tasarım çalışmalarında kuvvetli akım tesisler yönetmeliğine uygun olarak iletkenlerin atlama mesafeleri dikkate alınmıştır.

Malzeme, kesit, salgı ve anma gerilimleri aynı olan, aynı ya da farklı yatay yüzeylerde bulunan iletkenler arasındaki en küçük (D) uzaklık;

$$D = k.(F_{mak} + I)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{U}{150(kV/m)}\right) \quad (1)$$

D	: Direk üzerinde iletkenler arasındaki uzaklık (m)
$k_{AlçakGerilim}$	: 0,35
$k_{OrtaGerilim}$	: 0,50
F_{mak}	: Hesaplanan direğin en büyük açıklığına ilişkin en büyük salgı (m)
l	: Taşıyıcı zincir izolatörün uzunluğu (m) (Mesnet izolatöründe l = 0 alınacaktır.)
U	: Hattın fazlar arası anma gerilimi (kV)

İletkenlerin birbirlerine olan minimum uzaklığı çalışma yapılacak olan direklerin en büyük açıklığına olan en büyük salgı (Fmak) boyutuna göre belirlenmiştir. Hat iletkenleriyle topraklanmış metal bölümler arasındaki uzaklık ise; en az

$\left(\frac{U\ (kV)}{150(\frac{kV}{m})} + 0{,}05(m)\right)$ olacaktır.

Bu uzaklık yüksek gerilimli havai hatlarında 0,20 m'den, alçak gerilimli havai hatlarında ise 0,05 m'den az olmayacaktır. 36 kV lık fazlar arası anma gerilimi olan bir hatta hat iletkeninin metal bölümlere minimum uzaklığı;

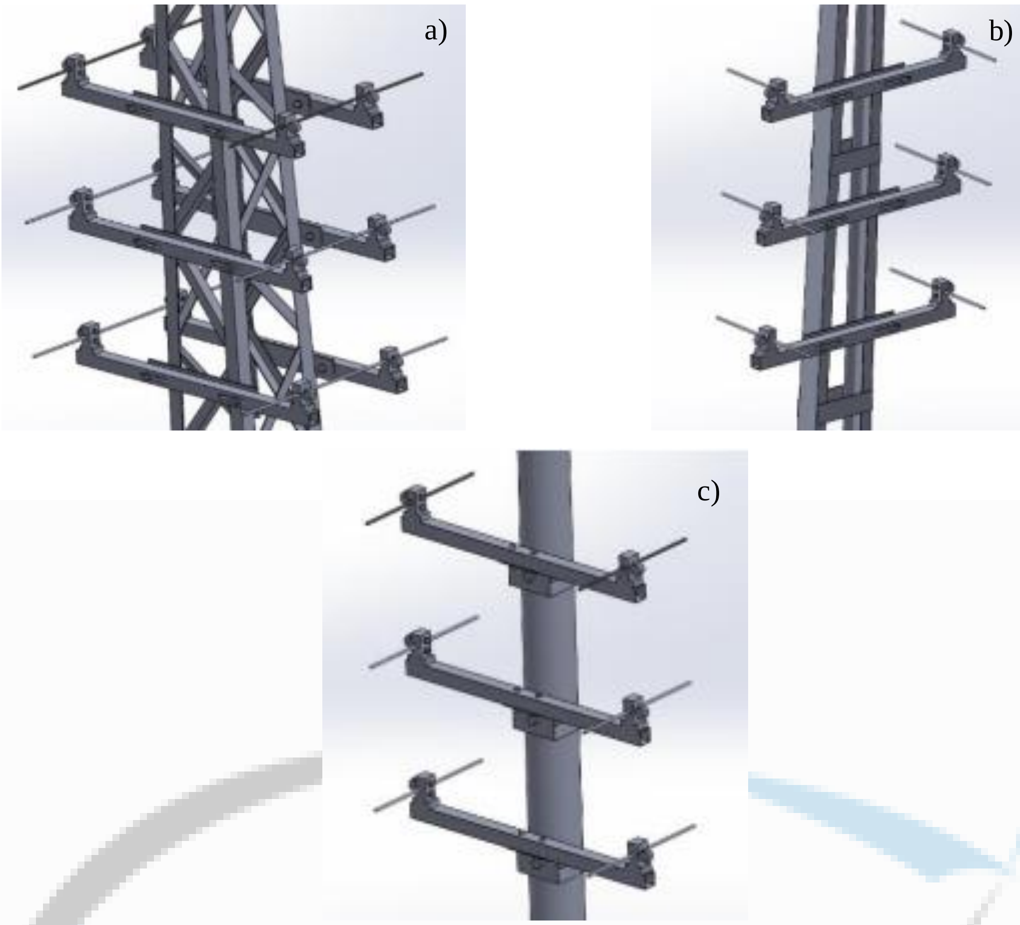
$$D = \left(\frac{U(kV)}{150(\frac{kV}{m})} + 0{,}05(m) \right) m \tag{2}$$

$$D = \left(\frac{36(kV)}{150(\frac{kV}{m})} + 0{,}05(m) \right) m = 0{,}29\ m \tag{3}$$

0,4 kV lık fazlar arası anma gerilimi olan alçak gerilim hattında ise;

$$D = \left(\frac{0{,}4(kV)}{150(\frac{kV}{m})} + 0{,}05(m) \right) m = 0{,}0527\ m \tag{4}$$

Şekil 7 İzolatörsüz OG Kompozit Travers **a)** Kafes direk **b)** U tipi direk **c)** Ağaç Direk.



Şekil 8 İzolatörsüz AG Kompozit Travers **a)** Kafes direk **b)** U tipi direk **c)** Ağaç Direk.

Tasarımları hazırlanan izolatörsüz AG ve OG kompozit traverslerde hammadde içeriği olarak termoset malzemenin matris şeklinde dizilen cam elyaf takviye ile birleştirilmesi ile meydana gelen kompozitten üretilmesi ve bu sayede dayanımının artırılarak istenilen çekme, germe ve taşıma kapasitelerine ulaşılması sağlanmıştır. Kompozit ürünün elyaf takviye ağırlığı %65-%80, reçine ve diğer katkı maddeleri ağırlığı ise %20-35 olarak mekaniksel, elektriksel, fiziksel ve alev dayanımı sağlayacak matris şeklinde dizilmesi ile oluşturulmuş hammaddeden üretilmiştir. Fiziksel, mekaniksel ve elektriksel gibi özellikler, kullanılan elyaf içerik oranına, ayrıca elyafın kompozit malzeme içerisinde dizilim şekline göre artırılıp azaltılabilmektedir. Tablo 1'de üretilen cam elyaf takviyeli plastik geri dönüşümlü kompozit malzemeden oluşan traversin özellikleri verilmiştir.

Tablo 1 İzolatörsüz kompozit traversin özellikleri.

Özellikler	**Değerler**
IP Sınıfı	IP65
Optimum Çalışma Sıcaklığı	(-25) - (+125) °C
Yüksek Gerilime Dayanım	3000 V(AC)
Darbe Deneyi	0,74 kgf/mm^2
Paslanma Deneyi	+
Darbe Dayanımı	39 kJ/m^2
Gerilme Dayanımı	78 N/mm^2

Özellikler	Değerler
Çekme Dayanımı	100-250 N/mm^2
Eğilme Dayanımı	80-250 N/mm^2
Çekmede Uzama	%1,6-2,8
Dielektrik Dayanımı	9,4 kV/mm
Geçiş Direnci	$2x10^{13}$ Ω cm
Yoğunluk	1,8-1,9 gr/cm^3
Su Absorsiyonu	30 mg
UV Dayanımı	+
Kızgın Tel Deneyi	Stufe BH2-20 mm
Yanabilirlik Sınıfı	UL-94 V-0
Alev Geciktiriciliği	+

İzolatörsüz kompozit traverslerin tasarıma uygun olarak şekillendirilmesi ve istenilen malzeme özelliklerinin sağlanması için el yatırma yöntemi ile oluşturulan kalıpta üretimi gerçekleştirilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu bölümde Tablo 1'de verilen izolatörsüz kompozit travers özelliklerinin sağlanabilmesi için cam fiber takviyelerinin kompozit ürüne optimum miktarda ve yönde ilave edilerek en uygun hammadde miktarları belirlenmiştir. İzolatörsüz kompozit traversin; işletme koşulları, malzeme reçetesi, maliyet analizi ve G-K1", G-K2", G-10I", G-12I" direk tipleri doğrultusunda tüm teknik hesaplama ve analizleri yapılarak Tablo 2'deki boyutlarda optimum tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiş Şekil 9'da gösterilmiştir.

Tablo 2 İzolatörsüz Kompozit Traversin Boyutları.

Gerilim	Travers Tipi	Boy (cm)	Genişlik (cm)	Yükseklik (cm)
OG	1 gT-200	200	10	6
OG	1 gD-250	250	10	6
AG	3 g6.5U-100	100	5	5
AG	3 g6.5U-80	80	5	5

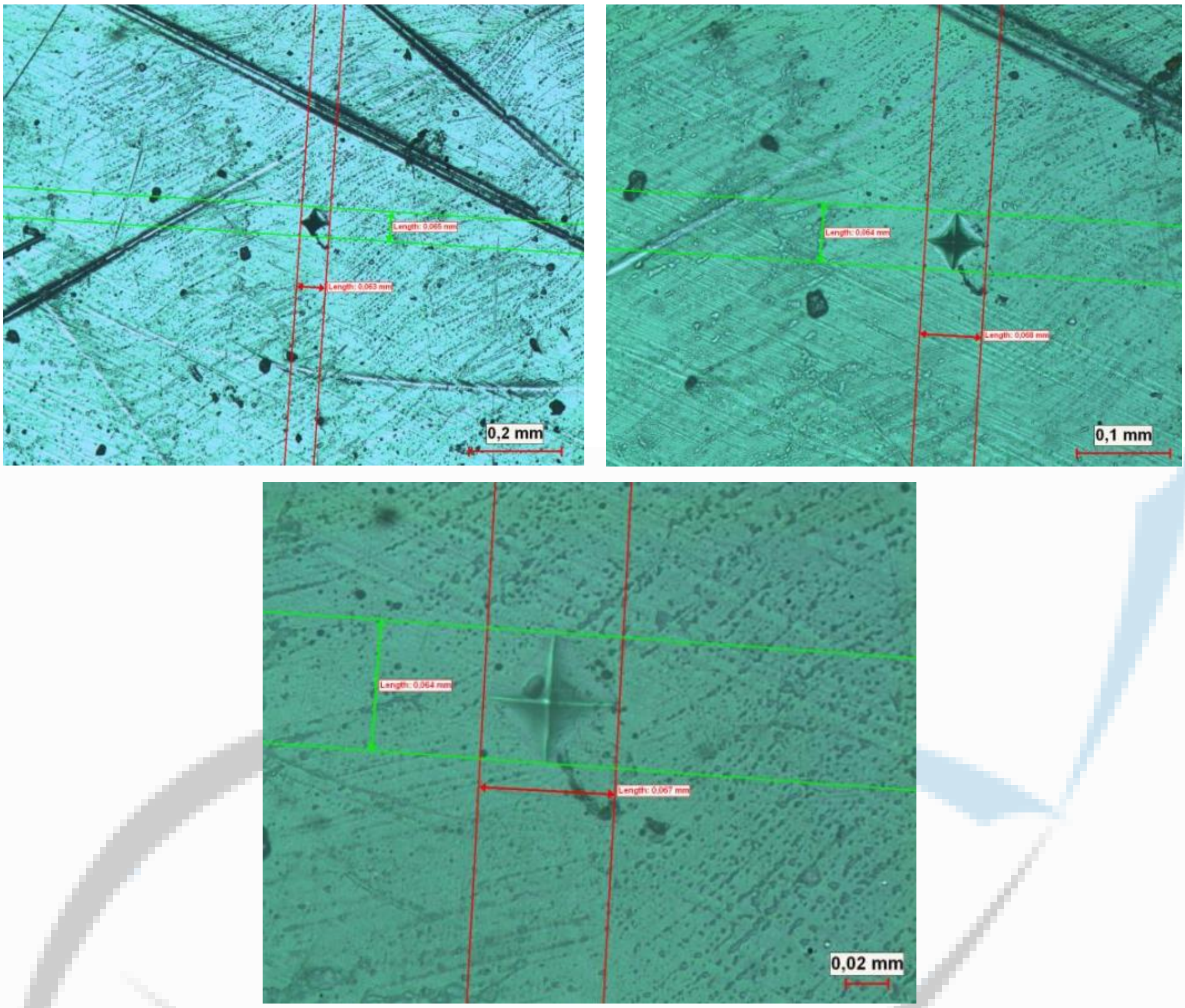
Şekil 9 İzolatörsüz kompozit travers **a)** AG için **b)** OG için.

Üretimi yapılan izolatörsüz traversin çekme, eğme ve sertlik değerlerinin hesaplanması için; sertliğin ölçülmesini ve mukavemetleri hakkında bilgi edinilmesini sağlayan mikrosertlik testi, malzemenin birleştirme yüzeyi ve çevresindeki süreksizlikleri tespit etmek amacıyla üç nokta eğme testi, davranışını belirlemek amacıyla yapılan kontrollü gerilimle ürüne bir yük altında belli bir seviyeye kadar olarak veya tamamen malzeme kopana kadar malzemeye kuvvetin uygulandığı çekme testi gerçekleştirilmiştir.

Mikrosertlik testi, Wilson Hardness marka 402MVD model MikroVickers sertlik ölçüm cihazı ile numunenin yüzeyinden sıralı mikrosertlik (microVickers – HV) uygulaması yapılmıştır. Sertlik ölçümü alınan numuneye ait şematik gösterim görseli Şekil 10'da gösterilmiştir. Sertlik malzemenin her yönü boyunca birbirine yakın olarak ölçülmüştür. Numuneden çıkan sonuç yaklaşık 34,35 (50 gr) HV'ye karşılık gelmektedir. Deney standardı TSE EN ISO 6507'dir. Aynı şekilde doğru ölçümün yapılabilmesi için belirtilen kesit ve yönlerde en az 15 ölçüm alınarak ortalama sonuç tespit edilmiştir. Ancak elde edilen veriler ASTM D 2583-72 standartında verilen Barcoll Sertlik dönüşüm tablolarına göre 49-50 HBa Barcol sertliği olarak hesaplanmıştır. Bu değer 45 HBa üzerinde olduğundan ve malzemenin sertlik standardına uygun olduğu görüşmüş sonuçlar Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3 Mikrosertlik test sonuçları.

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**Ortalama**
36,9	35,3	34,5	35,4	34,1	28,4	31,9	39,2	36,1	36,5	30,8	33,6	35	31,9	35,7	34,35 (HV)

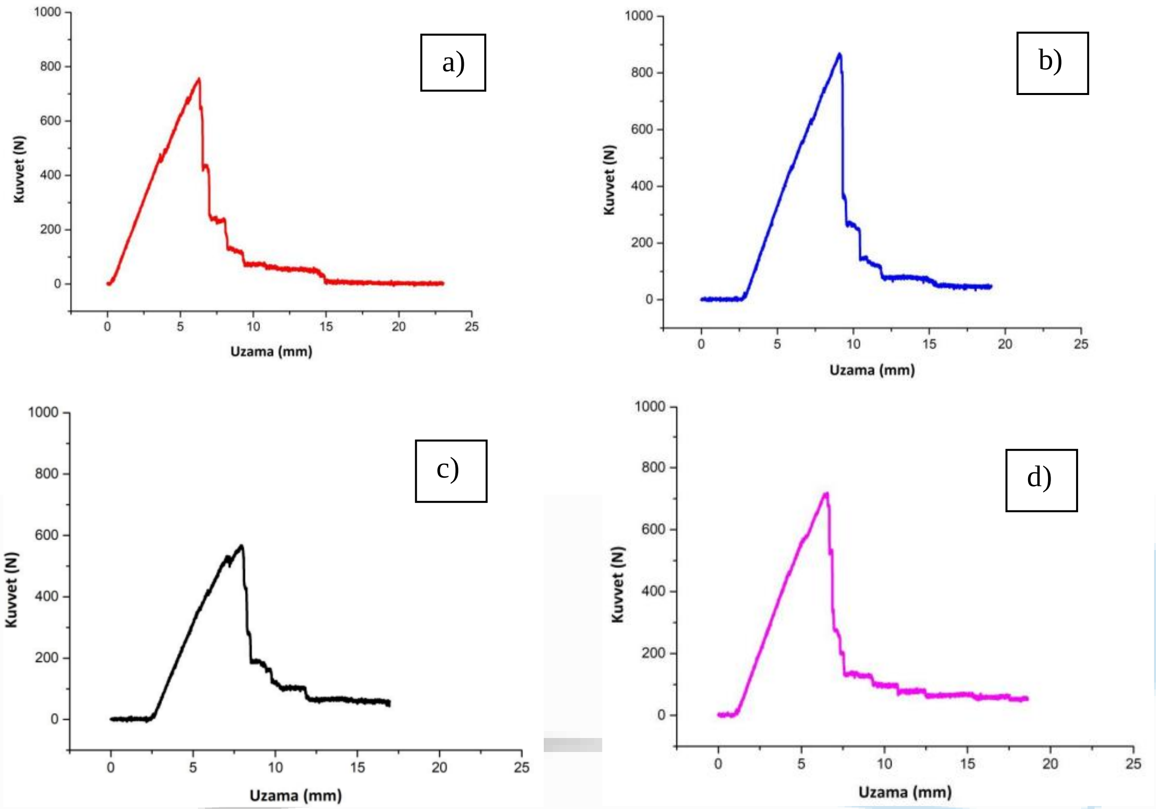


Şekil 10 Sertlik izlenim örnekleri.

Üç nokta eğme testinde kullanılan numune boyutları 100x10x5mm olup ISO178 standartlarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen maksimum kuvvet, maksimum gerilme, maksimum uzama, maksimum şekil değişimi sonuçlarının istenilen değerleri karşıladığı görülmüş Tablo 4 ve Şekil 11'de gösterilmiştir.

Tablo 4 Eğme testi sonuçları.

Numune Kodu	Maksimum Kuvvet	Maksimum Gerilme	Maksimum Uzama	Maksimum Şekil Değişimi
1	757,813	4546,88	6,284	0,01885
2	868,75	5212,5	9,09	0,02727
3	567,188	3403,13	7,968	0,0239
4	718,75	4312,5	6,564	0,01969

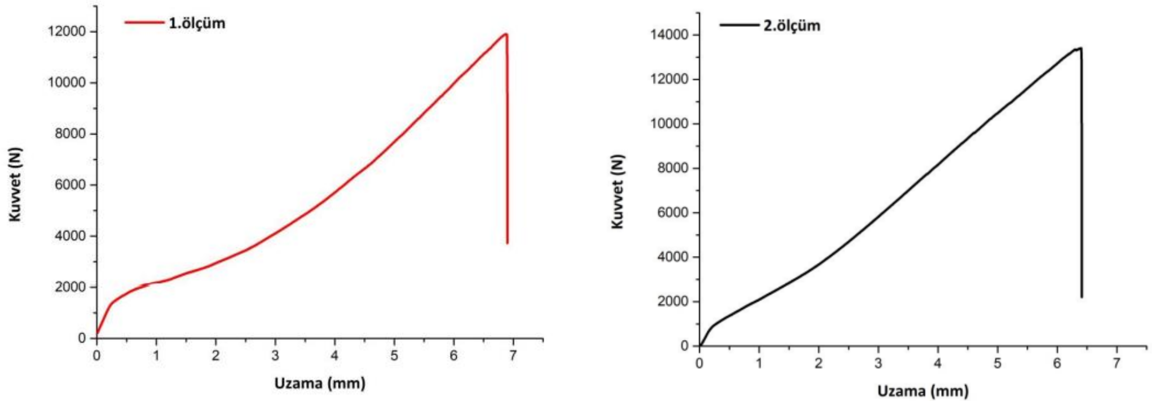


Şekil 11 Eğme testi sonuçları.

Çekme testi en yaygın mekanik test tekniklerinden biridir. İzolatörsüz kompozit traversin ne kadar güçlü olduğunu ve kırılmadan önce ne kadar gerilebileceğini bulmak için Çekme testi ASTM D 638-71 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Bu test yöntemi ile kopma kuvveti, kopma gerilmesi, kopma şekil değişimi, maksimum kuvvet, maksimum gerilme ve maksimum uzama miktarları ölçülmüş Tablo 5 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Gerçekleştirilen çekme testi sonuçları incelendiğinde elde edilen sonuçların istenilen düzeyde olduğu görülmüştür.

Tablo 5 Çekme testi sonuçları.

Ölçüm Kodu	Kopma Kuvveti (N)	Kopma Gerilmesi (N/mm^2)	Kopma Şekil Değişimi (%)	Maksimum Kuvvet (N)	Maksimum Gerilme (N/mm^2)	Maksimum Uzama (mm)
1	11839,1	236,781	0,5745	11901,6	238,031	6,894
2	13401,6	268,031	0,5335	13403,1	268,063	6,402



Şekil 12 Çekme testi sonuçları.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada cam elyaf takviyeli plastik geri dönüşümlü kompozit malzemeden oluşan yalıtkanlığı yüksek travers ve konsolların izolatörsüz olarak tasarımları ve üretimleri gerçekleştirilmiştir.

İzolatörler; yüksek elektrik alan, kirlilik, ıslanma olayları, korona, sıcaklık değişimi, mekanik şok, kuş vb. hayvanlarla etkileşim, rüzgâr, güneş radyasyonu, yağ sızıntıları, yıldırım ve anahtarlama darbeleri, biyolojik büyüme ve titreşim kaynaklı birçok olaya maruz kaldığından güç sistemlerinde arızaya neden olurlar. Ayrıca izolatörlerin hassas yapılarından dolayı üretimi, nakliyesi ve kurulumu aşamalarında zorluklar yaşanmaktadır. Enerji nakil havai hatlarının büyük nüfusların enerji ihtiyacını karşıladığı düşünüldüğünde, izolatör kaynaklı küçük arızalar bile ciddi sorunlara yol açmaktadır. İzolatör arızlarında dolayı, havai enerji hattı ile travers/konsollar arasında izolasyon sağlanamaz ve direk doğrudan enerjilenir, bu durum can güvenliğini tehlikeye atmakta ve maliyetli sonuçlar doğurmaktadır. Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş. (YEDAŞ) sorumluluk bölgesi havai hatlı dağıtım şebekelerindeki yalıtım kaynaklı çıkan arızaların neden olduğu ortalama kesinti süresi istatistiksel olarak belirlenmiş ve bu istatistiklere göre 2021-2022 yıllarında iletkenlerin üzerinde meydana gelen buz yükü, şiddetli yağış ve rüzgâr, tozlu hava, kuş vb. canlıların iletkenlere çarpması, iletkenin sıkı bağdan kurtulması gibi sebeplerle elektrik direklerinin enerjilendiği ve uzun süreli elektrik kesintilerine neden olduğu tespit edilmiştir. 2021-2022 yılları arasında şebekede meydana gelen arızaların neden olduğu yaklaşık 26.000 saatlik kesintinin 3.742 saati izolatör kaynaklı, 5.913 saati sıkı bağ kaynaklı, 1.852 saati kuş çarpılması ve 14.573 saati iletkene temas eden ağaç kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, CAD-CAE ve Solidworks programları ile alçak gerilim ve orta gerilim dağıtım şebekelerinin daha güvenli ve fonksiyonel olmasını sağlayacak, YEDAŞ sorumluluk bölgesindeki G-K1", G-K2", G-10I" ve G-12I" direk tiplerine uygun, cam elyaf takviyeli plastik geri dönüşümlü kompozit malzemeden oluşan izolatörsüz kompozit traversler tasarlanmış ve traverslerin tasarıma uygun olarak şekillendirilmesi ile istenilen malzeme özelliklerinin sağlanması için el yatırma yöntemi kullanılarak oluşturulan kalıpta üretimi gerçekleştirilmiştir.

Üretimi yapılan izolatörsüz kompozit traversin çekme, eğme ve sertlik değerlerinin hesaplanması için; sertliğin ölçülmesini ve mukavemet değerleri hakkında bilgi edinilmesini sağlayan mikrosertlik testi, malzemenin birleştirme yüzeyi ve çevresindeki süreksizlikleri tespit etmek amacıyla üç nokta eğme testi, davranışını belirlemek amacıyla yapılan kontrollü gerilimle ürüne bir yük altında belli bir seviyeye kadar olarak veya tamamen malzeme kopana kadar malzemeye kuvvetin uygulandığı çekme testi gerçekleştirilmiştir.

Test sonuçları incelendiğinde; Ortalama sertlik 34,35 Hv0,05 olarak ölçülmüş ve Barcoll Sertlik dönüşüm tablosundan 49-50 HBa olduğu belirlenmiştir. Çekme değerleri ise numunelerin dayanabileceği maksimum kuvvet ortalama 11,9-13,4 kN arasında değişirken, maksimum uzama 6,5-7 mm ve maksimum gerilme değerlerinin 236,781-268,031 N/mm2 aralığında olduğu görülmüştür. Eğme dayanım değerleri 550-850 N aralığında değişmekte ve maksimum gerilme değeri 3403,13-5212,5 N/mm2 aralığında elde edilmiştir.

Bu çalışma ile cam elyaf takviyeli geri dönüştürülebilir polimer esaslı kompozit malzemelerden hafif, çevresel koşullara dayanıklı izolatörsüz kompozit travers ve konsollar geliştirilmiş ve mevcutta bahsedilen problemlere hem çevreci hem ekonomik hem de uygulaması kolay olan, efektif bir çözüm getirmiştir.

Mevcutta demir, beton veya galvaniz çelikten yapılan travers/konsollarda hattın traverse düşmesi ve direğin enerjilenmesi ile iş kazaları meydana gelmektedir. Cam elyaf takviyeli geri dönüşümlü plastik kompozit malzeme kullanılarak yalıtım sağlanmış ve izolatör ihtiyacını ortadan kaldırarak; hafif, yalıtkan, yanmaya ve çevresel şartlara karşı dirençli, çevreci, güvenli, uygulanması kolay, uzun ömürlü ve düşük maliyetli bir ürün ortaya çıkmıştır. Üretilen bu ürünün yaygınlaşması ile enerji kesinti süreleri önemli bir ölçüde azalacak aynı zamanda ciddi yaralanma ve ölümle sonuçlanan kazaların önüne geçilerek bölgedeki insanların ve hayvanların güvenliği sağlanacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Ar-Ge komisyonu tarafından onaylanan “Cam Elyaf Takviyeli Geri Dönüşümlü Plastik Kompozit Travers ve Konsolların Tasarımı ve Pilot Uygulama Yapılması” isimli Ar-Ge projesi 19/03/2021 tarih ve 1030 sayılı karar kapsamında desteklenmektedir. Yazarlar bu destek için teşekkür eder.

Referanslar

[1] https://www.eia.gov/energyexplained/electricity (Erişim: 10 Şubat 2023)

[2] Castillo, A. (2014). Risk analysis and management in power outage and restoration: A literature survey. *Electric Power Systems Research*, *107*, 9-15.

[3] Rubin, G. J., & Rogers, M. B. (2019). Behavioural and psychological responses of the public during a major power outage: A literature review. *International journal of disaster risk reduction*, *38*, 101226.

[4] https://www.britannica.com/science/insulator (Erişim: 12 Şubat 2023)

[5] http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/ (Erişim: 13 Şubat 2023)

[6] https://www.elektrikrehberiniz.com/ (Erişim: 14 Şubat 2023)

[7] http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Direkler.pdf (Erişim: 16 Şubat 2023)

[8] https://www.science.org.au/curious/technology-future/composite-materials (Erişim: 18 Şubat 2023)

[9] Feng, Y. C., Zhao, F. Q., & Xu, H. (2016). Recycling and utilization of waste glass fiber reinforced plastics. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 67, p. 07012). EDP Sciences.

[10] https://www.inmr.com/bad-things-can-happen-to-insulators/ (Erişim: 20 Şubat 2023)

Presentation ID / Sunum No:18

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1796-2460

A Methodology to Estimate Digitalization Levels in Electricity Distribution Companies

Researcher Oğuz Kaan Atar[1] , Researcher Buğra Şen[1] , Researcher Mutlu Bektaş[1] , Researcher Tuba Buğdaycı Avşar[1] , Researcher Büşra Büyükbaş[1]
[1]Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.

*Corresponding author: Oğuz Kaan ATAR

A Methodology to Estimate Digitalization Levels in Electricity Distribution Companies

ABSTRACT: *The purpose of this study is to identify the methods for determining the level of digitization of electric utilities in Turkey, to determine the tools to be used, and to evaluate the results of the field studies to be conducted for this purpose. By determining the level of digitalization of electricity distribution companies, it will be possible to determine which areas are prioritized by the strategies identified and whether they are on the right track in terms of transforming business processes in these areas. Secondly, by identifying the levels of digitization maturity, electricity distribution companies can determine in which areas they have what need for improvement and investment in order to eliminate the deficits in strategy, implementation and cultural transformation as part of the digitization roadmaps. These, in turn, provide the companies with important information that provides insight into the direction of digitization.*

Keywords: *Digitalization , Digital Maturity Index Model, Digital Transformation*

1. Introduction

Digitization indicates the importance of placing advanced technology at the center of all processes, products and services [1]. Digitization is the process of converting information from a normal form to a digital system.

Digitization of businesses helps to increase the efficiency, consistency and quality of processes [2]. The widespread digitization of organizations and business models is one of the strongest trends reshaping today's global economy. The move to digitize processes is fueled by the strong assumption of achieving higher overall organizational performance and creating competitive advantages. This is key to both survival and growth [3,4]. Thanks to digitalization, manually repetitive processes are automated, helping businesses work more efficiently and enabling them to focus on more difficult and innovative initiatives. With automation systems, tasks can be done faster and with less errors [5].

Parallel to the development of technology, as in many other sectors, the electricity distribution sector is going through an extensive transformation process. Developments in information, communication and sensor technologies as the basic building blocks of digitalization have made the collection, transmission and processing of data in almost all sectors, especially in distribution systems, much easier than before, and primarily with technology adaptation, digitalization of existing analog/manual processes and telemetry in particular. Many information technology (IT) - operational technologies (OT) have accelerated the deployment of interactive systems.

Digitization of the energy system is defined as the process of implementing and operating a set of assets through monitoring, transfer and analysis of data produced by one of the actors in the energy system [6].

Electricity distribution companies have huge databases of their systems and strive to constantly update and store data. They aim to design, develop and integrate new tools to take advantage of them. Central Supervision Control and Data Acquisition (SCADA) systems are the first systems developed to enable electricity distribution companies to monitor and control the high voltage system. The Outage Management Systems (OMS) help shorten power outages by informing the electricity distribution companies of fault locations in a timely manner. Electricity models of distribution networks for the planning and operation of networks allow electricity distribution companies to calculate power transmissions and use them in their analysis. Typically, these vehicles require only electric models, which means the electrical parameters of the equipment and the connectivity of the network, but no details about their coordinates or locations are essential. However, geographic information systems (GIS) are helpful in modeling the distribution system, allowing it to be added to the maps of the area of interest. This type of GIS information is very useful for maintenance teams to model in isolating and restoring service, correlating network operations with weather conditions, and increasing security. The Distribution Management System (DMS) consists of a set of tools to control and monitor the entire distribution system. This diversity of vehicles, different functions, information requirements, updating huge databases that need to be integrated and compatible with each other is a challenge for distribution companies [7].

Electricity distribution companies have an important role in applying innovative ideas and technologies to optimize the functioning of electricity distribution networks and make improvements to benefit consumers. In recent years, with the increase in the integration of distributed generation, the maturation of grid-connected electric vehicles (EV) and smart grids, the need for the use of innovative technologies that will facilitate the monitoring and management of the grid has increased even more. The effective use of these innovative technologies is only possible with the successful implementation of the digitalization process.

Technological investments to improve the management of electricity distribution networks are generally long-lasting and therefore investments to be made should be planned by making a cost-benefit analysis in advance. To achieve this, a digitalization strategy should be created and the necessary investments made according to this strategy. The rapid and effective execution of the digitalization process ensures the reduction of total costs, better targeting of investments and improvement in service quality. These investments should not be thought of as merely purchasing technology.

For example, strengthening the company's analytics department is also an investment in the digitalization process. In this context, a company that handles the digitalization process from end to end will not only be technologically advanced, but also strengthen in terms of operational efficiency and contribute to increasing customer satisfaction.

The digital maturity level shows how well a company or institution can adapt to the digital transformation process and their ability to benefit from the innovations brought by digital technologies. In this context, the company must be in the process of constantly adapting to the changing digital world by changing its strategy, workforce, culture, technology, structure, to meet the digital expectations of customers, employees and business partners and by applying new technologies. The digital maturity index, on the other hand, is a numerically comparable output that identifies the level of digital maturity.

As the first step of developing a digitalization incentive system in electricity distribution companies, digital maturity should be measured fairly. Within the scope of this study, the Digital Maturity Index model was developed for electricity distribution companies and using this developed model, the digital maturity values of three different electricity distribution companies were measured. Electricity distribution companies are named as A, B, C companies. Using the model and the practices developed in the present study, the periodic measurement of the digital maturity of electricity distribution companies in Turkey is supported by the results.

2. Model and Measurement Application

In the digital maturity model application section for Yesilirmak Electricity Distribution Company, the development of the model, the collection of answers and the evaluation were carried out.

In the process of developing the digital maturity model;

- Identifying questions and options
- Determination of categories and weights
- Determination of scoring based on answers

In the process of collecting and evaluating the answers;

- The relevant units of Yesilirmak Electricity Distribution Company give appropriate answers to the questions.
- Collection of documents supporting answers
- Conducting online meetings
- Making field evaluations
- Scoring based on answers, documents, meetings and field evaluations

steps are completed. In the process of developing the digital maturity model; Academic literature review, private sector applications review, opinions of industry experts and feedback received from Yesilirmak Electricity Distribution Company's sources were used.

2.1. Developing the Digital Maturity Model

Before the digital maturity model was developed, academic literature and private sector applications including various digital maturity models were examined in detail. Important information was obtained and this information formed the basis of the developed model methodology. In these studies, models with various depths and addressing different sectors were encountered. All models have some common points and these common points have guided the development of our model.

First of all, there are 2 common model evaluation methods. These are self and expert assessments. As shown in Table 1, there are several methods of assessing digital maturity.

Table 8. Digital maturity assessment methods

Self Assessment	Expert Evaluation
- The degree of digital maturity is determined by the institution or company in the form of answers to questions and options.	- It is the evaluation of the subject experts of the institution or company whose digital maturity level will be determined, on the basis of the determined criteria.
- The application is fast	- Its application is relatively slow.
- Low reliability and inter-firm consistency.	- It is highly reliable and consistent between companies.

Table 1 shows the advantages and disadvantages of self-assessment and expert evaluation. Self-assessment is faster, but open to bias by the company answering the questions. Expert evaluation is more reliable but slower than self-evaluation. In this study, self-assessment and expert evaluation were used together to collect quick answers and keep results reliable. For self-assessment, questions and options were created to measure digital maturity in a holistic way. In addition, in order to make evaluations in all models detailed enough, categorization and weighting were made according to effects of these categories on the digitalization process.

The models in previous literature and applications do not go into detail or consider sector-specific technologies. To create our model for the electricity distribution sector, we fed the expertise of the sector with digital maturity methodologies from previous literature, along with opinions from three companies about what is needed for this industry. Each question was given a different weight, and each question was labeled with a relevant subcategory. The main diagram of the model showing main categories, subcategories and weights is shown in Figure 1.

Table 2 shows the criteria measured in the strategy and culture category, Table 3 shows the criteria measured in the technology use and operational processes category, Table 4 shows the criteria measured in the cyber security category, and Table 5 shows the criteria measured in the customer experience category.

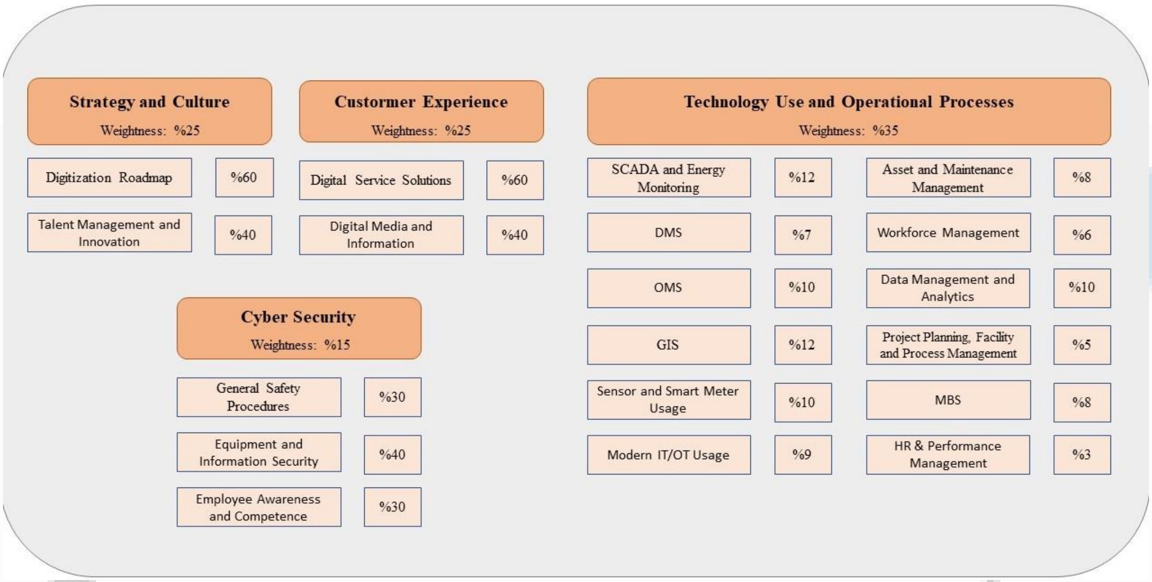


Figure 14. Model main categories, subcategories and weights

Table 2. Strategy and Culture

Digitalization	Talent Management and Innovation
- How the digitalization process is structured - The importance given to digitalization by the management - How central the digitalization process is in the company - Compliance of company culture to the digitalization process - The content of the goals and projects set in the digitalization process	- Accommodating employees who will adapt quickly to the digitalization process - Training and certification support to increase digitalization competencies - Innovative collaborations - R&D & innovation centers

Table 9. Technology Use and Operational Processes

SCADA and Energy Monitoring	Geographic Information System (GIS)
- Monitoring and control level with SCADA at transformer, distribution center, feeder points - SCADA integrations - SCADA emergency backup - SCADA operators and training	- System integrations - Systems run over GIS - Data quality in the system - Data update speed - Incorrect data entry detection and prevention
Modern IT/OT Usage	**Outage Management System (OMS)**
- Use of communication technologies - IoT usage - Use of cloud technologies - Use of the digital twin method	- Outage and interruption point estimation - Estimation of the number of subscribers affected by the outage - System integrations - Data update
Distribution Management System (DMS)	**Sensor and Smart Meter Usage**
- Usage status of distribution management system modules - Data transfer from GIS	- OSOS usage level - Effective use of sensor data
Data Management and Analytics	**Project Planning, Facility and Process Management**
- Supply of data (data read in meters, weather) - Presence of analytics department and analytical studies - Content of demand forecast - Use of reporting and data visualization tools	- Preparing facility progress payment sheet - Distributed generation connection permissions - Programs used for supplier evaluations - Programs used for litigation, document tracking
Customer Information System	**HR & Performance Management**
- Data kept related to customers in the customer information system - Identification of affected customers in case of outage - Customer analytics studies	- Use of digital tools in recruitment processes - Following the benefits of digital technologies - Use of digital tools in personnel performance monitoring

Table 10. Cyber Security

General Safety Procedures	Equipment and Information Security
- Industrial Control System (ICS) enclosure - ICT (Information Technology) security policy - Emergency roadmap	- Risk measures related to ICT devices and data access - Infrastructure security - Cyber threat management - Information confidentiality procedure - Physical security measures
Employee Awareness and Competence	
- Awareness level of ICT security policy - Cyber security trainings - Cybersecurity certified employees - Periodic tests (phishing mail etc.) - Customer behavior analysis via web application and mobile application	

Table 11. Customer Experience

Digital Service Solutions	Digital Media and Information
- Update customer data	
- Survey studies	- Digital reference channels
- Automatic transactions in the call center	- Customer information methods
- CRM (Customer Relationship Management) team	- Web application content
- Ability to advance processes before customers come to the office	- Mobile app content
- Chatbot service	- Customer behavior analysis via web application and mobile application
- Call center waiting time	

2.2. The Process of Collecting and Evaluating the Answers

After developing the draft version of the model, the self-evaluation process initiated by Yesilirmak Electricity Distribution Company began. Relevant units of Yesilirmak Electricity Distribution Company marked the most appropriate options in questions and provided open-ended answers if the option was not sufficient. In this process, other companies also gave feedback to the questions and options. With adjustments made according to these feedbacks, the model reached its final form. After reaching its final form, the process of showing the accuracy of answers received from electricity distribution companies and scoring began.

In the self-assessment stage, scoring was determined for each option. The documents that were taken include screenshots, reports and presentations. Online and/or physical meetings were held to inquire about the details of the answers given. In particular, it is aimed to understand the level of the steps stated in the answers. Field visits were made in order to ensure the accuracy of the answers given, and to more accurately score the issues that remained obscure in document sharing and online/physical evaluation. Field evaluation was carried out with A, B, C companies and in this field evaluation, especially the areas of cyber security and effective use of technology were emphasized.

3. Findings and Discussion

Table 6 and Figure 2 show the category-based scores received by companies A, B, and C. Strategy and culture are the most important categories, showing what the speed and quality of a company's digital transformation will be in the long run rather than just current adequacy. Company C got the highest score because it has established a digital transformation office in addition to its technology and R&D units.

All three companies received similar scores in the technology usage and operational processes category. Company A and C automatically determine their rural subscribers via OMS; company C updates network data daily, much faster than company A, which makes use of OMS-MBS integration for planned outages as well as unplanned outages. Firm C's demand forecasting system integrations are more mature than those of companies A and B; firm C also has digital twin technology, which allows for monitoring, simulation, forecast optimization and more. Digital technology can lead to greater deployment of digital technology to control, monitor and maintain power transmission and distribution; it helps make better use of existing grids.

With the expansion of the grid systems based on the increasing energy demand, digitalization has become a necessity for the application of the current developing technology. Cyber security has been a category in which all electricity distribution companies receive high scores. All companies have a comprehensive ICT security procedure.

In addition, companies conduct customer analysis studies such as viewing and time spent in web and mobile applications. In the customer experience category, companies received scores close to each other. When the customer calls, company C provides a more comprehensive service such as instant question and answer, connection application and digital signature, compensation transactions on the website, and can receive applications via e-government.

Table 12. Digital Maturity Score of Firms Based on Main Category and Subcategories

Main Category	Sub Category	Weightness	Firm A	Firm B	Firm C
			Scores	Scores	Scores
Strategy and Culture (%25)	Digitization Roadmap	60%	62.7	67.7	74.6
	Talent Management and Innovation	40%	68.3	69.8	89.0
	Total	**100%**	**64.9**	**68.5**	**80.4**
Technology Use and Operational Processes (%35)	SCADA and Energy Monitoring	12%	57.8	44.8	86.0
	DMS	7%	52.5	22.5	26.3
	OMS	10%	78.0	61.8	76.8
	GIS	12%	48.8	66.3	56.8
	Sensor and Smart Meter Usage	10%	77.5	77.5	37.5
	Modern IT/OT Usage	9%	32.7	45.6	53.8
	Asset and Maintenance Management	8%	50.5	66.0	45.0
	Workforce Management	6%	76.3	76.3	81.3
	Data Management and Analytics	10%	88.8	84.0	84.5
	Project Planning, Facility and Process Management	5%	60.4	73.0	91.0
	MBS	8%	66.0	68.8	67.3
	HR & Performance Management	3%	64.0	64.0	100.0
	Total	**100%**	**62.7**	**62.3**	**65.1**
Cyber Security (%15)	General Safety Procedures	30%	97.0	97.0	97.0
	Equipment and Information Security	40%	92.4	92.4	77.0
	Employee Awareness and Competence	30%	89.5	89.5	80.0
	Total	**100%**	**92.9**	**92.9**	**83.9**
Custormer Experience (%25)	Digital Service Solutions	60%	65.5	56.8	73.5
	Digital Media and Information	40%	60.5	59.8	60.3
	Total	**100%**	**63.5**	**58.0**	**68.2**
	Total Score		**68.0**	**67.3**	**72.5**

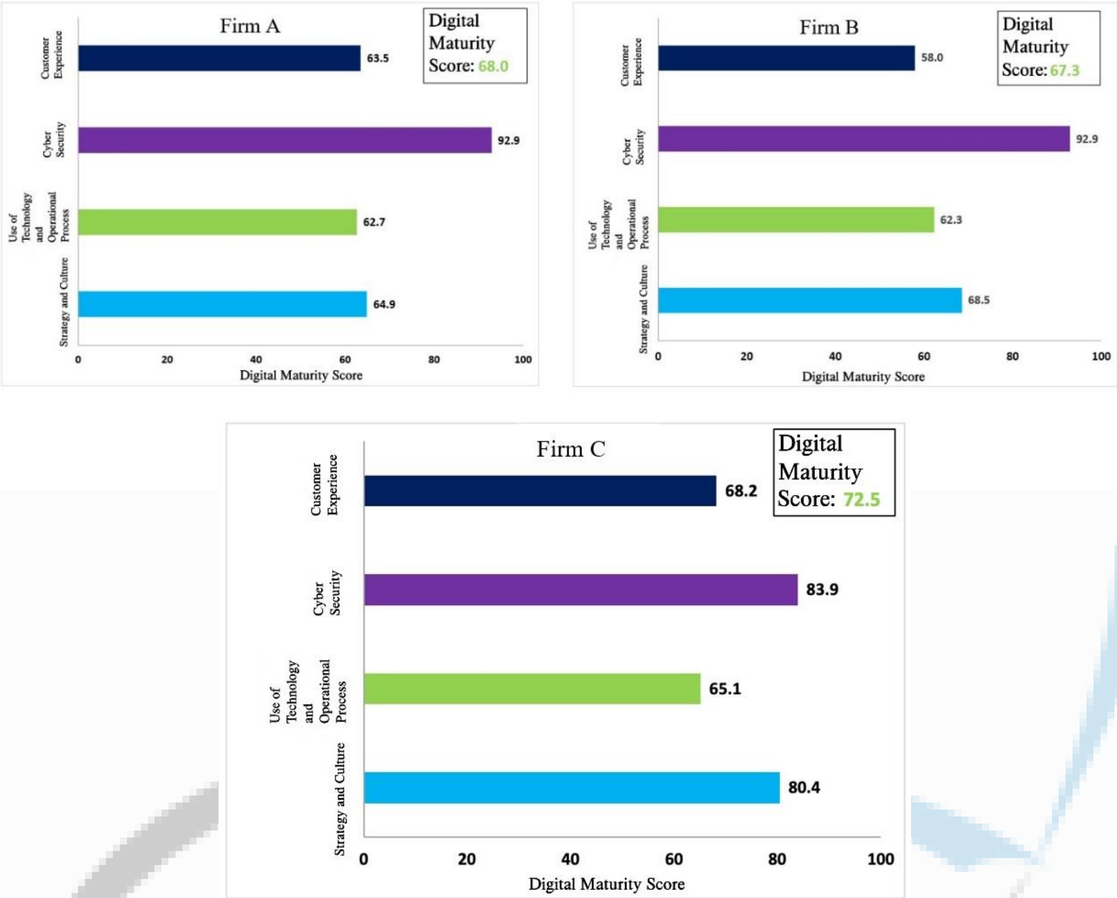


Fig 2. Digital maturity score summaries of companies

4. Conclusion

In this study, methods for determining the level of digitalization of electricity distribution companies have been determined, tools to be used in these methods have been determined and three companies were examined on-site in order to gather results. In the implementation section, firstly questions and options were created in order to determine the level of digital maturity of the companies. To make it more detailed, categorizing and weighting the categories according to their influence on the digitalization process were done in order to rate the answers according to these weights. Then, appropriate answers for each question were gathered together with supporting documents such as online/physical meetings, field research and finally scoring based on these points occurred. According to this scoring result, A, B and C firms obtained total digitalization scores respectively as 68.0%, 67.3% and 72.5%.

By evaluating the levels of digitalization of companies, the roadmap for digitalization strategy and culture, technology use and operational processes, cyber security, customer experience categories has been determined which needs to be addressed in specific areas and also revealed that companies need to determine their priorities in terms of technology and investments in terms of directions and amounts.

5. Acknowledgement

Authors would like to thank to the Energy Market Regulatory Authority (EMRA) and Yeşilırmak Electricity Dis. Co (YEDAS) for their support and making this research possible.

6. References

1. F. Yastımoğlu ve A. Özkan, "Tekrarlanan Yükler Altında Kompozit Malzemelerin Yapılarının İncelenmesini Amaçlayan Deney Aygıtı Tasarımı", Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, c. 5, sayı. 1, ss. 56-66, Oca. 2017

2. H.Y. Ersoy, Kompozit Malzeme, Literatür Yayıncılık Dağıtım Pazarlama, San. Tic. Ltd. Şti. İSTANBUL (2001)

3. M.Saçak, Polimer Kimyası, GAZİ Kitabevi, ANKARA (2002)

4. F. Yastımoğlu ve A. Özkan, "Tekrarlanan Yükler Altında Kompozit Malzemelerin Yapılarının İncelenmesini Amaçlayan Deney Aygıtı Tasarımı", Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, c. 5, sayı. 1, ss. 56-66, Oca. 2017

5. V. Vasiliev, E. V. Morozov, Mechanics and Analysis of Composite Materials, 1. Basım, Elsevier Science Ltd. (2001)

6. https://cdn.bartin.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/kompozitmalzemelersunu1giris.pdf Access Date: 22 December 2022

7. https://elektrikportal.com/travers-ve-konsollar Access Date: 22 December 2022

8.https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=9949&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5 Access Date: 22 December 2022

9. https://ru.123rf.com/photo_158659473_the-lineman-used-tie-stick-to-carve-the-tie-wire-used-to-wrap-the-electrical-wires-attached-to-the-d.html?vti=undefined-1-100 Access Date: 22 December 2022

10. https://www.creativecompositesgroup.com/products/utilities Access Date: 22 December 2022

Presentation ID / Sunum No:20

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9443-3226

Çatlak Şekil Oranı (A/c) ve Yarıçaplar Oranının (Ri/ro) Çekme Gerilmesine Maruz İçi Boş Silindirlerde Bulunan Dönmüş Eliptik Yüzey Çatlağı Kırılma Parametrelerine Etkileri

Araştırmacı Mete Yıldırım[1] , Prof.Dr. Ali Osman Ayhan[1]
[1]Sakarya Üniversitesi

*Corresponding author: Mete Yıldırım

ÖZET: *Lineer Elastik Kırılma Mekaniği'nde çatlaklar, parça boyutları, çatlağın şekil oranı ve parçanın maruz kaldığı yükleme durumuna göre hesaplanan gerilme şiddet faktörü adı verilen K'nın, ilgili parçanın malzeme özelliğine bağlı olan kritik gerilme şiddet faktörü, Kc ile karşılaştırılmasıyla incelenmektedir. Böylece tasarım aşamasında şekil ve boyutları belirlenmiş parçalarda, ani kırılmadan önce izin verilebilecek maksimum çatlak boyutları ve/veya maksimum gerilme belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, mühendislik uygulamalarında en çok karşılaşılan geometrilerden biri olan içi boş silindirik yapılardaki dönmüş yüzey çatlakları ele alınmıştır. Zenginleştirilmiş eleman yöntemi temelli sonlu elamanlar yazılımı olan FCPAS programı kullanılarak, eksenel çekme gerilmesine maruz içi boş silindirlerde dönmüş eliptik yüzey çatlaklarının karışık mod kırılma analizleri, gerçekleştirilmiştir. Çatlak derinliği/çatlak genişliği (a/c) ve silindir iç yarıçapı/silindir dış yarıçapı (Ri/Ro) parametrelerinin çatlak önü boyunca normalize edilmiş karışık-mod gerilme şiddet faktörlerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, a/c değerinin artması, boyutsuz mod-III gerilme şiddet faktörü KIII'ün her zaman sıfır değerini aldığı çatlak ucunda, boyutsuz mod-I gerilme şiddet faktörü KI ve boyutsuz mod-II gerilme şiddet faktörü KII'yi arttırmaktadır. Ri/Ro'nun artması ise KI'i azaltmakta KII ve KIII değerlerinde ise kayda değer bir değişim meydana getirmemektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Kırılma Mekaniği, Gerilme Şiddet Faktörü, Silindirlerde Dönmüş Yüzey Çatlağı, Sonlu Elemanlar Analizi*

The Effects of Crack Shape Ratio (A/c) and Ratio of Radii (Ri/ro) On Fracture Parameters of Deflected Surface Cracks Contained in Hollow Cylinders Subjected to Tensile Stress

ABSTRACT: *In Linear Elastic Fracture Mechanics, the cracks are analyzed by comparing the stress intensity factor K, which is calculated based on part geometry, crack dimensions and loading, with critical stress intensity factor Kc, which is a material property of the corresponding part. In this way, before fracture takes place, tolerable maximum crack dimensions and/or maximum allowed load or stress in the part, whose shape and dimensions are decided at the design stage, can be determined. In this study, hollow cylindrical structures, which are one of the most common geometries in engineering applications, are analyzed. Mixed mode fracture analyses of deflected elliptical surface cracks in hollow cylinders subjected to axial tensile stress were performed using FCPAS program, which is a finite element software based on enriched element method. The effects of crack depth/crack width (a/c) and cylinder inner radius/cylinder outer radius (Ri/Ro) on normalized mixed-mode stress intensity factors along the crack front were investigated. According to the obtained results, as the a/c value increases, at the crack depth point, where non-dimensional mode-III stress intensity factor KIII always receives a zero value, non-dimensional mode-I stress intensity factor KI and non-dimensional mode-II stress intensity factor KII increases. On the other hand as Ri/Ro increase, KI reduces, while there is no significant change in KII and KIII values.*

Keywords: *Fracture Mechanics, Stress Intensity Factor, Deflected Surface Crack in Cylinders, Finite Element Analysis*

1. INTRODUCTION

Almost all engineering materials and structures have initial defects such as microcracks, intergranular gaps, air bubbles formed during casting, corrosion and notches caused by the lack of perfection of production methods. These defects eventually form cracks over time and cracks progress in the service conditions of the materials, merge with each other and become visible to the eye. Especially under cycled loads, reaching their critical sizes, these cracks result in fracture. Such situations can be encountered as machines breaking down much earlier than expected service lives, being unable to perform their duties, generating high costs and, most importantly, causing losses of lives. In terms of economic development, considering the reduction of maintenance and repair costs and the importance of humans' lives, impact of fracture mechanics science is increasing day by day, especially in the areas of defence, energy and transportation.

Most of the encountered problems in practical engineering applications usually involve complex geometries and loading conditions. Therefore, it is desirable to know the stress intensity factor (SIF) distributions of certain model geometries containing known crack sizes in advance and/or at the design stages. There are theoretical, experimental and numerical methods to calculate SIFs. Among these methods, due to its advantages compared to other methods in terms of time and cost, as a numerical method, finite element analysis is mostly used in the last four decades. In this study, enriched finite elements are used to compute mixed mode SIFs for deflected surface cracks in hollow cylindrical structures.

2. PROBLEM DESCRIPTION

Cylindrical structures are one of the very basic elements mostly used in real life implementation of engineering designs. For this reason, it is very important to know the stress intensity factors for cracks contained in cylindrical structures under different loading and geometrical situation.

It is observed that many different methods are used on cracks in cylindrical structures in the literature. (Raju & Newman, 1986) studied the SIFs of pipes and cylindrical rods with mod-I surface cracks under tensile and bending loading in their work published in 1986. They used cracks with different *a/c* ratios for pipes and performed finite element analyses with various *a/t* and *R/t* (cylinder inner radius) parameters.

(Carpinteri, 1992), (Shin & Cai, 2004) performed experimental and finite element analyses based on *a/c* and *a/D* (crack depth/cylinder diameter) variables in a circular shaft subjected to tensile and bending stress and containing an elliptical surface crack. In (Couroneau & Royer, 1998), under mode-I affect, the propagation of surface cracks with fatigue in rods with a circular cross section was numerically studied depending on the parameters *a/c* and *a/R* (crack depth/cylinder radius). In addition, by making crack propagation estimates, they analytically calculated fatigue life cycle of parts. (A. O. Ayhan, 2011) compared the results with the analytical solutions of the problem by using tetrahedron (4-sided) elements in the crack region in a cylinder with a circle-shaped (penny-shaped) embedded oblique crack exposed to tensile stress. (Fu et al., 2017) examined inclined cracks in pipes subjected to tensile and bending stress using the *J*-integral method and finite element analysis, taking into account various *a/c*, *a/t* and *t/R* (cylinder wall thickness/cylinder outer radius) parameters. (Teh et al., 2021) examined cylinders with inclined surface cracks subjected to tensile stress using different methods such as finite element method and dual boundary element method (DBEM) and compared the results for parameters *a/c*=1, 1.5, 2; *a/D*= 0.025, 0.05, 0.1. (Ramezani et al., 2018) empirically examined cylinders with inclined surface cracks under torsional loading using DBEM method and presented the results for different cases of crack depth/diameter values; *a/D*=0.025, 0.05, 0.075, 0.1. (Toribio et al., 2014) have developed software based on the parameters *a/c*, *a/D*, *x/c* (instantaneous position in front of the crack / crack width), which calculates the progression profile of initial cracks under repeated bending and tensile stress of cylinders with semi-elliptical surface cracks based on the Paris-Erdoğan law.

When looking at fracture studies in the literature that are related to cylindrical structures containing cracks, it is observed that mostly full cylindrical structures with horizontal cracks subjected to tensile and bending stress are examined. In the studies related to hollow cylinders, only inclined cracks were examined. Therefore, mixed-mode fracture analyses of external deflected surface cracks in hollow cylindrical structures subjected to tensile stress have been performed within the scope of this study, and as a result, it is aimed to create a fairly wide library of stress intensity factors and investigated effects of problem parameters to normalized SIF distributions. Since presenting all of the generated solutions for all values of the parameters affecting the problem and their empirical equations is not possible due to time limitations on presentable data in the conference, the solution method and only the effects important parameters on the mixed mode fracture parameters are presented in this paper.

The stress intensity factor is not a material-dependent property, but depends on the dimensions of the part, the geometry of the crack and the loading condition. For this reason, cracks with various widths and depths at different deflection angles are desired to be analyzed and their SIFs to be calculated in advance based on sizes of the part and the contained cracks and the acting load. By comparing the computed SIF value with the fracture toughness of the material of the part, it can be decided whether the existing crack will progress or not and the maximum allowable stress and crack length/depth on the part.

The parameters of problem are *a* (crack depth), 2*c* (crack surface length), *Ri* (cylinder inner radius), *Ro* (cylinder outer radius), *t* (cylinder wall thickness), *α* (rotation angle of the crack with a horizontal plane around the *x* axis), 2H (full length of the cylinder) and are given in Fig. 1. Within the scope of the thesis study, the distributions of stress intensity factors depending on *a/c*, *a/t*, *Ri/Ro*, α variables were extensively examined by performing mixed mode fracture analyses and the effects of certain parameters on SIFs are presented in this paper.

In all models, cylinder height (2H) is six times the cylinder outer radius (6*Ro), crack depth *a*=1 unit (m), applied tensile stress *σ*=1 unit (Pa) are used and all parameter values of hollow cylinder and crack are given in Table 1.

Figure 15. Surface Crack in a Hollow Cylinder Subjected to Axial Tension Loading.

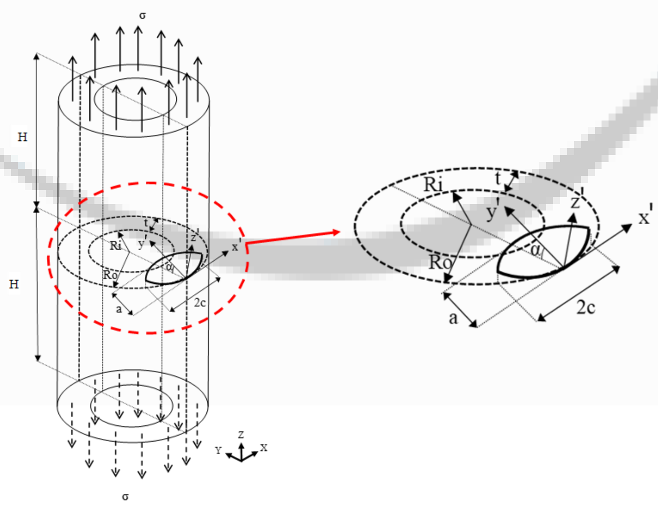


Table 13. Model Parameters Used in the Analyses.

a/c	*a/t*	R_i/R_o	*α*
0.25	0.05	0.1	0°
0.5	0.1	0.3	15°
1	0.25	0.6	30°
2	0.5	0.9	45°

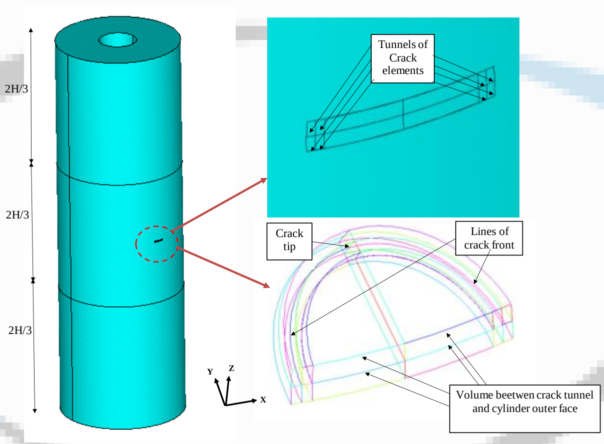
0.8	0.95	60°
		75°
Total cases of all parameter values in combination		
4x5x5x6=600		

3. MATERIAL AND METHOD

3.1. Method of SIF Computation

A hollow cylinder model with surface crack deflected by 45 degrees, created in (Ansys, 2009) are shown in Fig. 2. In order to create more mesh density in the middle of the cylinder where the crack will be located, the cylinder was divided into three equal volumes and the crack was placed in the middle region. Crack depth (a) was taken as 1 unit for modelling and other variables are determined according to the ratios of the parameters in Table 1.

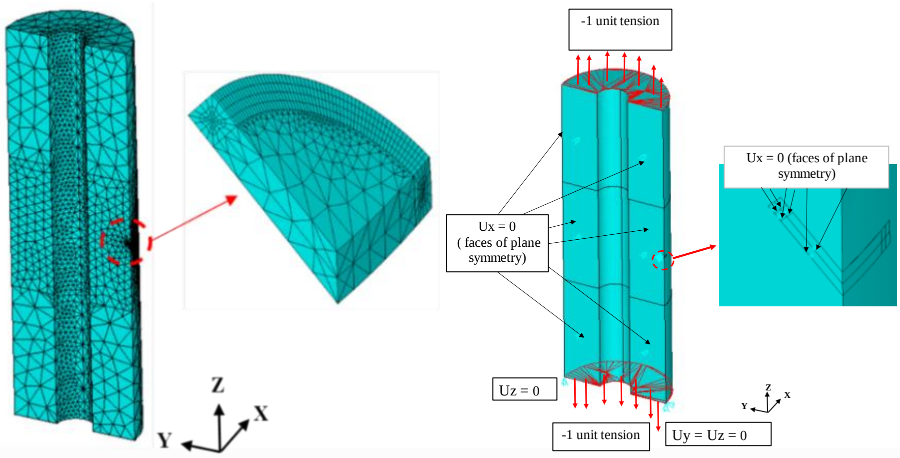
Figure 16. ANSYS APDL Model of Hollow Cylinder and Deflected Surface Crack.



Since the model is symmetrical with respect to the y-z plane, in order to reduce the computation time, the cylinder was cut with respect to the y-z plane and half of the total volume was discarded, and the half cylinder model remaining on the right side was used for meshing stage. 20-node quadratic hexahedral Solid-95 elements were used in tunnels of crack elements shown in Fig. 2 and tetrahedral elements were used for remaining volumes.

Finite element mesh structure of the half hollow cylinder and implementation of boundary conditions and loads are shown in Figure 3.

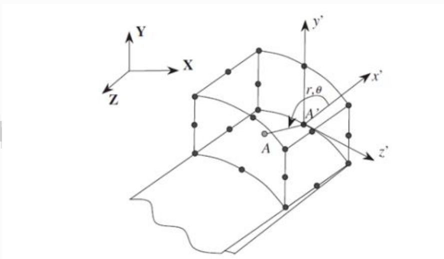
Figure 17. Mesh Structure of Half Cylinder and Implementaion of Boundry Conditions.



Unit tensile distributed loading was applied to the lower and upper surfaces of the cylinder to express the uniform tensile stress. The model is fixed from two different points at its bottom base, one point in z and y directions and another point only in the z direction to prevent rigid body motion. In addition, in order to represent full body of cylinder, all nodes on the y-z plane are constrained in z direction (symmetrical displacement boundary condition).

To computed the SIFs, FCPAS (Fracture and Crack Propagation Analysis System) program includes the enriched element formulation in the displacement and strain formulas of the elements surrounding the crack front. Using the FRAC3D solver, it calculates unknown stress intensity factors together with element displacements directly without the need for post-processing.

Figure 18. Hexahedral Quadratic Crack Tip Enriched Element with 20 Nodes (A. Ayhan, 2004).



According to the global coordinate system (X Y Z) in Fig. 4. the general form of the enriched element displacements u, v, w are given in Equations 1-3.

$$u(\xi,\eta,\rho) = \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)u_j + Z_0(\xi,\eta,\rho)\{F_1(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_I^i + G_1(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_{II}^i + H_1(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_{III}^i\} \tag{1}$$

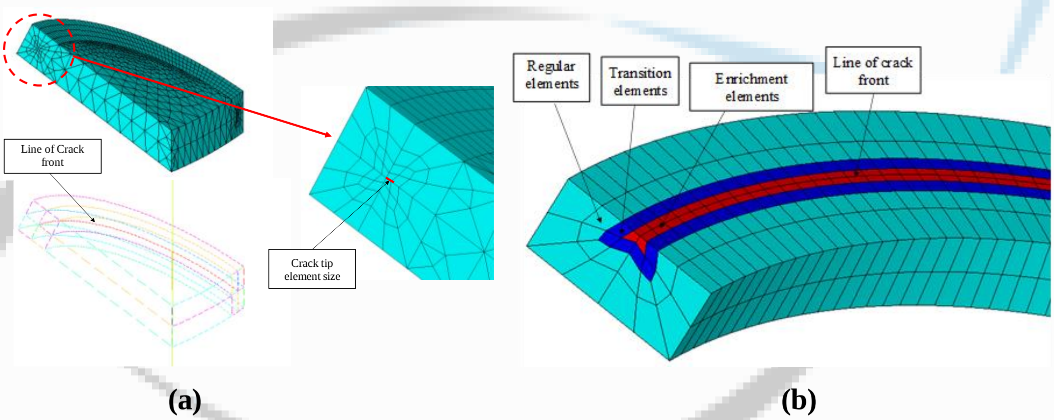
$$v(\xi,\eta,\rho) = \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)v_j + Z_0(\xi,\eta,\rho)\{F_2(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_I^i + G_2(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_{II}^i + H_2(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_{III}^i\} \tag{2}$$

$$w(\xi,\eta,\rho) = \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)w_j + Z_0(\xi,\eta,\rho)\{F_3(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_I^i + G_3(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_{II}^i + H_3(\xi,\eta,\rho)\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)K_{III}^i\} \tag{3}$$

In the equations, *m* is total node number of the element and ξ, η, ρ are isoparametric coordinates ranging -1 to 1 values at corner nodes and getting zero value at midside nodes of quadratic element according to local coordinate system. *u*, *v*, *w* are expressions which gives displacements of global coordinate system at any point within the element when ξ, η, ρ isoparametric coordinates is entered. Nj are element shape functions, uj, vj, wj show the unknown displacement components for each nodal point of the finite element. The equations contain the normal finite element isoparametric interpolation and unknown K_I, K_{II}, K_{III} stress intensity factors at the nodal points along with asymptotic crack tip displacement fields (*F*, *G*, *H*).

Since normal elements do not contain the asymptotic expressions contained in the enriched elements, compatibility equations cannot be provided directly on the surfaces, edges or points that the enriched elements share with the normal elements. Therefore, it is necessary to use transition elements between normal and enriched elements (Fig. 5b). Z_0 is a lineer transition function that takes the value 1 at the enriched finite elements in the formulation and at the nodal points of the transition elements contacting the enriched elements, and 0 at the nodal points of the transition elements contacting the normal finite elements.

Figure 19. (a) Line of Crack Front and Element Edge Size at Crack Tip, **(b)** Normal, Transition and Enriched Elements along the Crack Front.



The terms F_i, G_i, H_i are obtained by subtracting simply constants computed from asymtotic displacement functions expression multiplied by shape functions, from asymptotic displacement functions, which are the coefficients of mode-I, mode-II and mode-III SIFs transformed to global coordinate system.

Γ is an isoparametric coordinate ranging from -1 to 1, and $N_i(\Gamma)$ is a one-dimensional interpolation of unknown stress intensity factors along the nodal points that contact the front of the crack, while ntip represents the number of nodal points that contact the crack tip. In the enriched element, the edge that contacts the crack front determines which isoprametric coordinate of the element is parallel to coordinate Γ. For detailed explanations of the expressions found in the equations (1-3) and general enriched finite element approach, references (A. Ayhan, 2004; A. Ayhan & Nied, 2002; A. O. Ayhan, 2011; A. O. Ayhan et al., 2006; Barsoum, 1976; Benzley, 1974; Kaya & Nied, 1993; Prof. Dr. Ali Osman Ayhan, 2022) can be reviewed.

3.2. Convergence of SIF Solutions

In finite element analysis, displacements at the nodal points of the used elements are calculated by making use of element shape functions for interpolation within a finite dimension or domain. Therefore, element size has a great impact to obtain converged results. For mixed mode fracture analyses, especially when the relatively coarse element size is used in the crack tunnel, the results may not converge to correct solution. If rough elements, whose edge lengths are relatively bigger in terms of element edge size/crack size ratio, are used in meshing to analyze model, there will be high error difference between obtained result and the acceptable result of the problem. But if very small elements are used, matrices with thousands or even millions of node points need to be solved and it will increase the solution time depending on the computer characteristics. Therefore, determining the element size of mesh structure requires an optimization.

For convergence study, *a*/50, *a*/100, *a*/200, *a*/400, *a*/500, *a*/600 for the element size in the crack tunnel and 10, 20, 45, 60, 90 for the number of divisions of the crack front line, were selected and the analyses were carried out for *a/c*=0.2, *a/D* (crack depth/cylinder diameter) = 0.2.

In the mixed mode fracture analyses performed using the enriched finite element method, according to the studies carried out by (A. Ayhan & Nied, 2002), it was found that the most effective parameters for the convergence of SIFs are firstly gaussian quadrature and then mesh quality. For this reason. the gaussian quadrature number was used as 24x24x24. In order to determine optimum mesh size, a convergence study was carried out on the edge lengths of element whose edge line contacting the front of the crack and number of element divisions along the crack front line. The results are shown in Table 2.

Table 14. Convergence study for crack tip element size and number of element divisions along crack front.

Crack tip elements size	Normalized SIF at crack tip	% difference	Division numbers of crack front line	Normalized SIF at crack tip	% difference
a/50	1.14744	-	10	1.14123	-
a/100	1.14577	-0.14554	20	1.13807	-0.27689
a/300	1.14593	0.01396	45	1.14239	0.37959
a/400	1.14682	0.07767	60	1.14601	0.31688
a/500	1.14969	0.25026	90	1.14516	-0.07417
a/600	1.15272	0.26355			

According to the convergence results, a/100 (crack depth/100) was selected as the crack tip element size, and 60 was selected for the number of divisions along the crack front line.

3.3. SIF Comparison with Literature Data

In this section, normalized stress intensity factors calculated by using FCPAS were compared with some studies in the literature. *a/c*=0.6 and *a/D*=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 models from studies of (Raju & Newman, 1986), (Shin & Cai, 2004) and (Carpinteri, 1992) and a/c=1, a/D (crack depth/diameter of solid cylinder) =0.025, 0.05, 0; β (inclination angle of crack)=45° from (Teh et al., 2021) were selected and the normalized SIF distributions were compared with FCPAS. Comparisons of results are shown in Fig. 6-7. It can be seen from the results that the computed SIFs using FCPAS agree well with those from the literature.

Figure 6. a/c=0.6; a/D=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, Mode-I Normalized SIF Comparison.

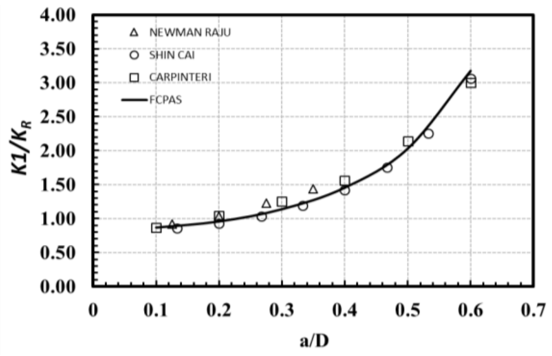
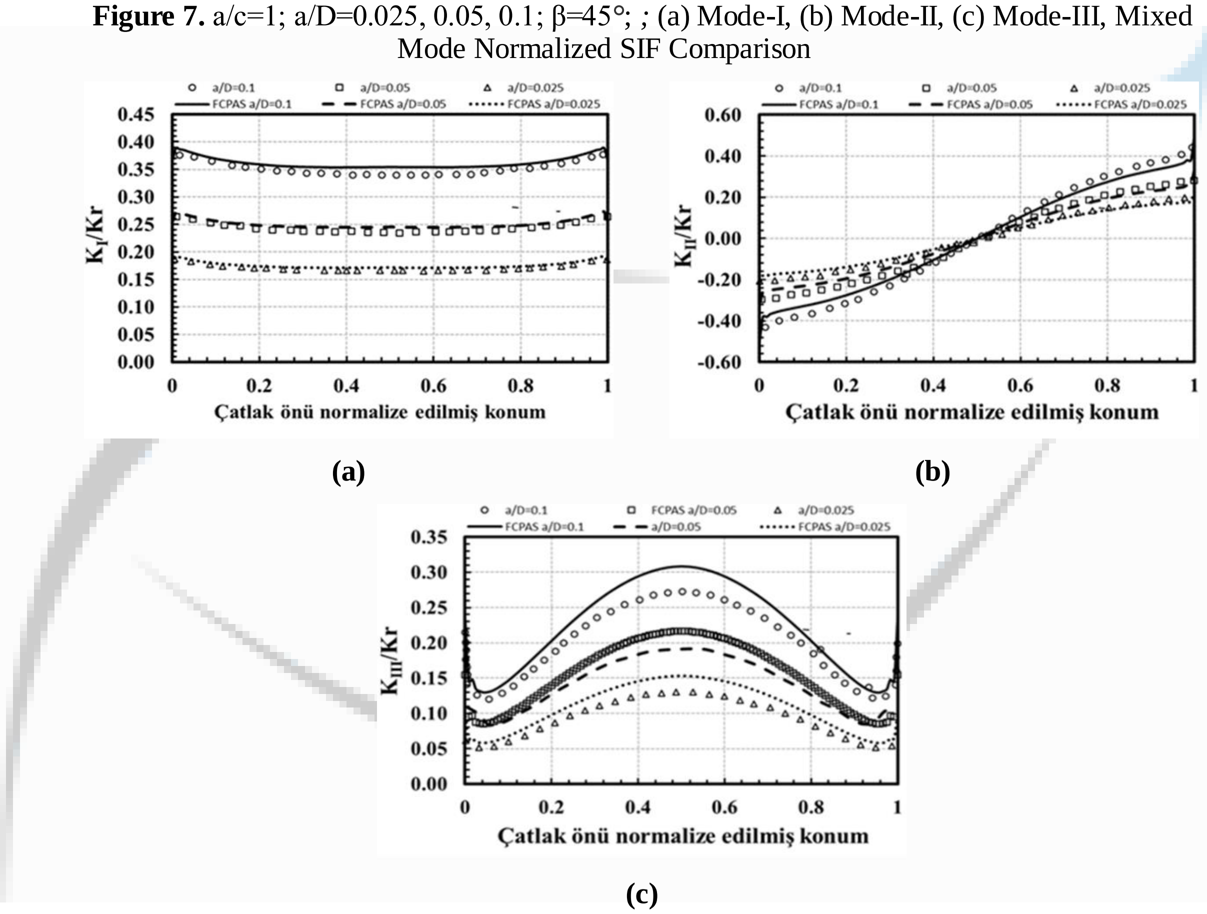


Figure 7. a/c=1; a/D=0.025, 0.05, 0.1; β=45°; ; (a) Mode-I, (b) Mode-II, (c) Mode-III, Mixed Mode Normalized SIF Comparison

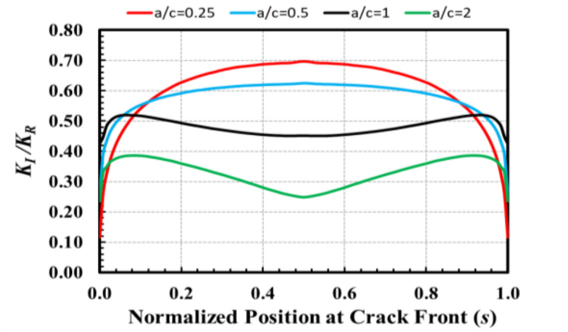


4. MIXED MODE FRACTURE ANALYSIS

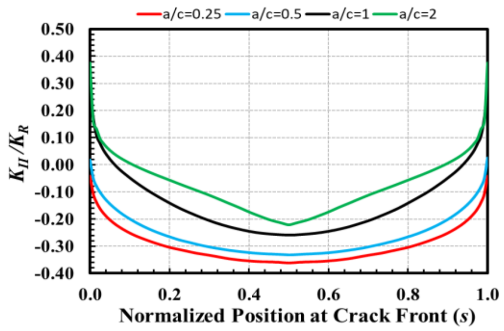
Among the parameters *a/c*, *a/t*, *Ri/Ro*, α defining the mixed mode fracture problem, the analyses were performed by changing the parameter whose effect to be studied according to values in Table 1, while using intermediate values of the other parameters in its studied limits (*a/c*=1, *a/t*=0.5, *Ri/Ro*=0.6, α=45°). The effects of *a/c* and R_i/R_o on normalized mixed-mode SIF distributions along dimensionless crack front position are presented in Figs.7 and 8.

The stress intensity factors calculated from the analyses are normalized with $K_r = \sigma\sqrt{a}$. Also normalized position (s) along the crack front has values ranging between 0 and 1, between the two free surfaces, and takes the value of 0.5 at the crack depth point.

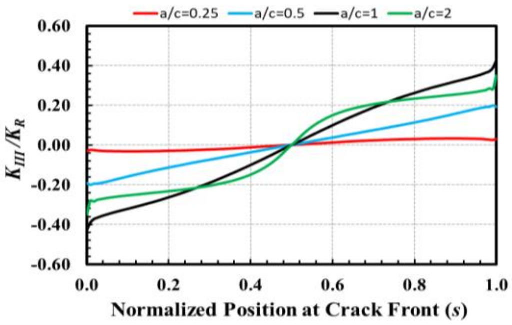
Figure 7. Effects of Parameter *a/c* on; (a) Mode-I, (b) Mode-II, (c) Mode-III, Normalized SIF Distributions.



(a)

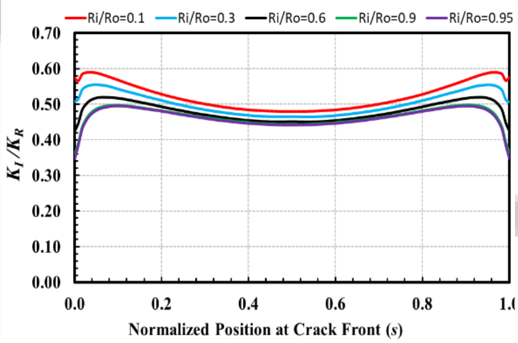


(b)

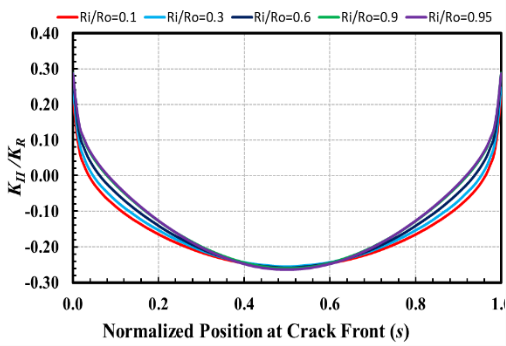


(c)

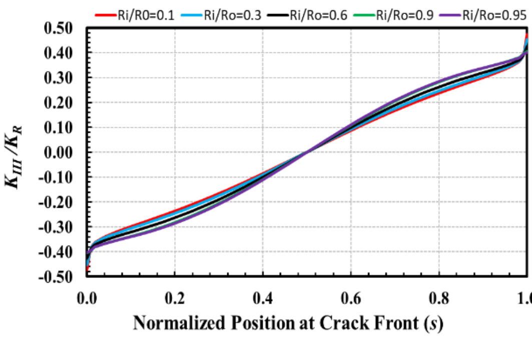
Figure 8. Effects of Parameter *Ri/Ro* on; (a) Mode-I, (b) Mode-II, (c) Mode-III, Normalized SIF Distributions.



(a)



(b)



(c)

5. RESULTS

It is observed from Fig. 7 that decrease of parameter *a/c*, which means increase of crack length for a constant crack depth, increases normalized K_I and K_{II} values while it decreases the K_{III}.

As also seen from Fig. 7, when *a/c*, *a/t*, *α* are kept constant, hollow cylinders having smaller ratio of inner and outer radii causes greater K_I. On the other hand, there is no significant change in K_{II} and K_{III} values.

6. REFERENCES

Ansys. (2009). ANSYS Version 12.0. *Ansys Inc., Canonsburg, PA, USA*.

Ayhan, A. (2004). Mixed mode stress intensity factors for deflected and inclined surface cracks in finite-thickness plates. *Engineering Fracture Mechanics*, *71*.

Ayhan, A., & Nied, H. (2002). Stress intensity factors for three- dimensional surface cracks using enriched finite elements. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, *54*, 899–921.

Ayhan, A. O. (2011). Three-dimensional fracture analysis using tetrahedral enriched elements and fully unstructured mesh. *International Journal of Solids and Structures*, *48*(3–4).

Ayhan, A. O., Kaya, A. C., & Nied, H. F. (2006). Analysis of three-dimensional interface cracks using enriched finite elements. *International Journal of Fracture*, *142*(3), 255–276.

Barsoum, R. S. (1976). On the use of isoparametric finite elements in linear fracture mechanics. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, *10*(1), 25–37.

Benzley, S. E. (1974). Representation of singularities with isoparametric finite elements. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, *8*(3), 537–545.

Carpinteri, A. (1992). ELLIPTICAL- ARC SURFACE CRACKS IN ROUND BARS. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, *15*(11).

Couroneau, N., & Royer, J. (1998). Simplified model for the fatigue growth analysis of surface cracks in round bars under mode I. *International Journal of Fatigue*, *20*(10).

Fu, G., Yang, W., & Li, C. Q. (2017). Stress intensity factors for mixed mode fracture induced by inclined cracks in pipes under axial tension and bending. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, *89*.

Kaya, A. C., & Nied, H. F. (1993). Interface fracture analysis of bonded ceramic layers using enriched finite elements. *Ceramic Coatings*, *44*(H00853), 47–71.

Prof. Dr. Ali Osman Ayhan (Director). (2022, April 27). *KIRILMA MEKANİĞİ: 10.2 SAYISAL MODELLEME: ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ÇATLAK UCU ELAMANLARI VE FRAC3D*. https://www.youtube.com/watch?v=yTSabB52paY

Raju, I. S., & Newman, J. C. (1986). STRESS-INTENSITY FACTORS FOR CIRCUMFERENTIAL SURFACE CRACKS IN PIPES AND RODS UNDER TENSION AND BENDING LOADS. *ASTM Special Technical Publication*.

Ramezani, M. K., Purbolaksono, J., Andriyana, A., Ramesh, S., & Putra, I. S. (2018). Empirical solutions for stress intensity factors of a surface crack in a solid cylinder under pure torsion. *Engineering Fracture Mechanics*, *193*.

Shin, C. S., & Cai, C. Q. (2004). Experimental and finite element analyses on stress intensity factors of an elliptical surface crack in a circular shaft under tension and bending. *International Journal of Fracture*, *129*(3).

Teh, S., Andriyana, A., Ramesh, S., Putra, I. S., Kadarno, P., & Purbolaksono, J. (2021). Tetrahedral meshing for a slanted semi-elliptical surface crack at a solid cylinder. *Engineering Fracture Mechanics*, *241*.

Toribio, J., Matos, J. C., González, B., & Escuadra, J. (2014). Evolution of crack paths and compliance in round bars under cyclic tension and bending. *Frattura Ed Integrita Strutturale*, *30*.

Presentation ID / Sunum No:32

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-4111-7059

GGG40 Dökme Demirin Yüzey Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Kesme Sıcaklığı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Doç.Dr. Gürcan Samtaş[1] , Araştırmacı Emre Can İnan[2]
[1]Düzce Üniversitesi
[2]Düzce Üniversitesi

*Corresponding author: Emre Can İnan

ÖZET: *Küresel grafitli dökme demir, bir perlit-ferrit matrisine gömülü grafit küreciklerine sahip bir demir ve karbon alaşımından oluşmaktadır. GGG40 dökme demir imalat sanayinde en yaygın kullanılan dökme demirlerden bir tanesidir. Yüksek darbe ve kuvvete karşı sağlamlığını koruyabilen bu malzemenin elektrik iletkenliği de son derece yüksek olup, elverişli bir işlenebilirliğe sahiptir. Bu çalışmada GGG40 dökme demire yüzey frezeleme işlemi uygulanmış ve deneyler esnasında kesme bölgesinden termal kamera ile sıcaklık ölçümleri alınarak kesme sıcaklıkları ölçülmüştür. Deneylerde; üç farklı kesici uç (PVD tekniği ile TiALN kaplamalı, kaplamasız ve PVD tekniği ile TiB2 kaplamalı), üç farklı kesme hızı (280, 360 ve 480 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0.15, 0.35 ve 0.55 mm/diş) kullanılmıştır. Deneysel tasarım için, tam faktöriyel tasarım kullanılarak 27 (33) deney yapılmıştır. Her bir deney esnasında, talaş kaldırmaya başlandığında kesme bölgesinden termal kamera ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar varyans analizi ve üç boyutlu grafiklerle değerlendirilmiştir. Deneylerde en düşük sıcaklık, PVD tekniği ile TiB2 kaplamalı kesici uç, 280 m/dak kesme hızı ve 0.55 mm/diş ilerleme oranında elde edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Ggg40, Yüzey Frezeleme, Kesme Sıcaklığı, Kaplamalı Uçlar*

Investigation of the Effects of Cutting Parameters On Cutting Temperature in the Surface Milling Process of Ggg40 Cast Iron

ABSTRACT: *Spheroidal graphite cast iron consists of an alloy of iron and carbon with graphite globules embedded in a pearlite-ferrite matrix. GGG40 is one of the cast iron manufacturing industry's most widely used cast irons. This material, which can maintain its robustness against high impact and force, has extremely high electrical conductivity and favorable machinability. In this study, surface milling was applied to GGG40 cast iron, and cutting temperatures were measured by taking temperature measurements from the cutting zone with a thermal camera during the experiments. In experiments, three different inserts (TiALN coated with PVD technique, uncoated and TiB2 coated with PVD technique), three different cutting speeds (280, 360, and 480 m/min), and three different feeds (0.15, 0.35, and 0.55 mm/tooth) were used. For the experimental design, 27 (33) experiments were conducted using the full factorial design. During each experiment, temperature measurements were made with a thermal camera from the cutting zone when machining started. Obtained experimental results were evaluated with analysis of variance and three-dimensional graphics. The experiments obtained the lowest temperature with the PVD technique, TiB2 coated cutting edge, 280 m/min cutting speed, and 0.55 mm/tooth feed rate.*

Keywords: *Ggg40, Face Milling, Cutting Temperature, Coated İnserts*

1. GİRİŞ

Dökme demirlerin gelişen kullanım alanları ile birlikte farklı ihtiyaçlar için daha yüksek performanslı malzemelere ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda dökme demirler üzerinde geliştirilmeler yapılmıştır (Cavallini vd., 2008:694). Malzemelere uygulanan alaşımlama teknolojisinin gelişmesi ile birlikte, dökme demirin istenilen özellikte ve istenilen kullanım alanına sahip olması sağlanmaktadır. Dökme demirlerde alaşımlama sırasında karbonun katılaşması ile alaşımın içerisinde oluşturduğu şekil ve biçimler dökme demirin tiplerini belirlemektedir. Dökme demirlerde çeşitli şekillere göre gruplama; malzemenin kompozisyonu, üretim yöntemi, soğuma hızı ve ısıl işlemlere göre belirlenmektedir (Çavuşoğlu, 1981). Ergiyik demirin dökümden önce az miktarda magnezyum (Mg) veya seryum (Ce) gibi küreselleştirici elementlerin ilavesi ile alaşımlanması sonucu Küresel Grafitli Dökme Demir (KGDD) oluşmaktadır (Kalpakjian ve Schmid, 2009). Grafitin yuvarlak şekli, malzemenin çatlama veya kırılganlık eğilimini ortadan kaldırıp çatlakların malzeme içinde yayılmasını önlemeye yardımcı olmaktadır. Böylece yapı mükemmel gerilme mukavemetine ve sünekliğe sahip yeni bir malzeme olmaktadır. Üstün mekanik özellikleri sayesinde KGDD'ler özellikle otomotiv sektöründe tercih edilmektedir. Ayrıca bu üstün mekanik özelliklerinin yanı sıra ulaşılabilir ve düşük maliyetlerinden dolayı mühendislik sektöründe çelik dökümlerin veya dövmelerin yerini almaktadır (Silman vd., 2007:16).

Literatür incelendiğinde dökme demirlere uygulanan işlenebilirlik çalışmalarına rastlamak mümkündür. Aslantaş ve Ucun'un yaptığı çalışmada ferritik yapıya sahip östemperlenmiş sfero demirin işlenebilirliğini incelemişlerdir. Çalışmada üç tip sfero döküm malzeme ve iki farklı tipte kesici takım malzemesi (seramik ve sermet) kullanılmıştır. Hem seramik hem de sermet takımların performansı, yüzey pürüzlülüğü ve takım yanak aşınmasına göre değerlendirilmiştir. Kesici takımların aşınma koşulları taramalı elektron mikroskobu ile karakterize edilmiştir (Ucun ve Aslantaş, 2009:642). Adır, östemperlenmiş GGG-70 KGDD'in işlenebilirliğini araştırmıştır. Numuneleri 120 dakikada 930 ºC'de östenitledikten sonra 350 ºC'de 120 dakika östemperleme ısıl işlemi yapmıştır. Farklı talaş derinlikleri, kesme ve ilerleme hızları uygulayarak kesme kuvveti, kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü parametreleri ölçülmüştür. İşlenebilirlik testleri sonunda talaş derinliğinin en fazla kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur (Adır, 2021). Koçak ve Uzun yaptığı çalışmada, krank mili olarak kullanılan GGG-90 sfero dökümün sermet ve karbür kesici takımlarla işlenmesinde takım aşınmasının kesme kuvvetine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında sermet takım, yanak aşınması açısından karbür takımdan daha iyi performans göstermiş, ayrıca karbür takım ile yapılan testlerde daha düşük kesme kuvvetleri elde edilmiştir (Koçak ve Uzun, 2018:695). Yan vd. büyük boy sfero dökme demirin hassas frezelenmesinde kesme parametrelerinin kesme performansı üzerindeki etkisini sistematik olarak araştırmışlardır. Çalışmalarında; kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü Ra doğrusal olarak azalırken, Ra'nın değişim eğilimi ilerleme hızı ve kesme derinliği olarak anlamlı bir sonuç vermemiştir. Kesme hızı arttıkça, talaş boyutunun kısaldığı ve talaş yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir (Yan vd., 2020:1). Yüksek Kromlu Dökme Demir (YKDD) çoğunlukla şiddetli aşınma ve korozyon koşulları altındaki ortamlarda kullanılır, bu malzeme üzerinde niyobyum eklenmiş araştırmalar aşınma direnci konusunda olumlu sonuçlar elde etmiştir. Da Silva vd. yaptığı çalışmada, %0,5 Nb ilavesinin %25,6 Cr ve %3,2 C ile bir YKDD alaşımının mikroyapısı ve işlenebilirliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Numuneler ısıl işleme tabi tutulmuş ve daha sonra kuru kesme koşullarında işlenmiştir (Da Silva vd., 2020:1). Da Silva vd. yaptığı bu çalışmada, kompakt grafitli dökme demirlerin frezeleme işleminde mikro yapıdaki (matris ve grafit) değişikliklerle işlenebilirliğini değerlendirmişlerdir. Girdi değişkenleri olarak iş malzemesinin üç farklı versiyonu (normal versiyon; rafine grafitli; rafine grafitli ve Mo ilaveli), iki farklı kesme hızı, ilerleme hızı, takım geometrileri, takım kaplamaları ve işleme atmosferlerine bakılmıştır. İşlenebilirlik, takım ömrü ve aşınma mekanizmaları, yüzey kalitesi ve elektrik akımı tüketimi dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Da Silva vd., 2020:63). Usta ve Kayır, GGG-40 malzemesi ile CNC torna tezgahında delik delme deneyleri yapmıştır. GGG-40 malzemesi, Ø14 mm TiAlN kaplamalı ve kaplamasız içten soğutmalı karbür matkaplar ile delinmiştir. Yapılan testler sonucu, delik delme kuvveti, moment ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Delik delme deneyleri, farklı kesme hızı ve ilerleme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlerleme arttıkça delme kuvveti ve momentin arttığı, kesme hızının arttığında ise delme kuvveti ve momentin azaldığı görülmüştür (Usta ve Kayır, 2017:231).

Yapılan literatür taramasında GGG40 malzemesine yüzey frezeleme işlemi uygulanarak, kesme sıcaklıklarının değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu açıdan bu çalışma özgündür. Bu çalışmada; üç farklı kesici uç, üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme kullanılarak GGG40 dökme demire yüzey frezeleme işlemi uygulanmıştır. Deneyler esnasında kesme bölgesinden termal kamera ile sıcaklık ölçümleri yapılmış ve kesme parametrelerinin sıcaklık üzerine etkileri varyans analizi ve üç boyutlu grafikler ile incelenmiştir.

2. MALZEME VE METOT

Frezeleme deneyleri, maksimum 10000 dev/dak devir sayısı olan AWEA marka AF1060 model üç eksenli dikey freze tezgahında yürütülmüştür. Tezgaha ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan tezgahın teknik özellikleri.

Tezgâh gücü	40 kVA
Maksimum devir sayısı	10000 dev/dak
İşletim sistemi	Mitsubishi M80
İşletme Basıncı	5-7 bar
Ölçü Hassasiyeti	0,003 mm
Tabla Ölçüsü	1200x600 mm

Deneylerde 80x200x24 mm ebatlarında GGG40 malzeme kullanılmıştır. Bu malzemeye ait teknik bilgiler Tablo 2 ve Tablo3'de verilmiştir. Deney numunesinin Brinell sertlik değeri 93.25 HB olarak ölçülmüştür.

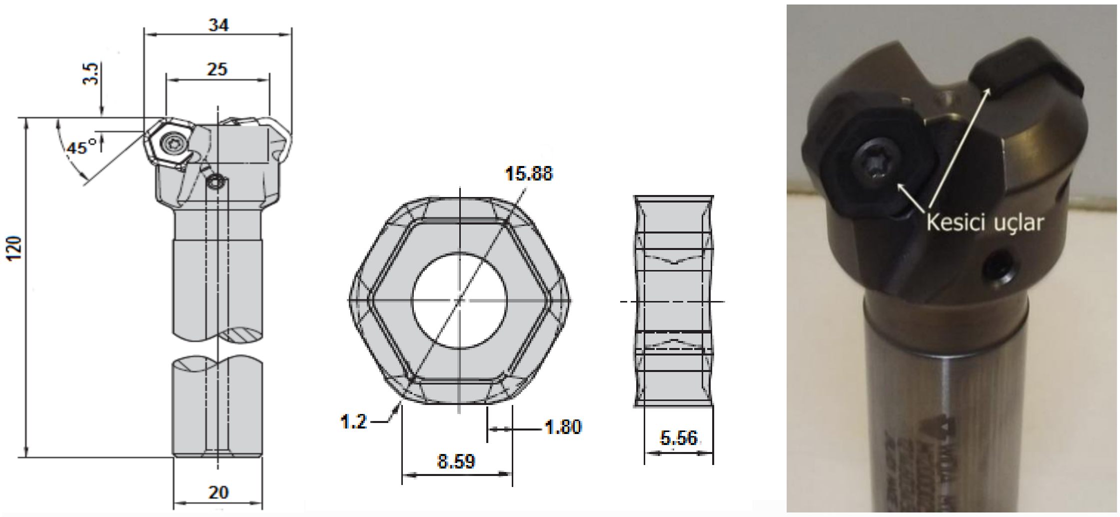
Tablo 2. GGG40 dökme demirin kimyasal yapısı (Caligulu vd., 2017:6)

C	Fe	Mn	P	Si	S
% 3,4-3,85	% 92,83-94,19	% 0,10-0,30	%.0,1	% 2,3-3,1	% 0,2

Tablo 3. GGG40 dökme demire ait mekanik özellikler (Caligulu vd., 2017:6)

Çekme mukavemeti	Sertlik Brinell	Akma dayanımı	Elastik modülü	Yorulma dayanımı
400 N/mm^2	160-190	210 N/mm^2	160 N/mm^2	220 N/mm^2

Frezeleme deneylerinde WIDIA (Germany) kesici takım firmasına ait TN6510 kodlu PVD tekniği ile TiAlN Nanolayer kaplanmış, THM-U kodlu kaplamasız ve TN6501 kodlu PVD tekniği ile TiB_2 kaplanmış 12 kesme kenarına sahip kesici uçlar kullanılmıştır. Takım tutucu olarak WIDIA firmasına ait iki ağızlı Victory M1200 mini takım tutucu kullanılmıştır. Takım tutucu ve kesici ucun teknik resimleri ile görseli Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan takım tutucu ve kesici uçlar detayı

Deneyler soğutma sıvısı kullanılmadan kuru ortamda yürütülmüştür. Çalışmada kesme parametreleri belirlenirken takım üreticisi katalog değerleri dikkate alınmıştır. Deneyler için seçilen kesme parametreleri Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Kesme parametreleri

Parametreler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesici uçlar (Ku)	TiALN	Kaplamasız	TiB2
Kesme hızı (V, m/dak)	280	360	480
İlerleme oranı (f, mm/diş)	0,15	0,35	0,55

Her bir deney için kesici takım talaş kaldırmaya başladıktan 3 sn sonra kesme bölgesinin orta noktasından Fluke TiS20 model termal kamera ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Kullanılan termal kamera -20 ˚C ile 350 ˚C arası ölçüm yapabilen, dedektör çözünürlüğü 120x90, görüş alanı 35,7° x 26,8° ve 9 Hz kare hızına sahiptir. Kullanılan malzemenin emissivity (yayınım) değeri 0,82 olarak alınmıştır. Ölçümler 20 ˚C ortam sıcaklığında yapılmıştır.

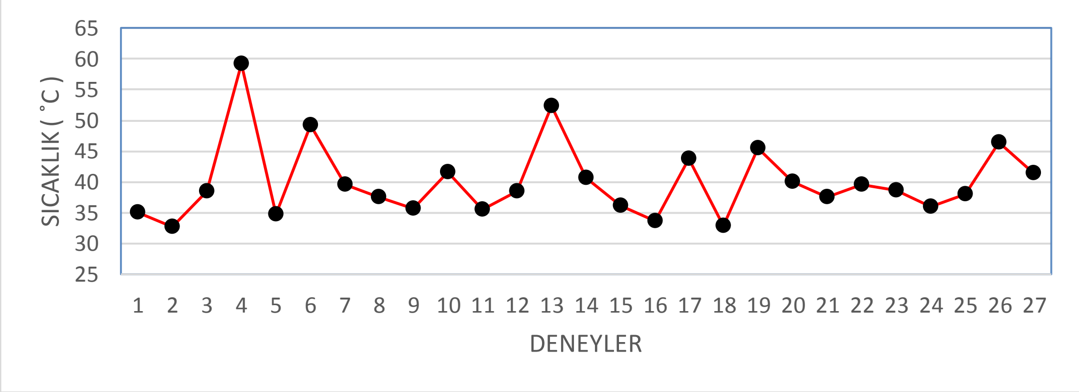
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Deneylerin Yürütülmesi

Deneysel tasarım için tam faktöriyel tasarım (3^3) kullanılarak 27 adet deney yapılmıştır. Deneysel tasarım ve deneysel sonuçlar Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Deneysel tasarım ve ölçülen sıcaklık değerleri

Deney no	Kesme Parametreleri			
	Kesici uçlar (Ku)	Kesme hızı (V, m/dak)	İlerleme oranı (f, mm/diş)	Sıcaklık (T, ˚C)
1	TiB_2	480	0,55	35
2	TiB_2	280	0,55	32,7
3	TiB_2	360	0,35	38,4
4	Kaplamasız	280	0,35	59,2
5	TiB_2	480	0,35	34,7
6	TiALN	480	0,15	49,2
7	TiB_2	280	0,35	39,6
8	Kaplamasız	360	0,35	37,5
9	TiB_2	360	0,55	35,6
10	TiALN	280	0,15	41,6
11	Kaplamasız	480	0,35	35,5
12	TiB_2	360	0,15	38,5
13	Kaplamasız	280	0,55	52,4
14	TiALN	360	0,15	40,7
15	TiB_2	480	0,15	36,1
16	Kaplamasız	480	0,15	33,7
17	TiALN	280	0,55	43,8
18	TiALN	480	0,55	32,8
19	Kaplamasız	360	0,15	45,5
20	TiALN	280	0,35	40,1
21	TiB_2	280	0,15	37,6
22	TiALN	360	0,55	39,5
23	TiALN	480	0,35	38,7
24	Kaplamasız	480	0,55	36
25	Kaplamasız	360	0,55	38
26	TiALN	360	0,35	46,5
27	Kaplamasız	280	0,15	41,4



Şekil 2. Ölçülen sıcaklık değerleri

Şekil 2'de 27 deneyden elde edilen sıcaklık değerlerinin grafiği gösterilmiştir. Burada en düşük sıcaklık değeri 2. deneyde elde edilmiştir. Bu durum ilerleme değerinin yüksek olması nedeniyle birim zamana düşen sürtünmenin az oluşundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan en yüksek sıcaklık değeri ise 4. deneyde elde edilmiştir. Bu durum kesme hızına ve kesici ucun kaplama tipine atfedilmektedir.

3.2. Varyans Analizi (ANOVA) ile Değerlendirme

Deneysel sonuçlar varyans analizi ile değerlendirilmiş, kesme parametrelerinin sıcaklık üzerine etki yüzdeleri elde edilmiştir. ANOVA sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir.

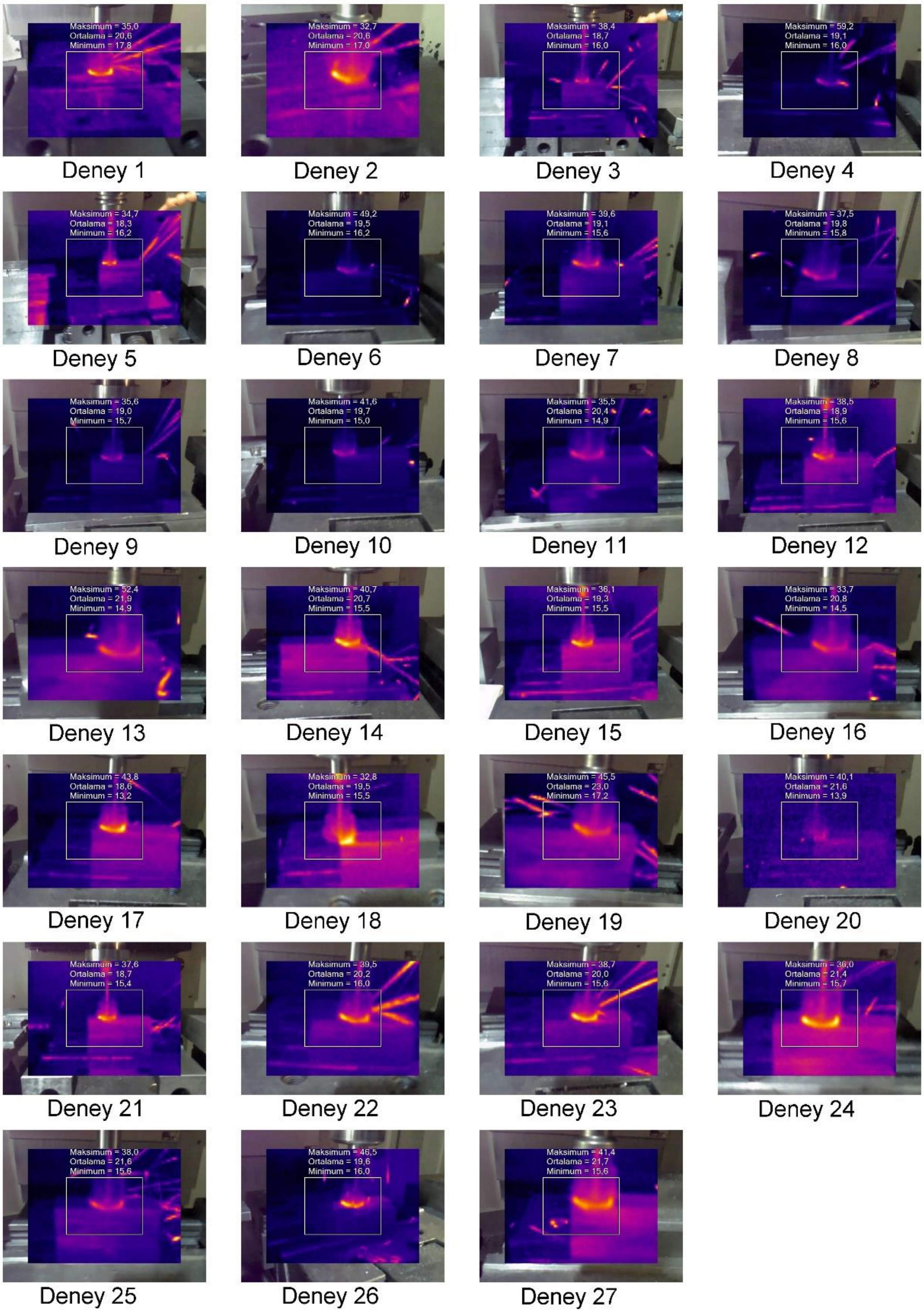
Tablo 6. Varyans analizi sonuçları

Parametreler	Serbestlik derecesi (DoF)	Kareler toplamı (SS)	Kareler ortalaması (MS)	F - Değeri	P-Değeri	Faktör etkisi (%)
Sıcaklık (T, ˚C)						
Kesici takım (Ku)	1	111	111	3,73	0,066	11,21
Kesme hızı (V)	1	176,38	176,38	5,93	0,023	17,80
İlerleme oranı (f)	1	19,01	19,01	0,64	0,432	1,92
Hata *(e)*	23	684,25	29,75			69,07
Toplam	26	990,65				100

Tablo 6'da varyans analizi sonuçları verilmiştir. Tablo 6'da sıcaklık üzerine en etkili parametre %17,80 ile kesme hızı olmuştur. İkinci etkili parametre %11,21 ile kesici uç olmuştur.

3.3. Termal Görüntülerin Değerlendirilmesi

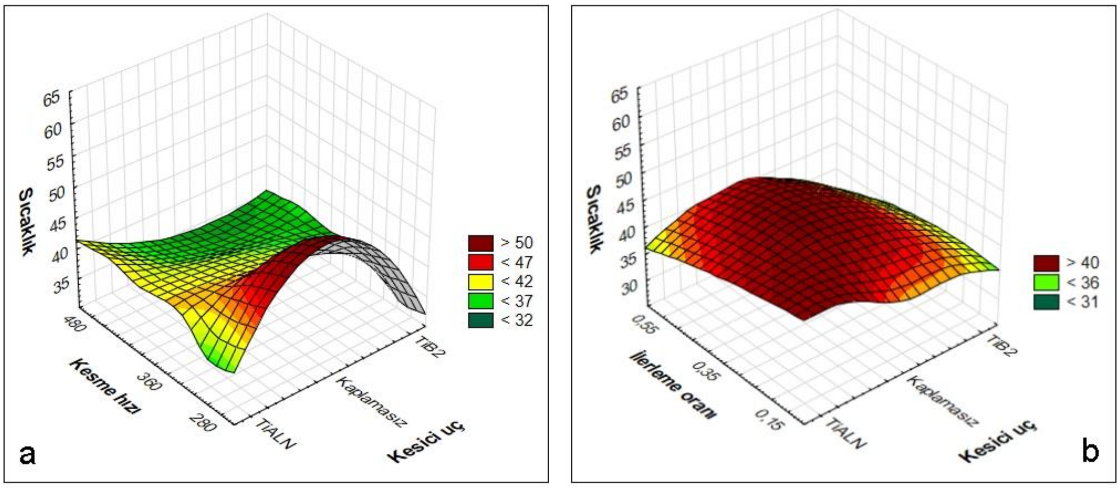
Her bir deney esnasında termal kamera ile kesme bölgesinden termal görüntüler alınmıştır. Deneylerden elde edilen termal görüntüler Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3'de, termal kamera ile çekilen görüntülere yer verilmiştir. Ölçüm bölgesinde maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri belirtilmiştir. Ölçümlerde, ölçüm bölgesindeki maksimum sıcaklık değeri esas olarak alınmıştır. Şekil 3'de görüldüğü gibi ölçümlerde, en düşük sıcaklık değeri, 2. deneyde ve en yüksek sıcaklık değeri ise 4. deneyde ölçülmüştür. 2. Deneyde maksimum sıcaklık değeri 32,7 ˚C, minimum sıcaklık değeri 17 ˚C ve ortalama sıcaklık değeri 20,6 ˚C olarak ölçülmüştür. 4. Deneyde ise maksimum sıcaklık değeri 59,2 ˚C, minimum sıcaklık değeri 16 ˚C ve ortalama sıcaklık değeri 19,1 ˚C olarak ölçülmüştür.



Şekil 3. Termal görüntüler

3.4. Kesme Parametrelerin Sıcaklık Üzerine Etkisi

Deneylerde kullanılan kesici uç tipi, kesme hızı ve ilerleme oranlarının sıcaklık üzerine etkilerinin yorumlanmasında üç boyutlu grafiklerden faydalanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Kesme parametreleri ve sıcaklık için üç boyutlu grafikler (a: kesme hızı, kesici uç ve sıcaklık grafiği, b: ilerleme oranı, kesici uç ve sıcaklık grafiği)

Şekil 4a'da kesme hızı ve kesici uç parametrelerinin kesme sıcaklığı üzerine etkileri gösterilmiştir. Burada en yüksek sıcaklık kaplamasız kesici uç ve 280 m/dak kesme hızında olduğu görülmektedir. Ancak kesme hızı arttığında, diğer bir ifadeyle 480 m/dak kesme hızında ve kaplamasız uçta en düşük sıcaklığın oluştuğu görülmektedir. Bu durum kesme hızının sıcaklık üzerine etkili bir parametre olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, ANOVA etki değerleri ile örtüşmektedir. Ayrıca Şekil 4a'da TiB2 kaplamalı uçta, bütün kesme hızlarında düşük sıcaklıkların elde edildiği görülmektedir. Deneysel sonuçla incelendiğinde en düşük sıcaklığın bu kaplamaya ait deneyde oluştuğu görülmektedir. Bu durum kesici uç kaplama tipine atfedilmektedir. Şekil 4b'de ilerleme oranı ve kesici uçların sıcaklık üzerine etkileri gösterilmiştir. Burada en iyi sonucu bütün ilerlemelerde TiB2 kaplamaya ait uç vermiştir. Bu durum Şekil 4a ile paralellik göstermektedir. Şekil 4b'de TiALN kaplamalı uç ve 0,55 mm/diş ilerleme oranında az da olsa sıcaklıkta bir düşüş olmuştur. İlerleme oranının artması, kesici ucun malzeme üzerinde daha hızlı hareket etmesine ve dolayısıyla sürtünmenin azalmasına sebep olmuştur. Bu durum da sıcaklığı düşürmüştür. Üç boyutlu grafikler genel olarak değerlendirildiğinde, düşük kesme sıcaklıkları için en iyi performansı TiB2 kaplamalı uç göstermiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada üç farklı kaplama türünde kesici uç, üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme oranı kullanılarak, GGG40 malzemesine yüzey frezeleme işlemi uygulanmıştır. Tam faktöriyel tasarım kullanılarak 27 adet deney gerçekleştirilmiştir. Her bir deney esnasında kesme sıcaklıkları termal kamera ile ölçülmüştür. Deneysel sonuçlar varyans analizi ve üç boyutlu grafikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Varyans analizi sonucu sıcaklığa etki eden en etkili parametre % 17,80 ile kesme hızı çıkmıştır. İkinci sıradaki etkili parametre ise % 11,21 ile kesici uç olmuştur.
- Termal görüntüler ve deneysel sonuçlar incelendiğinde en düşük sıcaklık, TiB_2 kaplamalı kesici uç, 280 m/dak kesme hızı ve 0,55 mm/diş ilerlemede olmuştur.
- Termal görüntüler ve deneysel sonuçlar incelendiğinde en yüksek sıcaklık, kaplamasız kesici uç, 280 m/dak kesme hızı ve 0,35 mm/diş ilerleme oranında olmuştur.
- Tüm deneysel sonuçların dikkate alındığında ve üç boyutlu grafikler incelendiğinde ilerleme oranı arttıkça sıcaklık düşmüştür.
- Grafiklerde TiB_2 kaplamalı uç ile yürütülen deneylerde, hem kesme hızına bağlı grafikte, hem de ilerleme oranına bağlı grafikte en düşük sıcaklıkların ölçüldüğü gözlemlenmiştir.
- Grafikler incelendiğinde en yüksek sıcaklıkların kaplamasız kesici uçta olduğu görülmüştür.

GGG40 malzemesine uygulanacak yüzey frezeleme işlemlerinde TiB2 kaplamalı kesici uç kullanılması önerilmektedir. Bu çalışmanın devamı olarak sonraki çalışmalarda, aynı deneysel tasarım kullanılarak yüzey frezeleme işlemleri ile yüzey pürüzlülüğü ve işlemeye bağlı takım aşınmaları incelenebilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje numarası: 2022.06.06.1366) Yazarlar finansal olarak bu projeyi desteklediği için Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

ADIR M. T. (2021) Isıl işlem yardımıyla mekanik özellikleri iyileştirilmiş GGG70 dökme demirin işlenebilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.

CALİGULU U, ISLAK S, CANAKCI A., GENCSOY U. and KALLİ R. (2017). “Evaluation of Microstructure and Mechanical Properties in The GGG40 Austempered Ductile Cast Iron”, IATS’17, 8th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, Türkiye, 6-14.

CAVALLINI, M., DI BARTOLOMEO, O. and IACOVIELLO, F. (2008). “Fatigue Crack Propagation Damaging Micromechanisms in Ductile Cast Irons”, Engineering Fracture Mechanics, 75: 694–704.

ÇAVUŞOĞLU, N. (1981) Döküm Teknolojisi 1, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.

DA SILVA A. E., RABELO DE MELO I..N., PINHEIRO I.P. and DA SILVA L.R. (2020). “Characterisation and Machinability of High Chromium Hardened White Cast İron With and Without The Addition of Niobium”, Wear, 460-461: 1- 16.

DA SILVA L.R.R., SOUZA F.C.R., GUESSER W.L., JACKSON M.J. and MACHADO A.R. (2020). “Critical Assessment of Compacted Graphite Cast Iron Machinability in The Milling Process”, Journal of Manufacturing Processes, 56 (A): 63-74.

KALPAKJIAN, S. and SCHMID, S. (2009). Manufacturing Engineering and Technology (8th Edition), New York: Prentice Hall, USA.

KOÇAK H. and UZUN G. (2018). “Investigation of Cutting Tool Wears And Cutting Forces During Wear in Machining of GGG 90 Ductile Cast Iron Used as Crank Shaft”, International Conference Innovative Engineering Applications, Sivas, Türkiye, 695-700.

SILMAN, G.I., KAMYNIN, V.V. and GONCHAROV, V.V. (2007). “On The Mechanisms of Copper Effect”, Metal Science and Heat Treatment, 49(8): 16-22.

UCUN I. and ASLANTAŞ K. (2009). “The Performance of Ceramic and Cermet Cutting Tools for The Machining of Austempered Ductile Iron”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 41: 642–650.

USTA M. ve KAYIR Y. (2017). “GGG40 Malzemesinin CNC Torna Tezgahında Karbür Matkaplarla Delinmesinde Sıcaklık ve Delme Kuvvetlerinin Araştırılması”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 8(Ek Sayı 1): 231-238.

YAN P., WANG Y. B., CHEN K.J., MA B.X., XIAO Y. L. and WANG X. B. (2020). “Experimental Research on High-Speed Dry Milling Performanceof Large-Area Nodular Cast Iron, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 770 (012012): 1-8.

Presentation ID / Sunum No:40

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2540-6704

The Potential for Maritime Remote Pilotage

Researcher Mustafa Sokukcu[1] , Assoc.prof.Dr. Cenk Sakar[1]
[1]Dokuz Eylül Üniversitesi

*Corresponding author: Mustafa Sökükcü

ABSTRACT: *Maritime pilotage, which is a profession that relies on expertise and experience, is a vital component of the procedures that take place during port operations. The actions of the pilotage play an essential part in guaranteeing the safe navigation of vessels and the efficiency of doing so in problematic locations. In the traditional pilotage, the marine pilot must physically board the vessel in order to do the task. But, as a result of technology improvements, the features of the maritime business have changed fast, and a new term, remote pilotage, has entered our lives to describe the process by which a pilot is able to carry out piloting operations while stationed on shore. The purpose of this research is to conduct a literature review and an analysis of the benefits and drawbacks associated with remote pilotage operations.*

Keywords: *Remote Pilotage, Shore Based Pilotage, Technology, Innovation*

1. Introduction

Pilotage is a subfield of maritime operations that refers to the services of a pilot, who boards a vessel in order to navigate it over safe waterways inside and outside of a port or when it is out at sea (Park et al., 2019). Pilotage operations has a lengthy history and the majority of port states have their own rules and regulations that cover the domain of pilotage (Bach, 2009), which is a profession based on knowledge and experience and are an essential part of port transfer processes (Ernstsen et al., 2018). Pilotage not only has a big effect on both direct and indirect costs by preventing delays, minimizing accidental damage, cutting down on the need for tows, and reducing the operational restrictions on ports (Crawford, 2003), but also improve safety and efficiency for navigation in challenging waters (Ernstsen et al., 2018). By defending the public interest in ensuring the efficient conservancy functions of harbor authorities and the protection of the environment, ensuring the orderly transit of pilotage districts in accordance with local regulations and rules for navigation, and protecting port facilities and commerce, pilotage operations play a crucial role in ensuring the safe navigation of vessels (Darbra et al., 2007). Pilotage has a few different subfields, with port pilotage and deep sea pilotage being the most common. In the case of port pilotage, the pilot stays on board for as long as it takes to get to or from the port, which is usually just a few hours. Yet, if the pilot is doing deep sea pilotage, he or she may stay on board the ship for several days (Bach, 2009). The traditional method of piloting requires a marine pilot physically board the vessel (Betz, 2015).

Marine pilots are the most important part of pilotage because they manage the operation (Lappalainen et al., 2014; Kitamura et al., 2014), and coordinate maneuvering by giving important advice about safe navigation to the ship's master (Mikkers et al., 2012; Murai et al., 2013). Pilots are the experts who know a lot about the area and what could threaten the safety of navigation while working with the port authorities, vessel traffic services (VTS), tugs, and mooring teams to make sure everything goes smoothly (Bruno and Lützhöft, 2009; Lappalainen et al., 2014), and help the vessels as they go through locations that are known to be challenging to navigate (Betz, 2015). According to the International Maritime Pilots Association (IMPA) and the European Maritime Pilots Association (EMPA), a marine pilot's primary duty is to aid a ship's master in all navigational and operational concerns by using his or her local expertise and specialized ship-handling experience.

The most dangerous part of a marine pilot's job is getting on and off the ship which called as pilot transfer operation. This is done by using a pilot transfer arrangement (PTA) which is a pilot ladder or a combination if vessel freeboard is more than 9 meters. PTA is used while transfer of a pilot from one ship to another, usually between a ship and a pilot boat (Kitamura et al., 2014; Lee et al., 2017). At many ports around the world, marine pilots transferred by helicopter. Even though these transfers pose less risk to the pilots, they still need to use safety precautions and manage risks carefully (Behforouzi, 2021). The nature of the job makes the procedure of pilot transfer operations risky and for example, a pilot could fall off the pilot ladder and into the water or crashed with pilot boat even worse smash between vessel and pilot boat, which could cause an accident serious enough to injury or even dead (Tunçel et al., 2022).

Because of the evolution of the shipping industry over the years, ship sizes and velocities have gotten faster, which has made the job of a pilot more difficult and demanding, throughout the past few decades, the peculiarities of maritime industry have brought about changes in pilotage operations as well (Van Erve and Bonnor 2006). The management of ships and the operations of ports in the maritime sector are becoming more dependent on advances in technology (Betz, 2015), and moving in the direction of attaining more autonomy over time (Behforouzi, 2021). On the other hand, VTS are a relatively new form of safety system in comparison to pilotage, and are often placed in areas that are already covered by pilot services, to aid ships in making their way from one geographical location to another in a safe and efficient manner (Bach, 2009). Even if the maritime piloting industry has made some first steps toward the use of new technology, there is still much untapped potential for additional improvements in the field of using technology to produce more dependable navigation safety systems (Betz, 2015).

The number of pilot transfer accidents might be reduced and general safety standards raised if eliminating pilot transfer operations became regular practice (Lahtinen et al., 2020; Behforouzi, 2021). A shore-based pilotage (SBP) system, which might be interpreted as synonymous with remote pilotage, enables the pilot to execute piloting duties from a place other than onboard the vessel by means of a communication link with the ship's crew (Betz, 2015). According to the International Standard for marine Pilot Organizations (ISPO), "remote pilotage" refers to the practice of piloting a ship from a location other than on board by a pilot licensed for that region (ISPO, 2023). Although the concept of remote pilotage employing technology to assist ships in navigation has been examined extensively, only a small number of European pilotage authorities have begun testing the concept out (Betz, 2015), hence remote pilotage as an alternative to traditional piloting remains mostly unexplored (Danish Maritime Authority, 2014). According to Hadley and Pourzanjani (2003), remote pilotage is not a new concept and was being considered for use by many years ago. Although progress is being made, it is likely to be gradual because of opposition; a commercial advantage has not been shown; the necessary legislative framework has not been put in place; and the problem of responsibility has not been settled. Remote pilotage operations in Rotterdam between Maas pilot station and off the Hoek Van Holland is good example for (Lahtinen et al., 2020).

Because of the potential for infection and the shortage of marine pilots at some ports as a result of quarantine requirements, there have been limits placed on the movement of vessels, particularly during the course of the covid epidemic. These restrictions force several ports to begin mandating the use of remote pilotage for vessels that come from countries with a high risk of COVID-19 infection or for vessels that have recently recruited crew members from countries with a high risk of infection. This applies to both vessels coming from countries with a high risk of COVID-19 infection and vessels recruiting crew members from countries with a high risk of infection (Dolan, 2020). In certain nations, like as Australia, there was an issue with a shortage of marine pilots, which was caused by a lack of available applicants (Crawford, 2003).

In addition, there are rare instances in which pilots have been prevented from embarking in a safe manner at their customary boarding station due to the presence of unfavorable weather conditions. This, of course, caused disruptions in commerce, which sparked a healthy interest on the part of the ports and, in some cases, the national maritime authorities in looking for a solution that would ease the flow of business under these circumstances (Hadley and Pourzanjani, 2003).

The use of remote pilotage considered as an alternative to certificates required for pilotage exemptions for the experienced captains in some ports may be able to contribute to an increase in the pilotage operation's overall level of safety while also ensuring its continued financial viability (Lahtinen et al., 2020). The utilization of expensive professional resources is also made possible thanks to the fact that remote pilotage eliminates the need for pilots to spend any time going to and from the vessel that they are piloting which maximize the efficiency (Danish Maritime Authority, 2014). Benefits of remote pilotage also include reduced fuel usage, less wear and tear on pilot boats, and less hassle in securing a pilot for arriving and departing vessels (Behforouzi, 2021).

Besides the advantages of remote pilotage listed on the above paragraphs; there are also some disadvantages when compared with the traditional pilotage where the marine pilot physically onboard the vessel.

Disadvantages listed by Behforouzi (2021) and Danish Maritime Authority (2014) as; time, effort, and a significant amount of money are required in order to prepare the necessary infrastructures for this concept as well as to deploy cameras and other pieces of technology to vessels. Training of the proper kind was necessary for all parties, both onboard and onshore, in the event of an emergency. Remote pilots may not have access to trustworthy data from the ship's navigational equipment. Problems with lack of effective and continuous contact with ship to shore. Despite the fact that these technologies and navigation systems have undergone advancements, they still have the potential to fail, and on occasion, they do so in a way that is not discovered by the bridge crew in time to avert a catastrophe, according to Dolan (2020).

According to Betz (2015), there is a conflict is brewing in the industry that is resistant to change and deeply rooted in its history of practice. The disagreement stems from the question of how to make use of developing technology that has the potential to enhance marine piloting in terms of both safety and efficiency. On one side of the discussion are the practitioners, who are also known as maritime pilots. These individuals have been boarding ships for centuries to guide them into and out of various ports across the globe. Ship owners, port authorities, regulators, and other maritime stakeholders, on the other hand, are advocating for innovative technology-driven techniques to help boats work within the confines of port infrastructure (Betz, 2015).

In conclusion, there is not much information about remote pilotage in the context of new technology in order to improve pilotage operations or allow ships to be directed from the coast (Bruno and Lützhöft, 2009; Danish Maritime Authority, 2014). So, more investigations, research, simulation tests and real field tests are needed for a deeper comprehension of the dangers connected with the application of developing technologies, landscape characteristics, and environmental occurrences (Behforouzi, 2021; Lahtinen, 2020).

2. Literature Review

Behforouzi (2021) intends to find and use digital technologies to enhance the safety of pilots and prevent needless delays caused by ships anchored at quarantine anchorages during pandemics. For the purpose of the study, a questionnaire on the hazards and their causes which pose a threat to the lives of pilots was produced and delivered to experts working in the marine industry and in port operations. In addition, interviews were conducted with three professionals in the marine industry about the remote pilotage. The goal of this project is to put into action the digital technology that will soon make it possible for pilots to avoid coming on board a vessel in favor of staying at the port control or VTS office. Behforouzi exampled of marine pilots in Finland who practice remote pilotage by sitting in an office or on a pilot boat. Yet, there's a major disconnect between the Master and the pilot despite all of their efforts to communicate. In addition, the pilots are unable to sense the precise movement of the vessel or the circumstances of the environment around them. Behforouzi argues that the marine sector may implement a smart pilotage system by making use of digital technology and installing temporary and fixed cameras onboard and in the port area. Nevertheless, consistent and extensive network coverage must be available in the area between the pilot station and the port.

According to Dolan (2020); through the use of remote piloting, certified pilots may steer the vessel while they are located on shore or on a pilot boat. Experienced VTS personnel, seated at their screens in the control center ashore, may also provide instructions to the master. Dolan’s recommendation is still that this kind of remote pilotage should only be carried out in situations in which doing so is required by the legislation governing the port. In any other situation, unless there is an urgent situation or a compelling necessity to ensure the safety of the ship or the crew members, it is not acceptable to proceed with it. The scope of the pilotage should be restricted to guiding the ship from the typical pilot boarding position at the port to the customary anchorage, which is where ships wait for their berths and the use of remote pilotage for berthing, unberthing, or joining tugs during the journey is not something that suggested (Dolan, 2020).

Using an approach that includes an empirical survey, management interviews, and eventually a series of tests in a simulated environment, Lahtinen et al. (2020) provide a novel setup for conducting remote piloting operations inside intelligent fairways. It has been proved that remote piloting, when carried out under well orchestrated settings, may be a risk-free choice in some fairways. On the other hand, there is a dearth of research that focuses on the infrastructure of fairways. For the purpose of risk management in remote piloting, it is necessary to have an awareness of the influence that operational methods have, not only in typical but also in abnormal environmental situations. As a result, any future operational framework for remote pilotage should take into account threshold values for the safe beginning of remote piloting. Taking into account the following factors and associated operational requirements, the online poll, the interviews, and the simulation tests all suggested that remote pilotage may be a viable option. In this scenario, the remote piloting system and the crew of the vessel continue to have faith in one another, the weather is ideal, the data stream from the remote pilot is complemented by the intelligent fairway, the crew's expertise is sufficient, and the comprehensive operational framework takes into account all aspects of pilotage. As a growing industry, remote piloting has the potential to one day replace pilotage exemptions (Lahtinen et al., 2020).

Shore-based pilotage is analyzed in the research by Danish Maritime Authority (2014), along with its potential benefits and drawbacks. Report summarizes that; if there is a pilot on board, then that person has the power to take command of the ship and respond appropriately to any crisis that may emerge. With shore-based pilotage, this option is not going to be available, hence the competence of the crew is going to be the deciding factor. If the pilot is not on board, they will not be able to judge the maneuverability of the vessel or be aware of any potential threats, such as visual impressions, because they will not be there (Danish Maritime Authority, 2014).

Betz (2015), investigate the potential applications of new navigation and communication technologies in the field of maritime pilotage, with the end goal of enhancing both the safety of marine travel and the effectiveness of the industry as a whole. In the past few years, technology has changed quickly, and it is undeniable that human can now control ships from afar. But there are many things that make it hard to put the plan into action, and most of them are not technical. For hundreds of years, pilots have used traditional methods to guide ships. The success of these methods depends a lot on how well the pilot can communicate with people from different countries, cultures, and languages. Taking the pilot out of the ship and having them practice their craft from afar is a structural change to an old system that will require careful thought and a reevaluation of how things are done now. Getting a remote piloting system up and running will require a lot of people to work together. It's not something a single piloting group could do on its own. There will be a need for new rules and perhaps even global consensus. Further improvement of remote ship control requires integrating ship and land-based navigation and communication systems. To be completed by a single crew of pilots would be an impossible task (Betz, 2015).

Bruno and Lützhoft (2009) are conducted an in-depth study of remote pilotage to learn more about and then suggested several ways to fix control problems in remote pilotage by getting qualitative data from interviews were done with active pilots and VTS operators.

Academic works on remote pilotage seems to be popular in close future since researches have been conducted recently (Hadley and Pourzanjani, 2003; Brooks et al., 2016; Gucma and Łazuga, 2019); nonetheless there is still a significant distance to go.

3. Conclusions

In recent years, there have been great developments in the integration of technology into the maritime industry. As a result of these advances, several conventional marine techniques or activities have undergone adjustments and upgrades. Pilotage operations have not much affected by these modern techniques as fast as other part of the industry operations. Today's pilotage paradigm requires a marine pilot physically board the vessel to perform pilotage duties. However, a new term remote pilotage where pilot can provide pilotage services from distance in shore have been argued recently by industry.

By conducting an impartial analysis of the available literature on the topic of remote piloting, the purpose of this paper is to determine the benefits and drawbacks of using remote piloting. The idea of remote pilotage offers positive developments such as preventing accidents during pilot transfer operations, carrying out port operations more effectively as ships' waiting times for pilots will decrease, and eliminating factors such as the risk of transmission between the ship and the shore in pandemic situations such as covid 19. At the same time, the existence of a secondary system that can back up the existing pilotage service in critical manoeuvring may reduce human related errors and make it safer by increasing the safety of life, navigation and environment at this point.

Although the remote pilotage looks positive on paper with the potential advantages it may provide; occupational abilities of critical importance such as communication with teams, coordination with teams, physical observation and sensing ship movements due to the nature of the piloting profession seem to be possible only if the pilot is physically present on the bridge of the ship and is a part of the bridge team.

With the introduction of technology and remotely controlled unmanned ships into our lives, remote piloting service seems inevitable. On the other hand, it is an easily foreseeable paradox that the application of technology, infrastructures and legal standards which can replace the essential requirements of the profession without testing and risk analysis can reduce the safety of pilotage services.

To achieve a greater understanding of remote pilotage, more investigations, research, simulation testing, and actual field tests are required. This paper will be a noteworthy contribution to literature in this respect.

References

Authority, D. M. (2014). Technological assessment on the possibility of shore based pilotage in Danish waters.

Bach, A. (2009). A qualitative study of the interaction between maritime pilots and vessel traffic service operators.

Behforouzi, M. (2021). Implementation of Smart Pilotage to Safeguard Pilots from Pilot Ladder Accidents. Pomorski zbornik, 60(1), 65-84.

Betz, J. M. (2015). Emerging Technology and Maritime Piloting: The technology is here; how should we utilize it?.

Brooks, B., Coltman, T., & Yang, M. (2016). Technological innovation in the maritime industry: The case of remote pilotage and enhanced navigational assistance. The Journal of Navigation, 69(4), 777-793

Bruno, K., & Lützhöft, M. (2009). Shore-based pilotage: pilot or autopilot? Piloting as a control problem. The journal of navigation, 62(3), 427-437.

Crawford, J. F. E. (2003). The Future Supply of Marine Pilots for Australia. Maritime Studies, 2003(131), 1-9.

Darbra, R. M., Crawford, J. F. E., Haley, C. W., & Morrison, R. J. (2007). Safety culture and hazard risk perception of Australian and New Zealand maritime pilots. Marine policy, 31(6), 736-745.

Dolan, J. (2020). Remote pilotage – perspective and risks to consider [online]. Standard club. Available from:https://standard-club.com/media/3314373/remote_pilotage_pdf.pdf (Accessed: 01Mar 2023).

Ernstsen, Musharraf, & Nazir. (2018, September). Bayesian Model of Operator Challenges in Maritime Pilotage. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 62, No. 1, pp. 1813-1817). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

Gucma, L., & Łazuga, K. (2019). Analysis of the Impact of Exemption from Pilotage for 75m and 90m Long Vessels on the Fairway Świnoujście-szczecin. TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 13(3).

Hadley, M., & Pourzanjani, M. (2003). How remote is remote pilotage?. WMU journal of maritime affairs, 2(2), 181-197.

ISPO-International Standard for maritime Pilot Organizations, 2023. https://www.ispo-standard.com

Kitamura, K., Murai, K., Hayashi, Y., Fujita, T., & Maenaka, K. (2014, October). Measurement and analysis of marine pilot's performance using a large model sensor. In 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (pp. 37-41). IEEE.

Lahtinen, J., Banda, O. A. V., Kujala, P., & Hirdaris, S. (2020). Remote piloting in an intelligent fairway–A paradigm for future pilotage. Safety Science, 130, 104889.

Lappalainen, J., Kunnaala, V., & Tapaninen, U. (2014). Present pilotage practices in Finland. WMU journal of maritime affairs, 13(1), 77-99.

LEE, J. W., KIM, E. W., & LEE, C. H. (2017). A basic study on the accident prevention measures of maritime pilots during embarkation and disembarkation. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 29(1), 137-147.

Lutzhoft, M., & Bruno, K. (2009, February). Talk and trust before technology: First steps toward shore-based pilotage. In Proceedings of the RINA Human Factors in Ship Design and Operation Conference (pp. 25-26).

Mikkers, M., Henriqson, É., & Dekker, S. (2012). Managing multiple conflicting goals in dynamic and complex situations: Exploring the practical field of maritime pilots. Journal of Maritime Research.

Murai, K., Hayashi, Y., Higuchi, K., Saiki, T., Fujita, T., & Maenaka, K. (2013, May). Toward evaluation of a sea pilot performance using large model sensor. In 2013 International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV) (pp. 1-5). IEEE.

Park, Y. A., Yip, T. L., & Park, H. G. (2019). An analysis of pilotage marine accidents in Korea. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 35(1), 49-54.

Tunçel, A. L., Akyuz, E., & Arslan, O. (2022). Quantitative risk analysis for operational transfer processes of maritime pilots. Maritime Policy & Management, 1-15.

Van Erve, P., & Bonnor, N. (2006). Can the Shipping-Aviation Analogy be used as an Argument to decrease the need for Maritime Pilotage?. The Journal of Navigation, 59(2), 359-363.

Presentation ID / Sunum No:41

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0831-0463

Yatağa Bağımlı Bireylerin Yatak Odası ve Mobilya Kullanımlarının Analizi

Araştırmacı İrem Nur Doğan[1]
[1]Gazi Üniversitesi

ÖZET: *Sağlık: bedenen, ruhen, zihinsel ve sosyal olarak tam bir iyilik hali olarak tanımlanmaktadır (WHO) Fiziksel olarak sağlıklı bir bedene sahip olmak her bireyin isteyeceği bir durumdur. Bedenen sağlıklı olan İnsan ruhen de güçlü olmaya, güzel bir yaşama ve yapacağı her türlü aktiviteye kendini hazır hisseder. 2002 sayımına göre Türkiye nüfusunun %12.29'u engellilerden oluşmaktadır. Bunların %2'si fiziksel engellilerdir. Bu bireylerin topluma eşit katılım sağlamalarına ilişkin çalışmalar gün geçtikçe artarak devam etmektedir. Engellilerin dezavantajlı durumunu hafifletmek için toplumsal yaşama katılım, istihdam, ulaşım, sosyal hizmetler alanlarında düzenlemeler yapılmaktadır. Bununla birlikte, engelli bireylerin ev içi yaşamlarını kolaylaştırmaya yönelik düzenlemelere de ihtiyaç duyulmaktadır. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığının 2016 yılındaki Türkiye Sağlık Araştırması çalışmasının sonuçlarına göre 'Temel aktiviteler zorluğunu sürekli yaşayan kişiler' in oranı %16.2'dir. Toplumun önemli bir kesimini oluşturan bu kişilerin yaşadığı birçok sorun çözüm beklemektedir. Buradan hareketle bu çalışmada immobil bireylerin yatak odalarında mekân ve mobilya kullanımlarında karşılaştıkları zorluk ve kolaylıkların tespiti, sosyal yaşam ve mobilya-mekân bağımlılığına ilişkin memnuniyet durumunun analiz edilmesi ve sonuç olarak araştırma hedefleri doğrultusunda immobil/hareket kısıtlığı olan bireylerin yaşam kalitelerini artırmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Ankara ili sınırları içinde ikamet eden ve ev ziyaretini kabul eden hastalar, Türkiye sınırları içerisinde iletişim ağları kullanılarak ulaşılabilen yatağa bağımlı kullanıcılar veya yakınları araştırma alanı olarak seçilmiştir. Yüz yüze ve dijital ortamda ulaşılan bireylere anket uygulanmış ve gözlem yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; İmmobil bireylerin gün içerisinde en fazla vakit geçirdikleri yerin yatak odalarının psikolojik ve biyolojik sağlıkları için büyük ölçüde yeterli olmadığı, memnuniyet oranlarının düşük olduğu, mobilya ve donatıların ihtiyaçlarını karşılamadığı tespit edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Yatağa Bağımlı Bireyler, Yaşam Kalitesi, Mobilya, Yatak Odası, Bireysel Yeterlilik.*

AN ANALYSIS OF BEDROOMS AND FURNITURE USES OF BEDRIDDEN INDIVIDUALS

ABSTRACT:*This research was carried out in order to determine the difficulties and conveniences that bedridden individuals encounter in the use of space and furniture in their bedrooms. In addition, these individuals; it was aimed to analyze the satisfaction with social life and furniture-space addiction and, as a result, to increase the quality of life of individuals with bedridden / mobility restrictions in line with the research objectives. For this purpose, a satisfaction determination survey was prepared and this survey was conducted with 101 bedridden individuals and their relatives. The data obtained afterwards was recorded. The results of the survey were analyzed and the following results were obtained. 28.96% of bedridden individuals use bedroom equipment. 22.08% use bedroom furniture. It was observed that 36.86% had too much difficulty in personal care and 28.88% in vital activities. Therefore, it has been observed that the quality of life has decreased significantly. As a result, in order to increase the quality of life of bedridden individuals; it has been concluded that improvements should be made in bedroom furniture, in the placement of space equipment and in facilitating the use of these equipment, and the awareness of the whole society, especially around the bedridden people, should be raised.*

Key Words: *Bedridden individuals, life quality, bedroom furniture, individual competence.*

1. GİRİŞ

İnsanın zihinsel ve sosyal olarak, ruhen ve bedenen tam bir iyilik içerisinde olma durumuna sağlık denir. Ruhen iyi hissetmek oldukça önemli olsa da fiziksel olarak da iyi bir bedene sahip olmak herkesin isteyeceği bir durumdur. Bedenen sağlıklı olan bir kişi kendini yapacağı her türlü aktivite ve hatta güzel bir yaşam için hazır hisseder.

İnsan Hakları Evrensel Bildirisinde yer alan madde 3 (Herkesin yaşama hakkı ile kişi özgürlüğü ve güvenliğine hakkı vardır.) ve madde 25 (Herkesin, kendisinin ve ailesinin sağlığı ve iyi yaşaması için yeterli yaşama standartlarına hakkı vardır; bu hak, beslenme, giyim, konut, tıbbi bakım ile gerekli toplumsal hizmetleri ve işsizlik, hastalık, sakatlık, dulluk, yaşlılık ya da kendi denetiminin dışındaki koşullardan kaynaklanan başka geçimini sağlayamama durumlarında güvenlik hakkını da kapsar.) de belirtildiği üzere herkesin yaşama ve bu yaşamı bireysel yeterlilikle sürdürebilme hakkı vardır. Bu yeterliliğin azalmasına sebep olacak durumlardan dolayı insanın en doğal haklarından biri olan temel ihtiyaçlarını giderememesi, yaşam kalitesini düşürmektedir.

Yatağa bağımlı birey, yemek yeme-içme, banyo ve tuvalet yapma, giyinme, hareket etme ve kişiler ile ilişki kurma gibi günlük yaşam aktivitelerinde bir başkasının desteğine ihtiyaç duyan birey olarak tanımlanabilmektedir.

Günümüzde birçok birey çeşitli rahatsızlıklardan dolayı yatağa bağımlı olarak hayatına devam etmektedir. Bu durum, yatağa bağımlı bireylerde psikolojik ve fiziksel birçok soruna yol açmaktadır.

Yatağa bağımlı bireylerin hareket kabiliyeti azalır, kişisel temizlikleri konusunda sıkıntılar yaşarlar. Bireyin hareketleri kısıtlandığı için saç, ağız ve vücut bakımı gibi kişisel temizlik ihtiyaçlarını tam olarak sağlayamaz. Bu durum, temizliği sağlanamayan vücut bölgelerinde yara ve enfeksiyonlara yol açabilir.

Bu durumlara ek olarak yatağa bağımlı bireylerin hareketleri kısıtlı olduğu için kendi kendilerine beslenmeleri mümkün olmayabilir ve kendileriyle ilgilenen kişinin yardımına ihtiyaç duyarlar. Her bireyde olduğu gibi yatağa bağımlı bireylerde de dengeli bir şekilde beslenmekte oldukça önemlidir. Dengeli beslenme yaşamsal sistemlerin devamlılığını, vücudun kendini yenilemesini ve hastalıklara karşı direncini sağlamaktadır.

Yatağa bağımlı bireylerin yaşadığı diğer önemli sorunlardan bir diğeri ise kas ve iskelet sisteminde oluşan rahatsızlıklardır. Hareketsizlikten dolayı kaslarda erime meydana gelebilir ve eklemlerde rahatsızlıklar oluşabilir ve bu rahatsızlıklar ağrıya neden olabilir. İskelet sisteminde oluşan problemler arttıkça ve ilerledikçe, yatağa bağımlı bireyin vücudunda şekil bozuklukları meydana gelebilir. Solunum kasları da güçsüzleşebileceği için nefes alıp vermeyle ilgili de rahatsızlıklar yaşanabilir.

Bu tanımlara ek olarak, çözüm önerisi niteliğinde olan, akademik ve bilimsel birçok çalışmada literatürde yer almaktadır.

Mülayim (2017), yatağın konumlandırılmasında güneş ışığının geliş yönü ve pencerenin önemli olduğunu, tercihen yatağın pencereye paralel olarak konumlandırılması gerektiğini ve ek olarak yatağa transfer için uygun mekanik sistemlerin kullanılması gerektiğini savunmuştur. Ve yine aynı çalışmasında, konutun hiçbir yerinde keskin köşeler bulunmaması, duvar köşelerine mutlaka kavis verilmesi gerektiğinden ve ellerini kullanmakta güçlük çeken engelliler için acil düğmeleri tek bir düğmeyle çalışan, uzun süre basmak gerekmeyen ve kesinlikle döndürmeli olmayan özellikte düşünülmesi gerektiğinden bahsetmiştir.

Özlü (2016), ‘Tenimiz bütün bedenimizi kaplar, korur ve en önemli hissetme organımızdır. Hasta bir bireyin, eğer bilinci yerindeyse, en önemli iletişim organı tenidir. Ailesiyle veya bakıcısıyla duygusal iletişimi bu sayede kurabilmektedir. Bu yüzden evde bakılan hastaların cilt temizliği çok önemlidir. Yatağa bağımlı bir hastanın banyo yaptırılması oldukça zordur. Bu sorunun en iyi çözümü yatak içi banyo ürünleri kullanmaktır. Bu sayede hasta yataktan kaldırılmadan bol su ile banyo yapabilmektedir. Tekerlekli sandalyeye oturabilen hastalar için sudan etkilenmeyen duş sandalyeleri vardır. Hasta bu tip tekerlekli sandalye üzerinde rahatlıkla banyo yaptırılabilir.’ diyerek yatağa bağımlı bireylerin yaşamlarını kolaylaştırıcı fikirler vermiştir.

TÜİK, Türkiye Sağlık Araştırması ile kişisel bakım faaliyetlerini gerçekleştirirken zorluk çeken bireylerin cinsiyet dağılımını 2008-2010-2012-2014-2016 yıllarına göre incelemiştir. 2008 yılında kadınların en çok giyinme ve elbiselerini çıkarmada, erkeklerin ise yatağa yatma ve kalkma ile sandalyeye oturma ve kalkmada zorlandığını tespit etmiştir. 2010 yılında erkeklerde durum değişmezken kadınların en çok yatağa yatma ve kalkma ile sandalyeye oturma ve kalkmada zorlandığını tespit edilmiştir. 2012 yılında erkeklerin ve kadınların en çok zorlandığı durum banyo yapma olarak gözlemlenmiştir. 2014 ve 2016 yıllarında ise her iki cinsiyetinde en çok zorlandığı durum yatağa yatma ve kalkma ile sandalyeye oturmadır.

Ulusal ve uluslararası literatüre göre konut, mobilya ve sosyal yaşam alanlarında, yatağa bağımlı bireylere yönelik akademik ve bilimsel çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Yapılan tüm bu çalışmaları incelediğimizde yatağa bağımlı bireylerin ihtiyaçları sadece mobilya değil, sosyal yaşama katılımları, eğitimleri ve istihdamları konusunda bulunan mevcut engellerin kaldırılması gerekmektedir. Yatağa bağımlı bireylerin, kendi kendilerine yeterliliklerinin sağlanması, fırsat eşitliğinin gerçekleştirilmesi ve topluma, aktif ve üretken bireyler olarak katılımlarının sağlanmasının, kendilerinin ve ülkemizin geleceği açısından büyük önem taşıdığını unutulmamalıdır.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

2.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada yatağa bağımlı kullanıcıların mekân ve mobilya kullanımında karşılaştıkları sorunların belirlenmesi, yaşam kalitelerinin arttırılmasına yönelik araştırmaların yapılması ve analiz edilmesi ile birlikte ideal yatak odası tasarımının yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçlar hipotez olarak aşağıda ifade edilmiştir.

H1: Türkiye'de yatağa bağımlı bireyin yaşadığı sıkıntılara çözüm olacak çalışmalar yeterli sayıda değildir.

H2: Yatağa bağımlı bireyin yatak odası ihtiyaçları konusunda bakımını üstlenen kişiler yeterli bilgiye sahip değildirler.

H3: Yatağa bağımlı birey dışarıdan bakan insanların ne düşündüğünü kendi ihtiyaçlarından daha çok önemsemektedir.

2.2. Araştırma Alanı

Araştırma, Ankara ili sınırları içinde ikamet eden ve ev ziyaretini kabul eden hastalar, Türkiye sınırları içerisinde iletişim ağları kullanılarak ulaşılabilen yatağa bağımlı kullanıcılar veya yakınları araştırma alanı olarak seçilmiştir.

2.3. Araştırma Metodu

Araştırmanın amacına ulaşmak için gözlem ve anket araştırma metotları kullanılmıştır.

2.3.1. Yatağa Bağımlı Kullanıcıları Tanıma Anketinin Tasarımı

Hastaların yaş, cinsiyet, eğitim gibi sosyo-demografik özellikleri ile genel olarak yaşadıkları sorunları, sahip oldukları ürün - mekan şartlarını değerlendiren temel sorunlar belirlenmiş ve ihtiyaç duyulan detaylar ile ilgili 15 soru hazırlanmıştır. Bu sorular 5 farklı kişiye gönderilmiş ve anlaşılmadığı / eksik bulunduğu düşünülen kısımlar değiştirilmiştir. Alınan verilerden gerekli detayların elde edilemediği sorulara ek sorular eklenerek anket soru sayısı 19'a çıkarılmıştır. Sorular çoktan seçmeli olacak şekilde hazırlanmıştır fakat ek bilgi vermek isteyenler için yazılı cevap alanları bırakılmıştır.

2.3.2. Yatağa Bağımlı Kullanıcıları Tanıma Anketinin Uygulanması

Sorular Google Formlar ile dijitale aktarılmış ve örneklem grubuna link olarak iletilmiştir. Ayrıca 2 yatağa bağımlı birey ile yüz yüze görüşerek, anket el ile doldurulmuştur.

2.3.3. Gözlem

Komutta yatağa bağımlı bireylerin gözlemlenmesi için 28 kişi ile görüşme sağlanmış, ancak pandemi sürecine denk gelmesi ve kişiye özel durumlar söz konusu olduğundan yoğunluklu olarak olumsuz cevap alınmıştır. Bu sonuç doğrultusunda gözleme tabi tutulacak birey sayısı 2 olması uygun görülmüş, araştırmanın amacına uygun olarak aynı evde yaşayan ve eş olan yatağa bağımlı bireyler gözlem altına alınmıştır.

Bireylerden biri ev içerisindeki hareketini koltuk değneğiyle, diğeri ise yürüteç ile sağlamaktadır. Yatak odasında mobilya kullanım şekli, ev içerisinde hareket etme şekli bireyler tarafından gösterilmiş ve gerekli veriler alınmıştır.

2.4. Örneklem

Araştırmanın örneklemini; iletişim becerilerini kaybetmemiş yatağa bağımlı hastalar ile yakınları, iletişim güçlüğü çeken hastaların yakınları, evde bakım hizmeti veren bireyler ve konuya hakim sağlık çalışanları oluşturmaktadır. Ankete toplamda 100 kişi katılmıştır. Bu kişilerin %75'i yatağa bağımlı birey yakını / bakan kişi, %15'i sağlık çalışanı, %10'u yatağa bağımlı bireydir.

3. BULGULAR

3.1. TÜİK Bulguları

Türkiye de ki engellilik oranı, TUİK in 2002 yılında paylaşmış olduğu Türkiye Engelliler Araştırmasından elde edilen veriler sonucunda yaş grubu, yerleşim yeri ve engellilik türü olmak üzere 3 farklı başlık altında açıklanmıştır. Bu verilere göre, Türkiye de ki toplam engelli nüfusun %11,1 ini erkekler, %13,5 ini kadınlar oluşturmaktadır.

TUİK in 2010 yılında paylaşmış olduğu Engellilerin Sorun ve Beklentileri Araştırmasında, kayıtlı olan engelli bireylerin yaşadıkları yerdeki fiziksel çevre düzenlemelerinin, engelli bireyin kullanımına uygun olup olmadığı hakkındaki düşüncelerinin engel türüne göre dağılımını gösteren verileri açıklamıştır. Oturulan bina, kaldırım / yaya yolu ve yaya geçidi, kamu binaları, postane / banka, dükkan / market / mağaza / lokanta, park / yeşil alanlarda uygun değil diyenlerin oranı, uygun diyenlere kıyasla daha fazladır. Spor tesisleri, sinema / tiyatro, tatil yerleri / oteller için ise fikri olmayanların sayısı uygun ve uygun değil diyenlere kıyasla daha fazladır. Bu veri, engelli bireylerin bu alanları daha az kullanmakta olmasından kaynaklanmaktadır. Yine bu verilere göre, zihinsel engelliler hariç diğer engel türlerinin en fazla uygun bulmadıkları ortam, kaldırım, yaya yolu ve yaya geçitleridir. Zihinsel engellilerde ise en fazla uygun bulunmayan ortam oturdukları binalardır. Tüm engel türlerinde en fazla uygun bulunan ortam ise oturdukları binalardır.

3.2. Anket Bulguları

Yatağa bağımlı bireyler ve yakınlarıyla yapılan anket çalışmaları sonucunda; yatağa bağımlı bireylerin öğrenim durumları, yaş ortalamaları, devletten aldığı hizmetler, kişisel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılama zorlukları, yatak odası donatı ve mobilyalarını kullanım durumları ve hangi durumlarda zorlandığına dair bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular, orantısal tablolar ve grafik dağılımları şeklinde analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda yatağa bağımlı bireylerin yaşam kalitelerini düşüren unsurlar tespit edilmiş ve incelenmiştir.

Yapılan anket sonucunda elde edilen genel bulgular şu şekildedir;

- Ankete katılan bireylerin %46,5 i 46 yaş üzerindedir ve en fazla katılım bu yaştan gerçekleşmiştir. %0 ile 0-19 yaş arasında hiç katılım yer almamaktadır.
- Ankete katılan bireylerin %61,4 ü kadın, %38,6 sı erkektir.
- Ankete katılanların %80,2 si üniversite / yüksekokul mezunu olup, en fazla katılım bu gruptan sağlanmıştır. Okuryazar olmayan kişi bulunmamaktadır.
- Ankete katılan bireylerin %62 si evli, %38 i bekardır.
- Yatağa bağımlı bireylerin ihtiyaçlarının giderilmesine katkı sağlayanların genellikle çocukları olduğu gözlemlenmiştir.
- Yatağa bağımlı bireyin yaşamsal faaliyet durumlarındaki zorlanma dereceleri değerlendirildiğinde, yatağa bağımlı bireyler en çok dışarıda yer alan etkinliklere katılmakta zorlanırken, en az telefon görüşmesi yapmakta zorlanmaktadırlar.

Yapılan anket sonucunda elde edilen detay bulgular şu şekildedir;

- Ankete verilen yanıtlardan çıkarılan sonuca göre Tablo 4.1. de de görüldüğü gibi, yatağa bağımlı bireylerin %34,3 ü herhangi bir hizmetten yararlanmamaktadır. En fazla yararlanılan hizmet ise %25,9 ile tıbbi destek hizmetidir.

Çizelge 4.1. Yatağa Bağımlı Bireyin Aldığı Hizmet Durumu

ALINAN HİZMET DURUMU		
SEÇENEKLER	KİŞİ SAYISI	YÜZDESİ (%)
Danışmanlık	4	2,8
Psikososyal Destek	7	4,9
Hasta Hakları	11	7,7
Maddi Destek	12	8,4
Eğitim	4	2,8
Tıbbi Destek	37	25,9
Ev İşleri Hizmeti	11	7,7
Ulaşım	8	5,6
Yararlanmıyor	49	34,3

- Tablo 4.2. de yer alan verilere göre, tekerlekli sandalyeye %0 bağımlı olan 16 kişi ve %100 bağımlı olan 12 kişi yer almaktadır. Genel olarak en fazla (%100) bağımlı olma durumu 20 kişi ile insan desteği ile hareket kategorisindedir. Yatağa bağımlılık kategorisinde %0, %25 ve %50 bağımlılık eşit miktarda bir dağılım göstermiştir.

Çizelge 4.2. Yatağa Bağımlı Bireyin Hareketlilik ve Taşınmada Bağımlılık Durumu

HAREKETLİLİK/TAŞINMADA BAĞIMLILIK DURUMLARI					
SEÇENEKLER	BAĞIMLILIK DERECESİ (%)				
	0	25	50	75	100
Tekerlekli Sandalye	16	6	11	6	12
Koltuk Değneği	16	10	5	7	11
Yürüteç	14	11	7	7	10
Yatağa Bağımlı	10	10	10	7	13
İnsan Desteği	5	13	13	15	20
Bağımsız	30	7	8	3	3

- Kullanılan yatak durumu değerlendirildiğinde, %100 memnuniyet duyduğunu; normal yatakta 21 kişi, hava yatağında 4 kişi, manuel hasta yatağında 4 kişi, elektrikli hasta yatağında ise 6 kişi ifade etmiştir. Ankete yanıt verenlerin %39 u normal yatak kullanmaktadır ve 21 kişi de normal yataktan %100 memnun olduğunu belirtmiştir. Bu memnuniyette, bireylerin alım gücü dolayısıyla özellikli yatakları alamaması ve deneme imkanının oluşmaması da etkili olduğu düşünülmektedir.
- Kapı, pencere ve elektrik elemanları kullanımları değerlendirildiğinde, kapı kullanımlarında en fazla (%100) zorlanılan durum kapıyı açabilmektir, en az (%0) zorlanılan durumlar ise kapıya yaklaşabilmek ve kapıdan geçebilmektir. Pencerelerde en fazla (%100) zorlanılan durum dışarıyı izleyebilmektir, en az (%0) zorlanılan durum ise pencereye yaklaşabilmektir. Tabi bu donatı elemanlarını kullanımda mekanın yatağa bağımlı bireylere uygun tasarlanmış olması etkin rol oynamaktadır. Elektrik elemanlarında ise yatağa bağımlı bireyler aydınlatma anahtarlarını kullanmakta prizlere kıyasla daha çok zorlanmaktadırlar. Bunun sebebi prizlerin yatak hizasına konumlandırılması hatta bazı hasta yataklarının priz içermesi olabilir.
- Yatağa bağımlı bireyler oda içerisinde hareket ederken, en çok eşyalara takılmamakta zorlanmaktadırlar. Aynı zamanda en az zorlanma da yine bu kategoride yer almaktadır. Bu çelişki, oda içi dizaynın yatağa bağımlı bireylere göre düzenlenmiş ve düzenlenmemiş olmasının iki farklı sonucu olarak değerlendirilebilir.
- Yatağa bağımlı bireylerin yatak üzerindeki yaşamsal faaliyet durumları değerlendirildiğinde, en fazla zorlanılan faaliyet okuma / yazma ve yatak üzerinde kişisel bakım ihtiyaçlarının giderilmesidir. En az zorlanılan faaliyet ise yatak üzerinde telefon / tablet / pc gibi elektronik cihazların kullanımıdır.
- Yatağa bağımlı bireyin elbise dolabı ve diğer mobilyaları kullanım durumlarındaki zorlanma dereceleri Tablo 4.3. te yer almaktadır. Bireyler alt bölümleri kullanmakta oldukça zorlanırken, askıları ve üst bölümleri kullanmakta daha az zorlanmaktadırlar. Bireyin tekerlekli sandalye kullanırken veya çeşitli destekler ile ayakta dururken, bir dolabın alt bölümlerine ulaşmak için eğilmesi pek mümkün olmamaktadır.

Çizelge 4.3. Yatağa Bağımlı Bireyin Elbise Dolabını Kullanmakta Zorlanma Derecesi

ELBİSE DOLABI KULLANIM DURUMU					
SEÇENEKLER	ZORLUK DERECESİ (%)				
	0	25	50	75	100
Kapakları Açabilmek	21	29	16	8	17
Çekmeceleri Açabilmek	22	21	21	8	19
Alt Bölümleri Kullanabilmek	21	26	18	8	20
Orta Bölümleri Kullanabilmek	25	23	19	7	15
Üst Bölümleri Kullanabilmek	26	22	17	9	18
Askıları Kullanabilmek	27	18	20	9	17

3.3. Gözlem Bulguları

Yapılan genel gözlemlerin analizi sonucunda, yatağa bağımlı bireylerin en fazla yatak yaralarından ve kişisel temizlik ihtiyaçlarını destek almadan giderememelerinden rahatsız oldukları anlaşılmıştır. Ayrıca, bu bireylerin yaşam kalitelerini artırma bilincinin birçok kişide henüz oluşmamış olduğu fark edilmiştir. Örneğin, ev içerisinde gerekli düzenlemelerin yapılma oranı oldukça azdır. Araştırmanın amacının anlatımı ile birlikte bu konuda yapılmış birçok çalışma olduğundan bahsedilmiştir.

Hipotezler doğrultusunda fikirleri sorulmuş ve rahatsızlıklarının başlarında başka insanların nasıl gördüklerini, ne düşündüklerini çok fazla önemsediklerini fakat zamanla kendi konforlarını ön plana koyduklarından bahsetmişlerdir. Yardımcı olan, ilgilenen kişilerin ilgi ve motivasyonlarının, kendi duygularını da doğrudan etkilediğinden bahsetmişlerdir.

4. SONUÇ

Yapılan gözlemler sonucunda, yatak odası ve eşyaları bireylerin günlük yaşamını kolaylaştıracak şekilde alternatif çözümler ile düzenlenmiştir. Fakat yine de odada yeterli alanın olmadığı, yatağın bireyler için kullanışlı olmadığı ve elbise dolabının ihtiyacı tam anlamıyla karşılamadığı gözlemlenmiştir.

Yapılan anket sonucunda, bazı konularda hem en iyi hem de en kötü değerlendirmeler aynı cevap üzerinde toplanmış, bu durum yatağa bağımlı bireye bakan kişilerin bilinçli olduğu durumlarda olumsuzlukların azaldığı ama tam tersi durumlarda sorunların arttığını netleştirmiştir.

Sonuç olarak, yatağa bağımlı bireylerin yatak odalarındaki yaşam kalitelerini artırmak için, büyük odaların tercih edilmesi, oda içerisinde çok fazla eşya barınmaması, içerinin yeterli ışığı alabiliyor olması oldukça önemlidir. Mobilya seçiminde, ideal kullanım ölçüleri göz önünde bulundurulmalı, sivri köşeli olanlar tercih edilmemelidir. Bulunduğu ortamda engellere takılmayan, istediği şeylere rahatça ulaşabilen bireyler kendilerini rahat hissedecektirler. Yatağa bağımlı bireylerin gün içerisinde en fazla vakit geçirdikleri yerin yatak odası olması sebebiyle de, psikolojik ve biyolojik sağlıkları için hissedecekleri bu rahatlık oldukça önem arz etmektedir.

Yatağa bağımlı bireyler ile ilgili çalışmalar yapılması için ilgili kişiler teşvik edilmeli, yapılan çalışmalarda önemli bulgular hayata geçirilmelidir.

Toplumsal anlamda, öncelikli olarak yatağa bağımlı bireye bakan kişi ve çevresinde yer alan herkesin bilinçlendirmesi ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Bakımı üstlenen kişide bir yaşamı üstlendiğinin bilinci oluşturulmalı ve gerekli konularda eğitimler alması için teşvik edilmelidir.

KAYNAKÇA

İnsan Hakları Derneği (1948), İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi.

A. MÜLAYİM (2017). İç Mekan Düzenlemesinde Engellilere Yönelik Çözüm Önerileri, Journal of Engineering and Science 3, 68-94

C. Ç. ÖZLÜ (2016). Yatağa Bağımlı Hastaların İhtiyaçları Nelerdir?, https://sesanltd.com.tr/yataga-bagimli-hastalarin-ihtiyaclari-nelerdir/

M. Filiz ULUSOY (1989). 'Yatağa Bağımlı Hastaların Kas-İskelet Sistemlerinde Oluşabilecek Fonksiyon Kayıplarının Ve Deformitelerin Önlenmesinde Koruyucu Pozisyonların Yeri', Ege Üniversitesi Hemşirelik Yüksek Okulu Dergisi, 5 : 2.

TUİK (2010). Engellilerin Sorun ve Beklentileri Araştırması.

TUİK (2022). Türkiye Engelliler Araştırması.

Ç.G. Özkan, B. Bayrak, B.C. Demirbağ (2022). 'Ev Ortamında Yatağa Bağımlı Hastanın Bakım Vericilerinin Bakım Yükü ve Kaygı Düzeyine Yönelik Hemşirelik Girişimleri', Halk Sağlığı Hemşireliği Dergisi, 2022 - 4(1).

Presentation ID / Sunum No:52

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0006-7464-3406

Yapısal Optimizasyon İle Helikopter Kuyruk Konisinin Doğal Frekansının Değişimi

Prof.Dr. Nizami Aktürk[1], Araştırmacı Kerem Akkaşoğlu[1]
[1] Gazi Üniversitesi

*Corresponding author: Kerem Akkaşoğlu

ÖZET: *Helikopterler doğası gereği çok fazla dönel elemana sahip ve yoğun bir şekilde titreşime maruz kalan hava araçlarıdır. Bu titreşimler çoğu zaman risk teşkil etmese de bazı durumlarda çok riskli olabilmektedir. Tüm yapıların olduğu gibi helikopterlerde de doğal frekans değerlerine sahiptirler ve bu doğal frekans değerleri tahrik frekansı değerleri ile çakıştığında yapı rezonansa girerek statik yüklerden daha fazla dinamik yüklere maruz kalabilmektedir. Bu dinamik yükler ise kırıma kadar ulaşabilecek durumlara sebebiyet verebilir. Yapılacak çalışmada tahrik frekansı ile çakışan doğal frekans değerleri için yapısal bir optimizasyon çalışması yapılacak ve bu değerler ötelenmeye çalışılacaktır. Doğal frekansın değişimi yapının sönümlemesinin, ağırlığının veya katılığının(rijitliğinin) değişimi ile mümkün olmaktadır. Helikopterlerin yapısal kısımlarında genellikle sönümleme amacıyla kullanılan bir yapı bulunmamaktadır. Bu sebeple ağırlık ve katılığın değişimi oldukça büyük önem arz etmektedir. Yapısal optimizasyon kapsamında helikopter kuyruğunun yapısal elemanlarının malzemeleri, kalınlıkları ve kesitleri değiştirilecektir. Böylece yapının katılığı ve ağırlığı değiştirilecek ve bu değişiklikler sonlu elemanlar modelinde yansıtılarak her değişiklik için model oluşturulan koşturularak sonuçları incelenecektir. Çalışma sonucunda ağırlık ve katılığın değişimi ile doğal frekans değerlerinin ne şekilde değiştiği incelenecektir.*

Anahtar Kelimeler: *Helikopter, Doğal Frekans, Modal Optimizasyon*

Natural Frequency Change Of The Helıcopter Taıl Cone By Structural Optımızatıon

Abstract: *Helicopters are aircraft that have many rotating elements and subject to intense vibration by nature. Although these vibrations do not pose a risk most of the time, they can be very risky in some cases. Like all other structures, helicopters also have natural frequency values, and when these natural frequency values coincide with the drive frequency values, the structure can resonate and be exposed to more dynamic loads than static loads. These dynamic loads can cause situations that can reach up to breaking. In this study, a structural optimization study will be made for the natural frequency values that coincide with the drive frequency and these values will be tried to be shifted. The change of the natural frequency is possible by changing the damping, weight or stiffness of the structure. There is no damping element used for the structural parts of helicopters. For this reason, the variation of weight and stiffness is of great importance. Within the scope of structural optimization, the materials, thickness and cross-sections of the structural elements of the helicopter tail will be changed. Thus, the stiffness and weight of the structure will be changed with these changes. And these changes applied to finite element model, and the results will be examined by running the model for each change. As a result of the study, it will be examined how the natural frequency values change with the change of weight and stiffness.*

Keywords: *Helicopter, natural frequency, mode optimization*

1. INTRODUCTION

As seen in figure below, the main components of a helicopter can be listed as fuselage, landing gear, power generation system (engine/s), power transmission system (transmission), main rotor and tail rotor systems. These components must protect their structural integrity under the applied static and dynamic loads. Static loads caused by flight, landing and miscellaneous load for various conditions. Dynamic loads are usually caused by the vibration of rotating elements such as the main rotor, tail rotor, gear wheels and bearings. In order to avoid excessive vibrations that cause dynamic loads, it is an undesirable situation for the structure to resonate by overlapping the blade passage frequencies and the natural frequency of the structure.

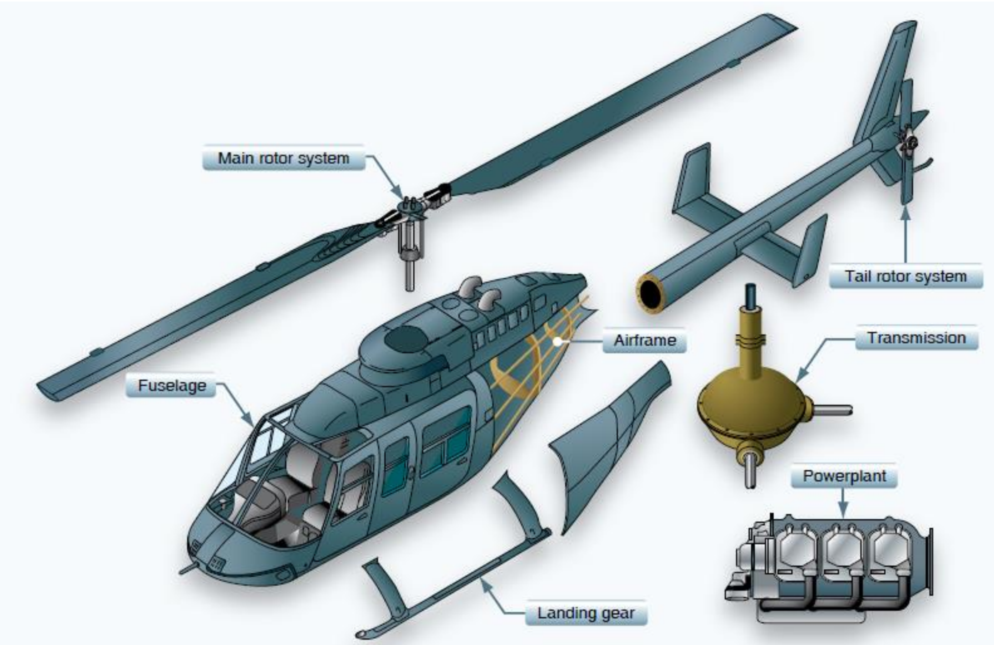


Figure 20 Main components of helicopter [1]

2. LITERATURE SURVEY

Studies on helicopters date back to old times, Leishman explained the basics and details of helicopter aerodynamics with examples in his book [2]. Bielawa, on the other hand, worked in the fields of structural dynamics and vibration as well as aeroelasticity in his book [3]. Like all other structures it is an undesirable situation for the drive frequency and the natural frequency of the structure to coincide in helicopters. In such cases, either the driving frequency should be changed or the natural frequency value should be changed with the changes to be made in the structure. Abdurohman, Sakti and Silitonga examined the effect of weight on the natural frequency by working on the operational empty weight and maximum take-off weights without making any structural changes for the wing of the N219 aircraft. In their study, they observed that the natural frequency decreases with increasing of weight [4]. Also, Camargo, Jacobsen and Strafacci tried to extend the periodic maintenance intervals of the helicopter by examining the changes in natural frequency and vibration levels by conducting flight and ground tests with the helicopter in the standard configuration and the helicopter with the payload added close to the center of gravity. They performed a single-shake test and flight test on the ground with 26 accelerometers placed on the helicopter in the standard configuration. As a result of these tests, they observed the same mode shapes in the flight test at lower natural frequency values compared to the ground test. Flight tests were also carried out with a helicopter with payload added, and a slight increase in vibration levels was observed, but they did not see a significant decrease in natural frequency values. They interpreted the fact that the added payloads were exactly at the horizontal tail level and the aerodynamic effect changed as the reason why there was no significant decrease in the natural frequency values despite the increase in the weight of the structure [5].

3. ANALYSIS

Modal analysis is the analysis made in order to understand the dynamic behavior of structures. As a result of these analyzes, it is understood how the structures will vibrate and how they will react to the input force. As a result of the analysis, the natural resonance frequencies and damping parameters of the structure can be calculated and the mode shapes can be visualized on an animated geometry of the measured objects. Normal mode analysis is also called eigenvalue analysis or eigenvalue extraction. In summary, normal mode analysis is a technique used to calculate the vibration patterns and associated frequencies that a structure will exhibit. Lanczos solution method and mass normalization method were used in order to get the most appropriate results in the analysis.

3.1. Engine Drive and Blade Passage Frequency

Table 6 Frequency values for various helicopters [6]

Helicopter	**Ω(Hz)**	**N_b**	**ω (Hz)**
Bell B204	4.9	2	9.8
Sikorsky H-60 Black Hawk	4.3	4	17.2
Robinson R22	8.8	2	17.6
Mil Mi-26	2.2	8	17.6
Agusta Westland (now Leonardo) AW139	4.95	5	24.75

In the study, an optimization study was carried out for the structural elements of the tail, which is considered for a general-purpose helicopter with a maximum take-off weight of 6 tons, 5 main rotor blades and 4 tail rotor blades.

Therefore, according to information given, the rotation speed of the main rotor is accepted as 300 rpm. In helicopters, the intermediate gearbox usually increases the speed between 3-6 and transmits it to the tail rotor, as a result, the speed of the tail rotor main rotor varies between 3-6 times, so the rotation of the tail rotor is accepted as 1440 rpm.

For the primary analysis results, the natural frequency values for the helicopter horizontal stabilizer (HS) component were found to be 23.09 Hz, and this value will be tried to be shifted out of the 10% critical range with the optimization work to be done.

3.2. Optimization

For optimization study, firstly tail cone longeron structure sections change to L, C and HAT section and these sections change effect both weight and stiffness but longeron structures are far away from HS so, these changes did not cause any major change natural frequency of HS.

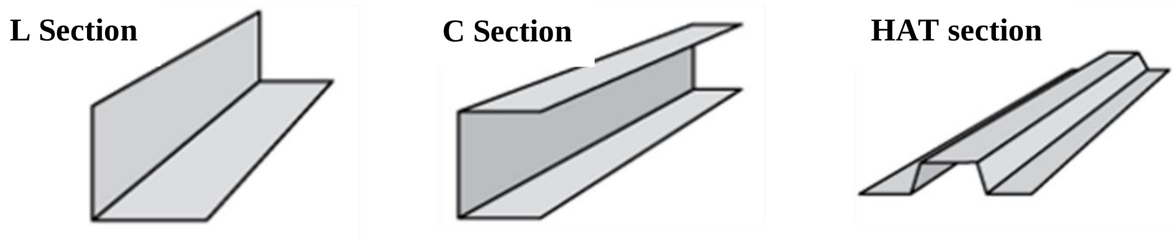


Figure 2 Longeron sections

After that, symmetric and asymmetric additional mass are connected to HS high displacement area. For symmetric additional mass as seen in Figure 3, masses are increase until 6 kg for avoid 10% band of drive frequency. For asymmetric additional mass, only left side 1 kg additional mass (Case 3) can shift natural frequency from 10% avoidance band as seen is Table 2.

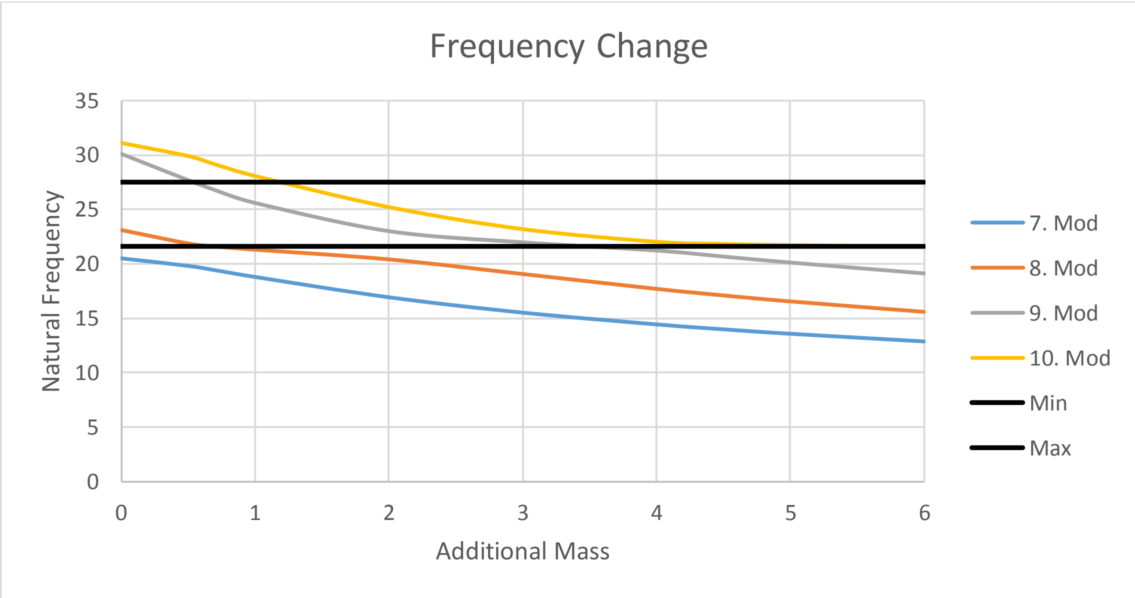


Figure 3 Natural frequency change with symmetrical additional mass

Table 7 Natural frequency change with asymmetrical additional mass

Additional Mass (kg)														
	Case 0		Case 1		Case 2		***Case 3***		Case 4		Case 5		Case 6	
			Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
		0	**0**	**0.5**	**0.5**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0.5**	**1**	**1**	**0.5**
Frequency (Hz)	7. mode	20.5	20.36		20.02		19.99		19.32		19.43		19.1	
	8. mode	23.1	22.15		22.44		21.43		22.01		21.36		21.67	
	9. mode	30.1	29.14		29.12		28.32		28.27		26.71		26.69	
	10. mode	31.1	30.61		30.68		29.78		30.12		28.88		29.05	

In third iteration, the aluminum material of the tail was changed to steel, titanium and magnesium. Due to the parallel change of stiffness and weight in material change, no significant changes were observed in natural frequency values as seen in Table 3.

Table 8 Natural frequency change with material

Material	Natural Frequency (Hz)
Aluminum	23.09
Steel	24.8
Titanium	23.55
Magnesium	22.72

In the continuation of the studies, thickness of some HS structural part reduced. As a result of weight reductions, a total weight of 240 g has been reduced. As a result, the natural frequency value increased from 23.09 Hz to 24.12 Hz. In this analysis step, it was seen how effective small changes made in critical regions could be.

Finally, honeycomb structure is used as composite material instead of sheet metal metallic material as horizontal tail material.

Table 9 Core and sheet metal material natural frequency

	Sheet Metal HS	Core HS
Weight (kg)	20.5	20.5
Generalized Stiffness	21043	17666
Natural Frequency (Hz)	23.09	21.15
Displacement (mm)	16.78	7.95

4. Conclusion

As a result of the analysis, it was observed that the natural frequency value did not change to a large extent in parallel increase and decrease of both stiffness and weight. Therefore, the increase or decrease in thickness in the same section does not contribute to the natural frequency change. For this reason, in order to shift the natural frequency value, it is necessary to increase or decrease the weight of the structure by keeping the stiffness constant, or to change the stiffness by keeping the weight constant. For this purpose, instead of the thickness change in the same section, analyzes were run with elements with different sections. However, changes in mode shape in places far from the high displacement region do not cause large differences for natural frequency and mode shape. According to the FE model results, weight addition and weight reduction studies were carried out for high displacement places, and the most successful results for natural frequency translation were seen in these analyzes. In addition, the natural frequency values for the horizontal stabilizer design, which is modeled with honeycomb material instead of sheet metal material, have also changed greatly. Here, too, the drastic change in the rigidity of the structure has caused this effect.

5. References

[1] Federal Aviation Administration, "Helicopter Components, Sections, and Systems," Helicopter Fly. Handb., vol. 1, no. 3, p. 20, 2019

[2] J. G. Leishman, Principles of Helicopter Aerodynamics, Second Edi. New York, USA.: Cambridge University Press, 2006.

[3] R. L. Bielawa, Rotary Wing Structural Dynamics and Aeroelasticity, Second Edi. Reston, Virginia.: American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 2006.

[4] K. Abdurohman, R. M. B. Sakti, P. Wismoyo, and P. Silitonga, “Normal Mode Analysis of N219 Wing for B-11 Configuration,” no. April, 2015.

[5] E. Camargo, N. J. Jacobsen, and D. Strafacci, “Operational modal analysis on a modified helicopter,” Conf. Proc. Soc. Exp. Mech. Ser., vol. 1, no. April

[6] A. Tamer, A. Zanoni, A. Cocco, and P. Masarati, “A Generalized Index for the Assessment of Helicopter Pilot Vibration Exposure”

Presentation ID / Sunum No:54

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Düşük, Orta ve Yüksek Azot Yükleri İçin Pre-Anoksik ve Post-Anoksik Prosesler İle Arıtma Maliyetlerinin Model Bazlı Analizi

Researcher Iqra Panhwar[1] , Asst.Prof.Dr. Neslihan Manav-Demir[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Iqra Panhwar

ÖZET: *Bu çalışma, bioXL3p adlı bir MS Excel Visual Basic for Applications (VBA) aracı kullanılarak azot giderimi için pre-anoksik ve post-anoksik sistemlerin arıtma maliyeti analizinin araştırıldığı bir modelleme çalışmasının bulgularını sunmaktadır. 3600 m^3/saatlik bir giriş atıksu debisi için iki varsayımsal sistem tasarlanmıştır. Her iki sistem için de giriş kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam fosfor konsantrasyonları sırasıyla 400 g/m^3 ve 4 g/m^3 değerlerinde sabit tutulmuş; düşük, orta ve yüksek giriş azot yükleri için toplam azot (TN) konsantrasyonları sırasıyla 20, 40 ve 60 g/m^3 kabul edilmiştir. Sonuçlar, düşük, orta ve yüksek azot yüklerinde pre-anoksik sistemde azot giderim verimlerinin sırasıyla %82,55, %77,65 ve %73,81; işletme maliyetlerinin (yalnızca elektrik maliyetleri) ise 0,2, 0,25 ve 0,3 m pompa basma yüksekliklerinde 6.900 $/yıl, 8.600 $/yıl ve 10.300 $/yıl olduğunu göstermiştir. Post-anoksik sistemde ise işletme maliyetleri eklenen harici karbon (metanol) maliyetleri olarak analiz edilmiş olup, düşük azot yükünde azot giderim verimi %88,8 ve işletme maliyeti 73.600 $/yıl; yüksek azot yükünde ise azot giderim verimi %64,06 ve işletme maliyeti 736.000 $/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, özellikle kullanılacak harici karbon kaynağının fiyatı yüksek olduğunda, pre-anoksik sistemin atıksulardan azot giderimi açısından daha ekonomik olduğunu göstermektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Azot Giderimi, Pre-Anoksik Proses, Post-Anoksik Proses, Arıtma Maliyeti, Aktif Çamur Modeli*

Model-Based Analysis of Treatment Costs by Pre-Anoxic and Post-Anoxic Processes for Low, Medium, and High Nitrogen Loads

ABSTRACT: *This study presents findings of a modeling work in which analysis of treatment cost by pre-anoxic and post-anoxic systems with nitrogen removal efficiencies have been investigated using an MS Excel Visual Basic for Applications (VBA) tool, named bioXL3p. Two hypothetical systems were designed for an influent wastewater flowrate of 3600 m^3/h. For both systems, influent chemical oxygen demand (COD) and total phosphorus concentrations were 400 g/m^3 and 4 g/m^3 where total nitrogen (TN) concentrations for low, medium, and high nitrogen loads were 20, 40, and 60 g/m^3. The results showed that, in a pre-anoxic system with low, medium, and high nitrogen loads, the nitrogen removal efficiencies were 82.55%, 77.65%, and 73.81%, respectively, while the operating costs (electrical costs only) at different nitrogen loads were analyzed as about 6,900 $/year, 8,600 $/year and 10,300 $/year for 0.2 m, 0.25 m, and 0.3 m pumping heads, respectively. In a post-anoxic system, operating costs were analyzed as the costs of external carbon (methanol) added. Results showed that, at low nitrogen load, the nitrogen removal efficiency was 88.8% at an annual operating cost of about $73,600, while, at high nitrogen load, the nitrogen removal efficiency was 64.06% at an annual operating cost of about $736,000. Results of the study suggested that employing a pre-anoxic system for treatment is more economical for nitrogen removal especially if external carbon source is expensive.*

Keywords: *Nitrogen Removal, Pre-Anoxic Process, Post-Anoxic Process, Treatment Cost, Activated Sludge Model*

1. INTRODUCTION

The wastewater in which compounds such as nitrate, ammonia, nitrite, and organic bound N could be harmful to the water bodies and it affects the suitability of water and wastewater for reuse. Removal of nitrogen is important to protect the water resources, especially in the regions that already face water shortage (Cherchi et al., 2009). Therefore, many countries have enforced standards in recent years for the discharge of nitrogen. For instance the concentration of (TN and COD) from the effluent of municipal wastewater treatment plants in Türkiye should be less than 15mg/L for population of 10,000-100,000 and 125 mg/L for populations below 10,000, that is why various of the recent studies and researches have been taken place on creating new technologies (Ayaz et al., 2015). In regard to its deteriorating effects on receiving water bodies, nitrogen removal from wastewater have become a priority, with numerous research studies dedicated to the nitrogen removal techniques, to improve the quality of effluent with a reduced cost of the treatment. Although many of the common single-sludge biological processes like the Bardenpho process are effective at removing nitrogen, they are frequently unfavorable or insufficient in terms of process optimization, retrofitting, or economics. Therefore, it has become desirable to look for technically feasible and cost-effective nitrogen removal technologies for less demanding nitrogen removal. In fact, nitrogen removal can be accomplished by simply turning on and off the air to the reactor to maintain continuously alternating aerobic-anoxic conditions (Beylier et al., 2011). Ammonium is converted into nitrate during the air-on phase, and nitrate is employed for oxidizing organic carbon during the air-off phase. In order to reduce eutrophication in receiving water bodies, biological nitrogen and phosphorus removal has been used widely in wastewater treatment processes (Ali et al., 2021). Biological nitrogen removal (BNR) is the most proper way to meet lower effluent N concentrations (Eom and Park, 2023). Biological removal of nitrogen is accomplished using nitrification and denitrification processes. Under aerobic conditions (nitrification) ammonia (NH_4^+-N) is oxidized to nitrite (NO_2^--N) and nitrate (NO_3^--N). Under anoxic conditions (denitrification), nitrate is converted to nitrite and to N_2. The denitrification process requires organic matter as electron donor (Li et al., 2023).

Nitrification and denitrification processes can be done in two different ways as pre-denitrification and post-denitrification. The sequence is anoxic/oxic in pre-denitrification (Ravishankar et al., 2022), and oxic/anoxic in post-denitrification. Both systems have different advantages and disadvantages compared to each other. While there is a need for an internal recycle for nitrite/nitrate return in pre-denitrification (Woo et al., 2022), an external carbon source may be needed in post-denitrification. One of the most important factors that might directly affect the effectiveness of biological nitrogen removal is the influent's C/N ratio. For denitrification the stoichiometric requirement of organic substrate is known as 2.86 g COD/g N, and several studies have demonstrated that C/N ratios between 6 and 11 g COD/g N is required in order to obtain sufficient nitrogen removal efficiencies (Pelaz et al., 2018). Therefore, external carbon sources can be used to achieve high-efficiency nitrogen removal, especially in regions with low discharge standards. Although methanol requires a longer adaptation period, it is often preferred as an external carbon source due to its relatively low cost and easy availability (Yin and Guo, 2022).

This study describes the findings of a modeling project in which the bioXL3p tool from MS Excel's Visual Basic for Applications (VBA) was used to analyze the analysis of treatment cost by pre- and post-anoxic systems with nitrogen removal efficiency. Two hypothetical systems were created for a 3600 m^3/h influent wastewater flowrate. In both systems, the effects of different external carbon ratios on influent COD and total phosphorus concentrations of 400 g/m^3 and 4 g/m^3 were examined. Total Kjeldahl nitrogen (TKN) values for low, medium, and high nitrogen loading were 20, 40, and 60 g/m^3 in both systems.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Activated Sludge Process

A pre-anoxic and a post-anoxic system were designed for an influent wastewater flowrate of 3600 m^3/h. The post-anoxic system consisted of an aerobic reactor followed by an anoxic reactor and secondary clarifier while the sequence of aerobic and anoxic were changed in the pre-anoxic system, and an internal recycle line for nitrate recycle from the aerobic reactor to the anoxic reactor was established. For both systems, the return activated sludge (RAS) was taken from the secondary clarifier (bottom), mixed with influent wastewater (primary effluent) and discharged to the first process reactor in the system. Waste activated sludge (WAS) was taken from the secondary clarifier (bottom). The RAS ratio was 80% (2880 m^3/h). The WAS flowrate was adjusted around 82 m^3/h for setting the sludge retention time (SRT) around 10 days. For both systems, the hydraulic retention times (HRTs) of aerobic and anoxic reactors were 8 and 3 hours, respectively. The total surface area of the secondary clarification unit was 6500 m^2 with a side-wall depth of 3 m. The ratio of internal recycle (IR) flowrate to influent flowrate in the pre-anoxic system was 200% (7200 m^3/h). Flowchart of both systems are shown in Figure 1, and the design specifications are given in Table 1.

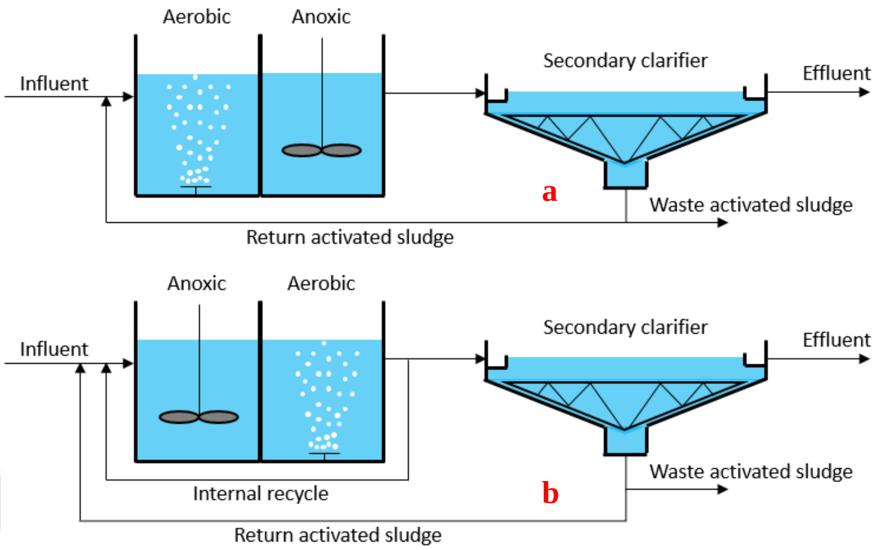


Figure 1. Flowchart of the Processes. **A)** Post-Anoxic Process, **B)** Pre-Anoxic Process

Table 1. Design Specifications of Activated Sludge Processes

Dimensioning	**Value**
Process reactors	
Aerobic volume	28800 m^3
Anoxic volume	10800 m^3
Total hydraulic retention time (HRT)	11 h
Return activated sludge (RAS) flowrate	2880 m^3/h (80%)
Waste activated sludge (WAS) flowrate	82 m^3/h
Internal recycle (IR) flowrate (only pre-anoxic)	7200 m^3/h (200%)
Sludge retention time (SRT)	10 days
Secondary clarifier	
Total surface area	6500 m^2
Surface loading	Around 1 m^3/m^2.d
Side-wall depth	3 m
Hydraulic retention time (HRT)	Around 3 h
Inlet depth	1.5 m from surface

2.2. Wastewater Characterization

The purpose of simulations were to obtain steady-state nitrogen removal efficiencies of the processes under low, medium, and high nitrogen concentrations in the influent. For this purpose, influent C/N ratios of 100/5, 100/10, and 100/15 were assumed. In all cases, influent C/P ratio was 100/1. Influent chemical oxygen demand (COD) and total phosphorus concentrations were 400 g/m^3, and 4 g/m^3 in all simulations. For low, medium, and high nitrogen loads, total Kjeldahl nitrogen (TKN) was 20, 40, and 60 g/m^3, respectively. The data summarized (Rössle and Pretorius, 2001), was adapted for calculating influent component concentrations in the activated sludge model. Wastewater characterization used in simulations are shown in Table 2.

Table 2. Influent Wastewater Characterization

Characterization	Concentration
Conventional characteristics	
Chemical oxygen demand (COD)	400 g/m^3 as COD
Total Kjeldahl nitrogen (TKN)	20, 40, 60 g/m^3 as nitrogen
Total nitrogen (TN)	20, 40, 60 g/m^3 as nitrogen
Total phosphorus (TP)	4 g/m^3 as phosphorus
Alkalinity	5 mol/m^3 as HCO_3
Temperature	20°C
Activated sludge model components	
Inert soluble organics	20 g/m^3 as COD
Readily biodegradable organics	140 g/m^3 as COD
Inert particulate organics	20 g/m^3 as COD
Slowly biodegradable organics	220 g/m^3 as COD
Ammonia+ammonium nitrogen	7.5, 27.5, 47.5 g/m^3 as nitrogen
Nitrite+nitrate nitrogen	0
Phosphate phosphorus	2.7 g/m^3 as phosphorus

2.3. Simulation Tool

An open-access MS Excel Visual Basic for Applications (VBA) tool was used in simulations. The toll, called bioXL3p, is an improved version of bioXL (Manav Demir and Demir, 2017) and bioXL3 (Demir and Manav Demir, 2020), with an improved, user-friendly interface. It has extensive error handling procedures that produce proper warning messages in case of erroneous entries. The tool allows the topology of the activated sludge process by reactors and links connecting these reactors. It assumes complete-mixing in all reactors and is capable of performing steady-state and unsteady-state solutions for the system.

bioXL3p employs Activated Sludge Model No. 3 (ASM3) (Gujer et al., 1999) extended with the EAWAG bio-P module (Rieger et al., 2001), together called ASM3p. The extended model contains 23 processes including several of each heterotrophic, autotrophic and phosphorus removal processes as well as 16 individual components, 8 of which is in dissolved form and 8 is in particulate form. The relationships between processes and individual components are defined with 26 stoichiometric and 44 kinetic parameters. The tool incorporates a one-dimensional, ten-layered secondary sedimentation model with Takacs double-exponential model (Takacs et al., 1991) for settling velocities. In all simulations default values of stoichiometric, kinetic, and settling parameters were used.

2.4. Cost Comparison

The post-anoxic and the pre-anoxic systems were the same in terms of construction costs. The exception is that an internal recycle line (pump and piping) was used in the pre-anoxic system while a storage tank and dosing unit for the external carbon source was used in the post-anoxic system. The installation costs of the internal recycle and the external carbon dosing system were assumed as equal. Therefore, the systems were different only in terms of operating costs, and the cost comparison of the processes were performed based on nitrogen removal effectiveness, which is defined as the cost of removing unit mass (kg) of nitrogen from the wastewater, and calculated as the ratio of the annual operating cost of the process to the annual mass of nitrogen removed.

For the pre-anoxic system, annual pumping cost of the internal recycle flowrate was calculated using the general power formulation as:

$$E_1 = 8.760\frac{Q_r \rho g \Delta h}{\eta} \quad (1)$$

where Q_r is the internal recycle flowrate (m^3/s), ρ is the density of wastewater (kg/m^3), g is gravitational acceleration (9.81 m/s^2), Δh is the pumping head (m of water column), η is the overall efficiency of the pump, and E_1 is the annual electrical energy consumed (kWh). For the purpose of estimating operating cost (electrical cost of pumping) of the pre-anoxic system, the total pumping head in the internal recycle line is taken as the sum of difference of the heads in both reactor and the headloss in the pipe. The total pumping head in the internal recycle line was assumed as 0.5 m of water column for all practical purposes. The cost of electricity was assumed as $0.11 per kWh. For the post-anoxic system, annual cost of the external carbon was calculated using

$$E_2 = 31536 Q_w C \quad (2)$$

where Q_w is the influent flowrate (m^3/s), C is the external carbon dose for effective denitrification (g/m^3), and E_2 is the mass of external carbon consumed yearly (kg). External carbon added to the aerobic reactor was assumed as methanol. For the purpose of estimating operating cost (cost of methanol) of the post-anoxic system, the cost of methanol was assumed as $0.5 per kg. It should be noted that this cost is based on the free-onboard price of methanol from the manufacturer, and does not include shipping and customs taxes etc. The actual cost of methanol will depend on its availability and purity etc.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Simulations performed for post-anoxic and pre-anoxic systems with low, medium, and high nitrogen loads to predict carbon and nitrogen removal performances of the treatment systems as well as the operating costs for nitrogen removal.

3.1 Pre-Anoxic Process

In this system three different loads of nitrogen were used:

- **Low Nitrogen Load (LNL)**: The ratio of C/N/P was used as 100/5/1 after the simulation of LNL effluent concentration COD was observed as 30.73 g/m^3, corresponding to removal efficiency up to 92.31%, where total nitrogen TN from effluent was calculated up to 3.49 g/m^3 with the removal efficiency upto 82.55%.
- **Medium Nitrogen Load (MNL):** The ratio of C/N/P was used as 100/10/1, where after simulation it shows that the COD concentration in effluent was up to 30.41 g/m^3 and TN was 8.94 g/m^3 , the removal efficiencies in (MNL) process was 92.39% and 77.65% .
- **High Nitrogen Load (HNL):** The ratio of C/N/P was used as 100/15/1, after the simulation the results in HNL COD from the effluent was 30.63 g/m^3 and TN was 15.71 g/m^3 corresponding

to removal efficiency up to 92.34% and 73.81%. Figure 2 shows the removal efficiencies of COD and TN in pre-anoxic process with low, medium and high nitrogen loads.

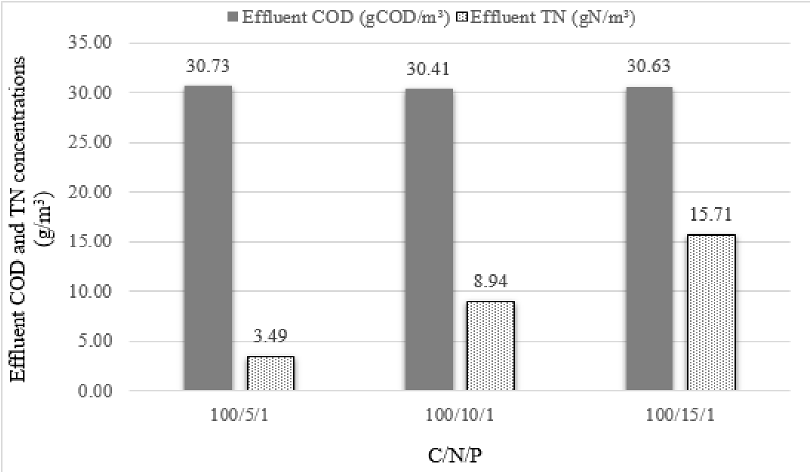


Figure 2. Pre–Anoxic Process with Low, Medium and High Nitrogen Loads

3.2 Post–Anoxic Process

In the post-anoxic process, same Influent wastewater characterization taken as in the pre-anoxic process. In this system, different ratios of nitrogen loads for example: low, medium and high 20 g/m^3, 40 g/m^3, and 60 g/m^3 used with seven different ratios of external carbon. As a source, carbon plays important role in the post-anoxic process. It acts as an electron donor and with that, it is the energy source for microbial metabolism for the process and it is one of the main factors (Janus and Ulanicki, 2015), therefore different ratio of carbon added with nitrogen loads to check the performances, removal efficiencies of TN, COD and find the cost-effective system. The external carbon ratios, which used while the simulation was 0 kg/h, 25.2 kg/h, 50.4 kg/h, 75.6 kg/h, 126.0 kg/h, 188.0 kg/h, and 252.0 kg/h. After simulation, the result, which obtained are in Figures 3, 4, and 5.

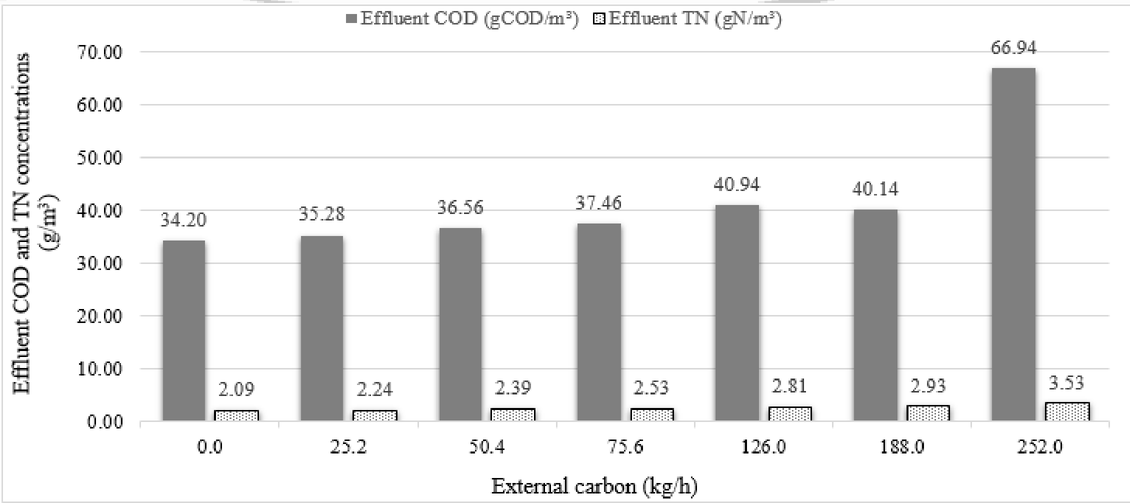


Figure 3. Post–Anoxic Process with Low Nitrogen Loads

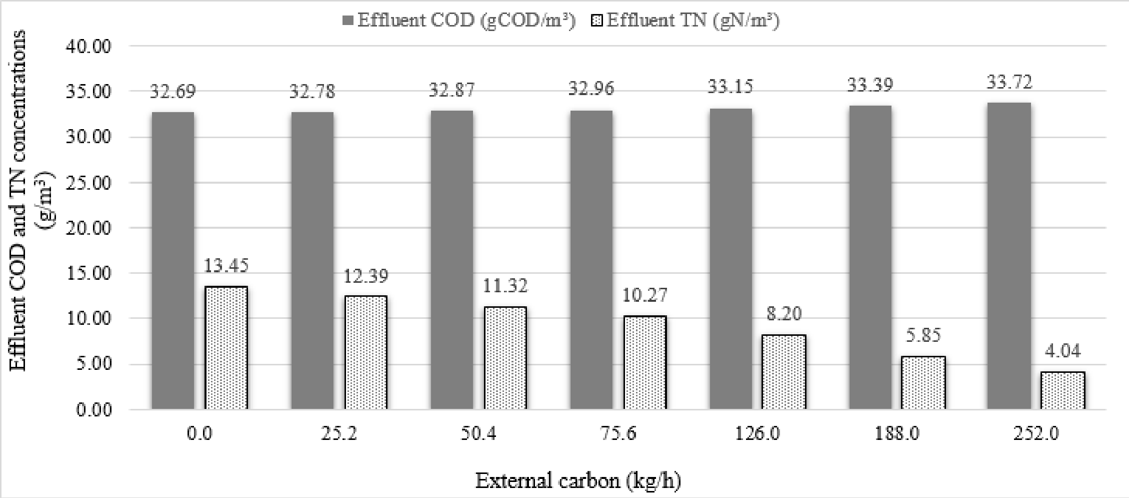


Figure 4. Post–Anoxic Process with Medium Nitrogen Loads

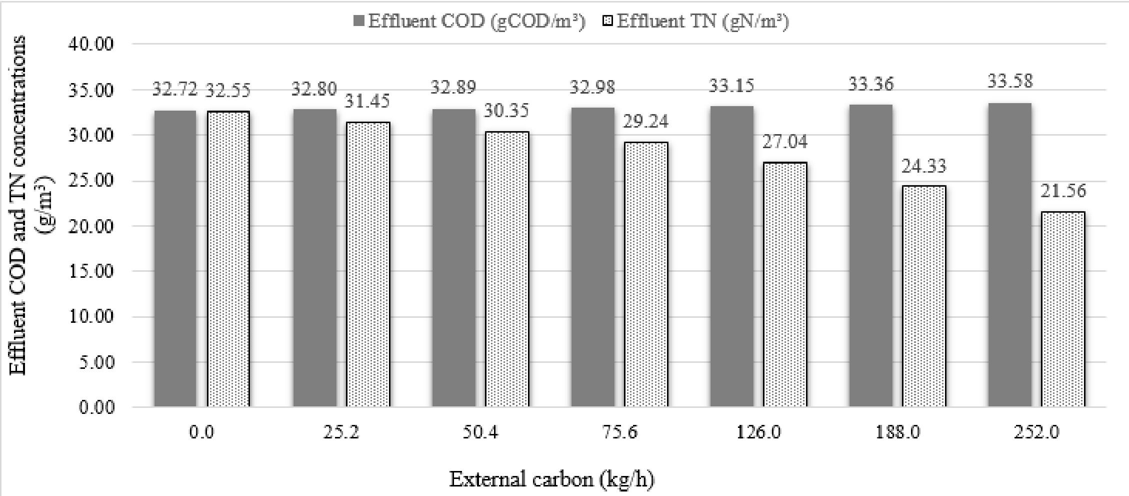


Figure 5. Post–Anoxic Process with High Nitrogen Load

3.2.1 COD & TN Removal Efficiencies

In low, medium, and high nitrogen loads where wastewater temperature was 20˚C, COD 400 g/m^3, TKN 20 g/m^3, TN 20 g/m^3, and TP 4 g/m^3 with various external feed rates simulation was performed. Results of the post-anoxic process with removal efficiencies are illustrated in Table 5.

Table 5. Removal Efficiencies of COD and TN with Various External Carbon Rates in Post-Anoxic Process

S.NO	External Carbon (kg/h)	Removal Efficiencies					
		Low Nitrogen Load (20 g/m^3)		Medium Nitrogen Load (40 g/m^3)		High Nitrogen Load (60 g/m^3)	
		COD (%)	TN (%)	COD (%)	TN (%)	COD (%)	TN (%)
1	0	91.45	89.55	91.82	66.37	91.82	45.75
2	25.2	91.18	88.80	91.80	69.02	91.80	47.58

S.NO	External Carbon (kg/h)	Removal Efficiencies					
		Low Nitrogen Load (20 g/m^3)		Medium Nitrogen Load (40 g/m^3)		High Nitrogen Load (60 g/m^3)	
		COD (%)	TN (%)	COD (%)	TN (%)	COD (%)	TN (%)
3	50.4	90.86	88.05	91.78	71.7	91.77	49.41
4	75.6	90.63	87.35	91.76	74.32	91.75	51.26
5	126.0	89.76	85.95	91.71	79.5	91.71	54.95
6	188.0	89.96	85.35	91.65	86.05	91.66	59.45
7	252.0	83.26	82.35	91.57	89.90	91.60	64.06

3.3 Cost Analysis of Pre-Anoxic and Post-Anoxic System

In this section, both systems were analytically compared according to their costs, to find out which system is more cost-effective and economical. In the pre-anoxic system, three different pumping heads were used e.g.: Δh1= 0.2m, Δh2= 0.3m and Δh3= 0.25m and cost comparison was done between them, results showed that as the pumping head rate increment was directly proportional to the electrical energy cost and the cost of the system as shown in Figure 6. In post-anoxic system, various amount of nitrogen load and external carbon source (methanol) was used because it is cost effective than other sources. Consequently, the comparison of the results showed that as the carbon source was increased the cost of the system was increased as well as shown in Figure 7.

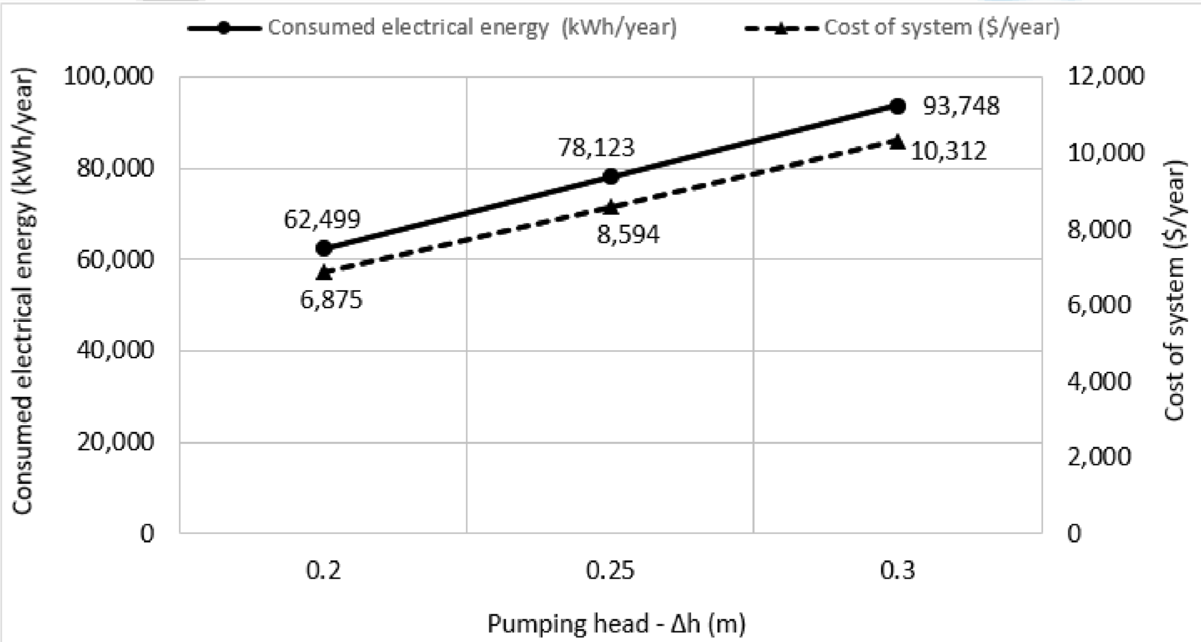


Figure 6. Cost Analysis of Pre-Anoxic System

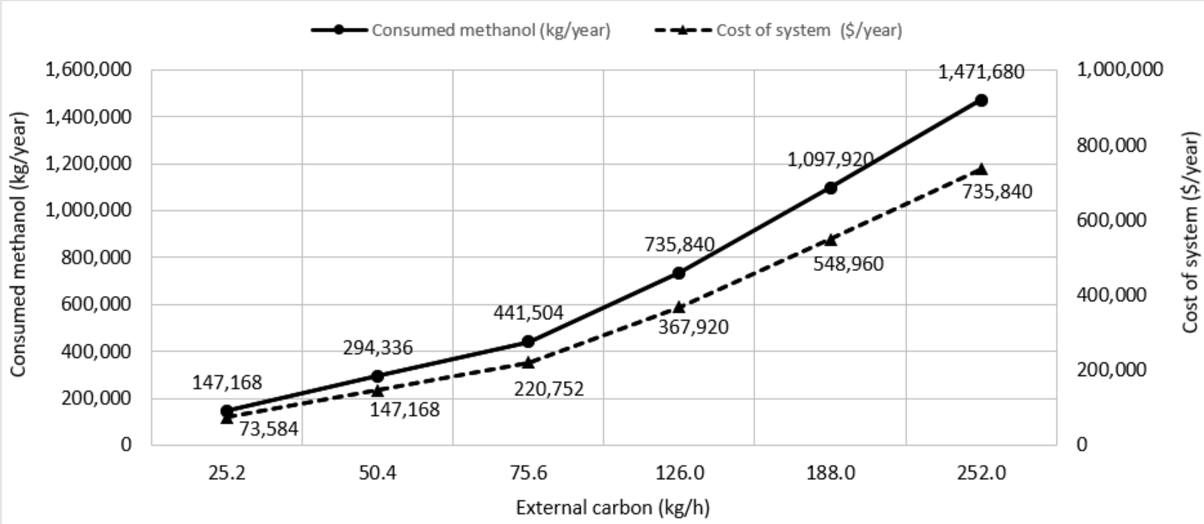


Figure 7. Cost Analysis of Post-Anoxic System

3.4 Discussion

This section compares the removal efficienies of COD and TN with findings from previous studies. Results of the comparison are listed in Table 6.

Table 6. Removal Efficencies of COD and TN with Previous Studies

System	Wastewater type	Process	C/N ratio	Removal Efficiencies (%)		References
				COD	TN	
SBR (Sequencing batch reactor)	Synthetic wastewater	pre-anoxic	100/5	93.77	78.44	Jafarzadeh Ghehi et al., 2014
			50/5	93.99	78.07	
			25/5	94.27	66.34	
		post-anoxic	100/5	89.96	78.09	
			50/5	94.15	72.82	
			25/5	94.31	59.34	
SBR (Sequencing batch reactor)	Domestic wastewater	pre-anoxic	9/1	78.6	82.7	Alagha et al., 2020
		post-anoxic		90.7	77.1	
This study	Domestic wastewater	pre-anoxic	100/5	92.31	82.55	-
			100/10	92.40	77.65	
			100/15	97.32	73.81	
		post-anoxic	100/5	91.45	89.55	
			100/10	91.82	66.37	
			100/15	91.82	45.75	

4. CONCLUSIONS

Model-based analysis of treatment cost by pre and post-anoxic systems and removal efficiencies of nitrogen at various nitrogen loads in pre-anoxic systems, and in post-anoxic systems with various external carbon ratios were investigated. Both systems were designed for an influent wastewater flowrate of 3600 m^3/h in all simulations. In both systems, low, medium, and high nitrogen loads as well as the Kjeldahl nitrogen (TKN) was 20, 40, and 60 g/m^3.

- In the pre-anoxic system, the removal efficiency of system with a low, medium, and high Nitrogen load were 82.55%, 77.65%, and 73.81% respectively. This showed that the quantity (TN) is inversely proportional to the removal efficiency. For cost analysis in pre- anoxic system, 3 sizes of pumping heads 0.2 m, 0.25 m, and 0.3 m were used and the results showed that with increasing of pumping head, the cost of the system increased; 0.2 m pumping head cost was 6,900 $/year, 0.25 m cost was 8,600 $/year and 0.3 m cost was 10,300 $/year.
- In post- anoxic system, the same load of nitrogen used in the pre-anoxic system were used. Results showed that at low nitrogen and external source ratios, the removal efficiency of nitrogen was 88.8% and the cost of the system 73,600 $/year. The higher external source ratios of the removal efficiency of nitrogen was 64.06% and cost of the system 736,000 $/year.

According to the nitrogen removal comparison of both systems effluents, post-anoxic system performances were higher but not economical according to cost analysis. However, the pre-anoxic system for the influent wastewater concentration of 3600 m^3/h is more economical and suitable.

REFERENCES

ALAGHA, O., ALLAZEM, A., BUKHARI, A.A., ANIL, I., MUAZU, N.D. (2020). “Suitability of SBR for wastewater treatment and reuse: Pilot-Scale reactor operated in different anoxic conditions”, International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(5): 1617.

ALI, E.F., GALAL, T.M., HASSAN, L.M., AL-YASI, H.M., DAKHIL, M.A., EID, E.M. (2021). “Seasonal potential of Pistia stratiotes in nutrient removal to eliminate eutrophication in Al-Sero Drain (South Nile Delta, Egypt)”, Journal of Freshwater Ecology, 36(1): 173-187.

AYAZ, S.Ç., AKTAŞ, Ö., AKÇA, L., FINDIK, N. (2015). “Effluent quality and reuse potential of domestic wastewater treated in a pilot-scale hybrid constructed wetland system”, Journal of Environmental Management, 156: 115-120.

BEYLIER, M.R., BALAGUER, M.D., COLPRIM, J., PELLICER-NACHER, C., NI, B.J., SMETS, B.F., SUN, S.P., WANG, R.C. (2011). “6.27–Biological nitrogen removal from domestic wastewater”, Comprehensive Biotechnology, 6: 329-340.

CHERCHI, C., ONNIS- HAYDEN, A., EL- SHAWABKEH, I., GU, A.Z. (2009). “Implication of using different carbon sources for denitrification in wastewater treatments”, Water Environment Research, 81(8): 788-799.

DEMIR, S., MANAV DEMIR, N. (2020). “Implementation of activated sludge model no.3 as an educational tool: bioXL3”, Computer Applications in Engineering Education, 28(5): 1154–1173.

EOM, H., PARK, C. (2023). “Evaluation of phytoplankton-stimulating potency of effluent nitrogen depending on its chemical forms: A comparison between inorganic and organic nitrogen”, Hournal of Environmental Management, 336: 117601.

GUJER, W., HENZE, M., MINO, T., VAN LOOSDRECHT, M.C.M. (1999). “Activated sludge model no. 3”, Water Science and Technology, 39: 183-193.

JAFARZADEH GHEHI, T., MORTEZAEIFAR, S., GHOLAMI, M., REZAEI KALANTARY, R., MAVI, A.H. (2014). “Performance evaluation of enhanced SBR in simultaneous removal of nitrogen and phosphorous”, Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12: 1-7.

JANUS, T., ULANICKI, B. (2015). “ASM1-based activated sludge model with biopolymer kinetics for integrated simulation of membrane bioreactors for wastewater treatment”, Procedia Engineering, 119: 1318–1327.

LI, J., ZENG, W., LIU, H., ZHAN, M., MIAO, H., HAO, X. (2023). “Achieving deep autotrophic nitrogen removal from low strength ammonia nitrogen wastewater in aeration sponge iron biofilter: Simultaneous nitrification, Feammox, NDFO and Anammox”, Chemical Engineering Journal, 460: 141755.

MANAV DEMIR, N., DEMIR, S. (2017). “An MS excel tool for wastewater treatment modeling in undergraduate education: activated sludge model no.1”, Fresenius Environmental Bulletin, 26:7008–7017.

PELAZ, L., GOMEZ, A., LETONA, A., GARRALON, G., FDZ-POLANCO, M. (2018). “Nitrogen removal in domestic wastewater. Effect of nitrate recycling and COD/N ratio”, Chemosphere, 212: 8-14.

RAISHANKAR, H., NEMETH, A., MESSONS, G., PUIG, D., ZARDOYA, D., CARPI, N., LENS, P.N.L., HEFFERNAN, B. (2022). “Factors impacting simultaneous nitrification and denitrification in a membrane aerated biofilm reactor (MABR) system treating municipal wastewater”, Journal of Environmental Chemical Engineering, 10: 108120.

RIEGER, L., KOCH, G., KUHNI, M., GUJER, W., SIEGRIST, H. (2001). “The eawag bio-P module for activated sludge model no. 3”, Water Research, 35: 3887-3903.

RÖSSLE, W.H., PRETORIUS, W.A. (2001). “A review of characterization requirement for in-lin prefermenters. Paper 1: Wastewater characterization”, Water SA, 27: 405-412.

TAKACS, I., PATRY, G.G., NOLASCO, B. (1991). “A dynamic model of the clarification-thickening process”, Water Research, 25: 1263-1271.

WOO, Y.C., LEE, J.J., KIM, H-S. (2022). “Removal of nitrogen from municipal wastewater by denitrification using a sulfur-based carrier: A pilot-scale study”, Chemosphere, 296: 133969.

YIN, F-F., GUO, H-F. (2022). “Influence of additional methanol on both pre- and post-denitrification processes in treating municipal wastewater”, Water Science & Technology, 85(5): 1434-1443.

Presentation ID / Sunum No:63

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-5605-3545

U-Yapıda Grafen Plazmonik Anten

Doç.Dr. Yasa Ekşioğlu[1] , Dr. Öğretim Üyesi Habibe Durmaz[2] , Arş.Gör. Ahmet Murat Erturan[3]
[1]Altınbaş Üniversitesi
[2]Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
[3]Konya Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Yasa Ekşioğlu

ÖZET: *Yüzey plazmonları, bir metal ve dielektrik yüzey arasında elektronların topluca titreşim hareketi yapması sonucu (surface plasmons) oluşur. Grafenin plazmonik davranışı, orta ile uzak kızılötesi (IR) spektral aralığı arasında gözlenmektedir. Bu spektral aralık arasında grafen, yüzey plazmonları uyarımı yoluyla ışığı kontrol edebilir, sınırlayabilir ve manipüle edebilir. Elektronların (veya deşik/hole) gazının iki boyutlu grafen levhalardaki toplu salınımları, güçlü alt dalga boyu hapsi ile yönlendirilmiş elektromanyetik dalgalar üretebilir. Bu çalışmada, platformun THz frekans aralığında iki farklı rezonansı desteklediği U-şekilli grafen plazmonik anteni sunmaktayız. Önerilen grafen yapısı, bir (silikon nitrür) SiN alttaşı üzerinde durmaktadır. Sunulan yapıda gözlenen çift bantlı rezonanslar birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir. Önerdiğimiz yapının numerik analizleri sonlu fark zaman alanı (Finite Difference Time Domain, FDTD) yöntemi (Lumerical Solutions Inc.) ile yapılmıştır. Yarı-iletken grafenin optik yanıtı iletkenliği ile belirlenir. Orta IR aralığında, grafen metalik karakter gösterir ve iletkenlik Drude formülü ile belirlenir. Rezonans modları, yüzey plazmon dağılım ilişkisine Drude formülü eklenerek hesaplanır. Çalışmamızda rezonans tepe noktalarının davranışı, grafen antenin geometrik parametreleri değiştirilerek incelenmiştir. Bu rezonans modların fiziksel kaynağı, yakın alan hesaplamalarıyla gösterilir. Yapının periyodu, grafen katman sayısı, antenin genişliği ve substratın kırılma indisindeki değişimlerin iletim spektrumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu tür grafen geometrisi, deneysel olarak elektron ışını litografisi (Electron Beam Litography, EBL) tabanlı nano fabrikasyon teknikleri ile elde edilebilir. Ancak bu ön çalışmada grafen plazmonik anten teorik olarak incelenmiştir. Rezonans tepe noktalarının davranışının bu yapısal parametrelerden büyük ölçüde etkilendiği gözlemlenmiştir. Grafen yapısının periyodu, katman sayısı, genişliği ve substratın kırılma indisindeki değişimleri sonucu U şeklindeki grafen plazmonik antenin rezonans tepe noktalarında mavi ve kırmızı kaymalar gözlemlenmiştir. Önerdiğimiz bu yapının rezonans tepelerinin istenilen frekansa ayarlanabilirliği bu yapının frekans seçici filtre, sensor, soğurucu gibi birçok uygulamada kullanılabileceğini göstermektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Grafen, Plazmonik Anten, Çift-Bant, Yüzey Plazmon*

U-Shaped Graphene Plasmonic Antenna

ABSTRACT: *Surface plasmons are excited propagating electromagnetic waves at the interface between a metal and dielectric. Graphene's plasmonic behavior is observed between mid-to far-infrared (IR) spectral range. Between this spectral range, graphene can control, confine, and manipulate light through surface plasmon excitation. The collective oscillations of the electrons (or hole) gas in two-dimensional graphene sheets can produce guided electromagnetic waves with strong subwavelength confinement. In this work, we present U-shaped graphene plasmonic antenna supporting two independent resonances in the THz frequency range. The proposed graphene structure sits on a (silicon nitride) SiN substrate. The dual-band resonances can be tuned independently. The numerical analysis of the proposed structure has been done with finite-difference time-domain (FDTD) method (Lumerical Solutions Inc.). The optical response of graphene is determined by its conductivity. In Mid-IR range, graphene shows metallic behavior, and the conductivity is determined through the Drude formula. The resonance modes are calculated by considering the Drude formula into the surface plasmon dispersion relation.*

The behavior of the resonance peaks is investigated by changing the geometrical parameters of the graphene antenna. The physical origin of these modes is shown by nearfield calculations. We investigate the effect of period, the number of graphene layers, width of graphene antenna, and refractive index of substrate on the transmission spectrum. The proposed graphene geometry can be fabricated with electron beam lithography (EBL)-based nano-fabrication techniques. However, in our initial work, we theoretically investigate the graphene plasmonic antenna. We observe that the behavior of the resonance peaks is strongly affected by these structural parameters, and change in parameters can induce a blue and red shifts in resonance peaks of the U-shaped graphene plasmonic antenna. Our results show that the proposed platform can be used as a frequency selective filter, sensor, absorber, and etc. applications with its tunability.

Keywords: *Graphene Plasmonics; Dual-Band; Antenna; Surface Plasmons*

INTRODUCTION

The collective electron oscillations propagating at the interface between a metal and a dielectric are known as surface plasmons. The confinement of light with large near-field intensity enhancements (Stern, 1960:130; Ozbay, 2006:189; Maier 2007) enables various applications like surface-enhanced vibrational spectroscopy (Kneipp, 1997:1667; Kundu, 2008:115, Adato, 2009:19227), label-free biosensing (Kabashin, 2009:867;Artar, 2009:051105) and high-efficiency photovoltaics (Atwater ve Polman, 2010:205). Graphene is a single two-dimensional plane of carbon atoms arranged in a honeycomb lattice with a zero-gap semiconductor.

Graphene's plasmonic behavior is observed between mid-to far-infrared (IR). Graphene's plasmons can be dynamically tuned by electrostatic gating, in contrast to conventional plasmonic materials such as noble metals. By this promising plasmonic behavior graphene can control, confine, and manipulate light through surface plasmon excitations (Grigorenko, 2012:749, Low, 2014:1086, Garcia de Abajo, 2014:35, Geim, 2007:183). The use of graphene plasmonic platforms, covering mid- to far-IR frequency ranges (Grigorenko, 2012:749, Koppens, 2011:3370) is very promising for variety of applications, e.g., optoelectronic devices (Bonaccorso vd.,2010:611), ultrafast transistor based photodetectors (Xia vd., 2009:839), transparent solar cells (Wang vd, 2008:323)and biosensors (Rodrigo vd., 2015:349).

In this work, we introduce a plasmonic platform based on multi-resonant U-shaped graphene plasmonic antenna arrays as shown in Figure 1. The proposed structure presents two distinct resonant peaks in the THz frequency range. The plasmonic resonant peaks depend on period, the number of graphene layers, width, and refractive index of medium. The system is investigated by using Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method through simulation. The paper is organized as follows: In Methods section, the conductivity and plasmonic behavior in terms of conductivity are explained. In Results section, the effect of period, graphene layes, width of antenna and refractive index of medium are explained in detail. The physical origin of each plasmonic mode is shown in nearfield analyses with FDTD simulations. The proposed geometry can be fabricated and experimentally obtained by using electron beam lithography (EBL) method.

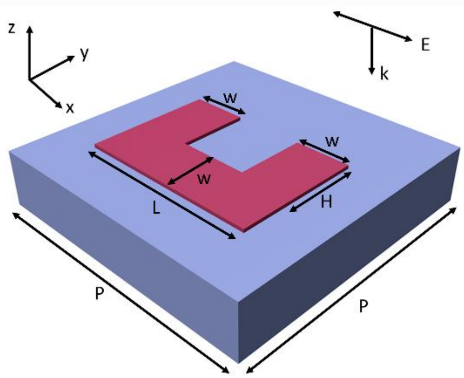


Fig 1. Schematic view of the U-shaped graphene antenna. The geometrical device parameters are H(height), L(length), w(rod width), P (period) of the antenna array. The graphene structure stands on a SiN substrate.

METHODS

The optical behavior of a condensed-matter system at thermal equilibrium in the presence of a small external field is investigated by the linear response theory. The response of the system to external field is expressed by Kubo formula (Zhao vd., 2013:17118; Falkovsky ve Pershoguba, 2007:1; Hanson, 2008:747; Falkovsky, 2008:012004; Gan, vd., 2012:125431). The optical response of graphene is determined by its conductivity. The relaxation time $\tau = \mu_c\mu/ev_F^2$, $\mu_c = \hbar v_F\sqrt{\pi n}$, $v_F = 10^6 m/s$, and μ_c is the chemical potential, e is the elemantary charge, μ is the carrier mobility of electrons in graphene and n is the carrier density. For $\mu_c = 0.4$, $\tau = 0.5ps$, $n = 1.47 \times 10^{13} cm^{-2}$, $\mu = 1000 cm^2/Vs$. N, number of graphene layer, d thickness of substrate. Since graphene has semiconductor behavior, conductivity of graphene that consists of inter- and intra-band transitions mainly controlled by the electron-hole excitations. The conductivity of graphene is:

$$\sigma(\omega) = \frac{e^2\omega}{i\pi\hbar}\left[\int_{-\infty}^{+\infty} d\varepsilon \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}\frac{df_0(\varepsilon)}{d\varepsilon} - \int_0^{+\infty} d\varepsilon \frac{f_0(-\varepsilon)-f_0(\varepsilon)}{(\omega+i\delta)^2-4\varepsilon^2}\right] \qquad (1)$$

T is the finite temperature, $f_0(\varepsilon) = {}^1\!/_{e^{(\varepsilon-\mu_c)/T}+1}$ is the Fermi-Dirac distribution, ε is the energy. Eq.1 can be evaluated in the local limit of random phase approximation (RPA) with finite T and finite relaxation time τ (Jablan vd., 2009:245435; Wunsch vd., 2006:318).

$$\sigma(\omega) = \frac{2e^2T}{\pi\hbar}\frac{i}{\omega+i\tau^{-1}}log[2\,cosh(\mu_c/2k_BT] + \frac{e^2}{4\hbar}\left[H(\omega/2) + \frac{4i\omega}{\pi}\int_0^\infty d\varepsilon \frac{H(\varepsilon)-H(\omega/2)}{\omega^2-4\varepsilon^2}\right] \qquad (2)$$

Where

$$H(\varepsilon) = \frac{sinh(\hbar\varepsilon/k_BT)}{cosh(\mu_c/k_BT) + cosh(\hbar\varepsilon/k_BT)}$$

and k_B is Boltzmann constant. The first term in Eq. (2) is known as intra-band, and the second term corresponds to inter-band transitions. The Drude response for intra-band transitions dominates at low frequencies when $1/\tau = 0$. Inter-band transitions occur when $\hbar\omega \geq 2\mu_c$ at short wavelengths. However, graphene plasmons occured at long wavelengths (mid- and far-IR frequency ranges) so intra-band transitions has to be considered, $\hbar\omega < 2\mu_c$.

$$\sigma(\omega)_{intra} = i\frac{2e^2T}{\pi\hbar\omega}log[2\,cosh(\mu_c/2\,k_BT] \qquad (3)$$

Drude formula in Eq (3) inserted to the surface plasmon dispersion relation in Eq (4)

$$k_{SP} \approx (\frac{\hbar^2}{4e^2\mu_c})(\epsilon+1)\omega(\omega+i\tau^{-1}) \qquad (4)$$

gives the resonance wavelength

$$\frac{\lambda_{SP}}{\lambda_0} \approx \left(\frac{\mu_c}{\hbar\omega}\right)\left[\frac{4\alpha}{\epsilon + 1}\right] \qquad (5)$$

RESULTS

We investigate the effect of parameters: P, w, number of graphene arrays, refractive index of medium to the optical behavior of U-shaped graphene antennas by FDTD simulations (Lumerical Solutions Inc.) (Lumerical, 2014). The antenna system supports multi-band spectral response.The parameters play an important role in the spectral position of the plasmonic resonances. The graphene structure stands on a SiN substrate in Figure 1. Normal incident light source impinges on the graphene substrate, polarized along the long edge of the antennas as depicted in the Figure 1.

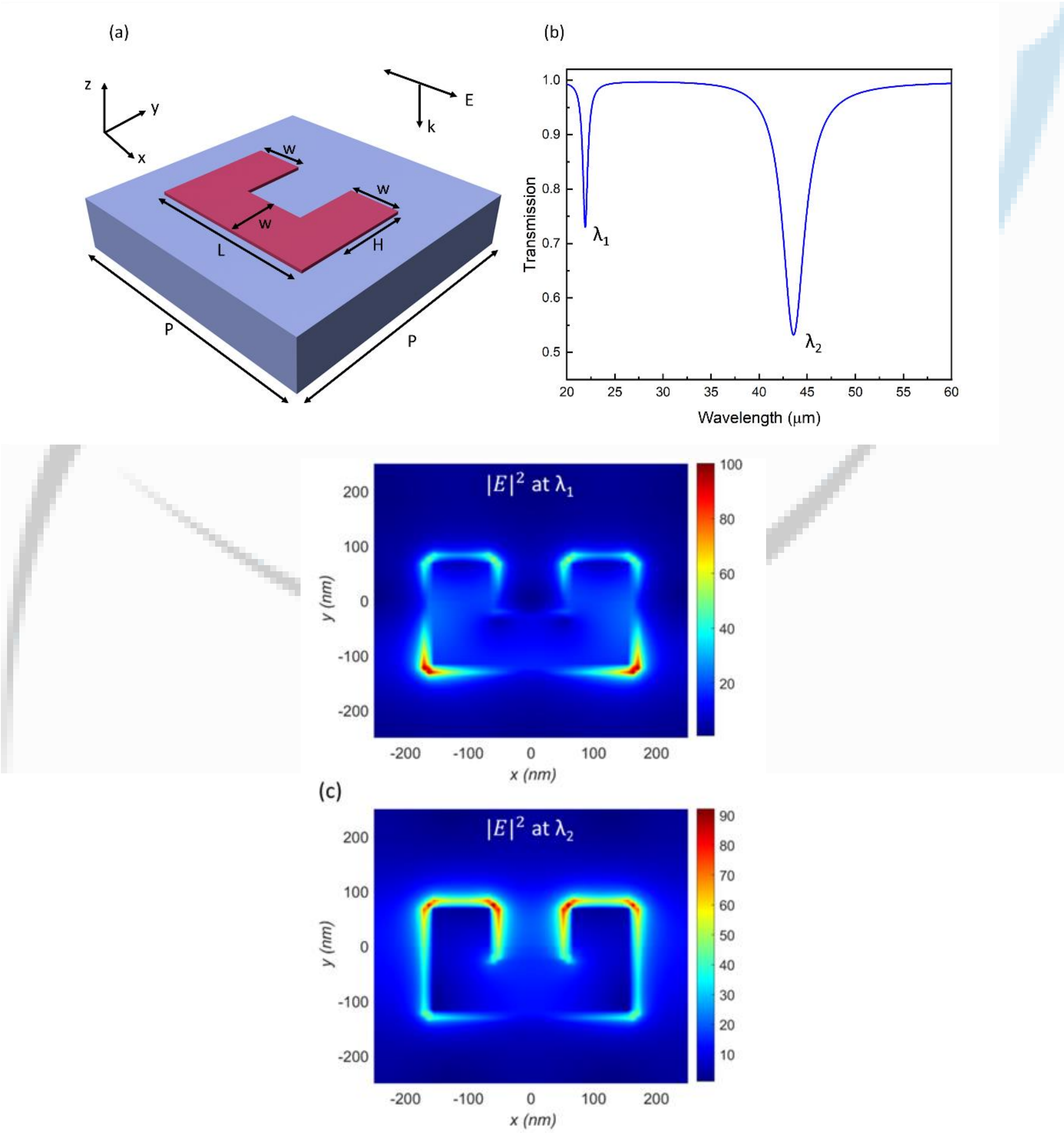


Fig 2. (a) Schematic view of the U-shaped graphene antenna. The geometrical device parameters are H(height), L(length), w (rod width), P (period) of the antenna array. The graphene structure stands on a SiN substrate. (b)The transmision vs. resonance wavelength for parameters $\boldsymbol{\mu c} = \mathbf{0.4}\ \boldsymbol{eV}$, $\boldsymbol{N} = \mathbf{1}$, $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{0.5}\ \boldsymbol{ps}$, P=0.5 $\boldsymbol{\mu m}$, $\boldsymbol{L} = \mathbf{0}.325\ \boldsymbol{\mu m}$, $\boldsymbol{w} = \mathbf{0.15}\boldsymbol{\mu m}$, H=0.1 $\boldsymbol{\mu m}$, $\boldsymbol{d} = \mathbf{0.07}\ \boldsymbol{\mu m}$, $\lambda_1 = 21.9\ \boldsymbol{\mu m}$, $\lambda_2 = 43.55\ \boldsymbol{\mu m}$. (c) Total electric field intensities ($|E|^2$) at air-graphene interface are presented for the resonances.

The electromagnetic field intensity enhancement calculated on the top surface of the graphene is due to the excitation of localized surface plasmons, which show a dipolar character and induces strong nearfield enhancements particularly on the edge of U-shaped antennas in Figure 2(c).

$\lambda_1 = 21.9\ \boldsymbol{\mu m}$ shows enhancement at the bottom edge of U-shape antenna whereas $\lambda_2 = 43.55\ \boldsymbol{\mu m}$ shows enhancement at the top of the U-shaped antenna. Along x- and y-axes, periodic boundary condition is used and along the direction of the incident light (z), perfectly matched layer is used. First, we investigate the dependence of the transmission spectrum to the U-shaped graphene antenna's period in Figure 3.

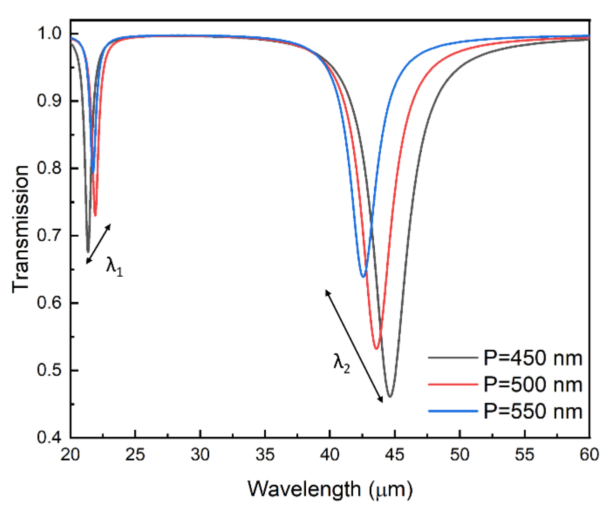


Fig 3. Transmission spectrum of U-shaped graphene antenna arrays with $\boldsymbol{\mu c} = \mathbf{0.4}\ \boldsymbol{eV}$, $\boldsymbol{N} = \mathbf{1}$, $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{0.5}\ \boldsymbol{ps}$, $\boldsymbol{L} = \mathbf{0}.325\ \boldsymbol{\mu m}$, $\boldsymbol{w} = \mathbf{0.15}\ \boldsymbol{\mu m}$, H=0.1 $\boldsymbol{\mu m}$, $\boldsymbol{d} = \mathbf{0.07}\ \boldsymbol{\mu m}$ for different values of period.

In Figure 3, as period increases the separation between each U-shaped antenna increases so coupling between the arrays decreases. At $\lambda_2 = 43.55\ \boldsymbol{\mu m}$ resonance modes shift to shorter wavelengths however for $\lambda_1 = 21.9\ \boldsymbol{\mu m}$, the behavior of the resonance modes are not regular like λ_2. We also observe a reduction in the transmission at $\lambda_2$for larger periodicity; one reason behind this weakening of the coupling strength between each U-shaped antenna. The second reason is that as the period increases the ratio between the number of photon impinges on the U-shaped antenna and the that of the incident photon increases.

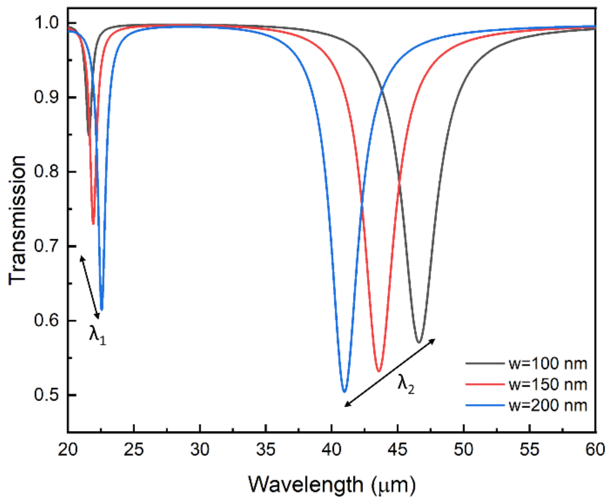


Fig 4. Transmission spectrum of U-shaped graphene antenna arrays with $\mu c = 0.4\ eV$, $N = 1$, $\tau = 0.5\ ps$, $L = 0.325\ \mu m$,, P=0.5 μm, H=0.1 μm, $d = 0.07\ \mu m$ for different values of width.

In Figure 4, we investigate the dependence of the transmission resonances supported by the U-shaped graphene antenna array on the width of the antenna (w). At $\lambda_2 = 43.55$ μm resonant modes shift to shorter wavelengths, however at $\lambda_1 = 21.9$ μm resonant modes shift to longer wavelengths. The transmission amplitude increases in both cases.

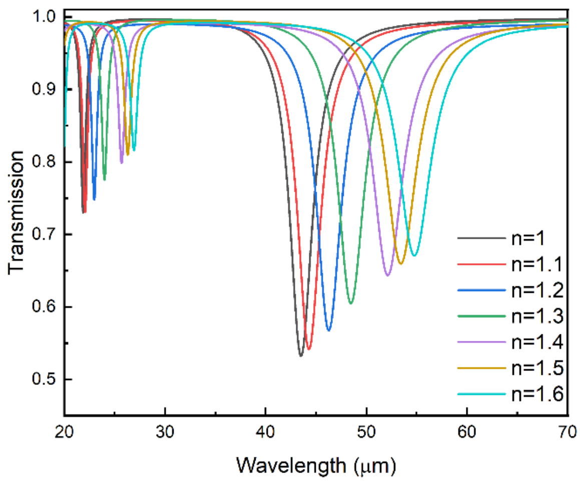


Fig 5. Transmission spectrum of U-shaped graphene antenna arrays with $\mu c = 0.4\ eV$, $N = 1$, $\tau = 0.5\ ps$, $L = 0.325\ \mu m$, $w = 0.15\ \mu m$, P=0.5 μm ,H=0.1 μm, $d = 0.07\ \mu m$ for different values of refractive index.

We also consider the effect of the refractive index on the transmission spectra of the U-antenna by changing the refractive index of the medium, while other parameters are kept constant. The transmission peaks are shifted to longer wavelengths (red shifted). The transmission amplitude decreases with increasing refractive index in Figure5.

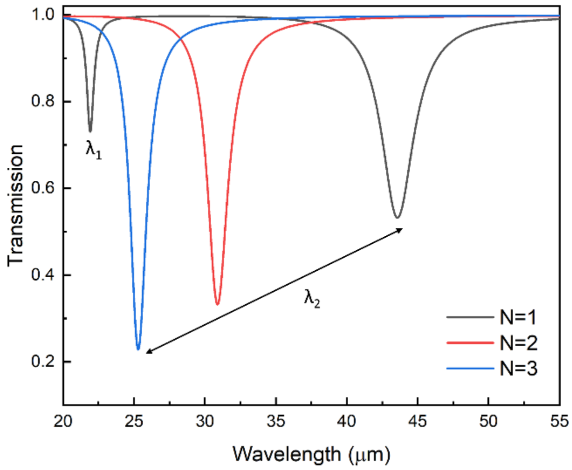


Fig 6. Transmission spectrum of U-shaped graphene antenna arrays with $\mu c = 0.4\ eV$, $\tau = 0.5\ ps$, $L = 0.325\ \mu m$, $w = 0.15\ \mu m$, P=0.5 μm ,H=0.1 μm, $d = 0.07\ \mu m$ for different values of number of graphene layers.

We investigate the effect of the number of graphene layers (N) on the transmission spectra of the antenna system. The total optical conductivity can be evaluated by considering the individual layers with total dynamical conductivity. For larger number of layers, number of electrons that contributes to the plasmonic oscillations increases. Thus, for $\lambda_2 = 43.55\ \mu m$.(the corresponding transmission spectra shifts to shorter wavelengths from N = 1 to N = 3. The spectral window of interest, multi-band behavior is no longer observed for N=2 and 3.

CONCLUSION

We investigate the dependence of the optical behavior of U-shaped graphene antennas on structural and other material parameters by Finite-Difference Time-Domain (FDTD) simulations (Lumerical Solutions Inc.) Along x- and y-axes, periodic boundary condition is used and along the direction of the incident light (z), perfectly matched layer is used. The antenna system supports multi-band spectral response. It supports two resonances, where their peak wavelength depends on period, width, refractive index of medium and number of graphene layers suggesting a fine-tuning mechanism of optical responses. The parameters play an important role in the spectral position of the plasmonic resonances. The physical origin of this dependence is investigated by nearfield calculations. The intra-band conductivity of graphene at low frequencies is modeled with Drude approximation at $T = 300\ K$ and scattering length $\Gamma = 1/2\tau$ where the total conductivity is studied at the entire far-IR frequency range. The proposed antenna can be used as a frequency selective filter, sensor, absorber, etc.

REFERENCES

[1] Stern, E.A., Ferrell, R.A. (1960). "Surface plasma oscillations of a degenerate electron gas",Phys Rev 120, 130–136.

[2] Ozbay, E. (2006). "Plasmonics: merging photonics and electronics at nanoscale dimensions", Science 311, 189–193.

[3] Maier, S.A. (2007)."Plasmonics: fundamentals and applications", Springer, New York.

[4] Kneipp, K., Wang, Y., Kneipp, H., Perelman, L.T., Itzkan, I., Dasari, R.R., Field, M.S. (1997). "Single molecule detection using surface-enhanced Raman scattering (SERS)", Phys Rev Lett 78, 1667–1670.

[5] Kundu, J., Le, F., Nordlander, P., Halas, N.J. (2008). "Surface enhanced infrared absorption (SEIRA) spectroscopy on nanoshell aggregate substrates", Chem Phys Lett 452, 115–119.

[6] Adato, R., Yanik, A.A., Amsden, J.J., Kaplan, D.L., Omenetto, F.G., Hong, M.K., Erramili ,S., Altug, H. (2009). "Ultrasensitive vibrational spectroscopy of proteinmonolayers with plasmonic nanoantenna arrays," Proc Natl Acad Sci U S A 106, 19227–19232.

[7] Kabashin, A.V., Evans,P., Pastkovsky, S., Hendren, W., Wurtz, G.A., Atkinson, R., Pollard, R., Podolskiy, V.A.,Zayats, A.V. (2009). "Plasmonic nanorod metamaterials for biosensing", Nat Mater 8, 867–871.

[8] Artar, A., Yanik, A.A., Altug, H. (2009). "Fabry–Pérot nanocavities in multilayered plasmonic crystals for enhanced biosensing", Appl Phys Lett 95, 051105.

[9] Atwater, H. A., Polman, A. (2010). "Plasmonics for Improved Photovoltaic Devices", Nat. Mater.9, 205–213.

[10] Grigorenko A.N., Polini M., Novoselov K.S. (2012). "Graphene plasmonics", Nat Photonics 6:749–758.

[11] Low T., Avouris P. (2014). "Graphene plasmonics for terahertz to midinfrared applications", ACS Nano 8:1086-1101.

[12] Garcia de Abajo F.J. (2014). "Graphene plasmonics: challenges and opportunities", ACS Photon 1:35–152.

[13] GeimA.K., Novoselov K.S. (2007). "The rise of graphene", Nat Mater 6: 183–191.

[14] Koppens, F. H., Chang, D. E., de Abajo, F. J. G. (2011). "Graphene Plasmonics: A Platform for Strong Light Matter Interactions", Nano Lett. 11, 3370–3377.

[15] Bonaccorso, F., Sun, Z., Hasan, T., Ferrari, A. C. (2010). "Graphene photonics and optoelectronics", Nature Photonics 4, 611 – 622.

[16] Xia, F., Mueller, T., Lin, Y. M., Valdes-Garcia A., Avouris, P. (2009). "Ultrafast graphene photodetector", Nature NanoTech,Vol 4 , 839-843.

[17] Wang, X., Zhi, L., Mullen, K. (2008). "Transparent, Conductive graphene electrodes for dye-sensitized solar cells", Nano Letters 8, 323–327.

[18] Rodrigo, D., Limaj, O., Janner, D., Etezadi, D., García de Abajo, F. J., Pruneri, V., Altug, H. (2015). "Mid-infrared plasmonic biosensing with graphene", Science Reports,Vol 349, 6244.

[19] Zhao, Y., Hu, X., Guanxiong, C., Xuanru, Z., Ziqi, T., Junhua, C., Rodney, S.R., Yanwu, Z., Yalin, L. (2013). "Infrared biosensors based on graphene plasmonics: modeling", Phys.Chem. Chem. Phys.15, 17118.

[20] Falkovsky, L., Pershoguba, S. (2007). "Optical far-infrared properties of a graphene monolayer and multilayer", Physical Review B 76, 1–4.

[21] Hanson, G.W. (2008). "Dyadic Green's functions for an anisotropic, nonlocal model of biased graphene", IEEE Transactions on Antennas Propagation 56, 747–757.

[22] Falkovsky, L. A.(2008). "Optical properties of graphene", Journal of Physics: Conference Series 129, 012004.

[23] Gan, C.H., Chu, H. S., Li, E. P. (2012). "Synthesis of highly confined surface plasmon modes with doped graphene sheets in the mid infrared and terahertz frequencies", Phys. Rev B 85, 125431.

[24]. Jablan M., Buljan H., Soljačić M. (2009). "Plasmonics in graphene at infrared frequencies", Phys Rev B 80:245435.

[25] Wunsch B., Stauber T., Sols F., Guinea F. (2006). "Dynamical polarization of graphene at finite doping", New J Phys 8:318.

[26] Lumerical FDTD Solutions (2014). "Finite-difference-time-domain package", www.lumerical.com

Presentation ID / Sunum No:72

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Su İtici Özellikte Trençkot Kumaşı Geliştirilmesi ve Kalıcılığının Araştırılması

Araştırmacı İpek Yıldıran[1] , Prof.Dr. Dilek Kut[2] , Prof.Dr. Burcu Yılmaz[3] , Araştırmacı Esra Mert[1] , Araştırmacı Buğçe Sevinç[1] , Araştırmacı Hüsnü Gülten[1] , Araştırmacı Hatice Salar[1]

[1]SYK Tekstil Ar-Ge Merkezi

[2]Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

[3]Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

*Corresponding author: Esra Mert

ÖZET: *Küresel ısınmanın sonucu meydana gelen ani mevsim değişimlerinden kaynaklı beklenmeyen yağışlar tüketicilerin dış giyim ürünlerinde su iticilik fonksiyonel özelliğe talebi arttırmıştır. Her mevsim tercih edilen sıkı dokuma yapısıyla rüzgarı kesen, su itici özelliğe sahip, yağmurlu havalarda kullanılabilen ve aynı zamanda nefes alabilen trençkot kumaşlarının geliştirilmesi ihtiyaç haline gelmiştir. Bu çalışmada selülozik esaslı karışım oranı %66/34 PES RECY/BCI Pamuk olan trençkot kumaşı dokunmuş ve renklendirilmiştir. Ardından boyanmış trençkot kumaşının su iticilik özelliğinin geliştirilmesi ve bu özelliğin kullanım ömrü boyunca kalıcılığının sağlanması amacıyla 3 farklı proses denenmiştir. İlk olarak kumaşa su itici özellik kazandırılması için apre uygulaması yapılmış, sonrasında bu özelliğin kalıcığının arttırılması hedeflenerek kumaşa apre öncesi ve sonrası kalandır işlemi uygulanmıştır. Elde edilen numunelerin fiziksel (yırtılma mukavemeti, boncuklanma ve dikiş kayması tayini) ve yıkama öncesi ve sonrası (5 ve 10 yıkama) performans (su iticilik) testleri yapılmıştır. Sonuç olarak kalandır uygulamasının fiziksel test sonuçlarında anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Kalandır işleminin su itici özelliği arttırdığı fakat öncesinde veya sonrasında yapılmasının bu özelliği değiştirmediği tespit edilmiştir. Boyama sonu su iticilik özelliği TS EN ISO 4920:2013 standardına göre ISO 1 iken, apre uygulandıktan sonra bu değer ISO 2'ye, öncesi ve sonrası kalender uygulamalarında da ISO 2,5 değerinde çıkmıştır. Yıkama öncesi ve sonrası (5 ve 10 yıkama) su iticilik değerlendirilirken yapılan test sonuçları ISO 2,5 değerini verdiğinden yapılan kalandır işleminin kalıcılığı arttırmada etkili olduğu tespit edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Su İticilik, Kalandır, Dokuma Kumaş, Trençkot Kumaşı*

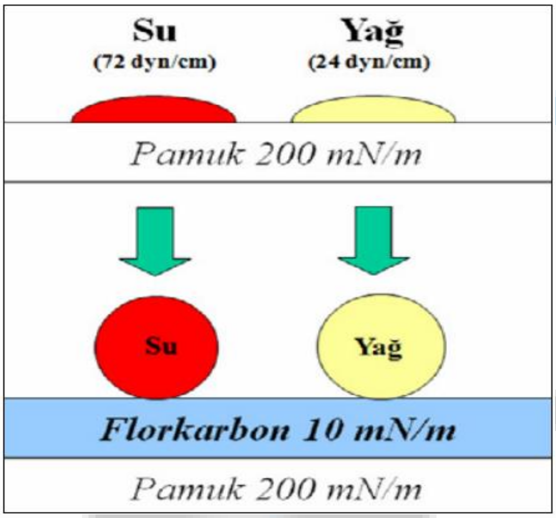
Development of Trench Coat Fabrıc Wıth Water-Repellent Propertıes and Investıgatıon of Its Permanence

ABSTRACT: *Consumers' demand for water-repellent functional properties in outerwear products has increased due to sudden seasonal changes caused by global warming and precipitation. It has become a necessity to develop trench coat fabrics, which are preferred in all seasons with their tight woven structure, which cuts the wind, has water repellent properties, can be used in rainy weather and are also breathable. In this study, trench coat fabric with a cellulosic-based mix ratio of 66/34% PES RECY/BCI Cotton was woven and colored. Then, 3 different processes were tried in order to improve the water repellent property of the dyed trench coat fabric and to ensure the permanence of this property throughout its lifetime. First of all, finishing was applied to give the fabric a water-repellent feature, and then the calender process was applied to the fabric before and after finishing, aiming to increase the permanence of this feature. Before and after washing (5 and 10 washes) performance (water repellency), physical (tear strength, pilling and seam slippage determination) tests of the obtained samples were carried out. As a result, it was seen that the calender application did not make a significant difference in the physical test results. It has been determined that the calendering process increases the water repellent property, but doing it before or after it does not change this property. While the water-repellent property at the end of dyeing* *was ISO 1, this value increased to ISO 2 after applying the water-repellent finish, and to ISO 2.5 in calender applications before and after the dyeing. Since the test results when evaluating the water repellency before and after washing (5 and 10 washes) gave the ISO 2.5 value, it was determined that the calendering process was effective in increasing the permanence.*

Keywords: *Water Repellency, Calender, Woven Fabric, Trench Coat Fabric*

1. GİRİŞ

Tekstil yüzeylerine uygulanan fonksiyonel bitim işlemlerinden biri ve en çok uygulananı su iticilik bitim işlemidir. Su iticilik çalışmaları ilk olarak 1940'lı yıllarda başlamıştır ve gelişerek günümüze kadar tekstil giyimi alanında varlığını sürdürmektedir. Tekstil kumaşlarında özellikle pamuklu kumaşlar konfor yeteneğine sahip çok yönlü bir liftir. Aynı zamanda da nisbi nem değeri %8,5 oranında olduğundan dolayı ortamdaki nemi üzerine çekerek hidrofil özellik sağlar. Pamuklu kumaştan üretilmiş bir giysinin koruyucu özellik sağlayabilmesi için su iticilik en yaygın kullanılan konfor özelliklerinden biridir. Su iticilik bir tekstil yüzeyinin ıslanmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Prensip olarak su damlasının yüzey ile temas açısı ölçümüne dayanmaktadır. Kumaş yüzeyi ile su damlası arasındaki açı 0° olduğunda tamamen ıslanır, açı 180° olduğunda hiç ıslanma olmaması anlamını taşımaktadır (Özsevinç, 2012).



Şekil 1. Florokarbon ile İşlem Gören ve Görmeyen Kumaşın Davranışı (Özen ve Demiryürek, 2012:14)

Tekstil yüzeylerine su itici özellik sağlayabilmek için birçok kimyasal bulunmaktadır. Bu kimyasalların görevi tekstil kumaşının yüzeyindeki ipliklerin liflerine kovalent bağ gibi çekim kuvvetleriyle bağlanarak hidrofob yüzey oluşturmaktır. Kimyasallar ile yapılan bu hidrofob tabaka sayesinde kumaş yüzeyi tamamen kapanmaz, gözeneklerden nefes alabilir ve su geçişi sağlanabilir yüzeyler elde edilebilir. Fakat su itici özellik, bu kimyasal bağlar sebebi ile sınırlı seviyede olmaktadır (Demiryürek ve Özen, 2012).

Huang ve arkadaşları 2018'de yaptıkları bir çalışmada, hidrofobik bir bileşik olan betulin maddesini pamuklu kumaşlarda su itici özelliği sağlamak amacıyla kullanmışlardır. İlk olarak betulin maddesi ile emdirilmiş pamuklu kumaş test edilmiş daha sonra betulin maddesinden bir kopolimer elde ederek bu kopolimer ile emdirilen pamuklu kumaş test edilerek 70'lik bir su iticilik puanına ulaşmışlardır. Daha sonra hem betulinden hem de betulin kopolimerinden filmler hazırlayarak kaplama yöntemiyle kumaşları kaplamışlardır. Bu sayede daha iyi bir su iticilik puanına ulaşmışlardır.

Ağırgan ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada dokuma kumaşların su itici özellikleri için nano teknolojinin konvansiyonel yönteme göre karşılaştırmasını incelemişlerdir. Dokuma kumaş özelliklerini pamuk, polyester ve pamuk/polyester karışımlı olarak seçerek numunelere nano partiküllü ve konvansiyonel su itici kimyasalları emdirerek termofiksaj işlemi yapmışlardır. Sonuç olarak nano partiküllü su itici kimyasallar hem yıkama sonrası kalıcılık olarak da iyi performans sergilemişlerdir. Numunelerin SEM görüntüleri incelendiğinde yapılan denemelerin yüzeyde bir fark oluşturmadığını gözlemlemişlerdir.

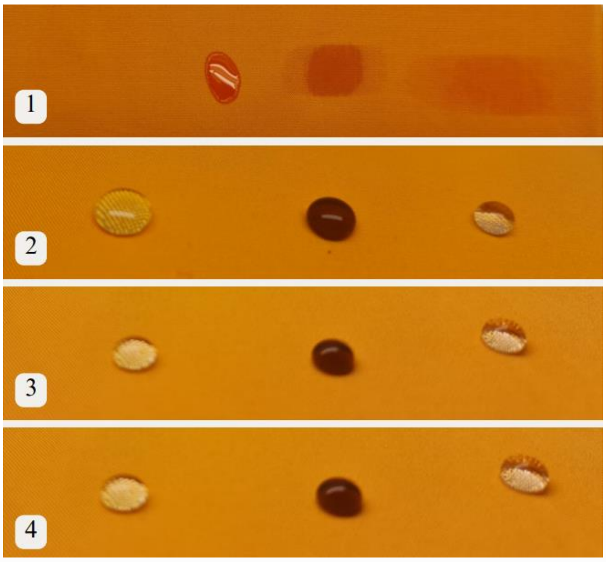
Tekstil materyalleri genellikle selüloz esaslı elyaflarla dokunmuşlar ise hidrofil özellikleri çok iyidir. Bu durumda genellikle su ile temas halinde ıslanırlar. Özellikle dış giyim olmak üzere teknik alanda kullanım sağlayan performans kumaşlarına kadar su iticilik özelliği kazandırılmaktadır. Su iticilik özelliği sayesinde kumaş mikro boyutta gözeneklerden dışarıya nemi transfer edebilir hem de dışarıdan gelen büyük su moleküllerinin içeriye sızmasına karşı koruma sağlar. Su iticilik işlemi iki metot ile gerçekleştirilebilmektedir; kaplama (su geçirmezlik) ve su itici yüzey şeklindedir. Kaplama ile elde edilen su iticilik performans olarak iyi sonuç vermekte fakat kumaşın yüzeyinde kaplama yüzünden hava geçirgenliği iyi olmamaktadır. Su itici yüzey ise çeşitli kimyasallarla kumaşı oluşturan liflere bağlandığı için kumaşın yüzeyinde herhangi bir değişikliğe neden olmamakla birlikte hava geçirgenliği de artmaktadır. Sonuç olarak da su iticilik kaplama yöntemine göre belirli bir seviyededir. (Korkmaz, 2015; S.71)

Gerçekleştirilen bu çalışmanın temel hedefi ise özellikle dış giyim kumaşlarında teknik performans sağlayabilecek su itici özellikte ve kullanım ömrü boyunca bu özelliği koruyabilecek kumaş geliştirilmesidir. Yapılacak kalandır işleminin tasarlanan trençkot kumaşı üzerinde su itici özelliğin kalıcılığında olumlu bir etki sağlaması düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Karışım oranı %66/34 PES RECY/BCI Pamuk olan, çözgü ipliği 150 Den PES F144 SOFT IMG RCY, atkı ipliği Ne 40/1 PAMUK PENYE COMPACT BCI, çözgü sıklığı 54 tel/cm, atkı sıklığı 34 atkı/cm, örgüsü D 2/1 (S) olan trençkot kumaşı dokunmuştur. Dokunan kumaş boyama öncesi ön işlemden geçirilerek Somon rengine boyanmıştır. Boyalı kumaşa 3 farklı proses uygulanarak su iticilik özelliği ve kalıcılığı araştırılmıştır. İlk olarak boyanan kumaşa 60 g/L Repellan YFC ticari adıyla florokarbon bazlı su itici apre maddesi uygulanmıştır. Kalıcılığının arttırılması için apre malzemesi öncesinde ve sonrasında olmak üzere soğuk kalandır işlemi 37°C ve 40 metre/dakika hızda yapılmıştır.

Su itici apre ve kalandır işlemi uygulanmış kumaş örneklerinin yüzeyleri Spektrofotometre ile ölçüm yapılarak renk değişimleri incelenmiş ve fiziksel (yırtılma mukavemeti, boncuklanma ve dikiş kayması tayini) testleri yapılmıştır. Aynı zamanda yüzeydeki görüntü değişimi için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntü alınmıştır. Su iticilik özelliği 5 ve 10 yıkama öncesi-sonrası Sprey Test metodu TS EN ISO 4920:2013 standardına göre tespit edilmiştir.



Şekil 2. Üzerlerine sırasıyla Yağ, Çay, Su (1; boya sonrası, 2; su itici apre uygulanmış, 3; su itici apre ve kalandır uygulanmış, 4; kalandır ve su itici apre uygulanmış)

3. SONUÇLAR

Su itici özellikte trençkot kumaşının su itici apre, öncesi ve sonrası kalandır işlemine ait spektrofotometrik ölçüm sonuçları Tablo 1, 2, 3 ve 4'de görülmektedir. Spektrofotometrik ölçüme bakılarak kumaşların boya sonrası, su itici apre uygulamasının ve kalandır işleminin renge olumsuz etkisi olup olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. Boya Sonrası Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	ΔE
Boya sonrası (standart)						
Su İtici Apre	1.51	2.29	0.75	1.65	-1.75	1.66
Su İtici Apre + Kalandır	3.05	0.99	1.00	1.32	-0.49	1.39
Kalandır + Su İtici Apre	2.20	1.98	1.80	2.47	-1.05	1.51
Su İtici Apre (5 yıkama)	1.92	1.76	1.20	1.82	-1.10	1.35
Su İtici Apre (10 yıkama)	1.80	1.97	1.13	1.85	-1.31	1.45

CIELab renk koordinatları karşılaştırıldıklarında 0-100 aralığında olması gereken L* değerinde çok fazla sapmaların olmadığı görülmüştür.

Tablo 2. Su İtici Apre Uygulanmış Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	ΔE
Su İtici (standart)						
Su İtici Apre + Kalandır	0.69	-0.48	0.68	0.41	0.72	0.67
Kalandır + Su İtici Apre	0.34	-0.29	0.56	0.38	0.50	0.46

	L*	a*	b*	C*	h°	△E
Su İtici Apre (5 yıkama)	0.06	-0.23	0.19	0.07	0.28	0.24
Su İtici Apre (10 yıkama)	-0.17	-0.06	0.60	0.52	0.31	0.32

Tablo 2'deki△E değerine bakıldığında su itici apre yapılmış kumaş standart alınarak üzerine yapılan kalandır işleminin rengi geriye götürmediği ve yıkama sonrası denemelerinde renge olumsuz etki yaratmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Su İtici Apre ve Kalandır Uygulanmış Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	△E
Su İtici + Kalandır (standart)						
Su İtici Apre + Kalandır (5 yıkama)	-0.09	0.04	0.14	0.14	0.02	0.06
Su İtici Apre + Kalandır (10 yıkama)	-0.05	-0.05	-0.26	-0.25	-0.06	0.10

Tablo 3 ve 4'de görüldüğü gibi yıkama işleminin spektrofotometrik ölçüm sonuçlarından hareketle renkte, açıklık-koyuluk değerlerinde olumsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo 4. Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanmış Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	△E
Kalandır + Su İtici (standart)						
Kalandır + Su İtici Apre (5 yıkama)	0.10	-0.27	-0.23	-0.32	0.15	0.17
Kalandır + Su İtici Apre (10 yıkama)	-0.09	-0.11	0.28	0.21	0.22	0.19

Boyutsal stabilite test sonuçlarında su itici apre uygulanmış, öncesi ve sonrası kalandır işlemine tabi tutulmuş kumaşlar arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 5. Boyutsal Stabilite Test Sonuçları

Boyutsal stabilite (TS 5720 EN ISO 6330) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem 40°C			
		Yıkama sonrası	Ütü sonrası
Su İtici Apre	Atkı (%)	-0,3	-0,1
	Çözgü (%)	-1,1	-1,3
Su İtici Apre + Kalandır	Atkı (%)	-1,8	-1,5
	Çözgü (%)	-2,0	-2,0

Boyutsal stabilite (TS 5720 EN ISO 6330) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem 40°C			
		Yıkama sonrası	Ütü sonrası
Kalandır + Su İtici Apre	Atkı (%)	-1,0	-1,0
	Çözgü (%)	-1,3	-1,3

Tablo 6. Tek Yırtılma Metoduna Göre Kumaşların Mukavemet Ölçüm Sonuçları

Tek Yırtılma Metodu (TS EN ISO 13937-2) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem		
	Atkı Yönünde	Çözgü Yönünde
Boya Sonrası	7,26 N	Test sonucu verilemiyor
Su İtici Apre	8,73 N	Test sonucu verilemiyor
Su İtici Apre + Kalandır	7,44 N	Test sonucu verilemiyor
Kalandır + Su İtici Apre	7,10 N	Test sonucu verilemiyor

Mukavemeti değerlendirmek için yapılan tek yırtılma metoduna göre çıkan sonuçlar Tablo 6'da görülmektedir. Çözgü yönünde mukavemet her bir numune için olumlu sonuç vermiştir. Atkı yönünde mukavemet değerlendirilmesinde su itici apre ve kalandır işlemlerinin kumaşın mukavemetini geriye götürmediği hatta bir miktar arttırdığı gözlemlenmiştir.

Tablo 7. Boncuklanma Test Sonuçları

Boncuklanma (TS EN ISO 12945-2) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem, 415 +/- 2 g		
	Ön	Arka
Boya Sonrası	4-5	4-5
Su İtici Apre	4-5	4-5
Su İtici Apre + Kalandır	4-5	4-5
Kalandır + Su İtici Apre	4-5	4-5

Boncuklanma test sonuçları kumaşın polyester esaslı olmasından da kaynaklı olarak iyi bir sonuç vererek 4-5 puan çıkmıştır.

Tablo 8. Dikiş Kayması Tayini Test Sonuçları

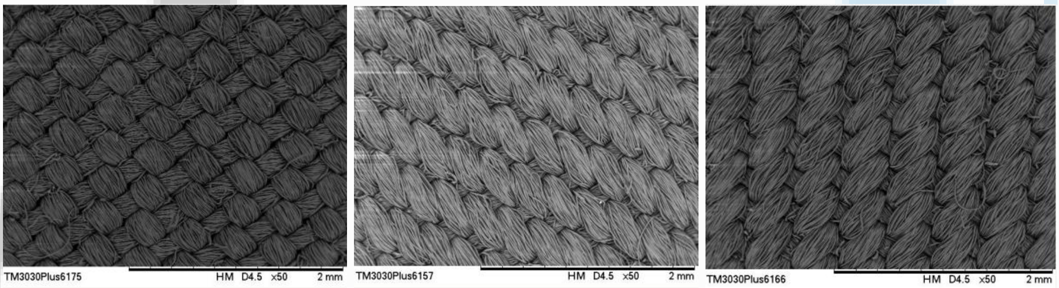
Dikiş Kayması Tayini (TS EN ISO 13936-2) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem, 60N		
	Atkılar üzerindeki çözgü	Çözgüler üzerindeki atkı
Su İtici Apre	1,53	1,53
Su İtici Apre + Kalandır	1,66	1,53
Kalandır + Su İtici Apre	1,60	1,46

Tablo 8'deki dikiş kayması test sonuçları anlamlı bir fark oluşturmayarak su itici kumaşa kalandır işleminin etkisine olumlu sonuç vermiştir.

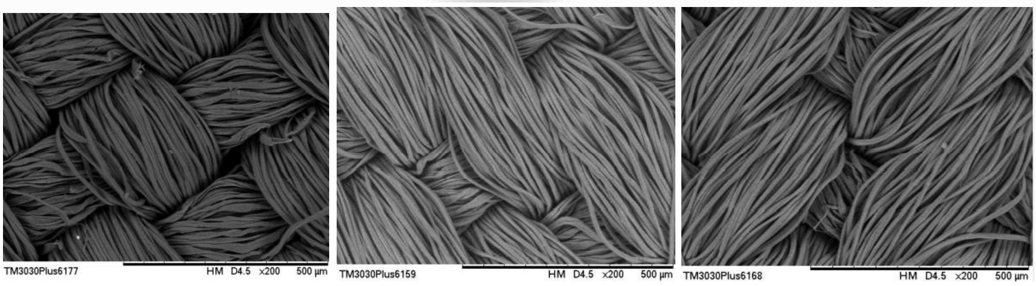
Tablo 9. Su İticilik Sprey Testi Sonuçları

Su İticilik Sprey Testi (TS EN ISO 4920:2013) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem			
	Su İticilik Değeri	5 Yıkama	10 Yıkama
Boya Sonrası	ISO 1	-	-
Su İtici Apre	ISO 2	ISO 2,5	ISO 2,5
Su İtici Apre + Kalandır	ISO 2,5	ISO 2,5	ISO 2,5
Kalandır + Su İtici Apre	ISO 2,5	ISO 2,5	ISO 2,5

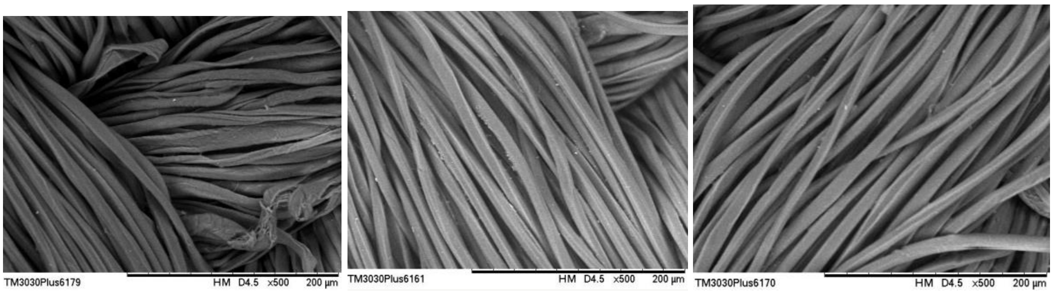
Sprey Test metoduna göre su iticiliği belirlemede elde edilen ölçüm sonuçları Tablo 9'da verilmektedir. Boyama sonrası su iticilik TS EN ISO 4920'ye göre ISO 1 değerinde iken, su itici apre uygulandıktan sonra 2'ye yükselmiştir. Öncesi ve sonrası kalandır uygulamalarında ise bu değer 2,5'dir. Kullanım ömrü boyunca su itici özelliği sağlayabilmesi adına 5 ve 10 yıkama sonrası yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ISO 2,5 değerinde çıkması sonucu kalandır işleminin kalıcılığı arttırdığını söyleyebiliriz.



Şekil 3.Sırasıyla Su İtici Apre, Su İtici Apre ve Kalandır, Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanan Kumaşların x50 SEM Görüntüsü



Şekil 4.Sırasıyla Su İtici Apre, Su İtici Apre ve Kalandır, Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanan Kumaşların x200 SEM Görüntüsü



Şekil 5.Sırasıyla Su İtici Apre, Su İtici Apre ve Kalandır, Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanan Kumaşların x500 SEM Görüntüsü

SEM görüntülerinde su itici apre uygulanmış kumaşta iplik kopması gözlemlenmiştir. Diğer iki kumaş numunesinde ipliklerin yassılaştığı ve yüzeyi kapattığı görülmektedir. Bu sayede de kalandır işleminin yüzeyi stabil hale getirme ve su itici özelliğe katkı sağlamada olumlu etki gösterdiğini söyleyebiliriz.

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışma ile trençkot kumaşlarında su itici apre uygulamasının kalıcılığının sağlanması hedeflenmiştir. Kullanım ömrü boyunca kalıcılık için yapılan kalandır işlemi değerlendirilerek gerekli fiziksel ve performans testleri yapılmıştır. Böylece kalıcılıkta istenilen sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, boyama öncesine göre artan su iticilik, 5 ve 10 yıkama sonrasında da kalıcılıkta istenen değerleri sağlamıştır. Çözgü yönünde yapılan kalandır işleminin SEM görüntülerinde yüzeydeki iplikleri yassılaştırdığı görülmüştür. Bu yassılaşmanın yüzeyi daha kapalı hale getirdiği ve su itici özelliği arttırdığı düşünülmektedir. Hafif asidik ortamda yapılan su itici apre işleminin SEM görüntüsünde de görüldüğü gibi pamuk ipliklerinde deformasyon oluşturabileceği gözlemlenmiştir. Her 3 kumaş yapısı içinde dayanımda bir azalma olmamıştır. Fiziksel test sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde öncesi veya sonrası kalandır işleminin mukavemeti geriye götürmediği, boncuklanmaya karşı olumsuz bir etki göstermediği tespit edilmiştir. Söz konusu kalandır işleminin su itici özelliğin kalıcılığının arttırmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

AĞIRGAN, A.Ö, KANAT, Z.E, ÖZEK, H.Z., (2015). Nano Partiküllü Su İticilik Maddeleriyle İşlem Görmüş Pamuklu ve Polyester Dokuma Kumaşların Karşılaştırılması. Tekstil ve Mühendis. Sayı: 69, S:13.

HUAN, T., LI, D., EK, M., (2018). Water Repellency Improvement of Cellulosic Textile Fibers by Betulin and a Betulin-Based Copolymer. Cellulose. 25:2115-2128.

KORKMAZ, R.B. (2015). Günümüz Tekstillerinde Kumaşa Kazandırılan Teknik Özellikler, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tekstil Anasanat Dalı.

SEVENCAN, H., ÜREYEN, M.E., (2020). Tekstil ve Giysi Tasarımında Biyomimetik Uygulamaları, International Journal of Interdisiplinary and Intercultural Art, Cilt: 5, Sayı: 10, Haziran-Temmuz / 2020.

ÖZEN, İ., DEMİRYÜREK, O., (2012). Su İticilik Bitim İşleminin Farklı Yapıdaki Tekstil Malzemelerine Uygulanması ile Sağlanan Su Geçirmezlik Özelliklerinin Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi, Kayseri.

ÖZSEVİNÇ, A. (2012). Konvansiyonel ve Nanoteknoloji Esaslı Su İticilik Bitim Kimyasalları Kullanılarak Farklı Yapıdaki Tekstil Malzemelerinin Su Geçirmezlik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.

Presentation ID / Sunum No:72

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Su İtici Özellikte Trençkot Kumaşı Geliştirilmesi ve Kalıcılığının Araştırılması

Araştırmacı İpek Yıldıran[1] , Prof.Dr. Dilek Kut[2] , Prof.Dr. Burcu Yılmaz[3] , Araştırmacı Esra Mert[1] , Araştırmacı Buğçe Sevinç[1] , Araştırmacı Hüsnü Gülten[1] , Araştırmacı Hatice Salar[1]
[1]SYK Tekstil Ar-Ge Merkezi
[2]Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü
[3]Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

*Corresponding author: Esra Mert

ÖZET: *Küresel ısınmanın sonucu meydana gelen ani mevsim değişimlerinden kaynaklı beklenmeyen yağışlar tüketicilerin dış giyim ürünlerinde su iticilik fonksiyonel özelliğe talebi arttırmıştır. Her mevsim tercih edilen sıkı dokuma yapısıyla rüzgarı kesen, su itici özelliğe sahip, yağmurlu havalarda kullanılabilen ve aynı zamanda nefes alabilen trençkot kumaşlarının geliştirilmesi ihtiyaç haline gelmiştir. Bu çalışmada selülozik esaslı karışım oranı %66/34 PES RECY/BCI Pamuk olan trençkot kumaşı dokunmuş ve renklendirilmiştir. Ardından boyanmış trençkot kumaşının su iticilik özelliğinin geliştirilmesi ve bu özelliğin kullanım ömrü boyunca kalıcılığının sağlanması amacıyla 3 farklı proses denenmiştir. İlk olarak kumaşa su itici özellik kazandırılması için apre uygulaması yapılmış, sonrasında bu özelliğin kalıcığının arttırılması hedeflenerek kumaşa apre öncesi ve sonrası kalandır işlemi uygulanmıştır. Elde edilen numunelerin fiziksel (yırtılma mukavemeti, boncuklanma ve dikiş kayması tayini) ve yıkama öncesi ve sonrası (5 ve 10 yıkama) performans (su iticilik) testleri yapılmıştır. Sonuç olarak kalandır uygulamasının fiziksel test sonuçlarında anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Kalandır işleminin su itici özelliği arttırdığı fakat öncesinde veya sonrasında yapılmasının bu özelliği değiştirmediği tespit edilmiştir. Boyama sonu su iticilik özelliği TS EN ISO 4920:2013 standardına göre ISO 1 iken, apre uygulandıktan sonra bu değer ISO 2'ye, öncesi ve sonrası kalender uygulamalarında da ISO 2,5 değerinde çıkmıştır. Yıkama öncesi ve sonrası (5 ve 10 yıkama) su iticilik değerlendirilirken yapılan test sonuçları ISO 2,5 değerini verdiğinden yapılan kalandır işleminin kalıcılığı arttırmada etkili olduğu tespit edilmiştir.*
Anahtar Kelimeler: *Su İticilik, Kalandır, Dokuma Kumaş, Trençkot Kumaşı*

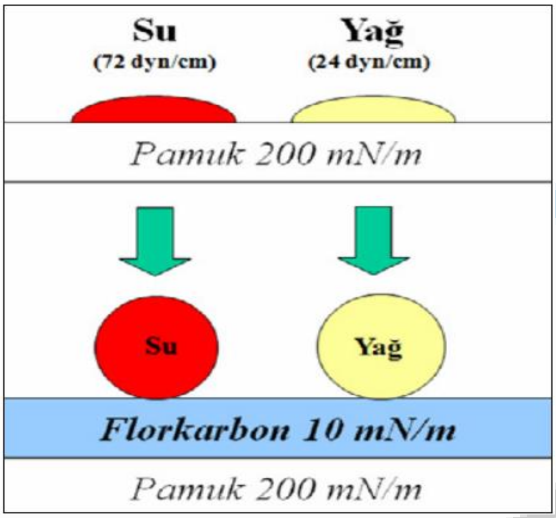
Development of Trench Coat Fabrıc Wıth Water-Repellent Propertıes and Investıgatıon of Its Permanence

ABSTRACT: *Consumers' demand for water-repellent functional properties in outerwear products has increased due to sudden seasonal changes caused by global warming and precipitation. It has become a necessity to develop trench coat fabrics, which are preferred in all seasons with their tight woven structure, which cuts the wind, has water repellent properties, can be used in rainy weather and are also breathable. In this study, trench coat fabric with a cellulosic-based mix ratio of 66/34% PES RECY/BCI Cotton was woven and colored. Then, 3 different processes were tried in order to improve the water repellent property of the dyed trench coat fabric and to ensure the permanence of this property throughout its lifetime. First of all, finishing was applied to give the fabric a water-repellent feature, and then the calender process was applied to the fabric before and after finishing, aiming to increase the permanence of this feature. Before and after washing (5 and 10 washes) performance (water repellency), physical (tear strength, pilling and seam slippage determination) tests of the obtained samples were carried out. As a result, it was seen that the calender application did not make a significant difference in the physical test results. It has been determined that the calendering process increases the water repellent property, but doing it before or after it does not change this property. While the water-repellent property at the end of dyeing was ISO 1, this value increased to ISO 2 after applying the water-repellent finish, and to ISO 2.5 in calender applications before and after the dyeing. Since the test results when evaluating the water repellency before and*

after washing (5 and 10 washes) gave the ISO 2.5 value, it was determined that the calendering process was effective in increasing the permanence.
Keywords: *Water Repellency, Calender, Woven Fabric, Trench Coat Fabric*

1. GİRİŞ

Tekstil yüzeylerine uygulanan fonksiyonel bitim işlemlerinden biri ve en çok uygulananı su iticilik bitim işlemidir. Su iticilik çalışmaları ilk olarak 1940'lı yıllarda başlamıştır ve gelişerek günümüze kadar tekstil giyimi alanında varlığını sürdürmektedir. Tekstil kumaşlarında özellikle pamuklu kumaşlar konfor yeteneğine sahip çok yönlü bir liftir. Aynı zamanda da nisbi nem değeri %8,5 oranında olduğundan dolayı ortamdaki nemi üzerine çekerek hidrofil özellik sağlar. Pamuklu kumaştan üretilmiş bir giysinin koruyucu özellik sağlayabilmesi için su iticilik en yaygın kullanılan konfor özelliklerinden biridir. Su iticilik bir tekstil yüzeyinin ıslanmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Prensip olarak su damlasının yüzey ile temas açısı ölçümüne dayanmaktadır. Kumaş yüzeyi ile su damlası arasındaki açı 0° olduğunda tamamen ıslanır, açı 180° olduğunda hiç ıslanma olmaması anlamını taşımaktadır (Özsevinç, 2012).



Şekil 1. Florokarbon ile İşlem Gören ve Görmeyen Kumaşın Davranışı (Özen ve Demiryürek, 2012:14)

Tekstil yüzeylerine su itici özellik sağlayabilmek için birçok kimyasal bulunmaktadır. Bu kimyasalların görevi tekstil kumaşının yüzeyindeki ipliklerin liflerine kovalent bağ gibi çekim kuvvetleriyle bağlanarak hidrofob yüzey oluşturmaktır. Kimyasallar ile yapılan bu hidrofob tabaka sayesinde kumaş yüzeyi tamamen kapanmaz, gözeneklerden nefes alabilir ve su geçişi sağlanabilir yüzeyler elde edilebilir. Fakat su itici özellik, bu kimyasal bağlar sebebi ile sınırlı seviyede olmaktadır (Demiryürek ve Özen, 2012).

Huang ve arkadaşları 2018'de yaptıkları bir çalışmada, hidrofobik bir bileşik olan betulin maddesini pamuklu kumaşlarda su itici özelliği sağlamak amacıyla kullanmışlardır. İlk olarak betulin maddesi ile emdirilmiş pamuklu kumaş test edilmiş daha sonra betulin maddesinden bir kopolimer elde ederek bu kopolimer ile emdirilen pamuklu kumaş test edilerek 70'lik bir su iticilik puanına ulaşmışlardır. Daha sonra hem betulinden hem de betulin kopolimerinden filmler hazırlayarak kaplama yöntemiyle kumaşları kaplamışlardır. Bu sayede daha iyi bir su iticilik puanına ulaşmışlardır.

Ağırgan ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada dokuma kumaşların su itici özellikleri için nano teknolojinin konvansiyonel yönteme göre karşılaştırmasını incelemişlerdir. Dokuma kumaş özelliklerini pamuk, polyester ve pamuk/polyester karışımlı olarak seçerek numunelere nano partiküllü ve konvansiyonel su itici kimyasalları emdirerek termofiksaj işlemi yapmışlardır. Sonuç olarak nano partiküllü su itici kimyasallar hem yıkama sonrası kalıcılık olarak da iyi performans sergilemişlerdir. Numunelerin SEM görüntüleri incelendiğinde yapılan denemelerin yüzeyde bir fark oluşturmadığını gözlemlemişlerdir.

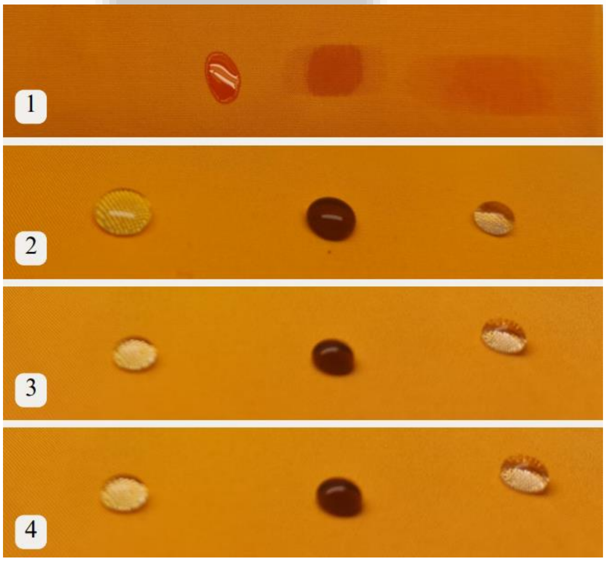
Tekstil materyalleri genellikle selüloz esaslı elyaflarla dokunmuşlar ise hidrofil özellikleri çok iyidir. Bu durumda genellikle su ile temas halinde ıslanırlar. Özellikle dış giyim olmak üzere teknik alanda kullanım sağlayan performans kumaşlarına kadar su iticilik özelliği kazandırılmaktadır. Su iticilik özelliği sayesinde kumaş mikro boyutta gözeneklerden dışarıya nemi transfer edebilir hem de dışarıdan gelen büyük su moleküllerinin içeriye sızmasına karşı koruma sağlar. Su iticilik işlemi iki metot ile gerçekleştirilebilmektedir; kaplama (su geçirmezlik) ve su itici yüzey şeklindedir. Kaplama ile elde edilen su iticilik performans olarak iyi sonuç vermekte fakat kumaşın yüzeyinde kaplama yüzünden hava geçirgenliği iyi olmamaktadır. Su itici yüzey ise çeşitli kimyasallarla kumaşı oluşturan liflere bağlandığı için kumaşın yüzeyinde herhangi bir değişikliğe neden olmamakla birlikte hava geçirgenliği de artmaktadır. Sonuç olarak da su iticilik kaplama yöntemine göre belirli bir seviyededir. (Korkmaz, 2015; S.71)

Gerçekleştirilen bu çalışmanın temel hedefi ise özellikle dış giyim kumaşlarında teknik performans sağlayabilecek su itici özellikte ve kullanım ömrü boyunca bu özelliği koruyabilecek kumaş geliştirilmesidir. Yapılacak kalandır işleminin tasarlanan trençkot kumaşı üzerinde su itici özelliğin kalıcılığında olumlu bir etki sağlaması düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Karışım oranı %66/34 PES RECY/BCI Pamuk olan, çözgü ipliği 150 Den PES F144 SOFT IMG RCY, atkı ipliği Ne 40/1 PAMUK PENYE COMPACT BCI, çözgü sıklığı 54 tel/cm, atkı sıklığı 34 atkı/cm, örgüsü D 2/1 (S) olan trençkot kumaşı dokunmuştur. Dokunan kumaş boyama öncesi ön işlemden geçirilerek Somon rengine boyanmıştır. Boyalı kumaşa 3 farklı proses uygulanarak su iticilik özelliği ve kalıcılığı araştırılmıştır. İlk olarak boyanan kumaşa 60 g/L Repellan YFC ticari adıyla florokarbon bazlı su itici apre maddesi uygulanmıştır. Kalıcılığının arttırılması için apre malzemesi öncesinde ve sonrasında olmak üzere soğuk kalandır işlemi 37°C ve 40 metre/dakika hızda yapılmıştır.

Su itici apre ve kalandır işlemi uygulanmış kumaş örneklerinin yüzeyleri Spektrofotometre ile ölçüm yapılarak renk değişimleri incelenmiş ve fiziksel (yırtılma mukavemeti, boncuklanma ve dikiş kayması tayini) testleri yapılmıştır. Aynı zamanda yüzeydeki görüntü değişimi için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile görüntü alınmıştır. Su iticilik özelliği 5 ve 10 yıkama öncesi-sonrası Sprey Test metodu TS EN ISO 4920:2013 standardına göre tespit edilmiştir.



Şekil 2. Üzerlerine sırasıyla Yağ, Çay, Su (**1;** boya sonrası, **2;** su itici apre uygulanmış, **3;** su itici apre ve kalandır uygulanmış, **4;** kalandır ve su itici apre uygulanmış)

3. SONUÇLAR

Su itici özellikte trençkot kumaşının su itici apre, öncesi ve sonrası kalandır işlemine ait spektrofotometrik ölçüm sonuçları Tablo 1, 2, 3 ve 4'de görülmektedir. Spektrofotometrik ölçüme bakılarak kumaşların boya sonrası, su itici apre uygulamasının ve kalandır işleminin renge olumsuz etkisi olup olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. Boya Sonrası Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	△E
Boya sonrası (standart)						
Su İtici Apre	1.51	2.29	0.75	1.65	-1.75	1.66
Su İtici Apre + Kalandır	3.05	0.99	1.00	1.32	-0.49	1.39
Kalandır + Su İtici Apre	2.20	1.98	1.80	2.47	-1.05	1.51
Su İtici Apre (5 yıkama)	1.92	1.76	1.20	1.82	-1.10	1.35
Su İtici Apre (10 yıkama)	1.80	1.97	1.13	1.85	-1.31	1.45

CIELab renk koordinatları karşılaştırıldıklarında 0-100 aralığında olması gereken L* değerinde çok fazla sapmaların olmadığı görülmüştür.

Tablo 2. Su İtici Apre Uygulanmış Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	△E
Su İtici (standart)						
Su İtici Apre + Kalandır	0.69	-0.48	0.68	0.41	0.72	0.67
Kalandır + Su İtici Apre	0.34	-0.29	0.56	0.38	0.50	0.46
Su İtici Apre (5 yıkama)	0.06	-0.23	0.19	0.07	0.28	0.24
Su İtici Apre (10 yıkama)	-0.17	-0.06	0.60	0.52	0.31	0.32

Tablo 2'deki△E değerine bakıldığında su itici apre yapılmış kumaş standart alınarak üzerine yapılan kalandır işleminin rengi geriye götürmediği ve yıkama sonrası denemelerinde renge olumsuz etki yaratmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3. Su İtici Apre ve Kalandır Uygulanmış Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	△E
Su İtici + Kalandır (standart)						
Su İtici Apre + Kalandır (5 yıkama)	-0.09	0.04	0.14	0.14	0.02	0.06
Su İtici Apre + Kalandır (10 yıkama)	-0.05	-0.05	-0.26	-0.25	-0.06	0.10

Tablo 3 ve 4’de görüldüğü gibi yıkama işleminin spektrofotometrik ölçüm sonuçlarından hareketle renkte, açıklık-koyuluk değerlerinde olumsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo 4. Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanmış Kumaş Standart Alınmış Renk Ölçüm Sonuçları

	L*	a*	b*	C*	h°	∆E
Kalandır + Su İtici (standart)						
Kalandır + Su İtici Apre (5 yıkama)	0.10	-0.27	-0.23	-0.32	0.15	0.17
Kalandır + Su İtici Apre (10 yıkama)	-0.09	-0.11	0.28	0.21	0.22	0.19

Boyutsal stabilite test sonuçlarında su itici apre uygulanmış, öncesi ve sonrası kalandır işlemine tabi tutulmuş kumaşlar arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 5. Boyutsal Stabilite Test Sonuçları

Boyutsal stabilite (TS 5720 EN ISO 6330) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem 40°C			
		Yıkama sonrası	Ütü sonrası
Su İtici Apre	Atkı (%)	-0,3	-0,1
	Çözgü (%)	-1,1	-1,3
Su İtici Apre + Kalandır	Atkı (%)	-1,8	-1,5
	Çözgü (%)	-2,0	-2,0
Kalandır + Su İtici Apre	Atkı (%)	-1,0	-1,0
	Çözgü (%)	-1,3	-1,3

Tablo 6. Tek Yırtılma Metoduna Göre Kumaşların Mukavemet Ölçüm Sonuçları

Tek Yırtılma Metodu (TS EN ISO 13937-2) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem		
	Atkı Yönünde	Çözgü Yönünde
Boya Sonrası	7,26 N	Test sonucu verilemiyor
Su İtici Apre	8,73 N	Test sonucu verilemiyor
Su İtici Apre + Kalandır	7,44 N	Test sonucu verilemiyor
Kalandır + Su İtici Apre	7,10 N	Test sonucu verilemiyor

Mukavemeti değerlendirmek için yapılan tek yırtılma metoduna göre çıkan sonuçlar Tablo 6’da görülmektedir. Çözgü yönünde mukavemet her bir numune için olumlu sonuç vermiştir. Atkı yönünde mukavemet değerlendirilmesinde su itici apre ve kalandır işlemlerinin kumaşın mukavemetini geriye götürmediği hatta bir miktar arttırdığı gözlemlenmiştir.

Tablo 7. Boncuklanma Test Sonuçları

Boncuklanma (TS EN ISO 12945-2) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem, 415 +/- 2 g		
	Ön	Arka
Boya Sonrası	4-5	4-5
Su İtici Apre	4-5	4-5
Su İtici Apre + Kalandır	4-5	4-5
Kalandır + Su İtici Apre	4-5	4-5

Boncuklanma test sonuçları kumaşın polyester esaslı olmasından da kaynaklı olarak iyi bir sonuç vererek 4-5 puan çıkmıştır.

Tablo 8. Dikiş Kayması Tayini Test Sonuçları

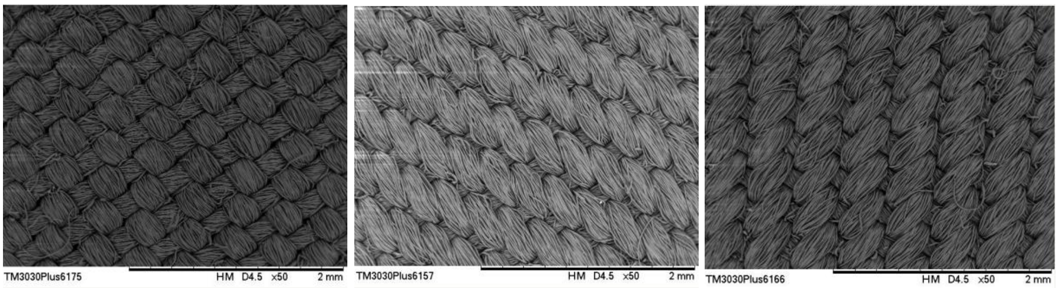
Dikiş Kayması Tayini (TS EN ISO 13936-2) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem, 60N		
	Atkılar üzerindeki çözgü	Çözgüler üzerindeki atkı
Su İtici Apre	1,53	1,53
Su İtici Apre + Kalandır	1,66	1,53
Kalandır + Su İtici Apre	1,60	1,46

Tablo 8'deki dikiş kayması test sonuçları anlamlı bir fark oluşturmayarak su itici kumaşa kalandır işleminin etkisine olumlu sonuç vermiştir.

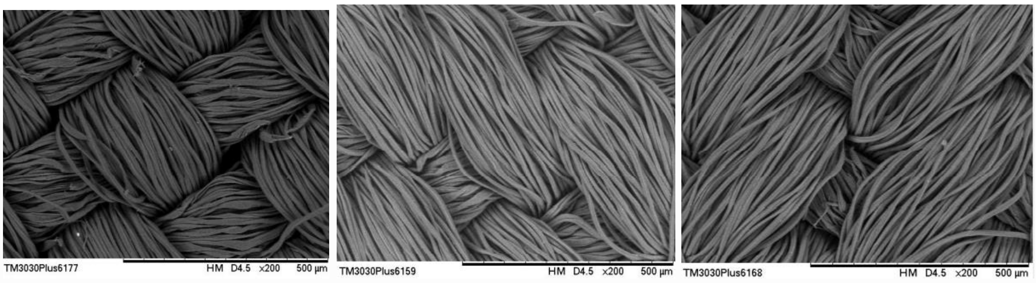
Tablo 9. Su İticilik Sprey Testi Sonuçları

Su İticilik Sprey Testi (TS EN ISO 4920:2013) 20 +/-2°C ve %65+/-4 Bağıl Nem			
	Su İticilik Değeri	5 Yıkama	10 Yıkama
Boya Sonrası	ISO 1	-	-
Su İtici Apre	ISO 2	ISO 2,5	ISO 2,5
Su İtici Apre + Kalandır	ISO 2,5	ISO 2,5	ISO 2,5
Kalandır + Su İtici Apre	ISO 2,5	ISO 2,5	ISO 2,5

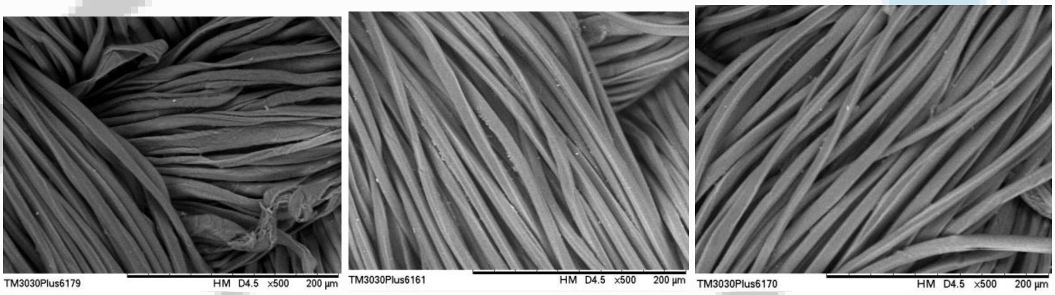
Sprey Test metoduna göre su iticiliği belirlemede elde edilen ölçüm sonuçları Tablo 9'da verilmektedir. Boyama sonrası su iticilik TS EN ISO 4920'ye göre ISO 1 değerinde iken, su itici apre uygulandıktan sonra 2'ye yükselmiştir. Öncesi ve sonrası kalandır uygulamalarında ise bu değer 2,5'dir. Kullanım ömrü boyunca su itici özelliği sağlayabilmesi adına 5 ve 10 yıkama sonrası yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ISO 2,5 değerinde çıkması sonucu kalandır işleminin kalıcılığı arttırdığını söyleyebiliriz.



Şekil 3.Sırasıyla Su İtici Apre, Su İtici Apre ve Kalandır, Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanan Kumaşların x50 SEM Görüntüsü



Şekil 4.Sırasıyla Su İtici Apre, Su İtici Apre ve Kalandır, Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanan Kumaşların x200 SEM Görüntüsü



Şekil 5.Sırasıyla Su İtici Apre, Su İtici Apre ve Kalandır, Kalandır ve Su İtici Apre Uygulanan Kumaşların x500 SEM Görüntüsü

SEM görüntülerinde su itici apre uygulanmış kumaşta iplik kopması gözlemlenmiştir. Diğer iki kumaş numunesinde ipliklerin yassılaştığı ve yüzeyi kapattığı görülmektedir. Bu sayede de kalandır işleminin yüzeyi stabil hale getirme ve su itici özelliğe katkı sağlamada olumlu etki gösterdiğini söyleyebiliriz.

4. GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışma ile trençkot kumaşlarında su itici apre uygulamasının kalıcılığının sağlanması hedeflenmiştir. Kullanım ömrü boyunca kalıcılık için yapılan kalandır işlemi değerlendirilerek gerekli fiziksel ve performans testleri yapılmıştır. Böylece kalıcılıkta istenilen sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, boyama öncesine göre artan su iticilik, 5 ve 10 yıkama sonrasında da kalıcılıkta istenen değerleri sağlamıştır. Çözgü yönünde yapılan kalandır işleminin SEM görüntülerinde yüzeydeki iplikleri yassılaştırdığı görülmüştür. Bu yassılaşmanın yüzeyi daha kapalı hale getirdiği ve su itici özelliği arttırdığı düşünülmektedir. Hafif asidik ortamda yapılan su itici apre işleminin SEM görüntüsünde de görüldüğü gibi pamuk ipliklerinde deformasyon oluşturabileceği gözlemlenmiştir. Her 3 kumaş yapısı içinde dayanımda bir azalma olmamıştır. Fiziksel test sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde öncesi veya sonrası kalandır işleminin mukavemeti geriye götürmediği, boncuklanmaya karşı olumsuz bir etki göstermediği tespit edilmiştir. Söz konusu kalandır işleminin su itici özelliğin kalıcılığının arttırmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

AĞIRGAN, A.Ö, KANAT, Z.E, ÖZEK, H.Z., (2015). Nano Partiküllü Su İticilik Maddeleriyle İşlem Görmüş Pamuklu ve Polyester Dokuma Kumaşların Karşılaştırılması. Tekstil ve Mühendis. Sayı: 69, S:13.

HUAN, T., LI, D., EK, M., (2018). Water Repellency Improvement of Cellulosic Textile Fibers by Betulin and a Betulin-Based Copolymer. Cellulose. 25:2115-2128.

KORKMAZ, R.B. (2015). Günümüz Tekstillerinde Kumaşa Kazandırılan Teknik Özellikler, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tekstil Anasanat Dalı.

SEVENCAN, H., ÜREYEN, M.E., (2020). Tekstil ve Giysi Tasarımında Biyomimetik Uygulamaları, International Journal of Interdisiplinary and Intercultural Art, Cilt: 5, Sayı: 10, Haziran-Temmuz / 2020.

ÖZEN, İ., DEMİRYÜREK, O., (2012). Su İticilik Bitim İşleminin Farklı Yapıdaki Tekstil Malzemelerine Uygulanması ile Sağlanan Su Geçirmezlik Özelliklerinin Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi, Kayseri.

ÖZSEVİNÇ, A. (2012). Konvansiyonel ve Nanoteknoloji Esaslı Su İticilik Bitim Kimyasalları Kullanılarak Farklı Yapıdaki Tekstil Malzemelerinin Su Geçirmezlik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.

Presentation ID / Sunum No:10

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0558-0879

Yüzey Modifikasyonu Gerçekleştirilmiş SiO2 Nanopartikül İlaveli 3B Yazıcı Reçinelerinin Geliştirilmesi

Araştırmacı Dilek Burcu Yıldız[1] , Doç.Dr. Serdar Yıldırım[1] , Arş.Gör. Berk Ozler[2]
[1]Dokuz Eylül Üniversitesi
[2]Katip Çelebi üniversitesi

*Corresponding author: Dilek Burcu Yıldız

ÖZET: *Üç boyutlu baskı teknolojileri, geleneksel kalıplar yerine dijital olarak oluşturulan şekillerin katmanlı üretimine olanak sağlayan, dünyada giderek yaygınlaşan bir eklemeli imalat teknolojisidir. Mevcut üç boyutlu yazıcılardan fotopolimerizasyon prensibi ile çalışanlar sıvı haldeki çapraz bağlanabilir reçinelerin ultraviyole ışık altında fotopolimerizasyonuna dayanmaktadır. Bu yöntem ile ince detaylı nesnelerin üretimi çok daha kolaydır. Fotopolimerizasyon tabanlı üç boyutlu yazıcılarda temel malzeme ışıkla polimerize edilmiş monomerlerdir. Bu yöntemle üretilecek polimerin bileşenleri monomerler, oligomerler, fotobaşlatıcılar ve isteğe bağlı olarak eklenen nanopartiküllerdir. Bu yöntemde kullanılan reçinelerin, işlem sonucunda düşük mekanik özellikler gösterebildiği bilinmektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için SiO2 nanoparçacık takviyeleri kullanılmıştır. Bu sayede çekme oranı düşük, mekanik özellikleri yüksek nanokompozit üretimi tamamlanmıştır. Proje kapsamında öncelikle sol-jel yöntemi ile SiO2 nanoparçacıkları sentezlenmiştir. Sentezlenen bu nanopartiküller, silanizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra sırasıyla XPS, SEM, FT-IR, DLS ve XRD analizleri sonucunda nanopartiküllerin elementel analizi, morfolojik yapısı, organik bağ yapısı, partikül boyutu ve faz yapısı belirlenmiştir. Bu ölçümler sonucunda %5 SiO2 ilave edilen numunenin çekme ve dayanım oranlarında en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Parçacık boyutu 32 nm olarak ölçülmüştür. Polimerizasyon sonrası çekme oranı %2.39 olarak ölçülen nanokompozit reçinenin viskozitesi 0.24 Pa.s ve eğilme dayanımı 175 MPa olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada SiO2 nanoparçacık katkılı nanokompozit reçinenin üç boyutlu yazıcılarda kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Nanokompozit, Fotopolimerizasyon, Üç Boyutlu Yazıcı, Reçine.*

1. GİRİŞ

Üç boyutlu yazdırma teknolojileri, son yıllarda hem günlük kullanım hem de endüstriyel üretimde (örneğin; kişiselleştirilmiş tüketici ürünleri, diş hekimliği, gıda endüstrisi, ilaç endüstrisi, biyomalzeme endüstrisi) revaçta olmakla beraber, çokça avantajı bulunan bir yöntemdir. En basit haliyle üç boyutlu yazıcı, bilgisayar ortamında saklanan verinin bilgisayar destekli tasarım (CAD) yoluyla, fiziksel gerçek nesnelere dönüştürülmesini sağlayan cihazlardır. Bu teknoloji aynı zamanda, geleneksel imalat yöntemleri ile elde edilemeyecek geometrileri de üretebilmektedir. Üç boyutlu (3B) üretim olarak adlandırılan bu teknoloji, masaüstü imalat ya da eklemeli üretim (additive manufacturing) olarak da literatürde yer edinmiş bir üretim biçimidir. Bu yazıcılar ile üretimi gerçekleştirebilmek için birçok farklı teknoloji kullanılmaktadır. Bu teknolojiler arasından sık kullanılanları Birleştirmeli Yığma Modeli-FDM (Fused Deposition Modelling), Seçici Lazer Sinterleme- SLS (Selective Laser Sintering), Tarayarak Işıkla Kürleme Tekniği- SLA (Stereo Lithography Apparatus), Tabakalı Yapıştırmalı Parça İmalatı- LOM (Laminated Object Manufacturing) şeklinde sıralanabilir. Bu yöntemler arasında fotokimyasal prensip ile çalışan Işıkla Kürleme Tekniği (SLA), sıvı foto-çapraz bağlanabilir reçinelerin UV-ışık altında fotopolimerizasyonu ile ince detaylı nesnelerin oluşturulabilmesi ve üretimi açısından son derece cazip ve kullanışlıdır. Aynı zamanda çevresel (örn. düşük miktarda uçucu organik bileşikler), ekonomik (düşük enerji tüketimi) ve üretimsel faydaları (mekansal ve zamansal kontrol çeşitliliği) açısından da önemlidir [1,2].

Fotokimyasal prensip ile çalışan üç boyutlu yazıcılarda, yapı malzemesi olarak ışık ile polimerize olabilen reçineler kullanılmaktadır. Fotopolimer olarak da bilinen bu malzemeler, en yalın tanımlarıyla, UV ışık ve lazer ışınları altında kimyasal olarak değişime uğrayan polimerlerdir. Bu temelde üretilecek malzeme; monomerler, oligomerler, fotobaşlatıcılar, ve ek olarak isteğe bağlı eklenebilen nanopartiküller ve renk pigmentlerinden oluşan fotokürlenebilir reçinelerdir.

Fotokürlenebilir reçineler, UV ışığına maruz kaldıklarında özelliklerini değiştiren ışığa duyarlı polimer bazlı malzemelerdir. Fotokürlenebilir reçinelerin mekanik özelliklerini (mukavemet, sertlik, büzülme oranı, viskozite) içerisinde bulunan monomer ve oligomer kompozisyonları belirler. Viskoziteleri ve dolayısıyla mukavemet değerleri yüksek olan monomerlere, bu etkiyi ortadan kaldırmak için esneklik sağlayan seyreltici monomerler eklenebilir. Esneklik sağlayan bu seyreltici monomerler genellikle düşük viskoziteye, düşük camsı geçiş sıcaklığına ve yüksek büzülme oranlarına sahip uzun zincirli monomerlerdir. Bu monomer karışımı, reaksiyon kabına eklenen fotobaşlatıcılar yardımıyla uygun dalga boyundaki ışıklara maruz kaldıklarında çapraz bağlar oluşturarak birbirlerine bağlanır ve hedeflenen polimer elde edilir [3].

Biyobazlı reçinelerde ise mekanik özellikler daha düşük değerlerde seyretmektedir. Çevreyi korumak ve ekosisteme katkı sağlamak adına tercih sebebi olan biyobazlı reçinelerin bu dezavantajının ortadan kaldırılması için ise reçineye nanopartikül ilavesi yapılabilmektedir. Bu çalışmada; dönüşüm derecesi, akma mukavemeti, elastisite modülü gibi değerlere doğrudan pozitif etki ettiği bilinen SiO_2 kullanılmıştır. Kullanılan bu nanopartiküller, aglomerasyon eğilimi gösterdiklerinden, reçine içine homojen karışmayıp mekanik testlerin sonuçlarına doğrudan etki etmiştir. Bu negatif etkinin ortadan kaldırılması amacıyla, bu nanopartiküller silanizasyon işlemine tabi tutulmuştur [4,5].

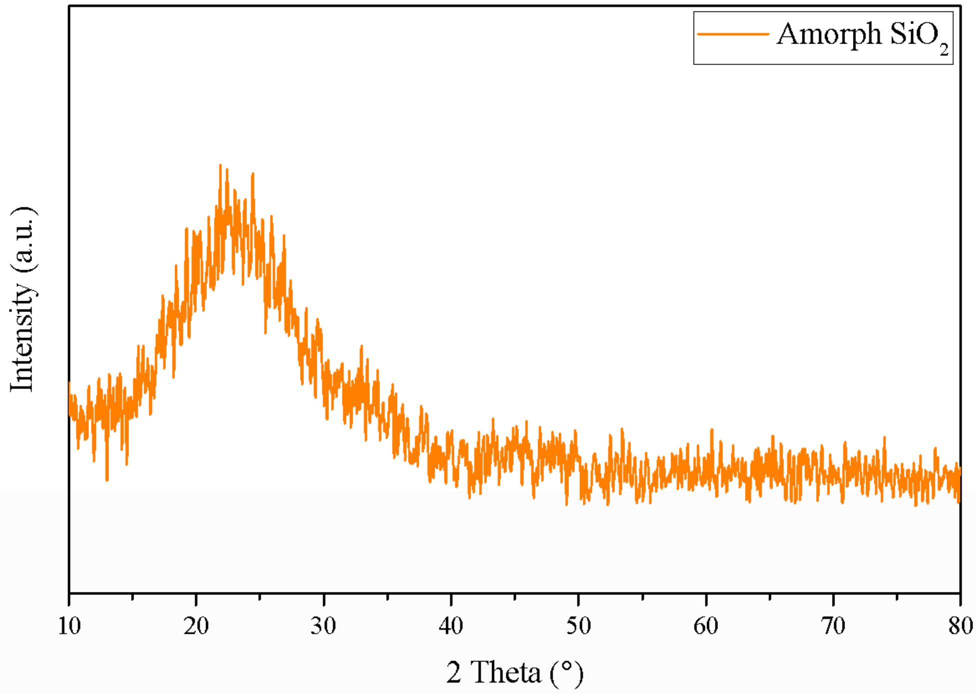
2. MATERYAL ve METOT

2.1. SiO2 Nanopartiküllerinin Üretimi

SiO_2 nanopartiküllerinin sol-gel yöntemi ile üretilmesi için öncelikle, TEOS (Tetraetoksi silan) ve EtOH (etanol) kullanılarak sol hazırlanmıştır. 40 ml EtOH içerisine yavaşça 4,5 ml TEOS eklenerek hazırlanan 1,39 NTU türbidite değerine sahip 0,5 M çözeltinin içerisine 3 ml %25'lik NH_3 eklenmiştir. pH değeri 9 olan çözelti, manyetik karıştırıcıda 4 saat karıştırıldıktan sonra 1 gece oda sıcaklığında yaşlandırılmış; daha sonra elde edilen jel 250 °C sıcaklıkta 2 saat kurutulmuş ve 550 °C'de 2 saat kalsine edilmiştir. Bu işlemlerin ardından nanopartiküller başarıyla üretilmiştir [6].

2.2. Faz Analizi

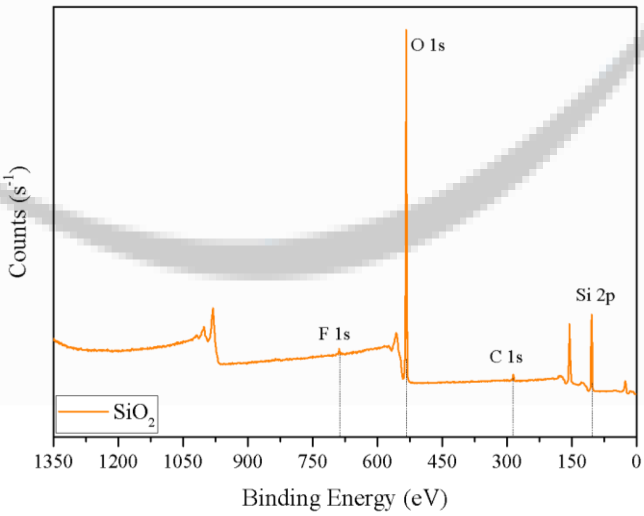
Sol-jel ile üretimi gerçekleştirilen SiO2 nanopartiküllerinin faz analizi, XRD kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen XRD grafiği Şekil 1'de gösterilmektedir. Analiz sonucunda görünen geniş pik, elde edilen SiO_2 tozlarının amorf yapıda olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde grafikte başka piklerin olmaması da yapıda safsızlık gözlemlenmediğini kanıtlamaktadır [7].



Şekil 1: SiO_2 Nanopartiküllerinin XRD Görüntüsü

2.3. Kimyasal Analiz

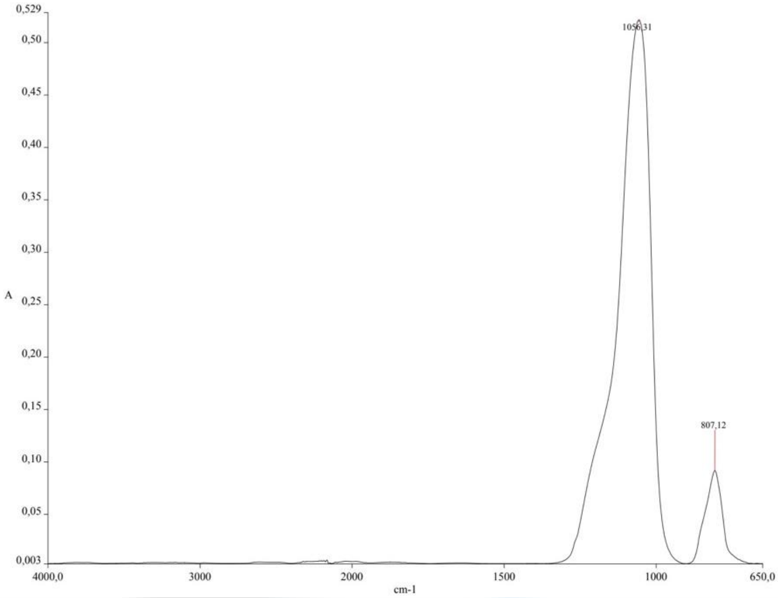
Üretimi gerçekleştirilen tozun elementel analizini yapmak amacıyla XPS kullanılmıştır.



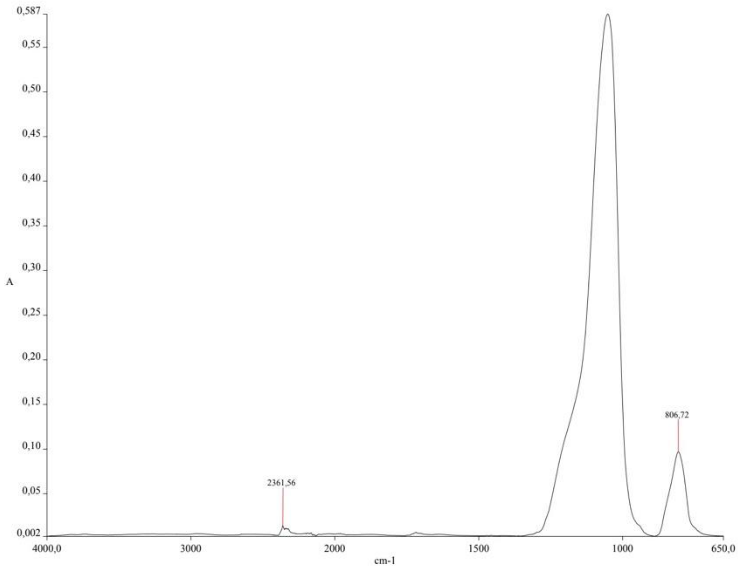
Şekil 2: SiO2 Nanopartiküllerinin XPS çıktısı

2.4. SiO_2 Nanopartiküllerinin Silanlanması

Her 1 g toz için 25 mL etanol kullanılarak bir çözelti hazırlanıp, bu çözeltiye eser miktarda su ve amonyak ilave edilmiştir. Ardından silan malzemesi olan MPS, kullanılan toz miktarının ağırlıkça %60'ı olacak şekilde ayarlanarak çözeltiye eklenmiş ve bu çözelti manyetik karıştırıcı üzerinde 12 saat oda sıcaklığında karışmaya bırakılmıştır. Ardından 8 saat 70°C'de kurutma işlemine tabi tutulmuş ve silanizasyon işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir. [5]



Şekil 3: Silansız SiO_2 FT-IR Spektrumu



Şekil 4: Silanlanmış SiO_2 FT-IR Spektrumu

Kullanılan silan malzemesi MPS'nin 1704 bandında pik verdiği bilinmektedir. Şekil X'de varolmayan 1704 pikindeki titreşim, Şekil 'de gözlemlenmektedir. Bu sayede silanizasyon işleminin başarıyla gerçekleştiği anlaşılmaktadır. [5]

2.5. Reçinelerin hazırlanması

Bir adet katkısız saf reçine olmak üzere ağırlıkça %0.5, %1, %1.5, %2, %5 toz oranlarında numuneler hazırlanmıştır. Toz katkılı sıvı haldeki bu reçineler, DLP tipi üç boyutlu yazıcıda eğme ve çekme numunesi standartlarına uygun boyutlarda kürlenmiştir.

2.6. Mekanik Analizler

2.6.1. Eğme Testi

Üç noktalı eğme testi sonucu farklı kompozisyonlarda elde edilen değerler Tablo 1'de sıralanmıştır.

Tablo 1: Katkı Oranlarına Göre Maksimum Gerilme Miktarları

Katkı Oranları (%)	**Katkısız**	**0.5**	**1**	**1.5**	**2**	**5**
Maksimum Gerilme (N/mm^2)	53.91	62.56	72.91	78.43	87.45	44.48

Ağırlıkça %2 toz katkısına kadar, katkı miktarı arttıkça yükseliş gösteren maksimum gerilme miktarı, %5 katkılı numunede düşüş göstermiştir.

2.6.2. Çekme Testi

Tablo 2'de gösterilen farklı kompozisyonlarda üretilen numunelerin elastisite modüllerine bakıldığında, en yüksek elastisite modülüne sahip numunenin ağırlıkça %0.5 SiO_2 katkılı numune olduğu görülmüştür. Seramik katkısı arttıkça, malzemenin elastisite modülünün düştüğü gözlemlenmiştir.

Tablo 2: Katkı Oranlarına Göre Elastisite Modülleri

Katkı Oranları (%)	**Katkısız**	**0.5**	**1**	**1.5**	**2**	**5**
Elastisite Modülü (GPa)	2.74	3.01	2.90	2.82	2.74	2.73

3. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, varolan ticari epoksi reçinelerden farklı olarak daha düşük mekanik özelliklerde seyreden biyobazlı reçinelere, nanoboyutta seramik katkı yapılarak mekanik özelliklerin pozitif yönde etkilenebileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] Silva, A. L., Salvador, G. M. D. S., Castro, S. V., Carvalho, N. M., & Munoz, R. A. (2021). A 3D printer guide for the development and application of electrochemical cells and devices. *Frontiers in Chemistry*, *9*, 684256.

[2] Delaviz, Y., Finer, Y., & Santerre, J. P. (2014). Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: a rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. *Dental Materials*, *30*(1), 16-32.

[3] Bagheri, A., & Jin, J. (2019). Photopolymerization in 3D printing. *ACS Applied Polymer Materials*, *1*(4), 593-611.

[4] Voet, V. S., Guit, J., & Loos, K. (2021). Sustainable photopolymers in 3D printing: a review on biobased, biodegradable, and recyclable alternatives. Macromolecular Rapid Communications, 42(3), 2000475.

[5] Rong, Y., Chen, H. Z., Wu, G., & Wang, M. (2005). Preparation and characterization of titanium dioxide nanoparticle/polystyrene composites via radical polymerization. Materials Chemistry and Physics, 91(2-3), 370-374.

[6] Azlina, H., Hasnidawani, J., Norita, H., & Surip, S. (2016). Synthesis of SiO_2 Nanostructures Using Sol-Gel Method. *Acta Physica Polonica A*, *129*(4), 842-844.

[7] Dubey, R. S., Rajesh, Y. B. R. D., & More, M. A. (2015). Synthesis and characterization of SiO2 nanoparticles via sol-gel method for industrial applications. *Materials Today: Proceedings*, *2*(4-5), 3575-3579.

Presentation ID / Sunum No:17

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Eğilme Momentine Maruz İçi Boş Silindirik Yapılarda Dönmüş Dış Yüzey Çatlaklarının Karışık Mod Kırılma Analizleri

Araştırmacı Muhammet Çalık[1] , Prof. Dr. Ali Osman Ayhan[2]
[1]Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
[2]Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

*Corresponding author: Muhammet Çalık

ÖZET: *Mühendislik yapılarının hasara uğraması sıklıkla karşılaşılan sorunlardan biridir. Bu sorunlar çoğunlukla kullanılan malzemenin yapısındaki mikro çatlaklar veya üretim yöntemine bağlı olarak ortaya çıkan başlangıç kusurlarının parçanın ömrü boyunca maruz kaldığı yükler altında ilerlemesi sonucu oluşan kırılmalar olarak meydana gelmektedir. Bu sorunların önceden tahmin edilebilmesi ve/veya ömür tahmini için kırılma mekaniği yöntemleri kullanılarak gerilme şiddet faktörleri hesaplanabilmektedir. Bu çalışmalar sonucunda oluşabilecek hasarları en aza indirgemek mümkün olabilmektedir. Hasara uğramış yapıların incelenmesi sonucunda, nasıl hasara uğradığı çoğunlukla tespit edilebilmektedir. Bu tespite göre hasara uğramış parça bölgesel olarak içinde çatlak barındıran levha, içi boş silindir ve dolu silindir gibi daha küçük geometrik modellere indirgenebilmektedir. Bu modellere uygulanan gerilmeler ve sınır şartları sonucu gerilme şiddet faktörleri hesaplanabilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, eğilme momentine maruz içi boş silindirik yapılarda dönmüş dış yüzey çatlaklarının karışık modlu gerilme şiddet faktörleri hesaplamalarında FCPAS sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Problemi tanımlayan çatlak şekil oranı (a/c), çatlak derinliği/silindir et kalınlığı (a/t), silindir iç yarıçapı/silindir dış yarıçapı (Ri/Ro), çatlak dönme açısı (α) gibi parametrelerinin gerilme şiddet faktörlerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafiklerde gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre serbest yüzey noktası ve çatlak ucu derinlik noktası için empirik denklemler geliştirilmiş olup, bu empirik denklemler için doğrulama çalışmaları yapılmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Sonlu Elemanlar Analizi, Kırılma Mekaniği, Üç Boyutlu Kırılma, Gerilme Şiddet Faktörü, Silindirlerde Dönmüş Yüzey Çatlağı, Fcpas*

Mıxed Mode Fracture Analyses of Deflected External Surface Cracks in Hollow Cylındrıcal Structures Under Bendıng Moment

ABSTRACT: *Damage to engineering structures is one of the frequently encountered problems. These problems mostly occur as microcracks in the structure of the material used or as a result of the initial defects that occur due to the production method, as a result of the progression of the part under the loads it is exposed to throughout its life. Stress intensity factors can be calculated by using fracture mechanics methods to predict these problems and/or predict life. It is possible to minimize the damages that may occur as a result of these studies. As a result of the examination of the damaged structures, it can often be determined how they were damaged. According to this determination, the damaged part can be reduced to smaller geometric models such as cracked plate, hollow cylinder and solid cylinder locally. Stress intensity factors can be calculated as a result of the stresses and boundary conditions applied to these models. Within the scope of this thesis, FCPAS finite element method was used in the calculation of mixed-mode stress intensity factors of rotated outer surface cracks in hollow cylindrical structures subjected to bending moment. The effect of parameters such as crack shape ratio (a/c), crack depth/cylinder wall thickness (a/t), cylinder inner radius/cylinder outer radius (Ri/Ro), crack deflection angle (α) on stress intensity factors. examined. Obtained results are shown in graphics. According to these results, empirical equations were developed for the free surface point and the crack tip depth point, and validation studies were carried out for these empirical equations.*

Keywords: *Finite Element Analysis, Fracture Mechanics, Three Dimensional Fracture, Stress Intensity Factor, Rotated Surface Crack in Cylinders, Fcpas*

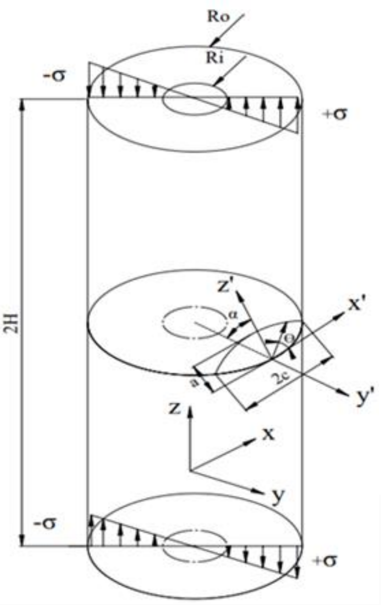
1.GİRİŞ

Mühendislik yapılarında hasarlar çoğunlukla yapı elemanının veya parçasının hizmet ömrü boyunca, üretim aşamasında veya üretim tamamlandıktan sonra meydana gelir. Yapısal parçalar, geometrik boyutlarına ve kullanılan malzemeye bağlı olarak belirli bir kritik yük değerinin üzerindeki yüklere maruz kaldıklarında yüksek gerilme ve deformasyon sonucu hasar görebilirler. İlk çatlaklar, daha düşük ve tekrarlanan yük seviyelerinde de oluşabilir. Çatlak oluştuktan sonra yapı aniden kırılabilir ya da bu çatlak ilerleyebilir ve belli bir süre sonra kırılma meydana gelebilir. Bu nedenle yapısal parçalarda çatlak oluşumu ve ilerlemesi engellenmeli veya çatlak boyu kritik bir değere ulaşmadan parça değiştirilmeli veya onarılmalıdır. Bu süreçte çeşitli modeller geliştirilerek farklı geometrik boyutlara ve dönme açılarına sahip çatlaklar ilgili yükler altında analiz edilebilir ve gerilme şiddet faktörleri (GŞF) hesaplanabilir.

Literatürde, I. S. Raju ve J. C. Newman çalışmalarında çekme ve eğilme gerilmesine maruz ve yüzey çatlağı içeren içi dolu ve içi boş silindirik yapıların GŞF'lerini incelemişlerdir [1]. İçi boş silindirik yapılarda farklı *a/c* (çatlak derinlik uzunluğu/ çatlak genişlik uzunluğu) oranlarında çatlak barındıran yapılar için çeşitli *a/t* (çatlak derinlik uzunluğu / silindir cidar kalınlığı) ve *R/t* (Silindir iç yarıçapı/ silindirin cidar kalınlığı) parametrelerine bağlı olarak analizler gerçekleştirmişlerdir. Problem parametrelerinin normalize edilmiş gerilme şiddet faktörlerine olan etkilerini kıyaslamışlardır. G. Fu, W. Yang ve C. Q. Li çekme ve eğilme gerilmesine maruz ve eğik çatlak barındıran içi boş silindirik yapılarda *a/c*, *a/t* ve *t/R* (silindir et kalınlığı/silindir dış yarıçapı) parametrelerine bağlı olarak analizler gerçekleştirmişlerdir [2]. Bu analizlerde 15°'den 90°'e doğru artan eğim açısına bağlı olarak çatlak derinliği (a) ve çatlak genişliğinin artmasıyla normalize ettikleri mutlak mod-I, mod-II, mod-III değerlerinde artış gözlemlemişlerdir. O. M. Fakhri ve ark. çalışmalarında eğilme gerilmesine maruz ve iç yüzey çatlağı ve dış yüzey çatlağı barındıran içi boş silindirik yapılarda *a/c*, *a/t* ve *t/R* (silindir et kalınlığı/silindir dış yarıçapı) parametrelerine bağlı olarak mod-I gerilme şiddet faktörleri için analizler gerçekleştirmişlerdir [3]. İç basınç altında ve çekme gerilmesine maruz yapıda iç yüzeyde ve dış yüzeyde bulunan eliptik çatlakların GŞF'lerini kıyaslamışlardır.

2. PROBLEM TANIMI

Bu çalışma kapsamında, eğilme gerilmesine maruz içi boş bir silindirin dış yüzeyinde bulunan dönmüş yüzey çatlakları için, probleme etki eden bütün geometrik parametreler göz önüne alınarak FCPAS (Fracture and Crack Propagation Analysis System – Kırılma ve Çatlak İlerleme Analiz Sistemi) [4] yazılımı ile yapılan kırılma analizlerinden elde edilen karışık mod gerilme şiddet faktörleri (GŞF) grafikler halinde sunulmuştur. İçi boş silindirik yapılarda yüzey çatlağı parametreleri sırasıyla çatlak derinliği a, çatlak yüzey uzunluğu $2c$ ve dönmüş yüzey çatlağının yatay eksenle yaptığı açı α olarak belirlenmiştir. Çatlak ucu bölgesindeki GŞF'lere etki eden parametreler sırasıyla; silindir yarıçapları oranı Ri/Ro, silindir et kalınlığı t (dış yarıçap-iç yarıçap, Ri-Ro=t), çatlak şekil oranı a/c, çatlak derinliği/silindir et kalınlığı a/t, çatlağın yatay eksen ile yaptığı açı α'dır. Problem modeli Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

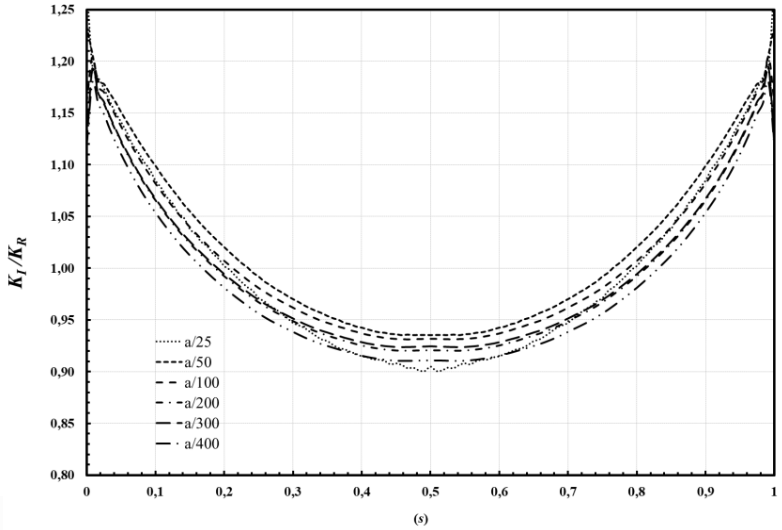


Şekil Error! No text of specified style in document.**.13.** Eğilme yükü altında bulunan içi boş silindire yerleştirilen dönmüş yüzey çatlağı ve problem parametreleri.

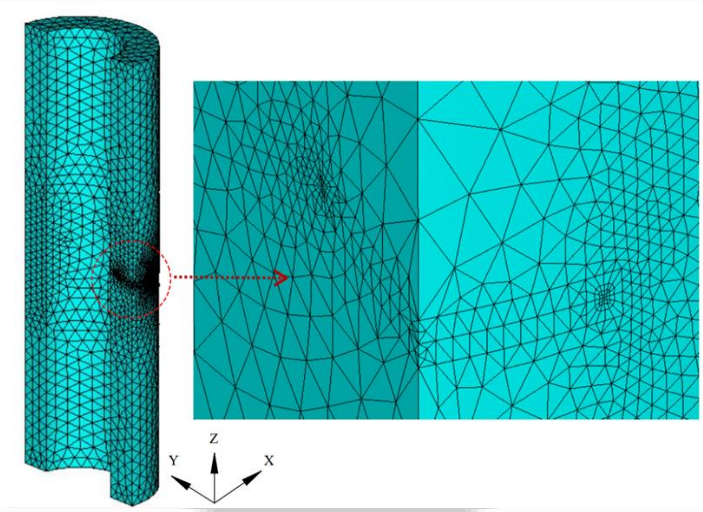
Analizi yapılan bütün modellerde *a*=1 birim olarak seçilmiştir. Silindirin yükseklik parametresi (2*H*) bütün analizlerde büyük yarıçapın 6 katı olarak belirlenmiştir. Bu sınırlandırmalar belirlendikten sonra (*a/c*) oranları sırasıyla 0.25, 0.5, 1, 2; (*a/t*) oranları sırasıyla 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.8 değerleri ile ele alınmış ve bu değerlerin oluşturduğu tüm kombinasyon durumlarına karşılık gelen sonlu eleman modelleri oluşturularak FCPAS ile kırılma analizleri gerçekleştirilmiştir. Çatlağın yatay eksen ile yaptığı açının 0° olması durumda GŞF'nin düzlem içi kayma modu ve düzlem dışı kayma modunun sıfır olması nedeniyle sadece açılma modu (Mod-I) GŞF meydana gelmektedir. Fakat çatlağın yatay düzlemle oluşturduğu açının sıfırdan farklı olması durumunda çatlak önü boyunca düzlem içi kayma modu (Mod-II) ve düzlem dışı kayma modu (Mod-III) gerçekleşmektedir. Çatlağın yatay eksenle yapmış olduğu α dönme açısı 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° olarak ele alınmış olup, yukarıda belirtilen tüm kombinasyonlar dahilinde silindir üzerine yerleştirilen bütün dönmüş yüzey çatlakları için 600 adet analiz gerçekleştirilmiştir.

3. KARIŞIK MOD GERİLME ŞİDDET FAKTÖRLERİNİN HESAPLANMASI

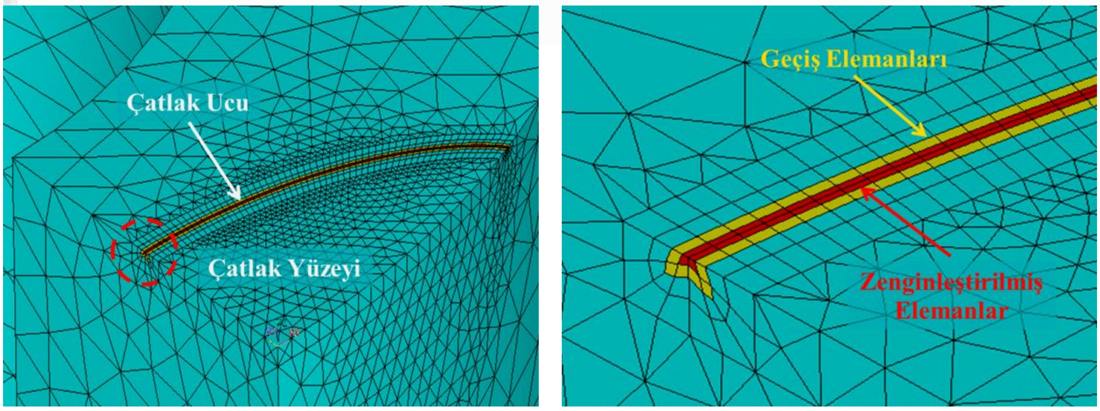
Literatürdeki bazı çalışmalardan da görülebileceği üzere, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak, karmaşık geometrileri ve karma mod yükleme koşullarını içeren kırılma mekaniği problemlerini analiz etmek mümkün olmuştur. Bu çalışmada, ANSYS APDL'de [5] zenginleştirilmiş sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çatlak ucu boyunca GŞF'ler hesaplanmış, problem parametreleri kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Daha sonra bu modellere eleman ve sınır koşulları uygulanmıştır. Elde edilen çıktılar FRAC3D'ye aktarılarak GŞF'ler hesaplanmıştır. Şekil 3.1'de görüleceği üzere *Ri*/*Ro*=0.3, *a*/*c*=1, *a*/*t*=0.25, α=15° parametreleri için, çatlak ucu eleman kenar uzunluğuna bağlı olarak yakınsama çalışması yapılmıştır. Bu yakınsama çalışması sonucunda çatlak ucundaki zenginleştirilmiş elemanların çatlak önüne dik kenar uzunluğunun, çatlak derinliğinin (*a*) 1/100'ü olarak belirlenmiştir. Yakınsama çalışması Şekil 3.1'de gösterilmektedir. *Ri/Ro*= 0.6, *a*/*c* = 1.0, *a/t* = 0.5, α =30° parametreleri için örnek bir sonlu eleman modeline genel bakış Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Eleman bölüntüleme (mesh) işleminde çatlak tüneli hacimlerinde 20 düğüm elemanlı (Solid-95), ikinci dereceden altı yüzlü katı elemanlar kullanılmıştır. Geri kalan hacimler için ise altı yüzlü elemanların indirgenmesi sonucu oluşan dört yüzlü elemanlar kullanılmış ve sonlu eleman ağ yapısı oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Farklı çatlak ucu eleman boyutları kullanılarak silindirde bulunan dönmüş yüzey çatlağının çatlak önü boyunca normalize edilmiş mod-I GŞF dağılımları için çatlak ucu eleman boyutu yakınsama çalışması; *Ri/Ro*= 0,3 , *a/c*=1, *a/t*=0,25 , *α*=15°.



Şekil 3.2. Yarım simetrik model için sonlu eleman ağ yapısı. (*Ri/Ro*= 0.6, *a/c*=1.0, *a/t*=0.5 *α* =30°).



(a) (b)

Şekil 3.3. Zenginleştirilmiş elemanların ve geçiş elemanlarının görünümleri (a), Yakınlaştırılmış görünümleri (b).

Çatlak cephesini çevreleyen ve konumlandıran zenginleştirilmiş sonlu elemanların detaylı görünümleri Şekil 3.3'te verilmiştir. Şekil 3.3b'deki sarı renkli elemanlar geçiş elemanları, kırmızı renkli elemanlar ise zenginleştirilmiş elemanlardır. Üç boyutlu zenginleştirilmiş çatlak ucu elemanlarının izoparametrik yer değiştirme formülasyonu Denk. (1)'dir. Zenginleştirilmiş sonlu eleman çözümündeki yer değiştirme fonksiyonuna ek olarak, düğüm noktasındaki yer değiştirmelere (u_j^k), (K_I^i), (K_{II}^i), (K_{III}^i) terimleri eklenir. Z_0, zenginleştirilmiş öğe işlevinin uygulanacağı sırayı belirleyen, 0 veya 1 değerini alabilen bir sıfırlama fonksiyonudur. Geçiş fonksiyonu, zenginleştirilmiş elemanlarda ve zenginleştirilmiş elemanlara temas eden yüzeylerde 1, geçiş elemanlarının normal elemanlara temas eden yüzeylerde 0 değerini alır. Düğüm noktalarındaki yer değiştirmeler u_j^k, normal elamanların şekil fonksiyonları N_j terimleri ile interpolasyon edilmektedir. f_j^k, g_j^k ve h_j^k terimleri, bölgesel koordinat sisteminden global koordinat sistemine dönüştürülmesiyle elde edilen mod-I, mod-II ve mod-III deplasman bileşenleri olup asimptotik çatlak ucu deplasman ifadelerinden elde edilebilmektedir. m, eleman türüne göre 10 veya 20 olabilir ve ntip quadratik elemanlar (kenarında bir adet kenar ortası düğüm noktası bulunduran elemanlar) için 3'tür. Γ ise -1 ile 1 arasında değişmekte olan izoparametrik koordinattır. [6].

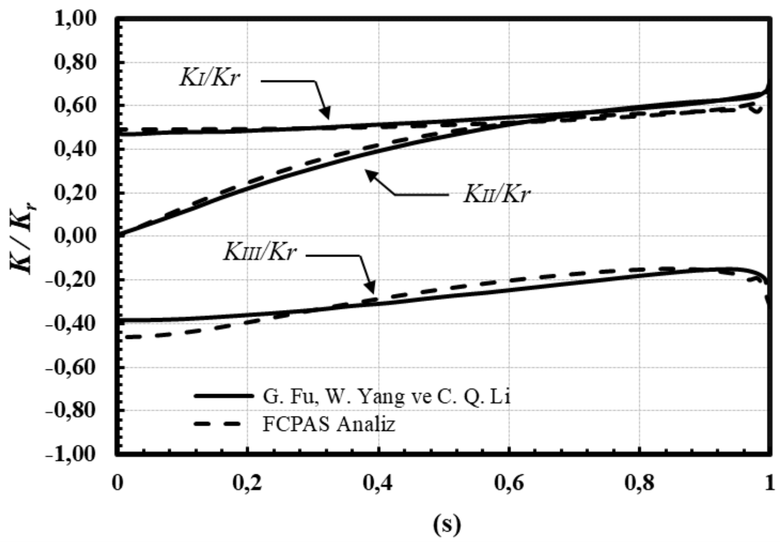
$$
\begin{aligned}
u^k(\xi,\eta,\rho) = &\sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\, u_j^k \\
&+ Z_0(\xi,\eta,\rho)\left(f^k(\xi,\eta,\rho) - \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\, f_j^k\right)\left(\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)\, K_I^i\right) \\
&+ Z_0(\xi,\eta,\rho)\left(g^k(\xi,\eta,\rho) - \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\, g_j^k\right)\left(\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)\, K_{II}^i\right) \\
&+ Z_0(\xi,\eta,\rho)\left(h^k(\xi,\eta,\rho) - \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\, g_j^k\right)\left(\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)\, K_{III}^i\right)
\end{aligned} \qquad (1)
$$

Bu çalışmaya dahil edilen tüm durumlar için literatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlarla hesaplanan karışık modlu GŞF'ler, analizler yapılmadan önce doğrulanmıştır. Bu amaçla, dış yüzeyinde eğilme yükü etkisi altında eğik yüzey çatlağı olan modelden zenginleştirilmiş sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar ve referans model çözümü karşılaştırılmıştır. Fu, Yang ve Li yapmış olduğu çalışmalardan referans model parametreleri a/c=1.5; a/d=0.5; d/R=0.1, β=45° seçilmiştir. Burada a/c: çatlak derinlik uzunluğu/çatlak genişliği uzunluğu, a/d: çatlak derinlik uzunluğu/silindir et kalınlığı, d/R: silindir et kalınlığı / silindir dış yarı çapı, β: eğik çatlağın yatay eksenle yaptığı açı olarak ifade edilmektedir. Modelde rijit gövde hareketi engellenerek alt ve üst yüzeylere eğilme yükü uygulanmıştır [2]. Şekilden de görüleceği üzere K_R formülasyonu [7] ile normalize edilmiş analiz sonuçlarının ilgili referans modelin sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

$$Q=1+1.464\left(\frac{a}{c}\right)^{1.65}; \qquad \frac{a}{c}<1 \qquad (2)$$

$$Q=1+1.464\left(\frac{c}{a}\right)^{1.65}; \qquad \frac{a}{c}>1 \qquad (3)$$

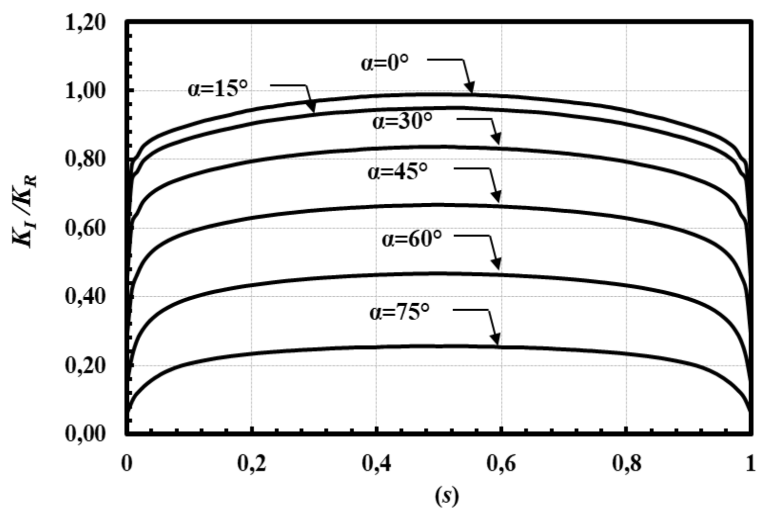
$$K_R=\sigma_0\sqrt{\left(\frac{\pi a}{Q}\right)} \qquad (4)$$



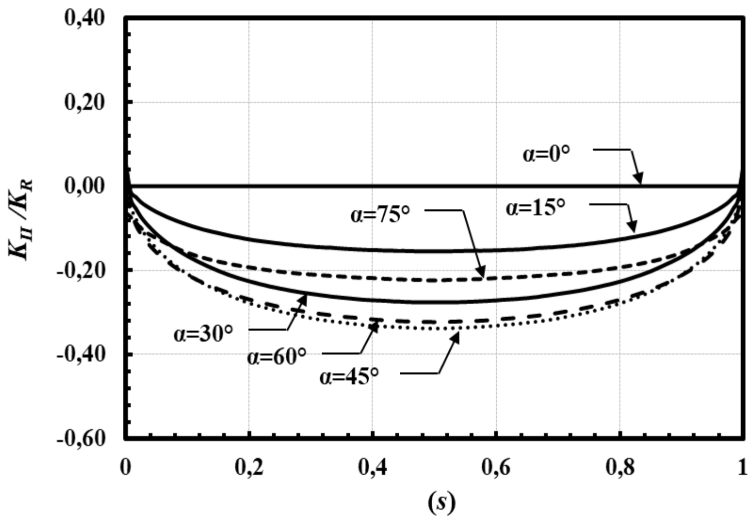
Şekil 3.5. Eğilme gerilmesinin etkisi altında bir silindirin dış yüzeyindeki eğimli yüzey çatlağı modeli için normalize edilmiş karışık mod gerilme şiddet faktörü karşılaştırması.

4- KARIŞIK MOD GERİLME ŞİDDET FAKTÖRÜ ÇÖZÜMLERİ

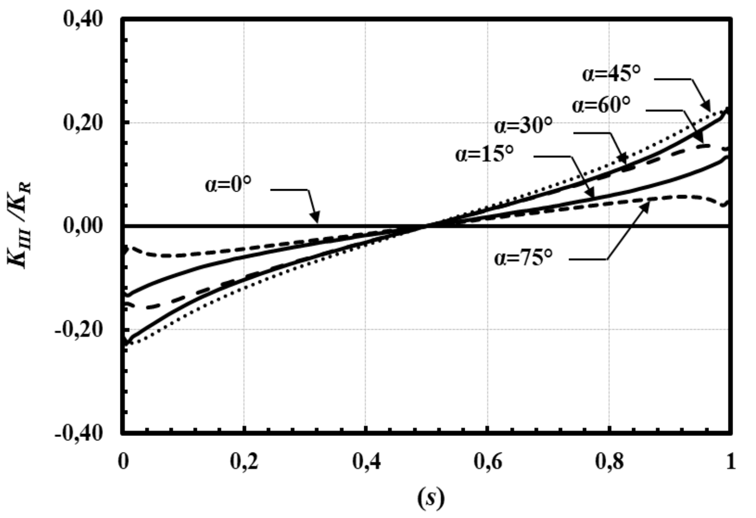
Eğilme gerilmesi altında yüzey çatlağının, yatay pozisyonda yani α =0° açısal konumunda normal gerilme maksimum olduğu için sadece açılma modu (mod-I) meydana gelmektedir. Çatlağın dönme açısı α değeri arttıkça, çatlağın bulunduğu ilgili kesitte azalan normal gerilmenin yanı sıra kayma gerilmeleri de meydana gelmektedir. Bu kayma gerilmeleri etkisi altında düzlem içi kayma modu (mod-II) ve düzlem dışı kayma modu (mod-III) olan gerilme şiddet faktörleri meydana gelmektedir. Çalışma kapsamında bütün parametrelerin kombinasyonlarını içeren tüm durumlar analiz edilmiştir. Ancak, bu bildiri makalesine sığamayacağı için, bu analiz sonuçlarından sadece bazıları örnek olarak verilebilmektedir. Silindir yarıçap oranı Ri/Ro=0.3; çatlak şekil oranı a/c=0.5; çatlak derinliğinin silindir duvar kalınlığına oranı a/t= 0.25 , dönme açısı α = 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° problem parametreleri seçilerek yapılan analizlerden elde edilen karışık mod gerilme şiddet faktörleri, denklem 4 ile normalize edilmiş olup elde edilen sonuçlar Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.1. Normalize edilmiş boyutsuz GŞF dağılımları, Ri/Ro=0.3 a/c=0.5, a/t=0.25 (a) Mod-I, (b) Mod-II and (c) Mod-III

Şekil 4.1 incelendiğinde dönme açısının sıfır olması durumunda beklenildiği gibi normalize edilmiş K_I değerinin maksimum olduğu, dönme açısının artması durumunda K_I gerilme şiddet faktörünün giderek azaldığı görülmektedir. Maksimum kayma gerilmesi çatlağın dönme açısının 45° olması durumunda meydana geldiği için normalize edilmiş K_{II} ve K_{III} değerlerinin maksimum olduğu görülmektedir.

5- DENKLEM GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde yapılan denklem geliştirme çalışmalarında çatlak ucu derinlik noktası değeri (s=0.5) ve silindirin yüzeyine göre % 5 içeriden nokta belirlenerek serbest yüzey noktası (s=0.05) seçilmiştir. Serbest yüzey noktasındaki K_I, K_{II} ve K_{III} gerilme şiddet faktörleri ve ,çatlak ucu derinlik noktasındaki K_I ve K_{II} gerilme şiddet faktörleri için empirik denklemler geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yüksek doğruluk oranı ile tek bir denklem ile ifade edilememektedir. Bu yüzden belirlenen a/c oranı için, $0.25 \leq a/c \leq 1$ ve $1 \leq a/c \leq 2$ belirlenen aralıklarına göre Minitab programı [8] ile çoklu regresyon analizleri yapılarak denklemler türetilmiştir. Bu denklemlere örnek olarak, $1 \leq a/c \leq 2$ aralığındaki problemler için çatlak ucu derinlik noktası ve serbest yüzey noktası mod-I gerilme şiddet faktörü denklemleri Tablo 5.1-

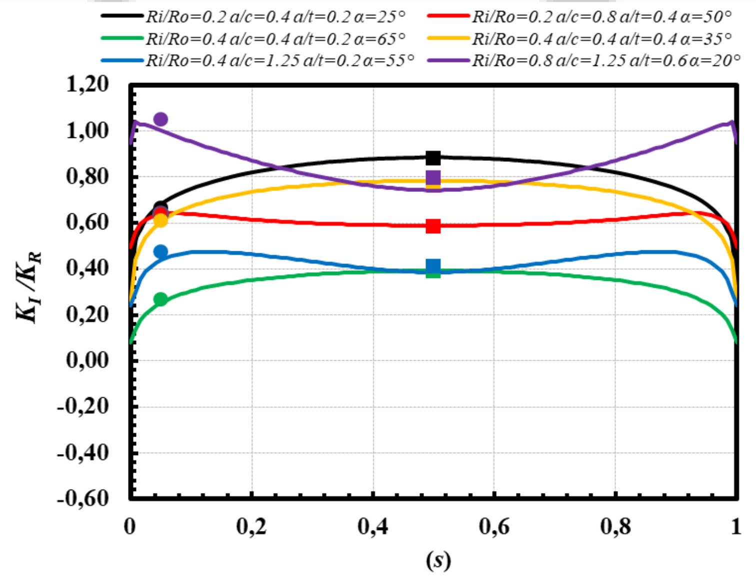
5.2'de ifade edilmiştir. Türetilen bu denklemler ara değer modelleri ile doğrulanmış olup analiz sonuçları ile denklem sonuçlarının uyum içinde olduğu grafik halinde Şekil 5.1'de görülmektedir. Diğer parametre değerlerindeki ve diğer mod GŞF (mod-II ve mod-III) denklemleri de geliştirilmiş olup, bu bildiri makalesine sığamayacağı için, burada dahil edilememiştir. Bu detayların tamamı yüksek lisans tezi çalışmasından [9] görülebilir.

Tablo 5.1. s=0.5 derinlik noktası için Mod-I denklemi ($1 \leq a/c \leq 2$).

Terim	Katsayı	Terim	Katsayı	
Sabit	1,61E+04	A*C	3,77E-01	A=*Ri*/*Ro*
B	-5,40E-01	A*A*D	-8,97E-04	B=*a*/*c*
C	-3,34E-01	A*B*C*D*D	-3,80E-05	C=*a*/*t*
D	-3,35E-03	B*B*B*B*D	2,25E-04	D=α
D*D	-1,30E-04	B*C*D*D	3,60E-05	

Tablo 5.10. s=0.05 serbest yüzey noktası için Mod-I denklemi ($1 \leq a/c \leq 2$).

Terim	Katsayı	Terim	Katsayı	
Sabit	1,48E+04	B*D	-1,89E-02	
A	1,80E-02	C*D	-9,30E-04	
B	-1,73E-01	D*D*D	-1,70E-05	A=*Ri*/*Ro*
C	3,04E-01	A*B*D	1,27E-03	B=*a*/*c*
D	-5,35E-03	B*C*D	2,29E-03	C=*a*/*t*
C*C	2,64E-01	B*D*D	5,21E-04	D=α
A*B	1,76E-02	C*C*D	-4,56E-03	
A*D	-3,91E-03	B*D*D*D	-4,00E-06	
B*C	-2,16E-01	D*D	3,70E-04	



Şekil 5.1. Parametrelerin ara değerleri için denklemlerin doğrulanması (Mod-I).

6-SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında, FCPAS programı kullanılarak dış yüzeyinde eliptik dönmüş yüzey çatlağı bulunan, içi boş ve eğilme gerilmesine maruz silindirlerin karışık mod kırılma analizleri gerçekleştirilmiştir. Model parametrelerine bağlı olarak 6 farklı dönme açısı için gerilme şiddet faktörleri hesaplanmıştır. 600 farklı modelin analizi ile elde edilen analiz sonuçları kullanılarak oldukça geniş bir gerilme şiddet faktörü çözüm kütüphanesi oluşturulmuştur. Bu çözüm kütüphanesi kullanılarak, problemde var olan her bir mod için serbest yüzey noktası ve çatlak ucu derinlik noktası değerlerini tahmin eden empirik denklemler de geliştirilmiştir. Bu bildiri makalesine sığamayacağı için, yüksek lisans tezi [9] kapsamında elde edilen tüm GŞF sonuçları ve tüm denklemler dahil edilememiş olup, bazı sonuçlar verilebilmiştir. Çalışmanın tüm detayları, yüksek lisans tez çalışmasından [9] elde edilebilir. Çalışma sonunda varılan sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1. K_I gerilme şiddet faktörünün, maksimum değerleri 0° dönme açısında oluşmaktadır. Dönme açısı değeri arttıkça boyutsuz mod-I gerilme şiddet faktörü değerinin azaldığı görülmüştür. Diğer parametreler sabit iken *a/t* oranının artmasıyla çatlak ucu derinlik noktası değerinin azaldığı, serbest yüzey noktası değerinin ise arttığı görülmüştür. Diğer parametreler sabit iken *a/c* oranının 0.25'ten 2'ye doğru artması durumunda serbest yüzey noktası ve çatlak ucu derinlik noktası değerlerinin azaldığı görülmüştür. Diğer parametreler sabit iken *Ri/Ro* oranının büyümesi durumunda çatlak ucu derinlik noktası değerinin arttığı, serbest yüzey noktası değerlerinde ise düşüş olduğu görülmüştür.

2. K_{II} gerilme şiddet faktörü değerleri, yüzey çatlağının dönme açısı (α=0°) sıfır olması durumunda sıfırdır. Çatlak ucu derinlik noktası maksimum değerlerin 45°'de olduğu görülmekte olup 60°, 30°, 75°, 15° şeklinde giderek azalmaktadır. *a/c* oranının 0.25'ten 2'ye doğru artması durumunda çatlak ucu derinlik noktası değerinin azaldığı görülmüştür. Serbest yüzey noktası ve çatlak ucu derinlik noktası değerleri için *a/t* ile *Ri/Ro* değişimine bağlı olarak yakın sonuçların elde edildiği görülmüştür.

3. K_{III} gerilme şiddet faktörü değerleri, yüzey çatlağının dönme açısı (α=0°) sıfır olması durumunda sıfırdır. Maksimum değerlerin 45°'de olduğu görülmekte olup 60°, 30°, 75°, 15° şeklinde giderek azalmaktadır. *a/c* oranının 1 olması durumunda serbest yüzey noktası değerinin maksimum olduğu görülmüştür. Serbest yüzey noktası değerleri için *a/t* ile *Ri/Ro* değişimine bağlı olarak yakın sonuçların elde edildiği görülmüştür.

4. Geliştirilen empirik denklemlerin ara değer modelleri ile doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Parametrelerin ara değerlerini içeren modellerin analiz sonuçlarından elde edilen çatlak ucu derinlik noktası değerleri ile denklem sonuçları arasındaki farkın %10'un altında kaldığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] I. S. Raju and J. C. Newman, Stress intensity factors for circumferential surface cracks in pipes and rods under tension and bending loads, Fracture mechanics: vol. 17., ASTM STP 905 J.H. Underwood, R. Chait, C. W. Smith, D.P. Wilhem, W. A. Andrews and J. C. Newman, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp.789-805 1986.

[2] G. Fu, W. Yang, ve C. Q. Li, Stress intensity factors for mixed mode fracture induced by inclined cracks in pipes under axial tension and bending, Theor. Appl. Fract. Mech., c. 89, pp.100-109, 2017.

[3] O M Fakhri, A K Kareem, A E Ismail, S Jamian, Mohammed Najeh Nemah, Mode I SIFs for internal and external surface semi-elliptical crack located on a thin cylinder, Test engineering and management vol. ISSN: 0193-4120 pp. 586 - 596, 2019.

[4] "CEFM Lab Web Page".

http://www.cefmlab.sakarya.edu.tr/computational_capabilities.htm (erişim 26 Kasım 2022).

[5] ANSYS, Version 12.0. ANSYS Inc., Canonsburg, PA, USA, 2009.

[6] Ayhan, A. O., & Nied, H. F. Stress intensity factors for three- dimensional surface cracks using enriched finite elements. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 54(6), 899-921, 2002.

[7] T. L. Anderson, Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications, Fourth Edition, c. 76. 2017.

[8] I. Minitab, "MINITAB release 17: statistical software for windows", Minitab Inc USA, c. 371, 2014.

[9] Çalık, M. , Eğilme momentine maruz içi boş silindirik yapılarda dönmüş dış yüzey çatlaklarının karışık mod kırılma analizleri, Devam ediyor.

Presentation ID / Sunum No:21

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7790-1937

The Effects of Crack Aspect Ratio (a/c) and Normalized Crack Depth (a/D) On Fracture Parameters for a Deflected Surface Crack Contained in a Solid Cylinder Under Tension Loading

Araştırmacı Çağatay Orhun Oral[1] , Prof.Dr. Ali Osman Ayhan[1]
[1]Sakarya Üniversitesi

*Corresponding author: Çağatay Orhun Oral

ABSTRACT: *In such mechanical parts as circular cross-section bars and shafts, which are widely used in practice, initial defects or cracks may occur due to manufacturing defects and/or crack initiation and propagation may take place under fatigue loads. In order for structural parts to maintain its function safely, safety and mechanical life calculations needs to be done using the principles of strength of materials and fracture mechanics. The finite element method is a technique commonly used to present accurate solutions to structural mechanics problems for which analytical solutions are not available or difficult to obtain. In this study, the solid cylinder model, containing the deflected surface crack, was created in ANSYS Mechanical APDL. Mixed-mode stress intensity factor (KI, KII, KIII) solutions were obtained by transferring the necessary finite element model information to FCPAS (Fracture and Crack Propagation Analysis System). In surface crack problems where the angle with the horizontal axis is zero, only the opening mode (KI) occurs. In deflected crack problems, where the angle with the horizontal axis is different from zero, in addition to the opening mode, the sliding (KII) and tearing (KIII) modes also become active.*

Keywords: *Fracture Mechanics, Stress Intensity Factor, Finite Element Method, Solid Cylinder*

INTRODUCTION

Bars and shafts with circular cross-section, beams, bolts, pins are quite widely used mechanical parts in practice. These structures can be exposed to various loads and can be damaged as a result of deformations in the structure of the material. Fracture occurs as a result of damage to a certain part of the structure. With the concept of linear elastic fracture mechanics, crack behavior in structural parts seen in practice can be evaluated. The brittle fracture event can be interpreted with the stress intensity factor (SIF) calculations. In order to examine the problems, which are mostly encountered as mode-I, in three dimensions, it is necessary to position the crack at a certain angle with the horizontal axis. It is possible to find studies on such problems in the literature, where studies on inclined surface cracks in solid cylinders received attention.

Raju & Newman, (1986) performed mode-I SIF calculations with the finite element method for free surface and depth points of semi elliptical surface cracks in pipe and rod structures subjected to tension loads. Carpinteri, (1992) did mode-I SIF calculations with the finite element method along the crack front for elliptical surface cracks in round bars subjected to tension loading. Levan & Royer, (1993) calculated mode-I SIFs along the crack front of semi elliptical and semi-circular surface cracks in round bars subjected to uniform tensile stress. Shih & Chen, (2002) obtained mod-I SIF solutions for the free surfaces and depth points of a semi elliptical surface crack in a round bar subjected to tension loads. Shin & Cai, (2004) presented mode-I SIF solutions for semi elliptical surface cracks in a circular shaft under tension loads. Ayhan, (2011) performed mixed mode SIF analysis for embedded inclined circular crack in a large cylindrical body under uniform tensile load. By using tetrahedral enriched finite elements, Ayhan prepared large cylindrical body for analysis with a half model by giving symmetry condition and has confirmed the results by comparing them with the analytical solution. Ismail et al., (2012) presented mode-I SIF solution along the crack front for semi elliptical surface cracks in round bars under tension loading. Ismail et al., (2015) presented numerical solution of the inclined semi-elliptical surface cracks in a round bar subjected to tension loading for mode-I SIF using ANSYS finite element software. Teh et al., (2021) performed mixed mode SIF analyses for an inclined semi elliptical surface crack in a solid cylinder under tension loading. They have created the finite element model with 10 node tetrahedron quadratic element mesh in ANSYS. They used the double boundary element method in BEASY software. It is stated that the double boundary element method is applied with the boundary integral equation. Alegre et al., (2022) presented SIF solutions for an embedded elliptical crack in round bar subjected to tensile load. They used ABAQUS software for finite element modeling and formed the numerical model for SIF solutions using 20 node quadratic elements with reduced integration. Ramezani et al., (2022) obtained SIF solutions by using the double boundary element method in cylindrical bars subjected to tensile load. In their analysis using BEASY software, they presented the effects of different crack aspect ratios, different crack depth ratios and inclination angles on SIF solutions.

In this study, the effects of crack aspect ratio and crack depth ratio parameters on mixed mode stress intensity factor solutions are tackled.

MATERIALS and METHOD

The finite element method is used to present numerical solutions to structural mechanics, heat transfer, electromagnetic and computational fluid dynamics problems. Because most practical engineering problems can be defined by detailed mathematical models due to the inherent physics of the related problems, they involve differential equations with complex boundary or initial conditions. One of the ways to be able to solve these equations goes through the implementation the numerical methods. The most commonly used technique for these kinds of problems is called the finite element method. In the method, the region of the corresponding problem is divided into a series of small elements and nodes and the basic parameter distribution is obtained by the computed numerical values at nodes.

ANSYS Parametric Design Language (APDL) is one of the most powerful features of ANSYS. It ensures to define a part or all of the model (geometry, material properties, loads, boundary conditions, etc.) as parametrically. In this context, solid cylinder models were created in the APDL interface. Then, the necessary finite element model information was defined. FCPAS (Fracture and Crack Propagation Analysis System) software makes calculation of the stress intensity factor in geometric structures containing through-thickness and three dimensionally curved cracks. There are no solid modeling and meshing modules in FCPAS software. The information in the finite element model is element, node, load and boundary conditions. The necessary finite element model information is transferred from ANSYS to FCPAS software, which contains the enriched finite element solver FRAC3D, and fracture analyses are performed.

Problem Description

Fig. 1 depicts the loading situation in the solid cylinder and the coordinate system in which the crack is defined. The case that the loading axis and the horizontal axis of the crack are perpendicular to each other is an opening mode (mode-I) problem. When the horizontal axis of the crack is rotated by the angle α, three dimensional mixed-mode loading condition occurs. Thus, in addition to opening mode (mode-I), the sliding mode (mode-II) and tearing mode (mode-III) components are also activated. For the solid cylinder, according to the parameters depicted in Fig. 1, the diameter is D, and the half-lenght height is H. In addition, the parameter that defines the axial tensile load is σ_0. The parameters defining the semi elliptical surface crack are appointed as crack depth a, crack length $2c$, and the angle of the elliptical surface crack with horizontal axis α. The parameters affecting the mixed-mode SIFs along the crack front are the crack aspect ratio, a/c, crack depth ratio, a/D, and the deflection angle of the crack plane with the horizontal axis, α. The values of the basic parameters in a solid cylinder have been chosen over a wide range that can be seen in practice. The values given in the Table 1, which results in 120 different cases in combination, are used for fracture analyses. It is aimed to create a wide solution library by creating all combination of all parameters. In all analyses, the crack depth, a, is assigned to have a unit length.

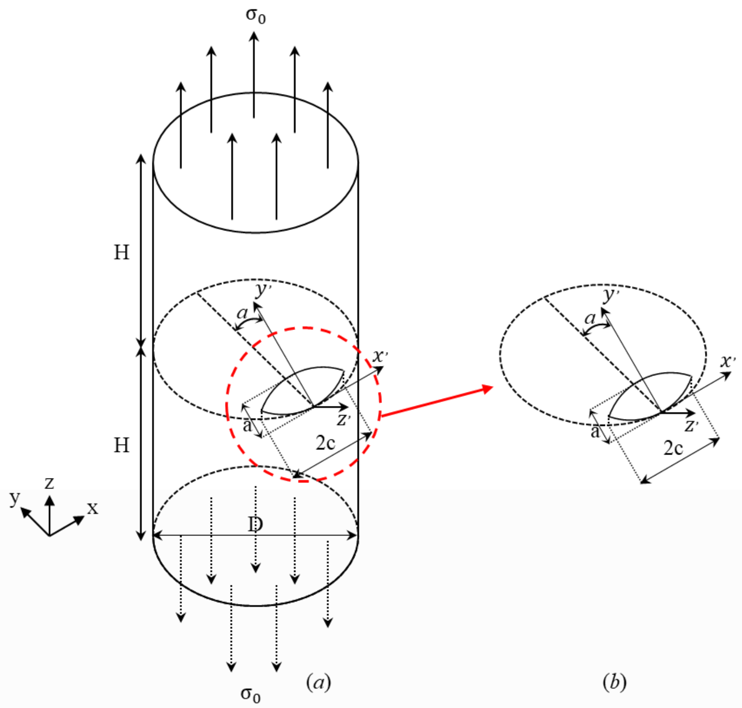


Figure 21: *Geometry and loading conditions of the problem.*

Table 15: The number of cases and analyzed values of parameters.

Parameters	*a/c*	*a/D*	*α*	Total
Number of Cases	4	5	6	(4x5x6) = 120
Parameter Values	0.25 0.5 1.0 2.0	0.05 0.1 0.25 0.5 0.8	0^o 15^0 30^o 45^o 60^o 75^o	

Computation of Mixed-Mode Stress Intensity Factors

In this study, mixed mode SIF values are calculated along the crack front using the enriched finite element method. The finite element models are created in ANSYS APDL (ANSYS, 2009), then the list of element numbers, node numbers, pressure loadings and boundary conditions are imported into FCPAS (Fracture and Crack Propagation Analysis System). *.geo file is created with the help of these lists in FCPAS, then *.run file is created for material information and analysis parameters. Finally, FCPAS with its FRAC3D solver performs a mixed mode SIF solution using *.geo and *.run files. Fig. 2a depicts the finite element model of a solid cylinder subjected to uniform tension load (a/c = 1.0, a/D = 0.1, α =75^o), and presents also a close-up view of the crack region in Fig. 2b. Elements used along the crack front line are called enriched elements. The edge dimensions used in planes perpendicular to the crack line are determined as 1/200 of the crack depth (a) or half-surface length (c), whichever is smaller, to obtain converged results. The element type used in the models was chosen as element Solid-95 with 20 nodes.

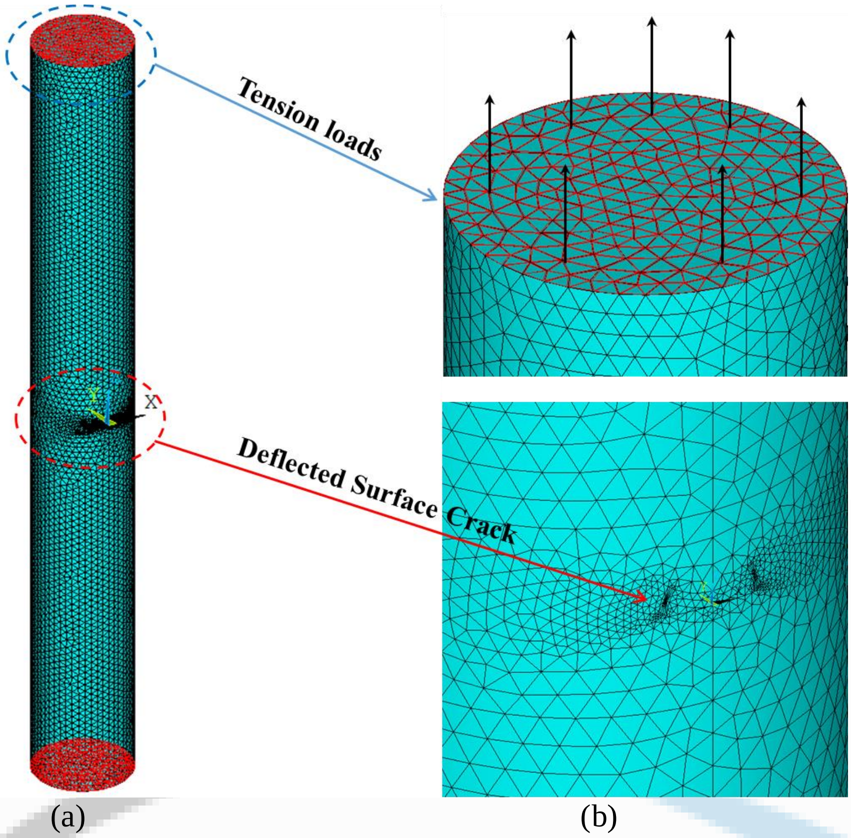


Figure 22: *(a) View of the global finite element model of a solid cylinder , (b) close-up view of the finite element model near tensile loads and crack region, a/c=1.0, a/D=0.1 and* α *=75°.*

In Fig. 3, the view of the free surface area and the elements surrounding the crack tip are given. In order to better understand the elements surrounding the crack front, the image is shown with some removed element layers. The red-coloured elements are the enriched elements. The isoparametric displacement formulation of three-dimensional enriched crack tip elements are given in Eq. (1). As can be seen in the equation, SIF functions for the elements at the crack tip are added to the displacement function in the finite element formulation. As a result of the finite element analysis of the whole model, both the nodal displacements and all SIF values along the crack front are calculated directly and simultaneously. The blue colored elements are seen between the red colored enriched elements and the green colored standard finite elements and these elements are called transition elements.

Z_0 in Eq. (1), which is considered as the zeroing function, determines the level at which the enriched element function will be applied. As seen in Fig. 3, Z_0 takes value of 1 at the enriched elements, and 1 at the nodes of the transition elements adjacent to the enriched elements, and 0 at the nodes of transition elements adjacent to regular elements. N_j symbolizes the shape functions of the normal elements, and u_j^k terms represent the displacement data at the nodal points. Fig. 4, depicts the arbitrarily oriented the crack front element. f_j^k, g_j^k ve h_j^k functions can be found from the asymptotic crack tip displacement expressions, along with being the displacement components of the opening, sliding (in plane shear) and tearing (out of plane shear) mode, which are converted from the local coordinate system to the global coordinate system. A much more detailed explanation related to this subject is available in Ayhan & Nied, (2002).

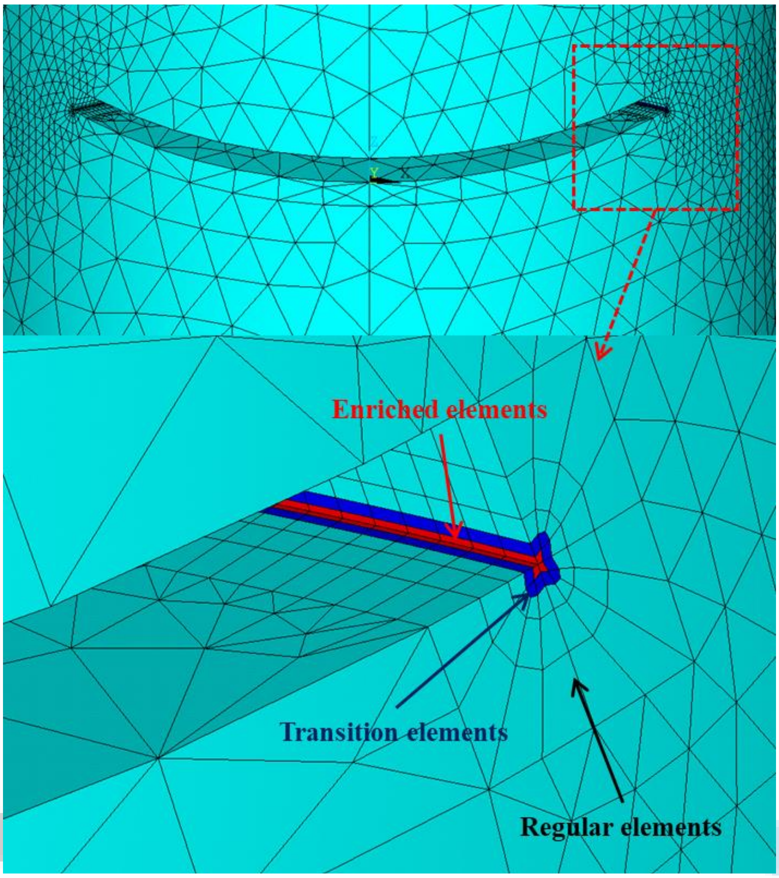


Figure 23: *Enriched, transition and regular elements along the crack front near the free surface region; a/c=0.5, a/D=0.25 and* α *=30°.*

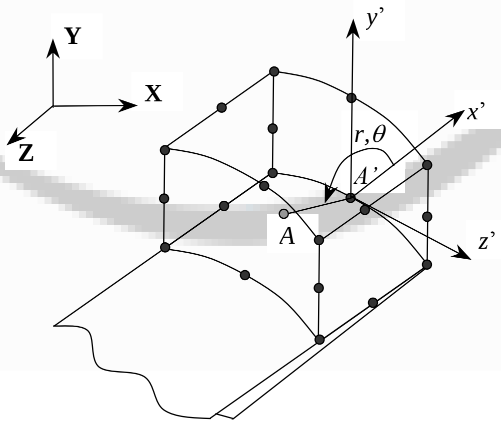


Figure 24: *A representative quadratic enriched finite element on a three-dimensional crack front (Ayhan, 2004).*

$$u^k(\xi,\eta,\rho) = \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\,u_j^k + Z_0(\xi,\eta,\rho)\left(f^k(\xi,\eta,\rho) - \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\,f_j^k\right)\left(\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)\,K_I^i\right)$$
$$+Z_0(\xi,\eta,\rho)\left(g^k(\xi,\eta,\rho) - \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\,g_j^k\right)\left(\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)\,K_{II}^i\right) \quad (1)$$
$$+Z_0(\xi,\eta,\rho)\left(h^k(\xi,\eta,\rho) - \sum_{j=1}^{m} N_j(\xi,\eta,\rho)\,h_j^k\right)\left(\sum_{i=1}^{ntip} N_i(\Gamma)\,K_{III}^i\right)$$

Solutions of Mixed-Mode Stress Intensity Factors

Verifications of mod-I SIFs

Before starting to solve the values in the analysis library, cylinder problems related to elliptical surface cracks in the literature were examined and solutions of the problems obtained from FCPAS were compared with the literature results. Shin & Cai (2004) have presented solutions with varying crack aspect ratios in a circular shaft subjected to tension loads. Comparisons were made with the solutions in the cylinder including elliptical crack be formed with the enriched finite element method. Parameters are crack depth *a*, crack surface length *b*, cylinder diameter *D*. The FRAC3D solutions were obtained by modeling the shaft symmetrically. The crack front position represents *s*=0 the depth point and *s*=1 the free surface point. Looking at the distributions, it is seen that generally close results are obtained. For the a/b=1 value representing the semi-circular crack, the difference between the results at *s*=0 is less than 13%. In addition, in modeling studies, cylinder half-length heights were taken as 5 times the diameter and analyses were carried out using FCPAS. The computed mode-I SIFs are normalized by $\bar{K}=\sigma_0(\pi a)^{0.5}$ and results are given in Fig. 5.

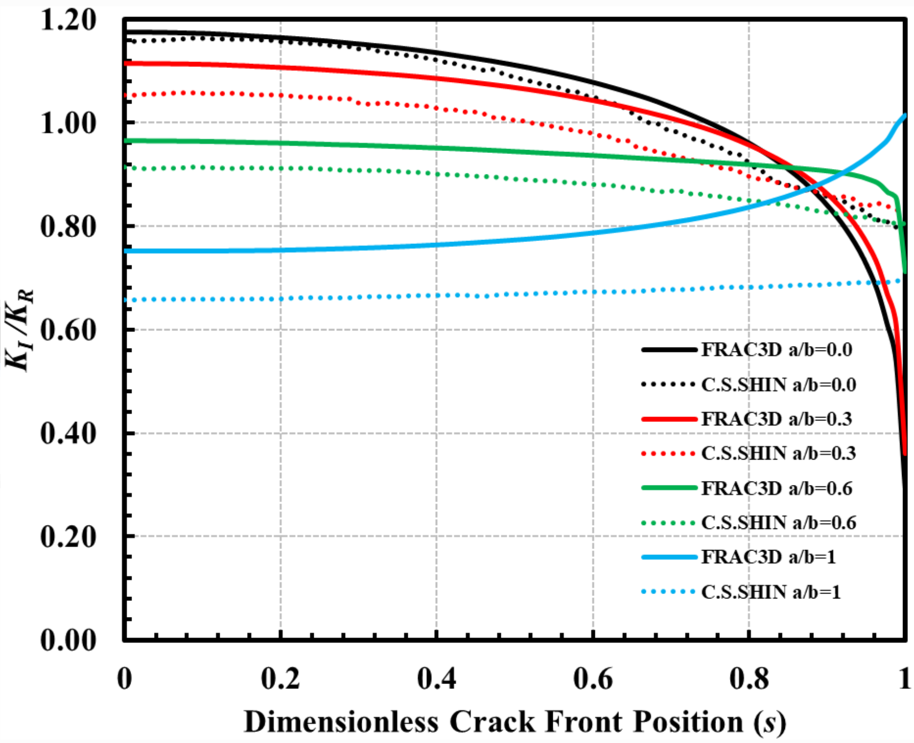


Figure 25: *Comparison of the results of different crack aspect ratios in a circular shaft that includes crack depth ratio a/D=0.2 and subjected to tension loads.*

Verifications of mixed-mode SIFs

For the solid cylinders subjected to axial stress, specific cases were analyzed with FRAC3D and mixed mode stress intensity factor solutions were compared. Comparison of results with Teh et al., (2021) are shown in Fig. 6. While the dimensionless K_I and K_{II} distributions obtained are viewed quite close to the results of the literature, it is seen that the results also agree reasonably well in the dimensionless K_{III} distributions.

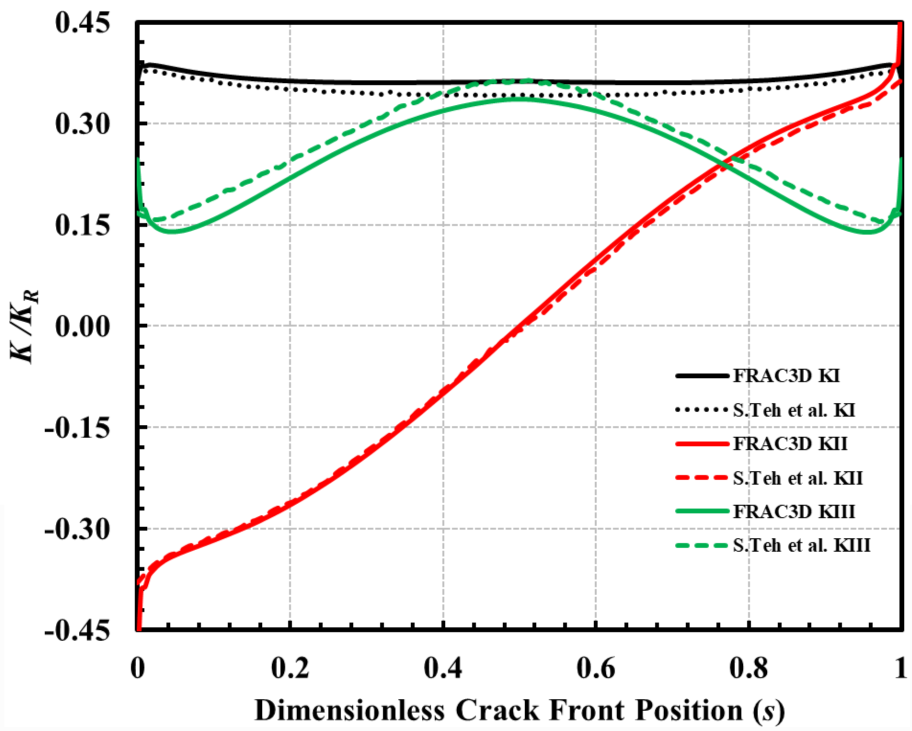
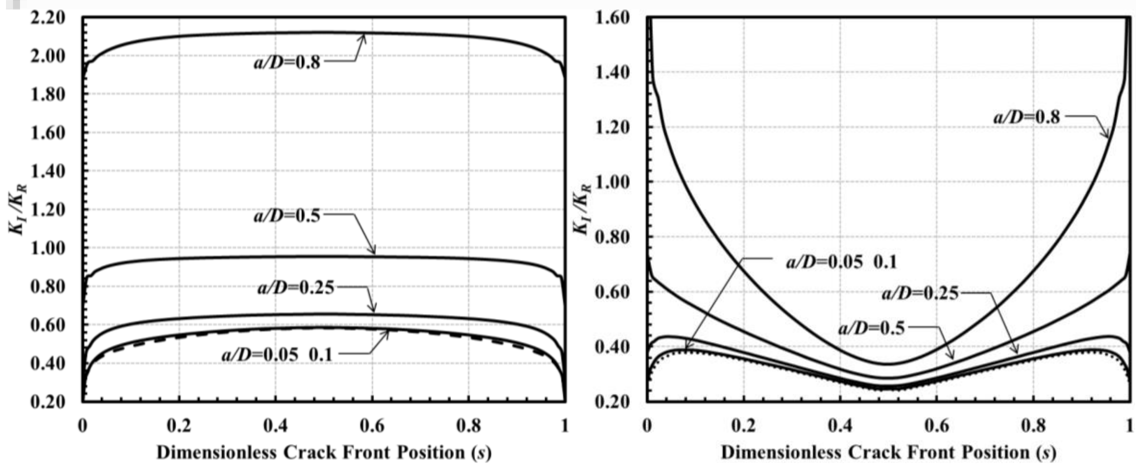


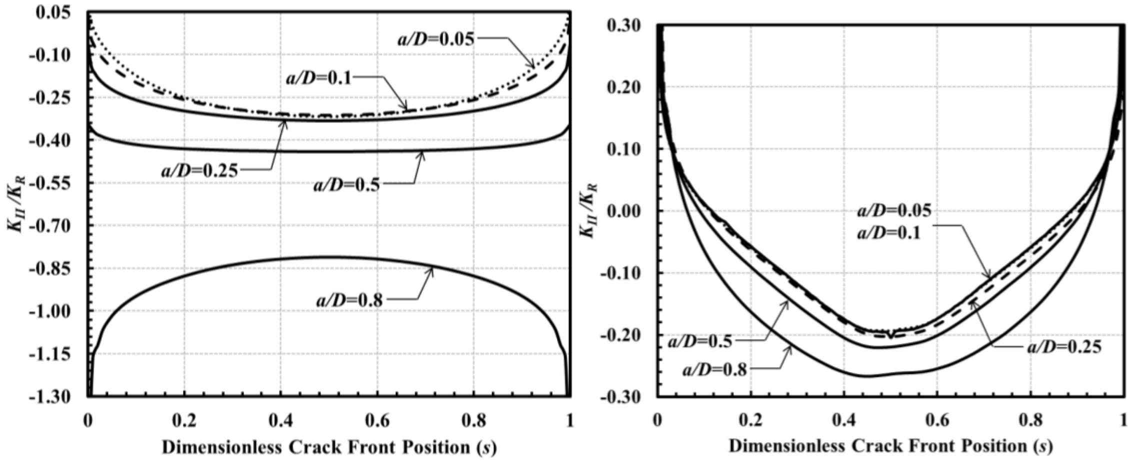
Figure 26: *Comparison of dimensionless K_I, K_{II}, K_{III} results for a/c=1.0, a/D=0.1 and β=45° (Teh et al., 2021).*

The Effects of Crack Aspect Ratio (*a/c*) and Normalized Crack Depth (*a/D*) On Fracture Parameters

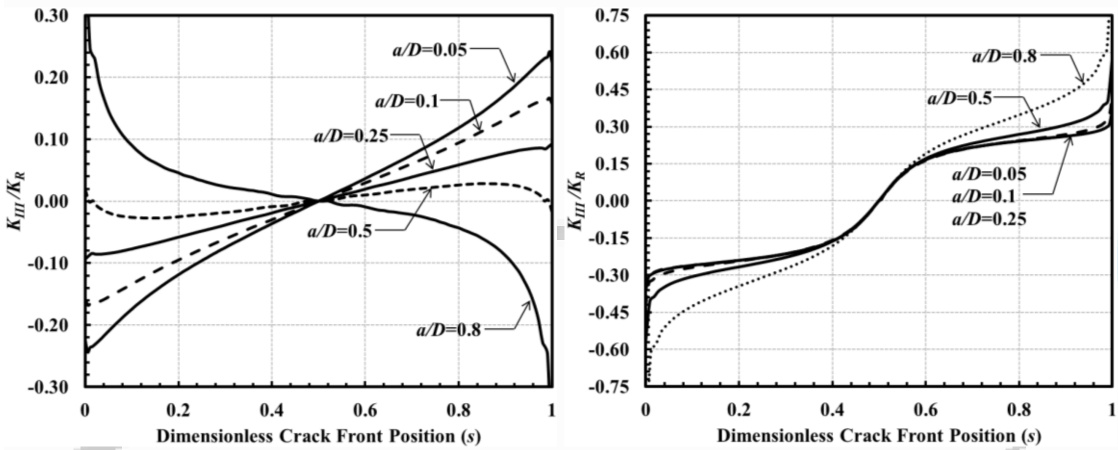
The situation where the angle between the crack and the horizontal axis is zero produces only K_I values, and as the angle of deflection increases, K_{II} and K_{III} values also occur. The non-dimensional K_{II} values calculated for the sliding mode are usually negative. In terms of the tearing mode, usually one of the half-regions of the K_{III} distribution curve is positive and the other is negative. In order to better understand the graphics, dashed and dotted lines were also exploited. The effects of *a/D* and *a/c* ratios are given in the same graph, taking a mid-level deflected angle as a constant, and representing different *a/c* and *a/D* ratios in each graph (α=45°). Non-dimensional mixed-mode K distributions in order of analysis are presented in the graphs that follow. Thus, the crack depth ratio changes are shown in Fig.7., and the crack aspect ratio changes are shown in Fig.8.



(a)

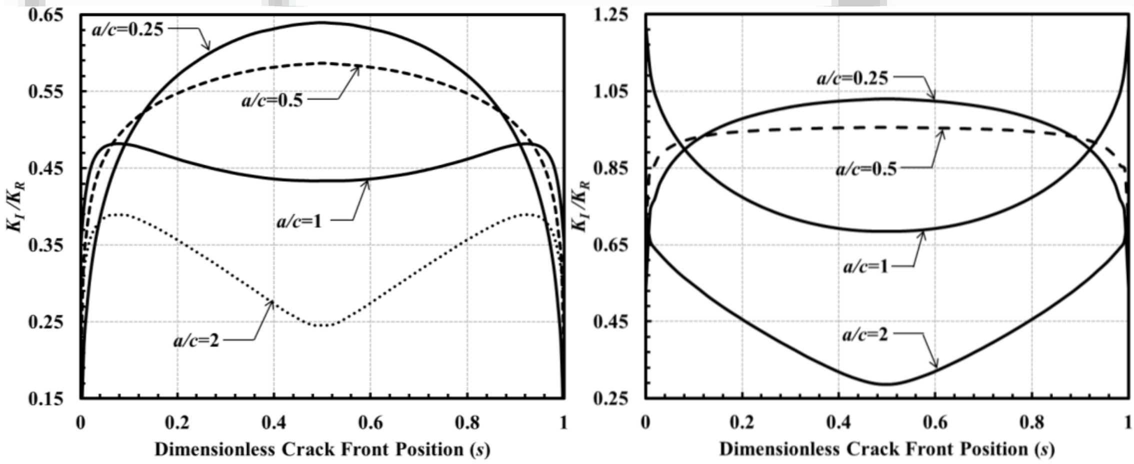


(b)

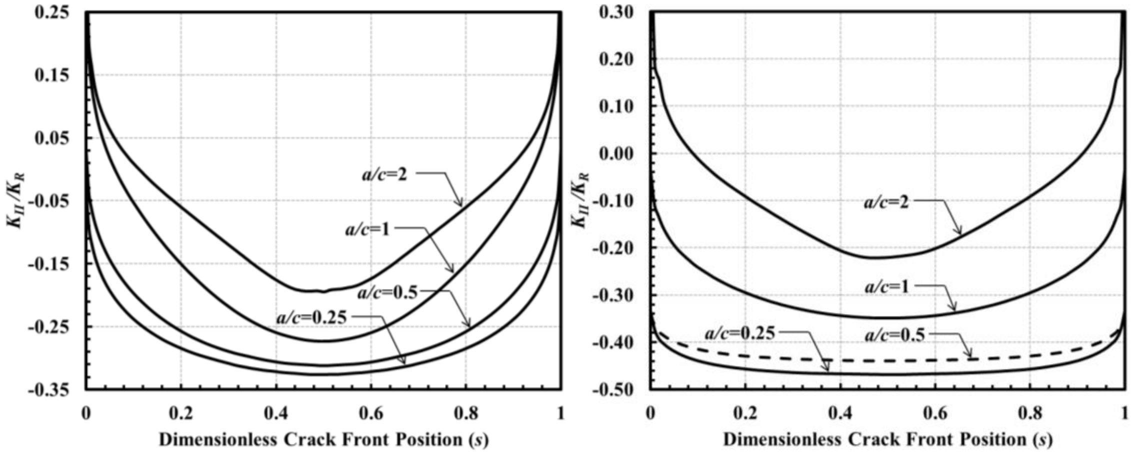


(c)

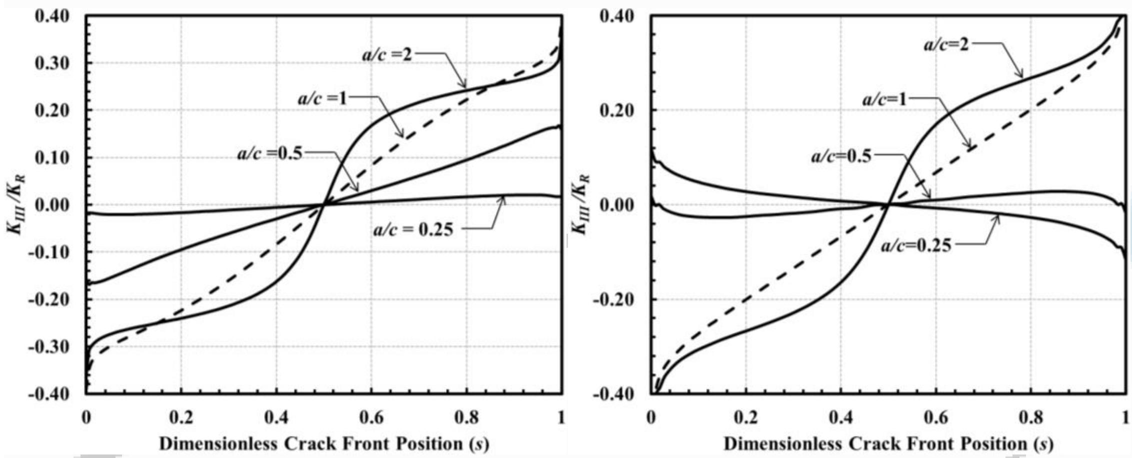
Figure 27: *Dimensionless SIF distributions along the crack front for a/c=0.5 (left side) and a/c=2.0 (right side). (a) dimensionless* K_I*, (b) dimensionless* K_{II} *and (c) dimensionless* K_{III}*.*



(a)



(b)



(c)

Figure 28: *Dimensionless SIF distributions along the crack front for a/D=0.1 (left side) and a/D=0.5 (right side). (a) dimensionless K_I, (b) dimensionless K_{II} and (c) dimensionless K_{III}.*

RESULTS and DISCUSSION

In this report, solutions of stress intensity factor values formed along the crack front for the solid cylinder models containing 45-degrees deflected semi-elliptical surface cracks under axial tensile load have been presented. The necessary technical calculations for the stress intensity factors were obtained with FCPAS finite element analysis software including enriched element formulation. The effects of the parameters determined as crack depth/solid cylinder ratio (*a/D*), crack aspect ratio (*a/c*), on stress intensity factors were investigated. As the crack aspect ratio remains constant and the solid cylinder diameter decreases; in other words, as the non-dimensional crack depth (*a/D*) increases, the dimensionless K_I values along the crack front increase. At the same time, although the dimensionless K_{II} values are negative, their magnitudes increase. It was also observed that the magnitudes of the non-dimensional K_{III} distributions for *a/c*=0.5 decreased with increasing non-dimensional crack depth. As the *a/c* value increases, the non-dimensional K_I values at the depth point decrease. The magnitudes of non-dimensional K_{II} distributions also decrease as the *a/c* value increases.

REFERENCES

Alegre, J. M., Cuesta, I. I., & Díaz, A. (2022). Stress-intensity factor solutions for embedded elliptical cracks in round bars subjected to tensile load. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, *117*, 103189.

ANSYS. (2009). *Version 12.0* (12.0). Ansys Inc.

Ayhan, A. O. (2004). Mixed mode stress intensity factors for deflected and inclined surface cracks in finite-thickness plates. *Engineering Fracture Mechanics*, *71*(7–8), 1059–1079.

Ayhan, A. O. (2011). Three-dimensional fracture analysis using tetrahedral enriched elements and fully unstructured mesh. *International Journal of Solids and Structures*, *48*(3–4), 492–505.

Ayhan, A. O., & Nied, H. F. (2002). Stress intensity factors for three-dimensional surface cracks using enriched finite elements. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, *54*(6), 899–921.

Carpinteri, A. (1992). ELLIPTICAL-ARC SURFACE CRACKS IN ROUND BARS. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials and Structures*, *15*(11), 1141–1153.

Ismail, A. E., Ariffin, A. K., Abdullah, S., & Ghazali, M. J. (2012). Stress intensity factors for surface cracks in round bar under single and combined loadings. *Meccanica*, *47*(5), 1141–1156.

Ismail, A. E., Tobi, A. L. M., & Nor, N. H. M. (2015). *Stress intensity factors of slanted cracks in round bars subjected to mode I tension loading*. 070027.

Levan, A., & Royer, J. (1993). Part-circular surface cracks in round bars under tension, bending and twisting. *International Journal of Fracture*, *61*(1), 71–99.

Raju, I., & Newman, J. (1986). Stress-intensity Factors for Circumferential Surface Cracks in Pipes and Rods under Tension and Bending Loads. In J. Underwood, R. Chait, C. Smith, D. Wilhem, W. Andrews, & J. Newman (Eds.), *Fracture Mechanics: Seventeenth Volume* (pp. 789-789–17). ASTM International.

Ramezani, M. K., Ramesh, S., Purbolaksono, J., & Das, R. (2022). Closed-Form Solutions of Stress Intensity Factors for Semi-elliptical Surface Cracks in a Cylindrical Bar Under Pure Tension. *Acta Mechanica Solida Sinica*, *35*(2), 344–356.

Shih, Y.-S., & Chen, J.-J. (2002). The stress intensity factor study of an elliptical cracked shaft. *Nuclear Engineering and Design*, *214*(1–2), 137–145.

Shin, C. S., & Cai, C. Q. (2004). Experimental and finite element analyses on stress intensity factors of an elliptical surface crack in a circular shaft under tension and bending. *International Journal of Fracture*, *129*(3), 239–264.

Teh, S., Andriyana, A., Ramesh, S., Putra, I. S., Kadarno, P., & Purbolaksono, J. (2021). Tetrahedral meshing for a slanted semi-elliptical surface crack at a solid cylinder. *Engineering Fracture Mechanics*, *241*, 107400.

Presentation ID / Sunum No:33

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9649-4495

İstanbul'daki Tarihi Endüstriyel Yapıların Uyarlanabilir Yeniden Kullanımı

Araştırmacı Ekin Tunalı[1] , Dr. Öğretim Üyesi Neslihan Aydın Yönet [1]
[1]Bahçeşehir Üniversitesi

*Corresponding author: Neslihan Aydın Yönet

ÖZET: Tarihi endüstriyel yapıların değişen adaptasyonları, belirlenen sürecin başından itibaren *bütüncül bir yaklaşımla uygun bir karar vermeyi gerektiren küçük değişiklikler sayesinde korunur. Endüstriyel miras binalarını korumak ve sürekli kullanımlarını sağlamak için etkili bir strateji, uyarlanabilir yeniden kullanımdır. 20. yüzyıldan itibaren endüstriyel miras yapılarının korunması, yapıldıkları dönemin sosyal, kültürel ve ekonomik yaşamına açılan bir kapı görevi görmeleri nedeniyle önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, endüstriyel miras yapılarının mimari koruma bağlamında uyarlanmasının etkinliğini ve bu yapıların geleceğe yönelik sürdürülebilirliğini incelemektir. Tarihi yapılar için karmaşık uyarlamalı yeniden kullanım süreci, onları şimdi ve gelecekte kullanım için değiştirirken estetik niteliklerini korumayı amaçlar. Sonuçlar, uyarlanabilir yeniden kullanım yaklaşımının, bu önemli endüstriyel binaların korunmasının yanı sıra çevredeki alanların sosyal, fiziksel ve ekonomik sağlığı üzerinde çeşitli ekstra olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Uyarlanabilir yeniden kullanımın süreçteki yaklaşımı ve olası kullanımları, bir literatür taraması, istatistiki veriler, mekansal veriler ve İstanbul'daki Beykoz Deri ve Ayakkabı Fabrikası vaka çalışması aracılığıyla açıklanmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Uyarlanabilir Yeniden Kullanım, Tarihi Sanayi Yapıları, Sürdürülebilir Koruma, Mimari Koruma, Beykoz Deri ve Ayakkabı Fabrikası*

Adaptive Re-Use Of Historical Industrial Buildings In Istanbul

ABSTRACT: *Altering adaptations of historical industrial buildings are retained thanks to little changes which requires an appropriate decision with a holistic approach from the beginning of the process that has been identified. One effective strategy to preserve industrial heritage buildings and provide their ongoing use is adaptive reuse. Since the 20th century, the preservation of industrial heritage buildings has become a major topic because they serve as a gateway into the social, cultural, and economic life of the time they were built. The aim of this study is to examine the effectiveness of adapting industrial heritage buildings in the context of architectural conservation and sustainability of these buildings for the future. The complex process of adaptive reuse for historic structures aims to preserve their aesthetic qualities while modifying them for usage in the present and the future. Results suggest that the adaptive reuse approach has had a variety of extra positive effects on the preservation of these important industrial buildings as well as the social, physical, and economic health of the surrounding areas. The approach and possible uses of adaptive reuse in the process are explained through a literature review, statistic data, spatial data, and a case study of Beykoz Leather and Shoe Factory in Istanbul.*

Keywords: *Adaptive Reuse, Historical Industrial Buildings, Sustainable Preservation, Architectural Conservation, Beykoz Leather and Shoe Factory*

1. INTRODUCTION

In the modern world of architecture, historical buildings in particular are gaining a greater amount of attention in the context of adaptive reuse. Multiple types of facilities have successfully implemented adaptive reuse. The adaptations that receive the most attention are generally museums, art galleries, interactive environments, dining facilities, common workplaces, residential properties, schools, etc. Apart from these facilities, historical industrial buildings that serve different purposes newly are located in various parts of the world with their adaptively reused versions.

Altering adaptations of historical industrial buildings are retained thanks to little changes which requires an appropriate decision with a holistic approach from the beginning of the process that has been identified. Since the 20th century, the preservation of industrial heritage buildings has become a major topic because they serve as a gateway into the social, cultural, and economic life of the time they were built. Industrial heritage buildings are important because they represent and provide a window into linked historical eras. They should be preserved rather than destroyed because they show the way of life and culture of those who live there or nearby. Future generations can benefit from understanding their origins by preserving these heritage buildings and offering them new uses that fit with their location, scale, and capability. In order to avoid providing incorrect or inaccurate data to following generations, any functions and interventions made to heritage buildings should maintain their individuality and architectural identity. One effective strategy to preserve heritage buildings and provide their ongoing use is adaptive reuse. Adaptive reuse is a reliable solution to destruction and rebuilding since it generates less pollution and effort and can have positive social effects by reviving well-known landmarks.

Adaptive reuse is a significant approach since heritage buildings have a rich history and contribute to the identity of a neighborhood, city, or region. The aim of this study is to examine the effectiveness of adapting industrial heritage buildings in the context of architectural conservation and sustainability of these buildings for the future. The complex process of adaptive reuse for historical buildings aims to preserve their aesthetic qualities while changing them for usage in the present and the future. In order to preserve the historic fabric's cultural value, the planned new function has to be suitable. It is essential to identify the most suitable application for the context in order to maintain the heritage building's unique character. To determine the best approach for the adaptive reuse project, the choice of the new application ought to be founded on a mathematical and theoretical methodology. ‘‘*A successful adaptation is one that respects the existing building and its historical contexts and adds a contemporary layer to the heritage building rather than destroying its character,*’’ [1] (DEH,2004).

In order to answer the research question that ‘’ Is adapting industrial heritage buildings an appropriate conservation strategy?’’ the study conducts the literature review and focuses on this matter and provides a case study of the Beykoz Leather and Shoe Factory in Istanbul. Accordingly, the objectives of this study are to investigate the degree of proper treatments and alter as well as potentially beneficial and detrimental tangible effects on the buildings as a result of the adaptive reuse process; the lifetime of these buildings concerning adaptation that used this type of reuse strategy, and how the adaptive reuse method affects the environment in which they are positioned in terms of its physical, social, and economic well-being.

2. BACKGROUND

Existing industrial buildings were eliminated by newly built ones that were in accordance with technological advancements as a result of the Industrial Revolution, which began in the mid-20th century.

The preservation, documentation, and enlightenment of future generations are advised for historical industrial buildings. They came to be a point of concern because they exhibit the intellectual, cultural, architectural, historical, and technological aspects of their time. Reusing them in an adaptable way is regarded being one of the effective methods for preservation, ongoing usage, and maintenance. Due to several factors, such as the need to conserve the building, there are some hazards and unknowns in the adaptive reuse process. They might be minimized by taking into account previous reused instances adapted for a related use and considering potential alternative methods and treatments appropriate for the qualities of the building to be utilized along with their results.

2.1 Industrialization Period in Turkey

The economy of the Ottoman Empire was primarily agricultural from the 16th century until the beginning of the 19th century, with industrial production being restricted to the requirements of the authority and army. ‘‘With the initiation of the Industrial Revolution in the western countries, as an attempt to accord these technological developments, some factories and technical education institutions were opened, people were sent to Europe to follow the developments, and regulations/laws were set to encourage establishing industrial production facilities,’’[2][3](Yapı Kredi Kültür Sanat Yayıncılık, 2004),(A.Giz, 1985). ‘‘However, desired results could not be achieved, due to underpopulation, wars and capitulations, lack of technical knowledge, and insufficient transportation and communication infrastructure,’’ [4] (Z. Toprak, 1985). Industrialization was maintained and expedited during the Republican era after the 1920s under official regulation. Similar to the rest of the globe, the majority of the industrial buildings constructed inside the present Turkish boundaries since attempts at industrialization have been abandoned, particularly in light of the technological advancements made during the second half of the 20th century. ‘‘It was determined in an analysis that, by the year 2020, 225 out of 643 facilities identified to be built since the 15th century till 1980 within the current borders of Turkey were still present, and 75% of the 55 reused facilities were adopted only after 2000,’’ [5] (H.Y. Çakır, 2021).

3. METHODOLOGY

The data was first gathered through a literature review, and the components were identified by quantitative research. In light of the literature review, components that influence the choice of the proper purpose for the adaptive reuse of historical buildings have been described. Each component has been outlined after a review of related published studies. To accomplish the study's aim, the paper utilizes a number of methods connected to the importance and outcomes of industrial heritage adaptive reuse.

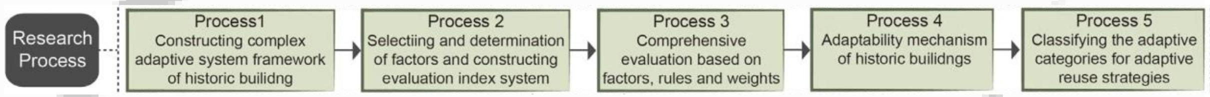


Fig. 1. Research Process, (G. Wang & S. Liu, 2021).

The paper follows 3 steps:

1. Formation of the paper’s aim and the research questions

The purpose of the literature review was to address the question: Is adapting industrial heritage buildings an appropriate conservation strategy?

2. Selection and evaluation of the pertaining studies after scanning the available publications

Data were looked up in the Bahçeşehir University Barbaros Library database to address the research question. A particular search of the keyword ‘‘adaptive reuse of historical buildings’’ was conducted that resulted in 122 publications. Additional broad search syntaxes were introduced, including ‘‘industrial heritage buildings’’ and ‘‘Istanbul," to enhance the accuracy of the research.

3. Examination of the publications with the arrangement of the literature

10 publications from the assessed literature provide a specific methodological approach for the assessment of the adaptive reuse process for historical industrial buildings.

4. LITERATURE REVIEW

In today’s world historical industrial buildings have significantly improved the city's aesthetic appeal and urban regeneration. Historical industrial buildings are notable architecturally for their scale, minimal decoration, and effectiveness. These essential buildings which are called industrial heritage buildings in the context of architectural preservation have significant aesthetic value due to the excellent high reputation of their design, architecture, and planning, as well as the social value that contributes to a strong sense of identity. The richness and individuality of urban heritage and culture are expressed through the industrial heritage buildings, which serve as significant social aspects and existing resources for sustainable urban development. For a variety of causes, these historical buildings may become obsolete. ‘‘*Mostly because they are no longer suited for the original function and a new use has not been identified,*’’ [6] (Orbaşlı, 2008). Industrial buildings that are examples of modern heritage should be conserved and offered new purposes. At this point, heritage buildings can receive support from architectural preservation on a financial, cultural, and collective level in the context of adaptive reuse. Adaptive reuse is a desirable method for revitalizing an industrial building's heritage and cultural significance. Building deconstruction and restoration are alternatives to adaptive reuse since it consumes fewer resources and produces lower pollution. Reusing and adapting existing buildings has started to become a growing trend in architectural design. Heritage buildings can be converted into functional, and reachable areas through adaptive reuse, and new spaces can be created that are compatible with human habitation.

> *‘‘The most successful adaptive reuse projects add a contemporary layer that provides value for the future and also respect and retains a building’s heritage significance,’’ [7] (DEH, 2004). In the present philosophy and practice of preservation, adaptive reuse is seen as a crucial method for industrial heritage. By preserving and enhancing existing buildings in a way that highlights their key qualities rather than removing them, it is feasible to create diversified surroundings using a variety of construction methods from various eras. Choosing the best possibilities has increasingly become the center of debates among decision-making authorities because there are several ways to reuse historical buildings and since these strategies are adaptable that are demanding an extensive and clear assessment process.*

One of the most important components of maintaining industrial heritage is properly conserving the characteristics of historic buildings and expanding their benefits while taking into account different factors including culture, finance, and architectural aspects.

Historical buildings encompass a wide range of target values which are both physical and intellectual, including social and cultural characteristics as well as the physical construction and surrounding environment. Therefore, the ranking of the historical building reuse possibilities was directly impacted by fluctuations in monetary, societal, and environmental aspects.

The design method should be developing and evaluating the adaptive reuse plan for a chosen modern industrial site. Determining conservation strategies is necessary because the architectural possibility for adaptive reuse for the intended application should be assessed. For the purpose of determining the best strategy for a heritage building, structures should be evaluated for each aspect individually. Implementing the alternate solution for adaptive reuse demands diverse goals and assessment methods because every historic building demonstrates a geographically different context and a distinct enrollment value. The background and historical purpose of heritage buildings must always be thoroughly examined. Heritage buildings must be evaluated individually for each historical value. To provide a successful adaptive reuse process, the current material ought to first be analyzed, taking into account its original function, structural qualities, possibilities for sustainable construction, and regional necessities. The historical industrial buildings’ cutting-edge components and effective designs are routinely maintained and upgraded, so finding suitable new uses for buildings has emerged as the primary preservation challenge. Hence, it is important to look into the fabric's physical properties. Additionally, it is crucial to look further into the neighborhood's needs by assisting them with observations and interviews. Regarding the lifespan of the adaptive reuse plan, the choice of a new solution based on the necessities of the neighborhood is crucial.

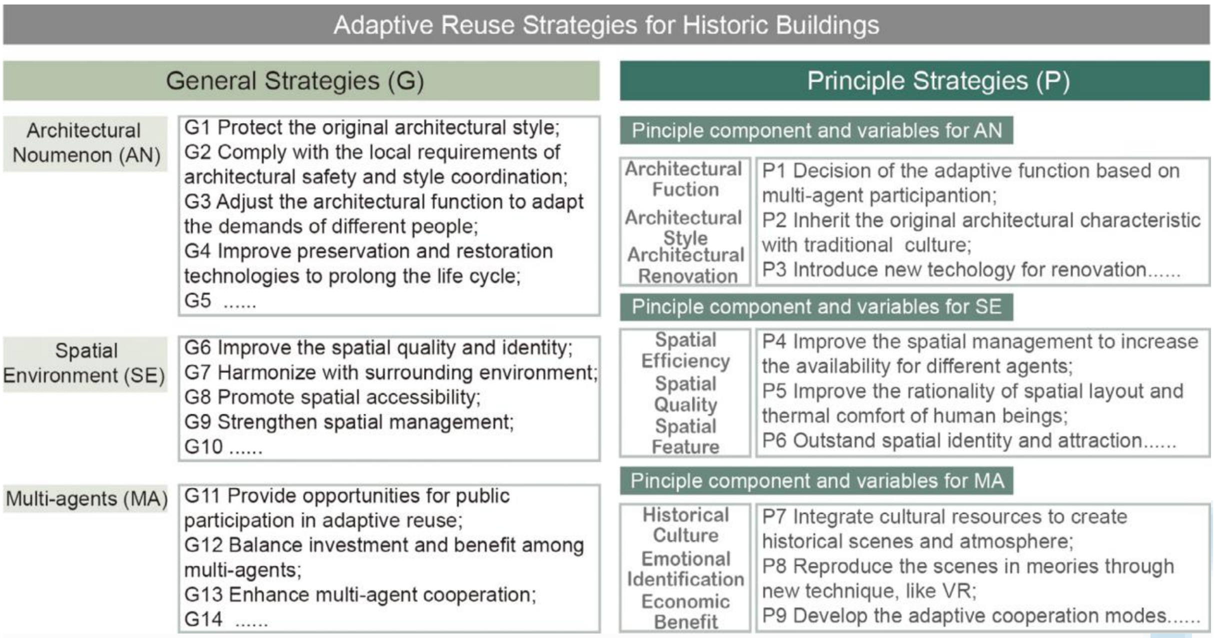


Fig. 2. Adaptive Reuse Strategies for Historic Buildings, (G. Wang& S. Liu,2021).

5. CASE STUDY

With the growth of cities, historical buildings that have long supported the economy but have since lost their purposes now emerge as ruins in the middle. These buildings would be conserved and utilized to provide sociocultural amenities if they could be made to function once more. Unoccupied and abandoned buildings can continue to exist and adapt their new purposes while they were improving urban life during the process.

The buildings must be altered to meet local demands while preserving their historic significance so that they can blend in with the rest of the city. By using the example of the Sümerbank Beykoz Leather and Shoe Factory in Istanbul, this study aims to demonstrate the significance and need for adaptive reuse of industrial heritage buildings in the urban core. Within this perspective, the factory's location, historical significance, urban demands, and building's architectural characteristics are considered in this context.

5.1 Sümerbank Beykoz Leather and Shoe Factory

On Istanbul's Asian side, there is an industrial location known as Beykoz that is nearby to the Bosporus. Beykoz Leather and Shoe Factory were established in Istanbul in 1809. It is well-known for its paper and glass factories, which were built during the Ottoman era and served as a significant financial hub for the leather industry. Beykoz Leather and Shoe Factory have grown over time, increased its production, and turned into a modern factory by adding new parts since the republican period. It was initially built as a tanning yard and has continued to operate as a factory under different ownership for various approaches. After the Republic, it continued as Sümerbank Leather and Shoe Factory. It has developed the city economically and socially and offered new opportunities to the community. The complex is an industrial settlement that served the city for 190 years. It resides in over 30 industrial buildings constructed at distinct periods. Production activities at the factory were stopped in 1999 due to the cost of the factory and the pollution of the Bosphorus. The factory, whose privatization was determined in 2005, continued to support the creative sector by operating with respect for its cultural value, and with the filming opportunities in 2005, it turned into a plateau that serves the TV series and cinema industry. ‘After the privatization of the factory by a private holding in 2004, conservation authorities were invited and 25 of those buildings and 10000 trees were listed,’’ [8] (Semercioğlu C., 2015).

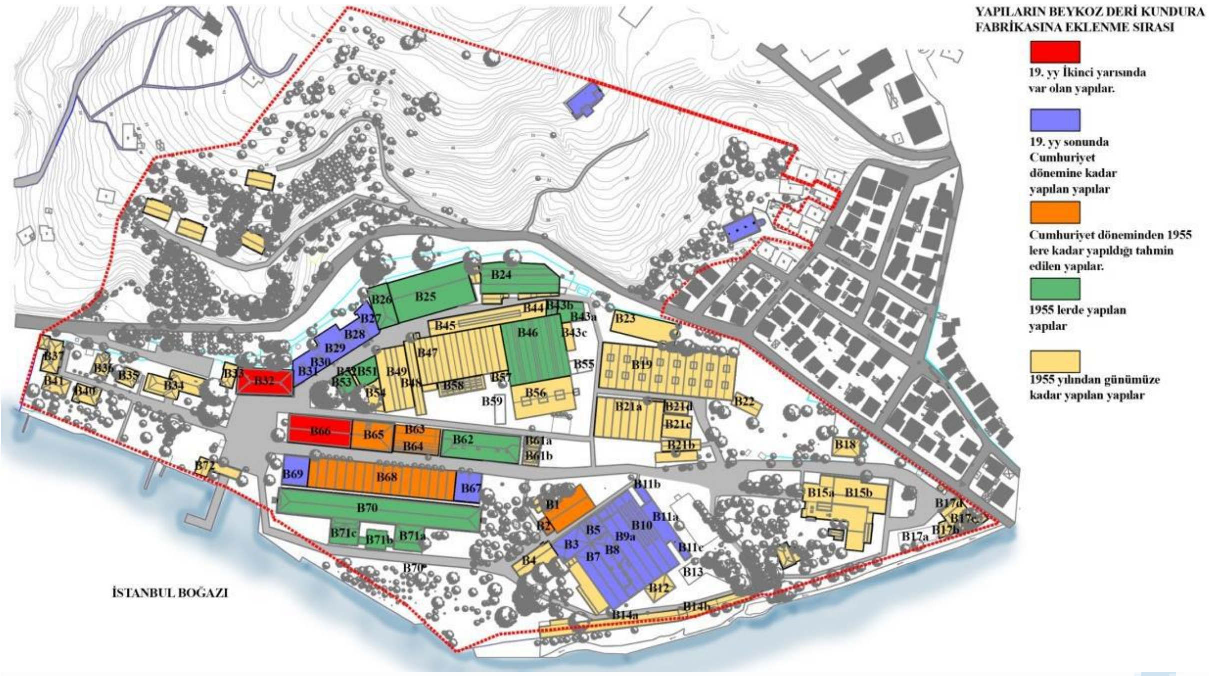


Fig.3. Representation of the Chronology of Additions of the Structures in Beykoz Leather and Shoe Factory on the Site Plan, (Özdemir, 2015).

Due to its historical origin, the Beykoz Leather and Shoe Factory has cultural importance since it offers a connection to the past and a sense of persistence as one of Turkey's significant historical and cultural values with a long history of more than 200 years. ''*Furthermore, it has a symbolic meaning since it owns a deep-rooted history as a venue which continued its activities as Sümerbank Beykoz Leather and Shoe Factory after the proclamation of the republic until 1999*,'' [9] (Alpler, Z. B., Şahin, N. P., & Dağlı, U. U., 2020). It played a crucial part in Beykoz's social and economic context. The crucial assessment of Beykoz Leather and Shoe Factory has pointed out the Rubber Revision Section for this study. This part of the factory is representative of its historical and cultural value in the architecture of industry. The industrial buildings that resist time have continued to exist in this historical region, which is one of the most attractive parts of the city because of its location.

6

Yapı No.	İşlevi	Adedi
B4	İşçi Kantini	4
B5;B7;B8	Lastik İşletmesi	1
B6	Papenmeier Tesisleri	4
B9a;B9b;B9c;B12	Suni Deri İşletmesi	1
B10	Cami ve Halı atölyesi	1
B11a;B11b;B11c	Kart Basma	1
B12	Lastik İşletmesi ek bina	4
B13	Depo	4
B14a;B14b	Depolar	4
B15a;B15b	Yemekhane	4
B17a;B17b;B17c;B17d	Ürün Satış Mağazası ve Depolar	4
B18	Solüsyon işletmesi	4
B19	Mamul Ambarı	3
B21a;B21c;B21d	Hamderi soğuk hava depoları	3
B21b	Hamderi soğuk hava depoları	4
B22	Benzin Servisi	4
B23	Ambar	4
B24	Deri işletmesi/Hamderi debagat	3
B25;B26	Deri İşletmesi/ Boyahane ve Kromaj	2
B27;B28;B29;B30	Elektrik Santrali ve Kazan Dairesi	1
B32	Laboratuar,misafirhane,lojman	2
B33	Doktor	4
B34	Yönetim	2
B35;B36;B37;B40;B41	Lojmanlar	

Yapı No.	İşlevi	Adedi
B43b	Deri işletmesi/Hamderi	1
B43a; B43c	Deri işletmesi/depo	
B44;B45	Deri işletmesi/Asma kurutma makineleri	1
B46;B47;B48;B49;B56	Deri işletmesi/Hamderi debagat, Kurutma,Kesim	3
B51;B53;B54	Teknik hacimler	4
B52	Teknik Müdürlük + Kütüphane	1
B60	Baraka	4
B61a;B61b	Bakım / işçi temsilciliği	4
B62	El imalathanesi,saraciye, soyunma	3
B63;B64	Çarkhane	1
B65	B65 Mamul Ambarı 1	1
B66	İtfaiye,Ambar	1
B67;B68;B69	Kundura İşletmesi	1
B70; B71a;B71b;B71c	Kundura İşletmesi	2
B71	Dikili Taş	1
B72	Sosyal Tesis	2
B4	İşçi Kantini	4
B5;B7;B8	Lastik İşletmesi	1

Fig. 4. Beykoz Leather and Shoe Factory Structures' Function Chart, (Küçükerman, 1988).

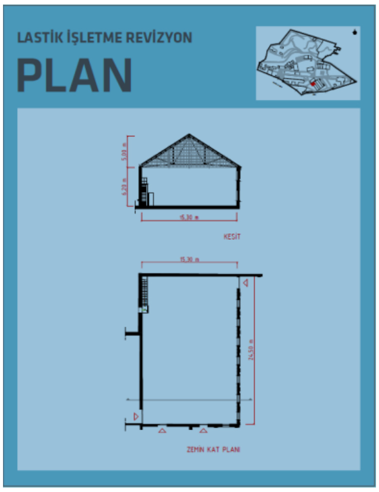


Fig. 5. Rubber Revision Building’s Ground Floor Plan and Section Drawing, (Mekan Kataloğu from Beykoz Kundura Offical Website, 2022).

The Rubber Revision Building was built for the Hamidiye Paper Factory in 1893-94 during the Ottoman period. In the following periods, the structures are called “Rubber Operation and Revision” where rubber shoe soles are produced. During the Sümerbank period, it was used as the cafeteria and cinema of the factory in earlier periods. Today, it hosts concerts, catalogs, and advertisement filming. The display area of this building, which draws attention with its texture, is located in the Carpenter House (Marangozhane). The spaces can be separated from each other or used together.

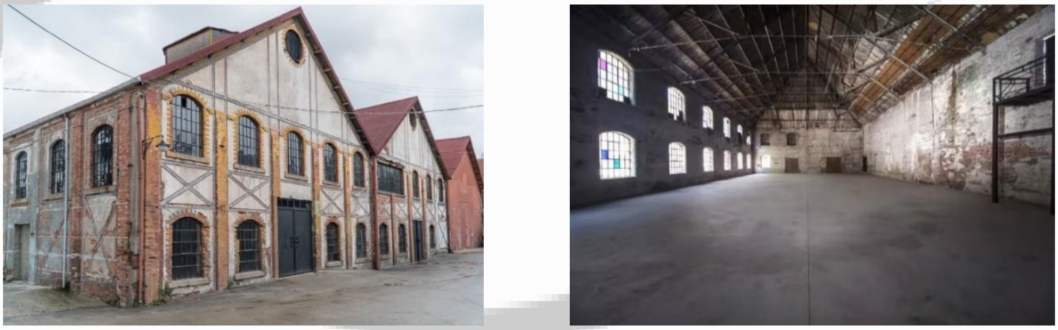


Fig. 6. Exterior and Interior View of Rubber Revision Building, (Beykoz Kundura Official Website, 2022).

In the past, Beykoz Leather and Shoe Factory had a significant impact on the way of life in Beykoz. For the residents of the neighborhood, the festivals conducted at the Factory have become significant cultural occasions. Also, it had an impact on both the physical development of Beykoz and its social and cultural outcomes. It is conceivable to claim that the factory represents the Republican era's industrialization effort. Beykoz Leather and Shoe Factory, one of the region's most significant economic drivers at one point, still retains the imprint of the area's industrial, historical, and sociocultural heritage. The change of the buildings simply should not be taken into consideration when re-purposing the factory in the context of industrial heritage. The adaptation needs to be tackled comprehensively and seen as a field transformation. Decisions that should form a relationship with the buildings' new functions should be taken in this manner while taking the functions of the structures into consideration. It is possible to add the building in new structures in aesthetically pleasing ways in addition to giving the buildings a new appearance and transformation, which maximizes the originality of the area in the context of adaptive reuse. The possibility of creating a design in the area that combines modern and traditional architecture while drawing attention to itself should not be discounted.

5.2. Beykoz Leather and Shoe Factory in Today

Beykoz Leather and Shoe Factory were required to shut down the leather section in 1993 owing to contamination of the environment and the Bosphorus. The process of closing the factory began in 1999, and it was sold to a private holding in 2004, while Sümerbank Stores began to close in 2002. The manufacturing complex began hosting television and film projects under Beykoz Kundura in 2005. Following this era, this industrial historic building continued to support the creative industries by acting responsibly with regard to its cultural significance. "Öyle Bir Geçer Zaman Ki," the first television series incorporating street decor, premiered in 2010. Youtube Turkey had its first international event in 2013. Kundura Hafıza's historical research began in 2015, and Beykoz Kundura's doors were reopened to former industrial workers as part of the scope of the project.

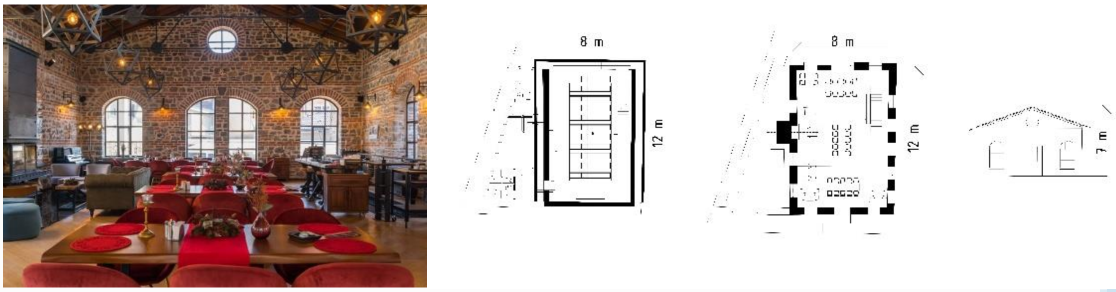


Fig. 7. Youtube Launch 2013 & Demirane Drawings, (Demirane, Beykoz Kundura Official Website, 2022).

Restore Film Days, Beykoz Kundura's first-ever open-air film event, took place in 2017. Kundura Cinema began with the renovation of the Boiler Room (Kazan Dairesi), the core of Beykoz Kundura's cultural and artistic identity. The Russian Cauldron (Rus Kazanı) housed a historically significant oven. The bakehouse's former warehouse is now a movie theater; the bakehouse's former location serves as a foyer and dining and drinking area. A section of the Boiler Room was converted into a cinema theater in response to the film screenings organized with the involvement of both employees and residents of Beykoz during the manufacturing time. A movie theater with Christie brand Digital Cinema Projection, Spectral cinema screen, and Luis Wassman sound system was developed. Kundura Cinema, with a seating capacity of 135 people, opened its doors on October 27, 2018, with the first closed special screenings as part of Unesco Audio-Visual Heritage Day.

Before beginning ticketed screenings in November 2018, it began hosting viewers and introducing them to the world of Kundura through a variety of pop-up events. Since November 2018, Kundura Cinema has been presenting curatorial selections that have been frequently refreshed.

Fig. 8. Kundura Cinema, (Kundura Sinema from Beykoz Kundura Official Website, 2022).

Fig. 9. Kundura Stage, (Kundura Sahne from Beykoz Kundura Official Website, 2022).

Kundura Sahne, designed as a theatre, concert, and performance hall, opened its doors in 2020. Kundura Stage, repurposed from Beykoz Kundura's ancient boiler chamber, is Istanbul's latest cutting-edge venue for modern theatre, dance, and performance. Being part of the industrial cultural history, it draws on the distinctive aspects of the spaces to create a shifting cultural environment with the audience it attracts through this method. It is a location where creative practices collide, where international and local artists share the stage, where multidisciplinary works are performed and developed, and where spectators will confront strong viewpoints on a variety of unique performance forms and methodologies.

6. RESULTS AND DISCUSSIONS

Making decisions on adaptive reuse is influenced by a variety of elements, all of which must be carefully considered for a successful project to be completed. These elements include analysis of decision-making criteria for adaptive reuse, analysis of examples of adaptive reuse in various cultural contexts, examination of current fabrics, choosing appropriate conservation strategies, identification of possibilities for adaptive reuse, and decision regarding a possible new function. The aspects that are mentioned are what have an impact on the process of adaptation and reuse. The final project which offered for adaptive reuse has to be sustainable from a societal, financial, and environmental perspective.

It is crucial to identify the original use when choosing the most appropriate course of action. Finding the most suitable new use for the heritage building requires careful analysis of its physical attributes. Geography, the scale of the structure, construction method and component locations, building materials and techniques, number of stories, type, era, physical state, spatial organization, ornamental facade qualities, and natural light are all included. Before deciding on a new adaptation, each of these criteria needs to be carefully examined. Defining historical values is the other crucial decision-making aspect that has a variety of influences on the choice of a new function. After that, the neighborhood's demands should be assessed to determine the best use for the historical buildings. In order to establish relevant solutions for the building for continuous adaptive reuse, it is essential to understand the potential of the building. Decisions regarding the new usage strategies should be made after all steps in the decision-making process have been evaluated. All of these considerations should be taken into account simultaneously in order to determine the best approaches for heritage buildings. A management plan should be created by the professionals as the last stage following the decision to move forward with the new use.

7. CONCLUSION

This study finds that adapting industrial heritage buildings into creative hubs of production is a better option, particularly when accomplished permanently, and presents the design and implementation from the beginning. The evaluation of the literature for this study revealed that choosing an acceptable function and projecting its future efficiency are crucial and vital issues from the viewpoint of many researchers. Findings suggest that the adaptive reuse strategy has had a variety of extra benefits for the preservation of the historically important structures as well as the social, physical, and economic health of the surrounding areas. The study concludes by saying that cultural value is preserved because there are few exterior aspects that have changed. It has been revealed that distinct ages of buildings with different spatial configurations and scales have had different effects on their adaptive reuse. As a result, the adaptive reuse of buildings has improved the livability and environmental performance of surroundings. According to this study, an adaptive reuse strategy raises awareness of historical industrial buildings. In this context, adaptive reuse involves not only giving historical industrial buildings new uses but also recommending suitable ways for decision-makers to maximize the benefits of cultural continuity and environmental enhancement. To determine the most suitable reuse strategy for heritage buildings, careful consideration of the adaptive reuse's multiple aspects should be made during the decision-making process. An enlightened workflow for a specific new purpose or a specific building in adaptive reuse projects, particularly those that involve heritage buildings, can simplify the process and remove ambiguity and hazards by looking at equivalent previous examples through a methodical database. By utilizing the already existing structures, the adaptive reuse of heritage buildings contributes to the development of sustainable environments. On the other hand, conserving heritage buildings, particularly industrial ones, and providing them with fresh breath, assures the preservation of cultural identity. The outputs of this study could help the conservation methods and adaptive reuse transition to more environmentally friendly methods, plans, and outcomes. It is intended that this study would help scientific collaboration as well as additional investigation and evaluation of incidents similar to this one, especially in Turkey.

8. REFERENCES

[1] DEH. (2004), Adaptive reuse: preserving our past, building our future. ACT: Department of Environment and Heritage. Commonwealth Australia 17.

[2] TBMM Industrial and Technological Tools in Ottoman palaces During the Industrial Revolution Years, Yapı Kredi Kültür Sanat Yayıncılık, Istanbul, 2004.

[3] A. Giz, in: Islah-ı Sanayi Commission, in Encyclopedia of Turkey from the Tanzimat to the Republic, İletişim Yayınları, Istanbul, 1985, p.p. 1360-1362.

[4] Z. Toprak, in: Ottoman Empire Industrialization problem, in Encyclopedia of Turkey from the Tanzimat to Republic, İletişim Yayınları, 1985, p.p. 1340-1344.

[5] H.Y. Çakır, Examining the relationship between new function in reused industrial facilities and interventions in building sub-systems on the case of Turkey Master Thesis, Istanbul Technical University, 2021.

[6] Orbaşlı A., (2008), Architectural conservation. London: Blackwell Publishing.

[7] DEH. (2004), Adaptive reuse: preserving our past, building our future. ACT: Department of Environment and Heritage. Commonwealth Australia 17.

[8] Semercioğlu Cengiz, 'Beykoz Kundura'da Sanat Devam Edecek' [The Art will continue at Beykoz Shoe Factory], interview with Serpil Yıldırım, Hürriyet, October 27, 2015.

[9] Alpler, Z.B., Şahin, N.P., & Dağlı, U.U., ''A critical discussion of industrial heritage buildings adaptive reuse as film spaces, case study: industrial heritage buildings at Istanbul,'' Journal of Architectural Conservation, 26(3), 1-20.

[10] Arfa, F. H., Zijlstra, H., Lubelli, B., Quist, W. (2022). Adaptive Reuse of Heritage Buildings: From a Literature Review to a Model of Practice, Historic Environment: Policy & Practice; Jun2022, Vol. 13 Issue 2, p148-170, 23p.

[11] Wang, G., Liu, S., (2021). Adaptability evaluation of historic buildings as an approach to propose adaptive reuse strategies based on complex adaptive system theory, In Journal of Cultural Heritage, November-December 2021, 52:134-145.

[12] Mısırlısoy D., Günçe K., (2016). Adaptive reuse strategies for heritage buildings: A holistic approach, Sustainable Cities and Society Volume 26, October 2016, Pages 91-98.

[13] Çakır Y.H., Edis E., (2022). A database approach to examine the relation between function and interventions in the adaptive reuse of industrial heritage, In Journal of Cultural Heritage, November-December 2022, 58:74-90.

[14] Chen, C.-S., Chiu, Y.-H., Tsai, L., (2018). Evaluating the adaptive reuse of historic buildings through multicriteria decision-making, Habitat International, Volume 81.

[15] Conejos, S., Langston, C. A., & Smith, J. (2011). Improving the implementation of adaptive reuse strategies for historic buildings, In The IX International Forum of Studies: S.A.V.E. Heritage (pp. 1-10). Institute of Sustainable Development and Architecture.

[16] Moshaver A., (2011). Re Architecture: Old and New In Adaptive Reuse of Modern Industrial Heritage, Theses and dissertations, Paper 1421.

[17] Sugden E., (2018). The Adaptive Reuse of Industrial Heritage Buildings: A Multiple-Case Studies Approach, UWSpace.

[18] Özdemir M., 'Endüstri Mirasının Yeniden İşlevlendirilmesi; Beykoz Deri Ve Kundura Fabrikası Örneği,' Master Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, 2021.

[19] Yerlitaş O., 'Osmanlıdan Cumhuriyete Sümerbank Beykoz Deri Kundura Fabrikası', Master Thesis, Marmara University, Istanbul, 2013.

[20] Yiğitoğlu Ş., (2020). Effects of Functional Change in Architecture: Transformation from Factory to Contemporary Art Museum Example of 'Beykoz Leather and Shoe Factory', Journal of Architecture and Life, 5(2), 2020, (381-402).

Presentation ID / Sunum No:36

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9649-4495

Redesigning Neglected Spaces to Prevent Crime

Researcher Fadıyya Athır Humadı Al-Tekreetı[1] , Researcher Atabak Haratı[1] ,
Dr. Öğretim Üyesi Neslihan Aydın Yönet [1]
[1]Bahçeşehir Üniversitesi

*Corresponding Author: Neslihan Aydın Yönet

ABSTRACT: *The importance of space comes mainly from its context regardless of its size and type, the environment that surrounds the area and the atmosphere that it offers is what determines its quality. Nowadays, the need for urban spaces is increasing rapidly. City centers have countless empty spaces that have no use or function, these spaces are normally defined as Neglected Spaces. They have mostly ignored spaces that might have been lost throughout the time of their original function, their users and inhabitants, and moreover, their value. Therefore, these neglected spaces are likely to become a breeding ground for criminal behavior that threatens the safety of new inhabitants and visitors. Redesigning those neglected spaces can offer new opportunities for remodeling a city's design and appearance. In addition to that, assigning new functions for those areas enhances the way an area is used and offers a pleasant experience for its users. The effects of neglected and un-designed urban spaces on the rise in crime rates need to be better understood. Therefore, this study contributes to understanding the relationship between neglected spaces and crime rates. It will first identify the meanings of neglected spaces, where can they be found, and how they attract criminal behaviors. Then, it will demonstrate the advantages of redesigning those spaces against any criminal act. In addition to that, it will also illustrate the meaning of crime and criminal behavior, how it is developed in neglected areas, and what design methods are used in order to minimize the number of criminal acts occurring in those areas. This research uses qualitative data conducted from different case studies that share the same aim. The study will also suggest redesigning techniques to reuse neglected areas and make them beneficial.*

Keywords: *Neglected Spaces, Criminology, Safety, Quality, Redesign*

Introduction

During the process of the city's expansion, the changes in functions and zoning may contribute to the rise of neglected spaces. Therefore, numerous numbers of unoccupied and unused lands can be spotted easily in different cities. The concept of neglected spaces carries several meanings, whether it is the leftovers, the unused parts, the spaces that have no defined function or purpose due to poor planning, losing the main purpose or the disappearance of the main users, and finally, cities expansion.[1]

In addition, the term crime also carries various definitions, whether a serious or a petty crime; the list is long, and it needs to be well-identified and customized according to the context.[2]

Therefore, the aim of the study focuses on assigning new functions to the neglected urban spaces as it would not only affect its context and change people's experiences while using the space but will also contribute to providing a safe environment within an urban space.

---

[1] Yu Hui Sung, B. (2009) "New uses for neglected spaces" Landscape Architecture. Texas Tech University. pp. 04 - 05.

[2] Paul, Van Soomeren. (2013) "Tackling crime and fear of crime through urban planning and Architectural Design" Crime Prevention through Environmental Design. Amsterdam, The Netherlands. pp. 05 – 06

Methodology

The collected data for this exact research study includes a set of case studies performed by us and other authors that showed their concern in this specific topic. In addition to that, literature reviews, site analysis, and landscape architectural techniques will also be a method of carrying out this study to identify neglected spaces first and suggest ways of redesigning them.

Neglected Spaces

According to Damashkieh (2022), Neglected spaces are lands that have been forgotten by the users and the government making these land gaps scattered around the city.[3] These areas can have negative effects on the urban landscape as it decreases the quality of life, and increase criminal activities and fear of crime. From another perspective, as indicated by Yu Hui Sung (2009), Neglected spaces are more than ignored spots; they can be abandoned spaces or even incomplete walkways. Nowadays, even some private lots have become ignored and neglected due to low maintenance. Well-designed and planned urban spaces attract high-quality interference and stand against criminal behaviour. Therefore, if we can redesign neglected spaces concerning their context, we can provide much safer spaces resistant to criminal acts.

A good urban space will not only add to the visual image of the city but will also simulate human interactions and offer flexibility and safety. Therefore, a key design in neglected spaces is to insure that there is high connectivity between different streets and neighborhoods. According to Jane Jacobs (2016), urban spaces provided more safety when there were more eyes looking at the street, the idea is to attract people's attention to the life of the street in order to monitor it. Where there are no "eyes on the street urban spaces are neglected and thus, less likely to be safe.

Disadvantages of neglected spaces:

- A waste of valuable space in the urban context, especially in the city centers, where the prices of land are getting higher than usual due to huge demand and economic growth.

- Due to those spaces being ignored and left with no purpose, they do not add to their surroundings or to the city. Therefore, it created a huge loss in space opportunities

- Having neglected and ignored areas can attract all kinds of illegal and criminal behavior that can harm the city generally and visitors specifically.

- Distorting the city's appearance and visual quality.

Crime

Crime is a delinquent act that is defined as breaking rules. These rules vary throughout the difference of place and time. Rules are usually defined by the standard morals of human beings.[4] Big cities around the world have been the center of attention for many tourists and visitors from rural areas due to the wide range of opportunities offered there, the financial power, culture, and tourism. Besides the fact that this has a positive outcome for the city itself, but it carries many underlying risks and issues related to coping with the newcomers, offering the required amount of quality and affordable housing, as well as a variety of job opportunities. If the process fails to meet the needs of the users in large cities it is often due to a lack of social coherence and social networks.[5] Eventually, a decrease in the quality of life will occur and lead to people seeking their needs through illegal acts.

Benefits of redesigning neglected spaces:

- Assigning new functions will benefit those areas, no matter what that function is going to be, as it will give it a purpose and attract visitors who are going to feel more involved according to the different activities offered there.

---

[3] Malek Damashkieh . (2022) "Reviving the neglected urban spaces using recreational facilities" Architecture and Planning Journal. Beirut, Lebanon. pp. 01 – 02.
[4] Salah Eddine, Missi. & Maged, Youssef. (2018). "Architecture against Crime". Beirut, Lebanon.
[5] Paul, Van Soomeren. (2013) "Tackling crime and fear of crime through urban planning and Architectural Design" Crime Prevention through Environmental Design. Amsterdam, the Netherlands. pp. 01 – 02.

- Eliminating all the dangerous factors of the area by providing a safer environment. This way the neglected space will no longer be a possible risk area for the visitors as it will also minimize their fear of crime.

- Serving the people's needs and demands. This can be achieved by doing a site analysis and responding to the missing points and the user's profile.

- Enhancing the city's look and visual quality.

- Can be designed as a new public area where there are not enough public open spaces as it is essential to have a gathering point for every number of buildings, as it will decrease the heavy traffic from the main public area of the district and group people in smaller numbers.

- Encourage greenery and provide parks or pocket parks when there are not any. This will improve Oxygen quality and will provide a relaxing atmosphere for the users.

Case studies:

1- Cohen Alley in San Francisco:

Cohen Alley is a dead-end street in the Tenderloin neighbourhood of San Francisco. This alley is located between 2 buildings. It used to be neglected and used to attract dumps, defecation and drug use which is considered criminal behaviour. Therefore, the Luggage Store Gallery, which is located next to this alley, consulted with neighbours about how to retrieve this alley as a community art space. The aim was to create a beneficial, healthy and appealing atmosphere. They removed the asphalt in a couple of spots to plant trees. This helped soften noises in the neighbourhood and cooled the air.

This project illustrates the importance of greenery and how it can convert a neglected street into a national forest (Melcher, 2008).[6]

In addition to that, Cohen Alley Street started also attracting artists as it offers them spaces to meet and collaborate which has led to the emergence of an artistic community in the neighbourhood in conclusion, drug dealers that used to visit this street daily started vanishing out of respect for the newly designed space.

Figure 2.1. Luggage Store Gallery- the previous condition

Figure 2.2. Luggage Store Gallery- the present condition.

2- The High Line in Manhattan:

The High Line is a public park on the west side of Manhattan, New York. Back in the day, the High Line was originally an elevated train railway. It was abandoned and neglected any functions or uses since 1980. In advance, filled with many negative factors and hosts a nest for criminals to commit illegal acts.

[6] Carrie, sisto. (2017), "Hidden Gem: Inside the Tenderloin National Forest" Cohen Alley.

Collaborative work was proposed by Diller Scofido and Renfo with the urban planner and Landscape architect James Corner, to revive the abandoned railway and assign a function for it in order to attract people to it and moreover, enhance the overall visual image of the city.

Essentially, Corner's plan was to divide the High Line rail into sections rather than changing the railway into a park at once. Each section provided different activities and experiences.

In addition to that, the High Line railway kept many of the original features. For example, tracks from the original train railway can be found along the line of walking, also some of the plant life that inhabited the railway when it was abandoned was also trimmed and kept there.

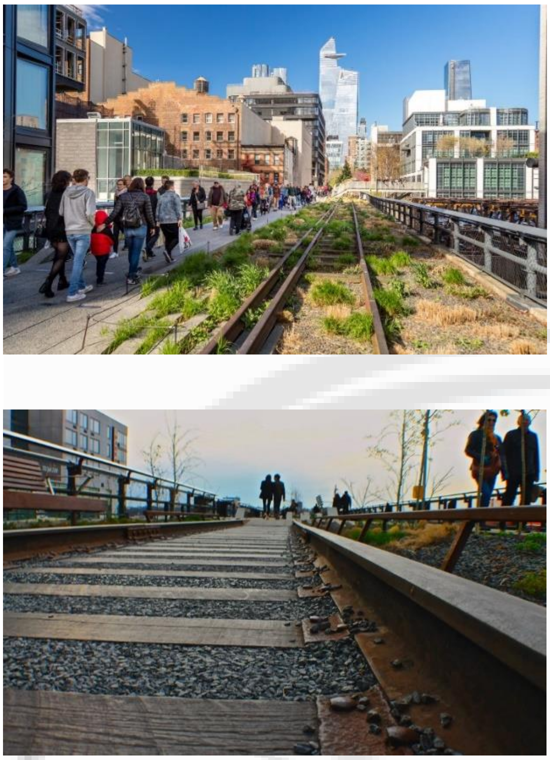


Figure 3.1. The original tracks of the old train railway.

Figure 3.2. The High Line project extended between the buildings.

3- Akaretler District in Istanbul:

Akaretler is a district located in the city of Istanbul, Turkey. It consisted of a collection of row houses which is located on the intersection of the Şair Nedim and Süleyman Seba streets in the Beşiktaş district. Due to its central location and historical heritage, Akaretler is considered an area that holds huge potential.

By the beginning of the 1980s, according to Ronael (2019), Akaretler had faced many physical and social issues, the inhabitants and the users of the area felt unsafe as it lacked safety and security. [7] Therefore, the ministry of culture and tourism suggested a new plan for the restoration of row houses (Milliyet Newspaper, 1980).

The reconstruction project went through several changes due to continuous changes in the requirements, but in the end, the area has witnessed a radical transformation as it has been converted into an art and design district.

[7] Mehmet Ronal. (2019) "The case of Akaretler row houses" Residents' experiences of a gentrified neighborhood in Istanbul. Istanbul, Turkey. pp. 22-23.

Figure 4. Akaretler row houses before and after restoration. (Bilgili Holding)

Inhabitants who lived in the area for more than 30 years have confirmed that the restoration has been successful in changing the visual quality of not only the district but also Istanbul as a city. They were also pleased with how their own properties have been positively affected. Inhabitants are feeling safe as they walk through the high-quality streets of Akaretler.

At the present time, the blocks that have served previously as shops and boutiques have been transformed into branded restaurants, cafes, and art galleries. The area now hosts upper-middle and upper-income groups as well as a diversity of visitors from all over Istanbul.

4- Superkilen Park in Copenhagen:

Superkilen Park is a public space located in the Norrebro district of Copenhagen. Norrebro neighborhood hosted several types of crime, protests, and riots. Therefore, the aim here was to create an open space that promoted acceptance of different religions, ethnicities, races, and languages in order to upgrade the district and inspire other cities facing similar challenges.

A collaboration between architects, landscape architects, and artists was the reason for the emergence of such a creative and aesthetically pleasing public space.

The park is divided into three different zones; Marked out by three different colors:

- The red zone: an extension for sports and cultural practices. The material used was in reddish tones. On weekends it hosts a market that attracts many people.

- The black zone: an outdoor “living area” where people gather and meet for different activities. Full with wavy white lines that direct the users as well as curves around the existing elements.

- The green zone: a park for picnics that served the people their need for more green spaces.

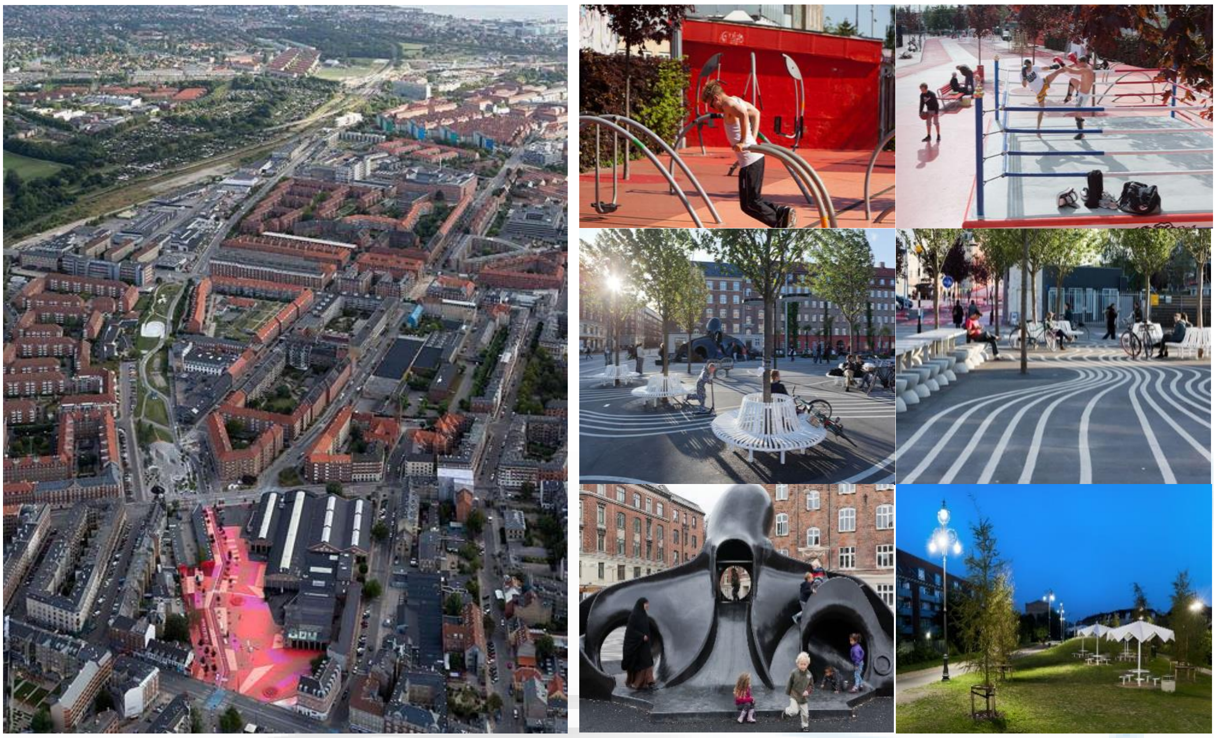


Figure 5.1. The three zones of the Superkilen Park

Photographs above are taken by Torben Eskerod.

Findings

Neglected spaces can attract many negative factors and crime is one of them. Redesigning those areas is a must in order to reduce crime rates. Therefore, different ways and methods can be used in order to retrieve those abandoned areas; those methods can be:

- Increasing the green elements in order to decrease the noise and purify the air as well as keep an area from looking neglected.

- Natural surveillance by connecting all the outdoor elements to each other through a landscape design that allows the people to see, and therefore monitor the area.

- Maintenance is an important tool that needs to be practiced occasionally in order to express the ownership of a certain space.

"The Broken Window" theory could be used as a useful tool in order to understand the importance of maintenance in preventing crime. According to Wilson & Kelling (1982), the presence of a broken window in a specific territory will encourage deviants to brake more windows.[1] Therefore, the sooner a broken window is fixed, the less likely it is that such criminal behavior will occur.

Conclusion

Neglected spaces are spaces that have been abandoned by their original inhabitants, leftover parts of the city, or spaces that get generated due to the city's expansion. These spaces have many negative factors that affect the people and the overall visual image of the city. It also attracts illegal and criminal acts despite the type of crime that might occur. This will affect the spaces as it will generate fear of crime for the users, distort the city's visual quality, and minimizes the opportunities for a better space.

Working on redesigning these neglected spaces and assigning them new functions can help reduce the crime rates in these areas as well as enhance the quality of the atmosphere that each area provides. The

[1] George L. Kelling & James Q. Wilson. (1982) "Broken Windows: The police and neighborhood safety". Washington, D.C.

methods of redesigning those neglected spaces can differ depending on the demands of the people in these areas and on the analysis that needs to be carried out before starting the design process.

Bibliography:

(1) YU HUI SUNG, B. (2009) “New uses for neglected spaces” Landscape Architecture. Texas Tech University. pp. 04 - 05.

(2) VAN SOOMEREN, P. (2013) “Tackling crime and fear of crime through urban planning and Architectural Design” Crime Prevention through Environmental Design. Amsterdam, The Netherlands. pp. 05 – 06

(3) Damashkieh, M. (2022) “Reviving the neglected urban spaces using recreational facilities” Architecture and Planning Journal. Beirut, Lebanon. pp. 01 – 02.

YU HUI SUNG, B. (2009) “New uses for neglected spaces” Landscape Architecture. Texas Tech University, pp. 04 - 05.

Kanigal, R. (2006) “Eyes on the Street” The Life of Jane Jacobs. Knopf.

(4) Missi, Salah & Youssef, Maged. (2018). “Architecture against Crime”. Beirut, Lebanon.

(5) VAN SOOMEREN, P. (2013) “Tackling crime and fear of crime through urban planning and Architectural Design” Crime Prevention through Environmental Design. Amsterdam, The Netherlands. pp. 01 – 02.

(6) Sisto, C. (2017), “Hidden Gem: Inside the Tenderloin National Forest” Cohen Alley.

(7) Ronael, M. (2019) “The case of Akaretler row houses” Residents’ experiences of a gentrified neighborhood in Istanbul. Istanbul, Turkey. pp. 22-23.

https://www.dezeen.com/2012/10/24/superkilen-park-by-big-topotek1-and-superflex/

(8) Kelling, G. L., & Wilson J. Q. (1982) “Broken Windows: The police and neighborhood safety”. Washington, D.C.

Presentation ID / Sunum No:57

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0365-685X

Sanal Mekân-Beden-Yer İlişkisinin Fiziksel Dünyanın Dijital İkizi Metaverse Üzerinden Bir Analizi

Arş.Gör. Hatice Özler[1], Arş.Gör. Sema Kızılelma[1]
[1]Atatürk Üniversitesi

*Corresponding author: Hatice Özler

ÖZET: *Post modern dünyada teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte teknolojiye kolay erişim hareketliliğin kapasitesini genişletmekte, gerçek ve sanal dünyada yeni mekanlar üretmektedir. Güçlü teknolojik alt yapıya sahip ve birçok aktivite ve eylemin gerçekleştiği sanal mekanlar kullanıcıların mekana yaptıkları katılımlarla etkisini artırarak günlük hayatın belirleyici dinamiklerinden biri olmaktadır. Eğlenme, boş vakit geçirme, arkadaş edinme, çalışma ve karşılıklı bilgi paylaşımı gibi sanal sosyal aktivitelerle kullanılan sanal mekanların kullanım süresi giderek artmaktadır. Dolayısıyla çağın başlıca temsil mekanlarından biri olan sanal mekanlar günlük mekansal pratiklerin vazgeçilmez bir ortamı olmaya başlamıştır. Bu bağlamda sanal mekanların bileşenlerine ayrılarak çözümlenmesi beden ve yerle ilişkisinin ortaya konması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada sanal mekanların toplum, mekan ve yer ilişkisi mekan tartışmaları ve literatürdeki farklı kaynakların yorumları üzerinden irdelenmiştir. Metaverse örneklemi üzerinden sanal mekanlar Henry Lefebvre' ün mekânsal üçlüsü aracılığıyla çözümlenmiştir. Sanal ortamlar sosyal medya oyunlarında görüldüğü gibi sanal sosyal aktivitelerin dışında aynı zamanda önemli bir tüketim mekanıdır. Fiziksel temasın olmadığı sanal mekanlarda coğrafi mesafe kısalsa da bedensel mesafenin artması sosyal ilişkilerin daha yüzeysel yaşanma ihtimalini de beraberinde getirmektedir. Yer hissinin bedenin mekanı deneyimi sonucu ortaya çıktığı düşünüldüğünde sanal mekanların birden fazla fiziksel algıyı harekete geçiren teknolojik donanımlarla desteklenmesi bedeni daha aktif hale getirecek ve sanal mekanda yer duygusunun oluşumunu olumlu etkileyecektir.*

Anahtar Kelimeler: *Sanal Mekan, Sanal Toplum, Metaverse, Henry Lefebvre, Mekansal Üçlü*

An Analysis of the Virtual Space-Body-Place Relationship Through the Metaverse, the Digital Twin of the Physical World

ABSTRACT: *With the rapid development of technology in the post-modern world, easy access to technology expands the capacity of mobility and creates new spaces in the real and virtual world. Virtual spaces, which have a strong technological infrastructure and where many activities and actions take place, become one of the determining dynamics of daily life by increasing the impact of users with their participation in the space. The duration of use of virtual spaces, which are used for virtual social activities such as having fun, spending free time, making friends, working and sharing information, is gradually increasing. Therefore, virtual spaces, one of the main representation spaces of the age, have become an indispensable environment of daily spatial practices. In this context, the analysis of virtual spaces by separating them into components is important in terms of revealing the relationship between body and place. In this study, the relationship of virtual spaces to society, body and place is examined through space discussions and interpretations of different sources in the literature. Virtual spaces are analyzed through the spatial triad of Henry Lefebvre through the metaverse sampling. Virtual environments are an important consumption space apart from virtual social activities as seen in social media games. Although the geographical distance is shortened in virtual spaces where there is no physical contact, the increase in physical distance brings the possibility of social relations to be experienced more superficially. Considering that the sense of place emerges as a result of the experience of the body's space, supporting virtual spaces with technological* *equipment that activates more than one physical perception will make the body more active and positively affect the formation of the sense of place in the virtual space.*

Keywords: *Virtual Space, Virtual Society, Metaverse, Henry Lefebvre, Spatial Trinity*

GİRİŞ

Postmodernizmle birlikte ekonomik, siyasi ve sosyal yapıda çoğulcu, farklılıkları içeren ve bireyin özgürlüğünü savunan bir ortam oluşmuştur. Modern sonrası dönemi hipergerçek olarak açıklayan Baudrillard' a göre postmodern dünya gerçekliğin yanılsamalarından oluşmakta ve gerçeklik simülasyonla yeniden üretilmektedir. Özellikle teknolojinin gelişimi ile farklı gerçeklik teknolojilerinin kullanılmaya başlanması hipergerçek anlayışını daha grift hale getirmiştir. Bu durum Postmodern insanın diğer alanlarda olduğu gibi zamanla gerçek ve hiper gerçek arasındaki ayrımı yapamamasını beraberinde getirmiştir (Dumlu, 2021).

Post modern dönemde ışık ve hızın egemenliğinde zaman ve mekân referanslı düşünümselllik geçerliliğini kaybetmektedir (Aytaç, 2017). Teknik ve teknolojik gelişmeler sonucu zaman ve mekânın özgürleşmesi zaman ve mekân algısında kopmalar yaşanmasına sebep olmaktadır. Zaman ve mekândaki kısıtlamaların azalmasıyla post modern dönem süreksiz, düzensiz ve kaotik bir niteliğe dönüşmüştür Teknolojinin zaman ve mekân algısını değiştirmesi sosyal hayatın dinamiklerini de etkilemektedir (Özkazanç ve Esentürk, 2020). Çoklu kimlik olgusu ortaya çıkmış ve sonucunda birey Postmodern dünyanın küresel sınırsızlığı ile farklı ortamlarda farklı kimliklerle var olmaya başlamıştır (Dumlu, 2021).

Ulaşım, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile coğrafyadan kopuk sabit olmayan "sanal mekân"lar türemiştir. Sanal mekânlar teknolojinin kullanımını sınırlandıran ve yönlendiren fiziksel mekânlardan beslenmesine rağmen gerçek dünyadaki kısıtlılıklardan sıyrılan bir tasarlama ortamına sahiptir (Güzelkahraman, 2019). Gerçek dünya ortamını taklit eden sanal ortamlarda mekân, zaman, mekanik ve diğer maddi fiziksel ortam ve yasalar geçersiz olup fiziksel gerçekliğin sınırları aşılmaktadır (Milgram ve Kishino, 1994). Kullanıcılar için 'yerlere' dönüşen sanal mekânlarda gerçek mekânın parametreleri sanallıkla birleşerek başkalaşmaktadır. Foucault (2005) böyle mekânları heterotopya olarak ifade etmektedir. Foucault heterotopik mekânlarla ilgili altı ilke belirlemiş ve her ilkeyi altı mekân üzerinden betimlemiştir. Sanal mekânlar bu altı ilkenin tümüyle ilişkili olduğu için yeni bir heterotopik mekân oluşturmaktadır (Özkazanç ve Esentürk, 2020). Tanyeli' ye göre bu mekânlarda simüle ilişkiler, yaratılmış kimlikler ve şimdi algısında kaybolan bir tarihsellik mevcuttur (Tanyeli, 2000).

Sahtenin gerçeklik algısının artması ve iletişim olanaklarının sınırsızlığı sanal mekânlarla olan etkileşimi gün geçtikçe artırmaktadır (Sucu, 2012). Covid 19 Pandemi döneminde kullanımı artan çevrimiçi sosyo-kültürel ve teknolojik ortam neticesinde sanal mekânların kullanımı artmış ve günlük yaşantımıza sanallıkla ilgili yeni kelimeler eklemiştir. Lee' ye göre neredeyse her 10 yılda bir bilgi ve iletişim teknolojileri bir paradigma değişimine uğramaktadır. 1990' larda bilgisayar ile iletişim, 2000' lerde web, 2010' larda mobil iletişimde değişimler yaşanmıştır. 2020' lerdeki değişimin anahtar kelimesi ise ''Metaverse'' dür (Lee, 2021). ''Fiziksel dünyanın dijital ikizi'' veya ''Günlük yaşamın dijital katmanı'' olarak tanımlanan Metaverse AR/VR/MR teknolojilerinin ve içeriklerinin genişlediği (Lee, 2021) ve farklı dijital ortamların birleştiği kurgusal bir mekândır (Lee vd., 2021). Metaverse ''3D oyun'' ve''3D deneyim'' den daha fazlası olup gerçek dünyayla bağlantılı başka bir dünyadır. Günümüzde Metaverse' ün eğitim, iletişim ve etkileşim, ticari, kültür, sanat, oyun amaçlı kullanımının yanında metafiziksel çok katmanlı dünya görüşü, 3B sanal dünya ve avatarların tasarım mekanizmasıyla ilgili çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Lee, 2021).

Bu çalışmada sanal mekânların toplum, beden ve yer ilişkisi mekân tartışmaları ve literatürdeki farklı kaynaklar üzerinden irdelenmiştir. Metaverse örneklemi üzerinden sanal mekânlar Henry Lefebvre' ün mekânsal üçlüsü aracılığıyla çözümlenmiştir. Sonuç olarak çağın başlıca temsil mekânlarından biri olan sanal mekânlar günlük mekânsal pratiklerin vazgeçilmez mekânı olmaya başlamıştır. Gerçek yaşamda yapılamayan birçok aktivite ve eylem sanal dünyada gerçekleşmektedir. Eğlenme, boş vakit geçirme, arkadaş edinme, çalışma ve karşılıklı bilgi paylaşımı gibi çeşitli işlevlerle (sanal sosyal aktiviteler) kullanılan sanal mekânlar giderek bağımlılık yaratmaktadır. Fiziksel temasın olmadığı sanal mekânlarda coğrafi mesafe kısalsa da bedensel mesafe artmaktadır. Bu durum sosyal ilişkilerin daha yüzeysel yaşanması ihtimalini de beraberinde getirmektedir. Sanal dünyayı tasarlayanlar yer duygusunun oluşumundan sorumludur. Mekânın bedenle deneyimlenmesi ve mekâna yüklenen anlamlar sonucu mekânlar yere dönüşür. Sanal mekânların yere dönüşümü için bedenin daha aktif kullanımı önemli olmaktadır.

SANAL MEKÂN-BEDEN-YER İLİŞKİSİ

Sanayileşme döneminde mekânik kentler, teknoloji döneminde sanal kentler inşa edilmiştir. Günümüzde dijital ve sibernetik teknolojisi ile dijital/akıllı kentler inşa edilmeye başlanmıştır (Dağ, 2020). Akıllı binaların tasarlanması ile sanallık kavramı mimarlık düzlemine taşınmıştır. Mimarlık kuramcısı John Rajchman' a göre sanal mekân duvarlarla çevrilmeyen, ekranda bilgi parçaları gibi hareket eden imgelerden oluşan ve bireyin sanal ortamda başka zihinlerle irtibatta olmasını sağlayan bir zihin mekânıdır. Sanal mekânda işlevler mimari çözümlerden ziyade bilgisayarlar yardımıyla sanallığın mekâna dâhil edilmesiyle yerine getirilir (Rajchman, 1998). Bedenin kısıtlı oranlarda kullanıldığı sanal mekânların bedene mecburiyeti yoktur. Baudrillard' a göre "teknoloji bedenin uzantısı" dır (Baudrillard, 1994). Teknoloji bireyin bedensiz zihnidir ve sanallık aracılığıyla mekân ve zamandan bağımsız bir şekilde dış dünyayla bağlantısını sağlamaktadır (Kaçmaz ve Uluoğlu, 2010). Sanal mekân veri ağından oluşan ve beden yerine bilinçle deneyimlenen etkileşimli dijital bir habitattır. Bu habitatta beden ve gerçek mekân etkileşimi azalmakta, kişi ağ sistemi üzerinden ölçülebilir uzaklıkların ötesine geçmektedir (Ülkeryıldız ve Uslu, 2021).

Merleau-Ponty' ye göre "Bedenimiz olmasaydı mekânlarda olmazdı". Bedenle deneyimlenen mekâna dair oluşturulan zihinsel kodlamalar mekânsal algıyı şekillendirmektedir (Özkazanç ve Esentürk, 2020). Algılama edimi hem psikolojik hem de sosyolojik bir olgu olup kişiye göre farklılaşmaktadır. Algı dışsal faktörlerin etkisiyle yönlendirilebilir ve kontrol edilebilir (Süar, 2017). Sanal ortamlarda oluşturulan algı yanılsaması ile yeni bir gerçeklik ortamını deneyimleyen kullanıcının fiziksel mekânla bağı kopmaktadır (Süar, 2017). Sanal mekân algısı teknoloji ve beden ilişkisine göre şekillenmektedir (Özkazanç ve Esentürk, 2020). Artırılmış gerçeklik/AR teknolojisinde sentetik takviyeler (gözlük, başlık, saat, ayakkabı, kulaklık vb.) gerçek mekâna eklemlemektedir. Sanal gerçeklik/VR teknolojisinde gerçek dünyanın zaman ve mekânından bağımsız sanal bir gerçeklik yaratılmaktadır. (Bimber ve Raskar, 2004). VR ortamında temel amaç katılımcıların yapay ortamın gerçek olduğunu ve sanal ortamda gerçekten var oldukları izlenimi oluşturmaktadır (Milgram ve Kishino, 1994). VR nesneleri sanal ortama getirip kullanıcının kendisini onlara kaptırmasına izin verirken, AR gerçek dünyaya bilgi eklemektedir. Nesnelerin içinde AR ve VR etkileşim seçeneklerinin birlikte bulunduğu durum MR yani Karma Gerçekliktir (Lee, 2021). Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi ise diğer gerçeklik teknolojilerini kapsayan şemsiye bir terimdir. Üç boyutlu görselleştirme ve ara yüzler fiziksel dünyanın sanal ortama dahil edilmesini ve sanal bileşenlerin fiziksel dünyaya eklemlenmesini sağlamaktadır (Andrews vd., 2019).

Jean Baudrillard, simülasyon kavramı ile aşırı uçlar arasında gidip gelinen yeni bir evrene işaret eder. Baudrillard "İlkel toplumun maskeleri, burjuva toplumunun aynaları vardı. Bizimse imgelerimiz var," der (Baudrillard, 1998). Gerçek olan maddeseldir ve fiziksel bir varlığa sahiptir. Temsil gerçeğe referans verir ve onun anlamını veya kavramını yansıtır. Sanal olanın ise fiziksel bir varlığı bulunmamakla birlikte gerçeğe de referans vermemektedir. Sanallık kendi gerçeğini oluşturmuştur (Baudrillard, 2001). Hakiki olanın yerine geçen simülakrların dünyasında gerçek ile sahte arasındaki ayrım anlamsızlaşmaktadır. (Baudrillard, 1998). Hakikat sonrası çağda sibernetik mekânda hakikat ile sahte arasındaki fark giderek bulanıklaşmaktadır (Çelik, 2021). Belirli bir görüntüleme durumunda sunulan nesnelerin karışımından oluşan sanallık sürekliliğinde gerçek ortam ve sanal ortam uç noktalarda yer almaktadır. Gerçek ortam nesnel bir varlığa sahip gerçek nesnelerden oluşmaktadır. Gerçek sahnelerin doğrudan gözlemlenmesi ya da elektronik görüntüleme sistemi aracılığıyla gösterilmesidir. Sanal ortam ise bir tanım veya model aracılığıyla simüle edilen, biçimsel veya fiili olmayan sanal nesnelerden oluşmaktadır (Milgram ve Kishino, 1994). Sanal gerçeklikte gerçek durumlar bilgisayar tarafından oluşturulan simülasyonlarla yeniden üretilmektedir (Süar, 2017). Bilgisayarda oluşturulan modellerde sayılar ve ilişkilerden oluşan değişik soyutlama düzeyleri bulunmaktadır. Arayüzler bilgisayar modelleriyle etkileşimi sağlayan ve hafızadaki modeli kullanıcıya çıktı olarak sunan araçlardır. Programlar arayüzler aracılığıyla sembolik olan modeli gerçekçi ikonik modele dönüştürerek kullanıcıya sunmaktadır. Bu bağlamda sanal gerçeklik sembolik model ile ikonik arayüzün oluşturduğu gerçeklik duygusu olarak tariflenebilir (Baykan, 2002).

Bireyin mekânla kurduğu ilişki, yaşanılan deneyimler ve mekâna yüklenen anlamlar mekânın yere dönüşümünü etkilemektedir (Ghulyan, 2017). Mekânda şekillenen bireysel ve sosyal ilişkiler sonucu mekân katmanlı sosyal bir boyut kazanmakta ve zamanla belleğin bir parçası olmaktadır (Gürkaş ve Barkul, 2012). 21. yüzyılda teknolojinin mekânları dönüştürmesiyle birlikte yer duygusu değişip dönüşüme uğramıştır. Modernizmle birlikte yerden bağımsızlaşıp soyutlaşan mekânların aynılaşarak metalaşması (Koçyiğit ve Gorbon, 2012) kullanıcının mekânı deneyimlemesi ile oluşan yer duygusunu olumsuz etkilemektedir. Yerler fiziksel mekânların ötesinde ilişkilerin, hislerin ve deneyimlerin mekânıdır (Özkazanç ve Esentürk, 2020). Yer fiziksel olandan öte tanışıklık, ilişkisellik, aidiyet ve varoluş sebebi gibi soyut kavramları içeren zihinde bir deneyim olabilir. Buna göre yer bedenden bağımsız olabilmektedir. Sanal ortamda sohbet eden veya oyun oynayan kişi bedenini çok az kullanmasına rağmen ekran karşısında olmak kişide tanıdıklık, güven, rahatlık gibi duyguları yaratabildiği için mekânla kurulan ilişkinin zayıf olmasıyla birlikte yer hissinden bahsedilebilir (Leach, 1997).

SANAL TOPLUMUN BİR ÜRÜNÜ OLARAK SANAL MEKÂN

Fransız düşünür Henri Lefebvre' nin toplumsal mekân tanımı yerin tanımıyla benzerlik taşımaktadır. Lefebvre mekânı algılanan, tasarlanan ve yaşanan mekân olarak farklı boyutlarda irdelemiş ve mekânın toplumsal olarak üretildiğini savunmuştur (Leach, 1997). Lefebvre'e göre mekân toplumsal bir üründür. Her toplum, dolayısıyla her üretim biçimi kendi mekânını üretir. Yeni toplumsal ilişkiler yeni mekânları ve/veya yeni üretilmiş mekânlar yeni toplumsal ilişkileri gerektirir. Kullanılan ve tüketilen mekân aynı zamanda toplumsal ilişkileri şekillendiren bir üretim aracıdır. Lefebvre' ye göre kapitalist gelişme içinde, sermaye mekânı bir meta haline getirmiştir. Dolayısıyla mekân edilgen, coğrafi bir alan olmaktan çıkıp işlevsellik kazanmıştır. Toplumsal mekân çok çeşitli nesne, ağ, zincir, maddi mübadele ve enformasyon araçlarını içermektedir. Ancak içerdiği nesneler ve bunların toplamından daha fazlasıdır. Çünkü bu nesneler 'şey' olmaktan öte ilişkidir (Lefebvre, 2015).

Günümüz dünyası insanı varlığını zaman ve beden ötesi iki farklı gerçeklikte ispat etmeye zorlanmaktadır. Bu durum teknolojiyle kurgulanan yeni mekânlarla etkileşimi zorunlu hale getirmektedir. Sanal etkileşimler ve topluluklar yeni zamansal ve mekânsal karşılıklar oluşturarak mekânın yeni kullanım biçimlerini ortaya koymaktadır (Güzelkahraman, 2019). Değişen sosyal hayat ve çalışma düzeni, bilgisayar teknolojisi ile geliştirilen küresel finans sistemleri siber mekânı değiştirmeye devam etmektedir. Özne konumundaki benlik bu sistemde kod haline çevrilmiş ve manipüle edilebilen bir veriye dolayısıyla bir nesneye dönüştürülmüştür (Ülkeryıldız ve Uslu, 2021).

Siber mekânın temsil öznesi ağdaş, temsil nesnesi bilgi, temsil aracı ise ekrandır. Bilgi sosyal bir ürün olarak üretilmekte ve sistemin öznesi olan ağdaş tarafından paylaşılmaktadır. Siber mekânın aracı olan ekran, ardındaki etkileşim ortamında kitleler arası iletişimi sağlamaktadır. Siber mekânın öznesi ağdaş ekran arkasındaki kurgusal gerçekliği deneyimlerken benliğini yeniden üreterek yeni bir kimlik inşa etmekte ve kamu tüketimine sunmaktadır (Ülkeryıldız ve Uslu, 2021). Sanal platformlardaki kullanıcılar çoklu kimliklerle birbirleriyle iletişime geçmektedir. Kimliklerin sahteliği sanal iletişimde yapay bir gerçeklik oluşturmaktadır. Kişi bu ortamlarda vakit geçirdiği sürede yarattığı yeni kimlikle gerçek yaşamdan soyutlanmaktadır (Sucu, 2012). Birincil gerçek ilişkilerin yerini yapay ilişkiler almaktadır (Dağ, 2020). Bireylerin sanal ortamlarda özel hayatları ile ilgili paylaştıkları bilgiler kamusal ve özel alan arasındaki sınırı da gevşetmektedir (Sucu, 2012).

Sanal mekân enformasyonu taşıyan bir araç olmanın ötesinde aynı zamanda kamusal ilişkilerin yaşandığı bir platformdur. Yeni toplumsal ilişkilerin üretildiği yeni bir toplumsal mekândır (Sucu, 2012). Siber mekândaki toplumsal tartışma ortamları fiziksel mekânda gerçek insanların eylem üretiminden daha çok sanal mekânda sanal kimliklerin söylem üretimi ile kısıtlı kalmaktadır (Ülkeryıldız ve Uslu, 2021). Baudrillard hiper gerçeklikte oluşturulmuş kamuoyunun meseleler hakkında oluşturdukları söylemleri sanal etkileşim özgürlüğü olarak betimlemekte ve gerçek anlamda tam olarak sosyal politik bir eylem oluşturamamasından bahsetmektedir (Baudrillard, 1994).

Sanal mekânlarda zaman sınırlaması kalkmakta ve hareket fiziksel kısıtlamalardan bağımsızlaşmaktadır (Güzelkahraman, 2019). Kullanıcılar aynı zaman diliminde çoklu/paralel ortamları kullanarak birden fazla eylemi bir arada gerçekleştirebilmektedir. Örneğin kişi aynı zaman diliminde bilgisayarda oyun oynayabilir, sosyal ağda mesajlaşabilir ve televizyondan film izleyebilir (Sucu, 2012). Gerçek ve sanal dünyada iki farklı bedenle var olmaya ve iletişim kurmaya çalışan bireyin bir süre sonra yer ve yön algısı zayıflayabilir (Güzelkahraman, 2019). Aynı fiziksel ortamı paylaşan ancak teknolojik aletler üzerinden sanal ortamda gezinen kişiler bulundukları fiziksel mekânın dışında farklı bir gerçekliktedirler. Bu kişiler aynı fiziksel ortamı paylaştıkları insanlarla değil aynı sanal ortamı paylaştıkları insanlarla iletişim kurmaktadırlar. Bir süre sonra bireyin zihninde diğerlerinin nerede olduğu düşüncesi belirmektedir (Kaçmaz ve Uluoğlu, 2010).

Postmodern toplumun sosyalliği daha bireysel, geçici ve devingen bir nitelikte olup kalıcı ve istikrarlı bir sosyal birliktelik sunmamaktadır (Aytaç, 2017). Sanal ortam birey ile diğerleri arasına belli bir fiziksel ve sosyal mesafe koymaktadır (Kaçmaz ve Uluoğlu, 2010). Sanal ortamda ağ üzerinden kurulan iletişim gerçek hayattaki gibi çift yönlü olsa da beden dilinin kullanımı kısıtlıdır. Kişiler arası iletişimde coğrafi mesafe kısalmasına rağmen fiziksel temas olmadığı için bedensel mesafe artmaktadır. Sosyal ortamda iletişim ağının kesilmesiyle iletişim kopmaktadır. Bu nedenle yüz yüze iletişimin sürekliliği sosyal ortam üzerinden iletişime göre daha fazladır. Sanal mekânda iletişim zamansal ve mekânsal açıdan sanal bir uzamda gerçekleştiği için bireylerin tümüyle yalnızlıklarından sıyrılıp tam olarak sosyalleşmeleri de mümkün değildir (Sucu, 2012).

HENRY LEFEBVRE'ÜN ALGILANAN, TASARLANAN VE YAŞAYAN MEKÂNLARI

Marksist filozof Lefebvre, 'Mekânın Üretimi' kitabında mekânı Marksist bir bakış açısıyla yeniden yorumlamıştır. Mekân birey, toplum ve ideolojilerden etkilenirken bir yandan da bunları yeniden üretmektedir (Lefebvre, 2015). Lefebvre' ye göre toplumsallığın bir ürünü olan mekân algılanan, tasarlanan ve yaşanan olmak üzere üç farklı şekilde deneyimlenmektedir. Sırasıyla bu mekânları mekânsal pratik, mekân temsili ve temsili mekânlar olarak kavramsallaştırmaktadır. Bu mekân türleri geçirgendir ve birbirlerinden etkilenmektedir. Mekânsal üçlü fiziksel, zihinsel ve toplumsal mekânların deneyimlenmesi, aralarındaki ilişkinin çözümlenmesine imkan sağlamaktadır (Tablo 1).

Mekânların bu şekilde ayrıştırılması tarih boyunca farklı toplum, dönem ve üretim tarzlarına genelleştirmek mümkündür (Lefebvre, 2015). Mekân üretimi varsa tarihin de olması gerektiğini belirtmektedir. Üretici güçlerin, üretim ilişkilerinin mekânın üretilmesinde söz sahibi olduğunu ve üretim tarzları arasındaki geçişi mekânı tamamen değiştirebilen toplumsal üretim ilişkileri olarak değerlendirmektedir. Her üretim tarzının kendisine uygun bir mekâna sahip olduğunu ve her geçişin yeni bir mekân ürettiği, ardından da mekân düzenlenişini ortaya koyduğu saptamasında bulunmaktadır. Fakat nasıl her üretim tarzında bir öncekinin tamamen kaybolmadığı gibi, hatta bazı durumlarda birbiriyle iç içe geçmiş üretim tarzlarının ve toplumsal ilişkilerin söz konusu olduğu gibi mekân konusunda da böyle bir durum bulunmaktadır (Lefebvre, 2015).

Tablo 1. Lefebvre'ün Mekânsal Trialektiği

Mekânsal Pratik	**Mekân Temsili**	**Temsil Mekânları**
Algılanan	Tasarlanan	Yaşanan
Maddesel/ Somut	Kavramsal/ Soyut	Sembolik/ Deneyimsel
Fiziksel	Zihinsel	Toplumsal
Birincil mekânlar	İkincil mekânlar	Üçüncül mekânlar
Gündelik pratik ve rutinlerin mekânı	Tasarım ve inşa süreçleri Plancı, teknokrat ve tasarımcıların mekânı	Toplumsal süreçler Aykırılık, farklılık, özgürlüklerin mekânı
Kentsel ve mimari mekân: Yaşama, çalışma, sirkülasyon, rekreasyon alanları…	Perspektif, plan, kesit, kodlar, işaretler, cephesel ilişkiler…	Festivaller, performanslar, protesto, kollektif deneyimler, anlık eylemsellikler, karşılaşmalar…

Mekânsal pratik gündelik pratiklerin ve rutinlerin gerçekleştiği mekânlardır. Lefebvre'ye göre mekânsal pratikler kendi mekânını üretmektedir. "Üretimi ve yeniden üretimi göreli bir bağlılık içinde sürekliliği sağlayan her toplumsal oluşuma has özgül yerleri ve mekânsal kümeleri" içermektedir (Lefebvre, 2015). Toplumun yaşam stratejileriyle ilişkilidir ve fiziksel olarak mekânın nasıl kullanıldığının deşifre edilmesiyle keşfedilir. Yaşama, çalışma, dinlenme ve sirkülasyon alanları olarak kullanılan sivil mimari, iş merkezleri/ofisler, rekreasyon alanları ve yol ağları ampirik olarak gözlemlenebilen bu türden mekânlardır. Doğrudan deneyimlenebildiği için bu mekânlar algılanan mekânlarla yakından ilişkilidir. Fiziksel çevrenin ve kentsel mekânın yeniden üretimi üzerinde de etkili olan mekânsal pratikler planlama ve mimari pratikler üzerinden tasarlanan mekânlarla da ilişkilidir (Lefebvre, 2015). Soja fiziksel ve net olan algılanan mekânları birinci tür mekânlar olarak tariflemektedir (Soja, 1996).

Mekân temsilleri erkin gücünün belirgin olduğu, planlamacı, mimar, teknokrat ve sanatçılar tarafından bilgi, işaret, kod, norm ve cephesel ilişkilerle tasarlanan mekânlardır. "Mekân üretiminde mekân temsillerinin önemli bir kapsamı ve özgül bir etkisi olur" (Lefebvre, 2015). Lefebvre' ye göre "entelektüel olarak oluşturulmuş bir göstergeler sistemine yönelme eğilimi gösterir" (Lefebvre, 2015). Siyasi otorite, hakim söylem ve ekonomik düzene göre düzenlenmiş ve üretilmiş mekânlardır. Tasarlanan mekânlarda toplumsal üretim süreçleri ve düşünce biçimlerinin etkisi vardır. Bu mekânlar zihinsel bir üretim olup planlama, simge ve kurallardan oluşan soyut mekânlardır. Bu mekânlar mekânsal pratiklerle sonradan fiziksel forma dönüşmeleri dolayısıyla mekânsal pratiklerin deneyimlendiği algısal mekânlarla ilişkilidir.

Lefebvre' ye göre kullanıcının alanı yaşanır, temsil edilmez (veya tasarlanmaz). Uzmanların (mimarlar, şehirciler, plancılar) soyut alanı ile karşılaştırıldığında, kullanıcıların günlük aktivitelerinin alanı somut, yani özneldir. Mimarın 'öznel' alanı fazlasıyla nesnel anlamlarla yüklüdür. Hayal gücünün düşmanı olan "görüntü dünyası''ndan oluşan ve planlara, imgelere indirgenmiş bir alandır. Mimari söylem, iktidar söylemini çok sık taklit etmekte ve 'gerçekliğin' 'nesnel' bilgisine grafik temsiller yoluyla ulaşılabileceği yanılgısındadır (Leach, 1997).

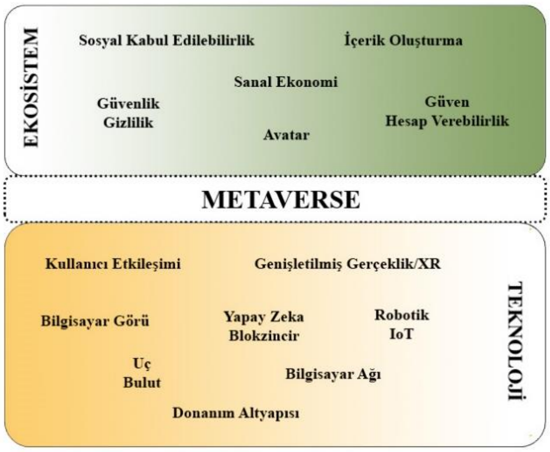
Mekâna eşlik eden imgeler ve sembollerle ilişkili ''oturanların'', ''kullananların'', ''sanatçıların'', ''mekânı tarif edenlerin'' mekânıdır. ''Temsil mekânları yaşanır, konuşur; duyumsal bir çekirdeği ya da merkezi vardır: Ego, yatak, oda, konut ya da ev; meydan, kilise, mezarlık... Bu mekânlar, tutku ve eylem yerlerini, yaşanan durumların yerlerini kapsar, dolayısıyla zamanı doğrudan içerir.'' (Lefebvre, 2015). Farklı bir gündelik hayatın olasılığını ortaya koyarak egemen söylem ve pratiği alt üst eder. Bu nedenle temsil mekânlarının özgürleştirici bir potansiyeli vardır. Soja bu tür mekânlar diğer mekânların çatlaklarından çıkma ihtimali olan üçüncü tür mekânlardır (Soja, 1996). Gündelik hayatın kaynağı olan bu mekânlarda festival, yürüyüş, protesto gibi kollektif deneyimler ve anlık pratiklerin yaşanmaktadır.

Yaşanan mekânın karmaşık sembolizmlerden oluşması, toplumsal yaşamın yasadışı ve yeraltı tarafına bağlı olması, kullanıcıların her günkü edimlerin öznel mekânı olması nedeniyle diğer iki mekân kadar okunaklı değildir. Kökeni tarih olan temsil mekânlarında diğer mekânların mekânlarda görülen tutarlılık ve bağlantı olmayabilir. Mekân temsilleri mekânsal dokuyu dönüştürerek sembolik olanın içinde kaybolmadan bağlama katlırlar, dolayısıyla mekânın üretiminde etkilidir. Buna karşılık ''Temsil mekânları genellikle biricik olan, kimi zaman estetik bir yönü belirten bir dizi ifadeye ve imgelemin içine düzenlenen seferlere yol açtıktan sonra belli bir sürenin ardından yok olan sembolik eserler dışında, üretici değildir.'' (Lefebvre, 2015). Lefebvre' ye göre yaşanan mekânın potansiyeli kapitalist düzenin ve metalaşmanın önemsediği değişim değeri yerine kullanım değerinin ön plana çıkmasıyla vuku bulabilir (Lefebvre, 2015).

FİZİKSEL DÜNYANIN DİJİTAL İKİZİ METAVERSE'ÜN MEKÂNSAL TRİALEKTİĞİ

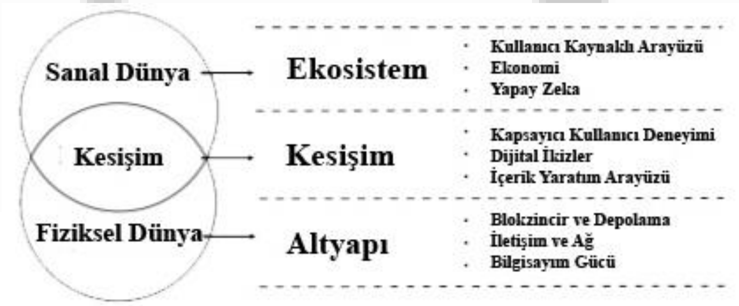
Metaverse Yunanca ''Meta'' ve İngilizce '''Universe'' kelimelerinin birleşiminden oluşan fiziksel dünyayla bağlantılı varsayımsal/sanal sentetik bir dünyadır (Lee vd., 2021). Kuş' un (2021) iletişim perspektifinden tanımladığı Metaverse ''Yeni bir gerçeklik, anlam dünyası ve iş birliği fırsatları sunan; kültürel, entelektüel ve ekonomik üretim için alt yapı ve etkileşim olanakları tanıyan; farklı gelişmiş teknolojilerin eş zamanlı ve entegre bir biçimde kullanıldığı; siber toplumsal bir düzlem'dir.

Şekil 1. Metaverse Mimarisi (Lee vd., 2021)



Metaverse' de sanal varlıkların fiziksel dünyaya tam entegrasyonu amaçlanmaktadır (Nalbant ve Uyanık, 2021). Hiper bağlantı ve hiper yakınsama aracılığıyla gerçek dünya ve sanal dünya bir araya getirilmektedir (Lee, 2021). Metaverse mimarisi çeşitli teknolojiler ve metaverse ekosisteminden oluşmaktadır (Şekil 1). Yapay zekâ, blokzincir, bilgisayar görüsü, bilgisayar ağı, donanım alt yapısı, uç/bulut, kullanıcı etkileşimi, genişletilmiş gerçeklik ve robotik gibi ''Metaverse Teknolojileri'' sosyal kabul edilebilirlik, güvenlik, hesap verilebilirlik, içerik oluşturma, sanal ekonomi ve avatarları içeren ''Metaverse Ekosistemini'' oluşturmaktadır (Lee vd., 2021). Duan vd. (2021) ise Metaverse mimarisini üç katmana ayırmıştır: alt yapı, kesişim ve sanal dünya. Alt yapı blokzincir ve depolama, iletişim ve ağ, bilgisayım gücünü; kesişim kapsayıcı kullanıcı deneyimi, dijital ikizler, içerik yaratım arayüzünü, sanal dünya ise kullanıcı kaynaklı içerik, ekonomi, yapay zekâyı içermektedir (Şekil 2). İki araştırmanın ortaya koyduğu Metaverse mimarisinin benzer bileşen ve hiyerarşiden oluştuğu görülmektedir. Metaverse bileşenleri incelendiğinde güçlü teknolojik donanım sayesinde sosyal, kültürel ve ekonomik hayatın dijital ikizler aracılığıyla sanal bir dünyaya entegre edilerek dönüştürüldüğü ve bağımsız teknolojik gelişmelerin sistem içinde bir araya getirildiği yorumu yapılabilir (Kuş, 2021).

Şekil 2. Metaverse Mimarisi'nin Üçlü Yapısı (Duan vd., 2021)



Covid 19 Pandemi döneminde yüzyüze olmayan çevrimiçi kültürel ve teknolojik bir ortam oluşmuştur. Pandemi sürecinin fiziksel mekânlarda gerçekleşen sosyo-kültürel ve ekonomik yaşantıyı sekteye uğratmasıyla günlük yaşantımızın rutinleri ve beklenmedik karşılaşmalar sanal ortamlara taşınmıştır. Bu süreçte farklı ülkelerde AR/VR/MR teknolojilerinin gerçekçi içerikleri kullanılarak sanal deneyim salonu, bunama önleme beden eğitim dersi, çocuk sporları günü, sanal fabrika ve konserler gibi çeşitli eğitim, etkinlik ve eğlenceler Metaverse ortamında gerçekleştirilmiştir. Geçmişte sadece fiziksel mekânlarda gerçekleşen yaşantılar sanal mekânlara taşınmış ve sanal mekânlar mekânsal pratiklerin yeri olmaya başlamıştır. Sanal platformları biraraya getiren Metaverse ortamı aynı zamanda çeşitli sanal

iletişim ortamlarında gerçekleşen eylemler, kampanyalar, protestolarla bir temsil mekânı niteliğine sahiptir (Tablo2).

Tablo 2. Metaverse'ün Mekânsal Trialektiği

MEKÂNSAL PRATİK	MEKÂN TEMSİLİ	TEMSİL MEKÂNLARI
Eğitim platformları	Teknolojik altyapı	Konser
Çalışma platformları	Fiziksel dünyaya sanal eklentiler	Etkinlik
Eğlence platformları	Sanal dünyaya fiziksel eklentiler	Sanal iletişim ortamları
	Dijital İkizler	Korsanlar, imza kampanyaları, sanal oturma eylemleri…

Metaverse' de farklı platform, yazılım ve teknolojik altyapı biraraya getirilerek fiziksel dünyayla bağlantılı paralel bir dünya oluşturulmaya çalışılmaktadır. Gerçek dünyada fiziksel bedeni ile var olan kullanıcı sanal mekânları avatarlarıyla deneyimlemektedir. AR/VR/MR ve diğer giyilebilir teknolojiler kullanılarak suni hisler oluşturulmakta ve böylece kullanıcıların gerçeklik algısı manipüle edilmektedir. Algısal olarak fiziksel mekândan kopan kişi zaman ve mekân algısını kaybedecek ve bir süre sonra neyin gerçek neyin sahte/sanal olduğunu ayırt edemeyecektir. Dolayısıyla Metaverse evreninin mekân temsilleri teknolojik altyapı kullanılarak fiziksel dünyaya eklenen sanal içerikler ve sanal dünyaya eklenen fiziksel içeriklerle oluşturulan dijital ikizlerden oluşmaktadır. Kullanıcıların içerik oluşturmasına izin veren Metaverse, mekân temsili üretiminde katılımcı bir yaklaşıma da sahiptir denilebilir.

SONUÇ

Post modern dünyada teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte teknolojiye kolay erişim hareketliliğin kapasitesini genişletmiş, gerçek ve sanal dünyada yeni mekânlar üretmektedir. Güçlü teknolojik alt yapıya sahip sanal mekânlar kullanıcıların mekâna yaptıkları katılımlarla etkisini artırarak günlük hayatın belirleyici dinamiklerinden biri olmaktadır. Bu bağlamda sanal mekânların bileşenlerine ayrılarak çözümlenmesi beden ve yerle ilişkisinin ortaya konması açısından önem arz etmektedir.

Postmodern insan varlığını fiziksel mekânla birlikte farklı sanal mekânlarda da ispat etmek zorunda kalmaktadır. Kişi fiziksel mekânda gerçekleşen eylemlerin aksine sanal mekânda algısal kopmalar yaşamakta, zaman ve mekândan soyutlanmaktadır. Bu durum yeni bir gerçeklik algısının oluşumuna sahte/ simüle olanın gerçek gibi algılanmasına dolayısıyla postmodern insanın algı yanılsaması yaşamasına neden olmaktadır.

Artık günlük yaşantının birçok aktivitesinin gerçekleşebildiği sanal mekânlarda daha bireysel, geçici ve mesafeli sosyal birliktelikler yaşanmaktadır. Kullanıcılar sanal mekânda avatarları tarafından temsil edilmekte, hoşuna gitmediği bir durumla karşılaştığında fiziksel mekânın aksine muhatabı ile olan bağını daha kolay koparabilmektedir. Fiziksel temasın olmadığı sanal mekânlarda coğrafi mesafe kısalsa da bedensel mesafe artmaktadır. Bu durum sosyal ilişkilerin daha yüzeysel yaşanması ihtimalini de beraberinde getirmektedir.

Mekânın bedenle deneyimlenmesi ve mekâna yüklenen anlamlar sonucu mekânlar yere dönüşür. Yer hissi her ne kadar zihinsel bir olgu gibi görünse de edinilen tecrübe, duygu ve düşünceler bedenin mekânı deneyimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle sanal mekânların yere dönüşümü için bedenin daha aktif kullanımı önemli olmaktadır. Bu bağlamda sanal mekânların görsel algılama dışında diğer algıları da harekete geçiren teknolojik donanımlarla desteklenmesi bedeni daha aktif hale getirecek ve sanal mekânda yer duygusunun oluşumunu olumlu etkileyecektir.

Teknolojik donanımla desteklenen sanal mekânlar gün geçtikçe daha fazla hayatımızın bir parçası olmaktadır. Gerçek yaşamda yapılamayan birçok aktivite ve eylem sanal dünyada gerçekleşmektedir.

Eğlenme, boş vakit geçirme, arkadaş edinme, çalışma ve karşılıklı bilgi paylaşımı gibi çeşitli işlevlerle (sanal sosyal aktiviteler) kullanılan sanal mekânlar giderek bağımlılık yaratmaktadır. Sosyal medya oyunları gibi sanal ortamlar aynı zamanda tüketim mekânları haline gelmektedir. Tüketim kullanıcıların imaj gösterisi haline dönüşmekte, tüketilen ürünler ise bu imaj doyumunun bir aracı olmaktadır. Dolayısıyla çağın başlıca temsil mekânlarından biri olan sanal mekânlar günlük mekânsal pratiklerin vazgeçilmez mekânı olmaya başlamıştır.

KAYNAKÇA

ANDREWS, C., SOUTHWORTH, M. K., SİLVA, J. N., & SİLVA, J. R. (2019). Extended reality in medical practice. Current treatment options in cardiovascular medicine, 21(4), 1-12.

AYTAÇ, Ö. (2017). Kent, metropol ve değişen yer/mekan imajları. Mukaddime, 8(1), 1-23.

BAUDRILLARD, J. (1994). L'illusion de la fin. Stanford University Press.

BAUDRILLARD, J. & ADANIR, O. (1998). Simülakrlar ve simülasyon. Dokuz Eylül Yayınları.

BAUDRILLARD, J. (2001). Selected Writings, Stanford University Press, Stanford, California.

BAYKAN, C. (2002). Mimarlık, Sanallık ve Sanal Mekânların Tasarımı. Mimarlık ve Sanallık içinde, İstanbul: Boyut yayın grubu.

BİMBER O. & R. RASKAR (2005). Spatial Augmented Reality/Merging Real and Virtual Worlds. Massachusetts: A K Peters.

ÇELİK, F. (2021). Sibernetik Mekânda "Hakikatimsi" Kavuşma: Sanal Kızıyla Buluşan Güney Koreli Anne Örneği. Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi, (35), 126-140.

DAĞ, A. (2020). Mekânı/Şehrimizi Yitirmek: Hakikat Şehrinden Simülasyon Kente. İnsan, Tarih Ve Şehir, 262.

DUAN, H., Lİ, J., FAN, S., LİN, Z., WU, X. & CAİ, W. (2021). Metaverse for social good: A university campus prototype. In Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia, Chengdu, China (pp. 153-161).

DUMLU, A. (2021). Jean Baudrillard ve Yeni Dünyanın İnşası: Göstergebilimsel Analiz Örneği. Selçuk İletişim, 14(1), 137-164.

FOUCAULT, M. (2005). Başka mekânlara dair. Özne ve İktidar Seçme Yazılar,2, İstanbul.

GHULYAN, H. (2017). Lefebvre'nin Mekân Kuramının Yapısal ve Kavramsal Çerçevesine Dair Bir Okuma (A Reading of the Structural and Conceptual Framework of Lefebvre's Theory of Space). Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi [Journal of Modern Local Governments], 26(3), 1-29.

GÜRKAŞ, E. T. & BARKUL, Ö. (2012). Yer üzerine kavramsal bir okuma denemesi. Sigma, 4, 1-11.

GÜZELKAHRAMAN, B. Ö. (2019). Mekân ve insan ilişkisinde yer duygusunun sanal gerçeklikle deneyimlenmesi üzerine bir inceleme (Master's thesis, TOBB ETÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü).

KAÇMAZ, G. & ULUOĞLU, B. (2010). Mimarlık, bilgisayar ve sinema: Thomas? nın sanal evi. İTÜDERGİSİ/a, 4(2).

KOÇYİĞİT, R. G. ve Gorbon, F. (2012). Mimarlıkta Yersizleşme ve Yerin-Yeniden Üretimi. Tasarım+ Kuram, 8(13), 95-113.
KUŞ, O. (2021). Metaverse:'Dijital Büyük Patlamada'Fırsatlar ve Endişelere Yönelik Algılar. Intermedia International E-journal, 8(15), 245-266.

LEACH, N. (1997). Rethinking architecture. Taylor & Francis Limited.

LEE, J. Y. (2021). A study on metaverse hype for sustainable growth. International journal of advanced smart convergence, 10(3), 72-80.Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., ... & Hui, P. (2021). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. arXiv preprint arXiv:2110.05352.

LEFEBVRE, H. (2015). Mekânin üretimi.

MERLEAU-PONTY, M. (2013).Phenomenology of perception. Routledge.

MİLGRAM, P. & KİSHİNO, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329.

NALBANT, K. G. & UYANIK, Ş. (2021). Computer Vision in the Metaverse. Journal of Metaverse, 1(1), 9-12.

ÖZKAZANÇ, S. & ESENTÜRK, T. (2020). Sanal Gerçeklik Oyunlarındaki Mekân Algısı: PUBG Oyunu Örneği. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18(Özel Sayı), 308-320.
Rajchman, J., (1998). Constructions, MIT Press, Cambridge, London.

SUCU, İ. (2012). Sosyal medya oyunlarinda gerçeklik olgusunun yön değiştirmesi: smeet oyunu örneği. Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi, 1(3).

SÜAR, S. (2017). İllüzyonun ötesi: Öznel bakış açısı kullanımı ekseninde sinemanın yansılsamasından dijitalin sanal gerçekliğine. Yeni Medya Elektronik Dergi, 1(1), 119-126.

ÜLKERYILDIZ, E. & USLU, N. Ö. (2021). Hakikat Sonrası Bilincin Siber-Mekân Üzerinden Üretimi: Ağdaşın Kamusal Mekânı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 22(1), 293-303.

Presentation ID / Sunum No:61

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-3268-1528

Paylaşımlı E-Skuter Sistemlerinin Mekânsal ve Seyahat Davranışlarına Yansımaları: Kriz mi Fırsat mi ?

Araştırmacı Şerife Özcan[1] , Doç.Dr. Cenk Hamamcıoğlu[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Şerife Özcan

ÖZET: *Günümüz kentlerinin problemlerinden olan hızlı, çarpık ve kontrolsüz büyümenin yanında pandemi, iklim değişikliği, demografik ve toplumsal değişiklikler gibi durumlar ulaşım ağları üzerinde baskı oluşturmakta ve kentsel mekânda gerçekleşen hareketliliği durma noktasına getirmektedir. Sonucunda ise günlük hayata olan olumsuz etkinin artmasıyla hareketlilik sistemlerinde yeni yaklaşım ve çözüm arayışları ortaya çıkmıştır. Bu duruma bir cevap olarak, olumsuz çevresel etkileri azaltacak, kentsel yaşam kalitesini ve mevcutta bulunan hareketlilik sistemlerinin birbiriyle bağını güçlendirecek, günlük hayatın erişimini arttıracak, dijital teknolojilerin etkin kullanımını sağlayacak yenilikçi araçlardan biri olarak paylaşımlı e-skuter sistemleri, kent yönetimlerinin gündemine girmiştir. Paylaşımlı e-skuter sistemleri, mikro hareketliliğin bir parçası olmakla birlikte kentsel hareketliliği çeşitlendiren; bireysel kullanıma uygun iken kitlesel hareketliliğe de destek veren; kısa mesafelerdeki kullanımlarıyla özel araç sahipliliğini azaltarak sürdürülebilir hareketliliğe katkıda bulunması öngörülen küçük, esnek ve işlevsel araçlardır. Kent içerisinde serbest dolaşıma izin vermesi, toplu taşıma sistemlerine erişimi kolaylaştırmaları e-skuter sistemlerinin kentlerde kolayca yer almasını sağlamıştır. Bir mobil uygulama aracılığı ile kilidi açılarak kullanıma uygun hale gelmekte ve belirlenen mekânlar dahilinde kilitli bir şekilde bırakabilmektedir. Bu sistemler sahip oldukları yolculuk biçimiyle bir yandan deneyim açısından pozitif etkilere sahip olurken diğer yandan park alanları, ayrılmış şeritler gibi gerekli mekânsal düzenlemelerin olmaması ve toplum içerisinde yeterince kullanıcı bilincinin oluşmamasıyla güvenlikte endişelere; yaya hareketliliğinde engellere, mekânda ise karmaşaya ve düzensizliğe yol açmaktadır. Dolayısıyla hem birçok özelliği ile aktif bir hareketlilik sağlayan paylaşımlı e-skuter sistemleri, yenilikçi yönleriyle günlük hayatta erişimi kolaylaştırıcı bir unsur olarak kent sakinlerinin seyahat davranışlarını etkileyerek potansiyel oluşturmakta hem de fizik mekânda kullanım alanı tanımsızlığı ve yetersizlikler sonucu oluşan durumlarla etkileşim içinde krizleri beraberinde getirmektedir. Bu bildiri, e-skuter sistemlerinin kentsel hareketlilik mekânlarındaki müdahaleler kapsamında düzenlemeleri temel alarak güvenlik, erişilebilirlik, yaya hareketliliği konularını açıklamakta; ulusal ve uluslararası makaleler ile araştırmalardan yola çıkarak derlenen bilgiler dahilinde örnekler sunmakta; seyahat davranışlarına olan etkilerini incelemekte, ulusal ölçekte kullanımlara ilişkin öneriler ve çıkarımlarda bulunmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Kentsel Hareketlilik, Erişilebilirlik, Seyahat Davranışları, Paylaşımlı E-Skuter Sistemleri, Mekânsal Organizasyon.*

Reflections of Shared E-Scooter Systems On Spatial and Travel Behaviors: Crisis Or Opportunity ?

ABSTRACT: *In addition to the rapid, distorted and uncontrolled growth, which is one of the problems of today's cities, situations such as pandemics, climate change, demographic changes put pressure on the transportation networks. As a result, with the increase in the negative impact on daily life, new approaches and solutions have emerged in mobility systems. As a response to this situation, shared e-scooter systems have entered the agenda of city administrations as one of the innovative tools that will reduce negative environmental impacts, increase the accessibility of daily life, and ensure the effective use of digital technologies. Shared e-scooter systems are small, flexible and functional vehicles that, while being a part of micro-mobility, diversify urban mobility, support mass* *mobility while being suitable for individual use. It can be unlocked via a mobile application and become suitable for use, and can be left locked within designated locations. While these systems have positive effects in terms of experience, on the other hand, the lack of necessary spatial arrangements such as parking areas, separated lanes and the lack of user awareness in the society cause security concerns, obstacles in pedestrian mobility, and confusion and disorder in the space. Therefore, shared e-scooter systems create a potential by affecting the travel behaviors of city residents as an element that facilitates access in daily life with their innovative aspects, and also bring crises in interaction with the situations that occur as a result of the undefined usage area and inadequacies in physical space. This paper explains the issues of safety, accessibility, pedestrian mobility, based on the regulations of e-scooter systems within the scope of interventions in urban mobility spaces; presents examples within the information compiled from national and international articles and research; examines its effects on travel behaviors, makes recommendations and inferences for national use.*

Keywords: *Urban Mobility, Accessibility, Travel Behaviors, Shared E-Scooter Systems, Spatial Organization.*

Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Günümüz kentlerinin problemlerinden olan hızlı, çarpık ve kontrolsüz büyümenin yanında pandemi, iklim değişikliği, demografik ve toplumsal değişiklikler gibi durumlar ulaşım ağları üzerinde baskı oluşturmakta ve kentsel mekânda gerçekleşen hareketliliği durma noktasına getirmektedir. Sonucunda ise günlük hayata olan olumsuz etkinin artmasıyla hareketlilik sistemlerinde yeni yaklaşım ve çözüm arayışları ortaya çıkmıştır. Bu duruma bir cevap olarak, olumsuz çevresel etkileri azaltacak, kentsel yaşam kalitesini ve mevcutta bulunan hareketlilik sistemlerinin birbiriyle bağını güçlendirecek, günlük hayatın erişimini arttıracak, dijital teknolojilerin etkin kullanımını sağlayacak yenilikçi araçlardan biri olarak paylaşımlı e-skuter sistemleri, kent yönetimlerinin gündemine girmiştir.

Paylaşımlı e-skuter sistemleri, mikro hareketliliğin bir parçası olmakla birlikte kentsel hareketliliği çeşitlendiren; bireysel kullanıma uygun iken kitlesel hareketliliğe de destek veren; kısa mesafelerdeki kullanımlarıyla özel araç sahipliliğini azaltarak sürdürülebilir hareketliliğe katkıda bulunması öngörülen küçük, esnek ve işlevsel araçlardır. Kent içerisinde serbest dolaşıma izin vermesi, toplu taşıma sistemlerine erişimi kolaylaştırmaları e-skuter sistemlerinin kentlerde kolayca yer almasını sağlamıştır. Bir mobil uygulama aracılığı ile kilidi açılarak kullanıma uygun hale gelmekte ve belirlenen mekânlar dahilinde kilitli bir şekilde bırakabilmektedir. Bu sistemler sahip oldukları yolculuk biçimiyle bir yandan deneyim açısından pozitif etkilere sahip olurken diğer yandan park alanları, ayrılmış şeritler gibi gerekli mekânsal düzenlemelerin olmaması ve toplum içerisinde yeterince kullanıcı bilincinin oluşmamasıyla güvenlikte endişelere; yaya hareketliliğinde engellere, mekânda ise karmaşaya ve düzensizliğe yol açmaktadır. Dolayısıyla hem birçok özelliği ile aktif bir hareketlilik sağlayan paylaşımlı e-skuter sistemleri, yenilikçi yönleriyle günlük hayatta erişimi kolaylaştırıcı bir unsur olarak kent sakinlerinin seyahat davranışlarını etkileyerek potansiyel oluşturmakta hem de fizik mekânda kullanım alanı tanımsızlığı ve yetersizlikler sonucu oluşan durumlarla etkileşim içinde krizleri beraberinde getirmektedir. Bu bildiri, e-skuter sistemlerinin kentsel hareketlilik mekânlarındaki müdahaleler kapsamında düzenlemeleri temel alarak güvenlik, erişilebilirlik, yaya hareketliliği konularını açıklamakta; ulusal ve uluslararası makaleler ile araştırmalardan yola çıkarak derlenen bilgiler dahilinde örnekler sunmakta; seyahat davranışlarına olan etkilerini incelemekte; ulusal ölçekte kullanımlara ilişkin öneriler ve çıkarımlarda bulunmaktadır.

Araştırma Bulguları

Günümüz kentlerinin nüfus dinamiklerinin hızla değişimi, plansız ve kontrolsüz büyüyen kent formu ve mekânsal politikaların bütüncül değerlendirilmemesi kentsel ulaşım ağları üzerinde baskı oluşturmakta ve trafik sıkışıklığını meydana getirmektedir. Diğer yandan verimsiz ve uzun süren yolculukları da beraberinde getirirken yaşam kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Aynı zamanda trafiğin neredeyse durma noktasına geldiği kentlerde yolculuk etmek, zahmetli ve yorucu hale gelmektedir. Tüm bunların üzerine COVID-19 pandemisi gibi beklenmedik olaylar kent sakinlerinin hareketliliğini etkileyen ve değiştiren olağanüstü kriz durumlarını oluşturmaktadır. Bu durumlara karşılık son yıllarda ortaya çıkmış ve popülerliği ile kent yönetimlerince oldukça dikkat çeken sistemler olarak paylaşımlı mikro hareketlilik araçları benimsenmiş olup bunlardan biri de paylaşımlı e-skuter sistemleri olmuşlardır. Mevcutta kullanılan sistemlerin getirdiği emisyon fazlalığı, sıkışıklık, gürültü gibi problemlere karşın verimli bir sistem sunmayı amaçlayan e-skuter araçları, kentlerdeki hareketlilik problemlerine çözüm olacak potansiyelde yeni ve yenilikçi bir sistem olarak yer almaktadır. Ancak altyapı eksikliği, mekânsal koşulların hazır olmaması veya yeterli bilincin oluşmaması sonucu aslında potansiyel olarak görülen e-skuter araçları kriz durumlarına dönüşebilmektedir.

Günümüz teknolojik gelişmeleri kullanmak, kentsel hareketlilikte yeni sistemler geliştirmektedir. Özellikle konum hareketliliğinin eşzamanlı olarak aktif bir şekilde takip edilebilmesi gibi internet kaynaklı (IoT) ve GIS tabanlı teknolojilerin gelişmesi, paylaşımlı e-skuter gibi yenilikçi sistemleri de mekânda yer alma oranını arttırmıştır. Bu teknolojik arayüzler, e-skuter hareketinin bilgilendirilmesi için yeni arayüzlerin tasarlanmasını desteklemekte ve ihtiyaç olan bölgelerde e-skuter araçlarının kullanımının artması gibi potansiyellerin tespit edilmesini sağlamaktadır. Bir akıllı telefonda bulunan mobil uygulama aracılığı ile kullanımı sağlanan e-skuter sistemleri, geleceğin hareketlilik vizyonunda yer alması muhtemel olan, sürdürülebilirliğe dair mevcut problemlere çözüm niteliğinde mekânda bulunan ulaşım araçlarıdır.

Günümüzde e-skuter araçları paylaşımlı olmaları dolayısıyla kitlesel kullanıma olanak sağlarken aynı zamanda bireysel kullanımları dolayısıyla kişisel bir yolculuk deneyimi de oluşturmaktadır. Bireysel olarak kullanıma uygun olmaları dolayısıyla paylaşımlı bir e-skuter sisteminden yararlanan kullanıcı, kendi rotasını çizebilmekte ve varış noktasına bu rota üzerinden ulaşabilmektedir. Bu durum, e-skuter sistemleri için avantaj olarak nitelendirilirken, kentsel hareketlilik sistemlerinde çoğunlukla toplu taşıma araçlarının ulaşamadığı yerlere kişinin kendi rotası üzerinden ulaşması da bir diğer avantaj olabilmektedir. Kentsel ölçekte olumlu etkiler yaratan olan bu durum üretim, kullanım ve altyapı kapsamında e-skuter sistemlerini diğer sistemlere kıyasla daha düşük maliyetlerde işletilebilmeleri dolayısıyla öne çıkarmaktadır.

Paylaşımlı e-skuter sistemlerinin gelişimi incelendiğinde, kentsel hareketlilikte kitlesel ve paylaşımlı olarak kullanımlarının ilk adımları, 2000'li yılların başında atılsa da ilginin yoğunlaşması ve kullanımın artması COVID-19 pandemisi öncesi olmuştur. 2018 ve 2019 yılları, mikro hareketlilikte yatırım tercihlerinin arttığı ve bu alanın giderek geliştiği yıllardır. Paylaşımlı e-skuter sistemleri de paralel olarak gelişme göstermiş olup her kentin benimsediği ulaşım politikaları ile etkileşimli olarak mekânda yer almışlardır. Bir mobil uygulama aracılığıyla kullanılan e-skuter sistemlerinde yolculuk sonuna kadar akıllı telefon üzerinden erişilen bu uygulama kullanılmaktadır. Öncelikle uygulama üzerinden erişimi sağlanan ve anlık güncellenen haritada, kullanıcılara en yakın e-skuter aracı tespit edilmekte ve bu aracın kullanımı için talepte bulunulması üzerine QR kod ile açılan araç kilidi sonucu sürüş başlamaktadır. Ödeme işlemlerinin gerçekleştirilmesi için mobil uygulamaya önceden kaydedilmiş kredi kartı ya da banka kartı bilgileri halihazırda bulunmaktadır. Sürüşün başlaması ile ödeme sistemi aktifleşmekte ve sürüş sonunda park edilene kadar geçen süreye göre ücretlendirilerek ödeme sağlanmaktadır. Park etme alanları ise genellikle kaldırım, kamusal alan, açık ve yeşil alanlar gibi operatörler tarafından belirlenmiştir. Park edilen e-skuter aracının fotoğrafının uygulama üzerinden gönderilmesi sonucu yolculuk sona ermektedir. Kentsel hareketlilikte akıllı telefonlar aracılığıyla teknoloji temelli olarak yer almaya başlayan paylaşımlı e-skuter sistemleri birçok alan ile ilişkili olarak değerlendirilmektedir. Bu alanlar ekonomik, ekolojik, mekânsal ve sürüş koşulları bağlamında şu şekilde açıklanmaktadır (Glavic vd., 2021; Irfan, 2018; Hardt ve Bogenberger, 2019);

- ***Ekolojik*** açıdan değerlendirildiğinde, trafik sıkışıklığını azaltma potansiyelleri ve gürültü kirliliği bağlamında iyileştirici etkileri açısından olumlu etkilere sahiptir. Aynı zamanda trafik sıkışıklığını azaltması, hava kirliliğini azaltma yönünde katkıda bulunması da sürdürülebilir bir kentsel hareketlilik sağlamaktadır. Elektrikli araçlar olmaları sonucu karbon ayak izi düşük yolculuklara imkân vermekte ve neredeyse sıfır emisyona sahip olarak kirletici madde yaymaları da çevresel verimlilik açısından pozitif etkiler yaratmaktadır. Tasarım süreçlerinde pil üretimi gibi aşamalarda ve bazı sistemlerin "topla-şarj et-yeniden dağıt" yöntemiyle güç sağlamaları olumsuz olarak değerlendirilse de içten yanmalı araç sistemleri karşısında kullanımları potansiyel oluşturmaktadır.
- ***Ekonomik*** açıdan değerlendirildiğinde, paylaşımlı e-skuter sistemleri için iki yönlü bir fayda sağlama durumundan bahsedilebilmektedir; kullanıcılar ve operatörler. Kullanıcılar tarafından değerlendirildiğinde bazı kentlerde yolculuk başına düşen e-skuter kullanımının toplu taşıma kullanmaktan veya bisiklete binmekten daha pahalı olduğu belirtilirken bazı kentlerde

kullanımlarını teşvik etmek amacıyla daha az maliyetli olduğu açıklanmaktadır. Ancak genel olarak bakıldığında özel otomobil kullanımından çok daha uygun ve etkin maliyetlerde kullanımları gerçekleşmektedir. Bununla birlikte kullanımlarını arttırmak için üretilen farklı kampanyalar ve işbirlikleri bulunmakta indirimler uygulanmaktadır.

- ***Sürüş koşulları*** açısından değerlendirildiğinde trafik güvenliği öne çıkan konular arasında yer almaktadır. Yasal ve yönetsel düzenlemeler, güvenliğin sağlanması açısından en güçlü araçlar arasında yer almaktadır. Özellikle hız sınırlamaları, kullanım mekânlarının belirlenmesi, kullanım koşullarının açıklanması ve yönlendirici tabelaların yer alması hem kullanıcılar hem de diğer sürücüler açısından farkındalık oluşturmaktadır. Böylece e-skuter araçları ile yapılan kazaların oranı önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

- Bir yandan güvenlik açısından diğer yandan erişilebilirlik açısından önemli olan bir diğer boyut ***mekânsal*** koşullardır. Kentsel mekânın paylaşımlı e-skuter sistemlerinin ve diğer mikro hareketlilik bağlamında yer alan bisiklet gibi araçların kullanımına yönelik olarak düzenlenmesi yolculukları iyileştirerek kullanımlarını da teşvik etmektedir. Aynı zamanda kentsel mekânın organizasyonu, düzeni sağlamakta ve karmaşayı önlemektedir. Paylaşımlı e-skuter sistemlerinin verimli bir şekilde işleyebilmesinin ön koşulu ise mekânsal ve altyapısal düzenlemelerdir. Özellikle sokak ağlarında bulunan yüzey malzemelerinin yapısı ve özellikleri, mevcut durumda araç ve yayaların kullandıkları alanların fiziksel sınırları e-skuter araçlarının kullanımı için uygun olmamaktadır. Örneğin, yüzeyi parke taşından veya levhalardan yapılmış sokaklarda veya tramvay raylarının bulunduğu alanlar gibi mekânlarda e-skuter araçlarının küçük tekerleklere sahip olmaları ile yarıçapları uygunluk göstermemektedir. Mekânsal düzenlemelerin yolculuk yapılan alan, park etme alanları, şarj istasyonları gibi donatılar ile düşünülmesi, paylaşımlı e-skuter sistemlerinin kullanımını teşvik etmektedir.

Paylaşımlı e-skuter sistemlerinin bütüncül olarak ekolojik, ekonomik, mekânsal ve sürüş koşulları bağlamında düşünülerek yolculuğun etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi kentsel hareketlilik bağlamında özel otomobil kullanımını azaltacak potansiyelde olup sürdürülebilirliği destekleyecek sistemleri ortaya çıkaracaktır. Kısa mesafelerde kullanıma uygun olan e-skuter sistemleri, yolculuk mesafesini temel alan ilk mil-son mil bağlamında değerlendirildiğinde araç ile yapılan yolculukları azaltma yönünde önemli etkiler yaratabilmektedir.

NHTS (National Household Travel Survey) tarafından 2017'de yapılan bir anket çalışması sonuçlarına göre, araç yolculuklarının %60'ı yaklaşık 10 kilometreden daha az mesafede gerçekleşmektedir. Bu durum, kısa mesafeli yolculuklarda e-skuter sistemlerinin kullanımının araç kullanımını azaltma kapsamındaki önemini vurgulamaktadır. Paylaşımlı e-skuter sistemleri, boyutları, hızları, manevra yapabilme kabiliyeti ile kolay yönetilme özellikleri ile kısa yolculuklar için en uygun çözümler olarak nitelendirilmektedir. Genellikle 3-6 kilometreye kadar yapılan yolculuklar için e-skuter araçları bir alternatif oluşturmakla birlikte bu mesafede yapılacak özel otomobil yolculuğunun yerini aldığında kentsel hareketlilikte sürdürülebilirlik için olumlu katkılar oluşturarak potansiyel olacağı öngörülmektedir. Bu potansiyel Avrupa ve Amerika kentlerinde yapılan çalışmalar sonucunda ortaya koyulan istatistikler ile açıklanmaktadır. Örneğin, İngiltere'de yapılan araştırmalar sonucu yapılan yolculukların %24'ünün 3 kilometreden daha kısa olduğu ifade edilmiştir. Bu durumun paylaşımlı e-skuter kullanma olasılığını yükseltmesi ve özel otomobil kullanımını orantılı olarak azaltması beklentiler arasında yer almaktadır. Bu durum Amerikan kentlerinde de benzer şekilde yer almaktadır. Yapılan çalışmalara göre, birkaç Amerikan kentinin baz alındığı veri sisteminde yolculukların %68'inin 1,5 kilometreden daha kısa olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Weschke vd.2022; Glavic vd. 2021). Sonuçlar, paylaşımlı e-skuter sistemlerinin yaygınlaştırılması için olumlu etkiler yaratmakla birlikte toplu taşıma ile entegrasyonunu da vurgulamaktadır. Farklı kentler temel alınarak yapılan diğer çalışmalar ise şu şekildedir (Department for Transport, London, 2019);

- Paris'te yapılan çalışmalar sonucu, yolculukların %23'ünün paylaşımlı e-skuter sistemleri gibi başka bir taşıma aracı ile desteklendiği, %66'sının ise toplu taşıma sistemleri ile gerçekleştiği sonuçlar arasında yer almıştır. Bu durum paylaşımlı e-skuter sistemlerinin yaygınlaştırılması ve toplu taşıma sistemleri ile entegrasyonunun sağlanması için etkili olmaktadır.

- Helsinki'de yapılan anketler sonucu yaklaşık 14.500 araç yolculuğu analiz edilmiş olup %3 gibi bir oranda katılımcılar toplu taşıma şeklinde yeterli ve uygun maliyetli bir alternatife sahip olmadıkları ifade etmişlerdir. Yapılan yolculukların çoğu ise 1,4 kilometreye kadar sürmekte ve toplu taşıma sistemlerinin alternatifi olarak yürüme ve bisiklete binme gösterilmektedir. Buna karşılık olarak özel otomobil kullanımlarının yaklaşık %35'i 500 metreye kadar olan kısa mesafelerde gerçekleştirilmekte ve genellikle yürümenin baskın olduğu hareket alanlarında yer almaktadır. Bu durum paylaşımlı e-skuter sistemlerinin Helsinki'de yaygınlaştırılması için bir sebep olarak görülmektedir.
- Portland da ise yapılan bir ankette, kent sakinlerinin %34'ü, ziyaretçilerin ise %48'i özel otomobil veya taksi kullanmak yerine paylaşımlı e-skuter araçlarını tercih ettiğinin belirtmişlerdir. Ankete katılanların %6'sı ise araç kullanımını tamamen bırakarak e-skuter kullanımına yönelmeyi ifade etmişlerdir.
- Arlington'da yapılan bir araştırmada ise, ankete katılanların %52'si e-skuter kullanmaya başladıklarından beri özel otomobil, taksi ya da Uber gibi paylaşımlı araç sistemlerini daha az kullandıklarını söylemişlerdir. Ancak bu ankette her ne kadar araç kullanımına yönelik tutum olumlu olsa da endişe verici sonuçlar da elde edilmiştir. Katılımcıların %44'ü bisiklete binmeyi, %28'i ise yürümeyi azalttığını ve yerine e-skuter kullandığını belirtmiştir.

Arlington'da yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi, e-skuter araçlarının kullanımı yaya olarak yapılan yolculukta kullanılırsa ya da toplu taşıma sistemleri yerine bireysel olarak tercih edildiğinde sürdürülebilirliğe katkısı yerine aksine zararı olmaya başlamaktadır. Dolayısıyla hangi ulaşım türüne alternatif olarak kullanıldığı önemli bir konu haline gelmektedir. Bu durum, kent formu ve yerleşim modelleri ile doğrudan ilişkili olmakla birlikte kentsel mekân organizasyonunun yolculuk yapılacak aracı da belirlediği söylenebilir. Dolayısıyla e-skuter sistemlerinin mekânda yer alış ve kullanılış biçimi fırsatlara yol açabildiği gibi krizleri de beraberinde getirebilmektedir.

Fırsat ve kriz ikileminde bulunan e-skuter sistemleri mekânsal açıdan da etkilere sahiptir. Bu durum yaya hareketliliğini doğrudan etkilediği gibi erişilebilirlik seviyesini de belirlemektedir. Paylaşımlı e-skuter sistemlerinin birçoğu günlük yaşamın hareketliliğinde kullanılmakta bu yolculuklarda işe, okula gitmek ya da rekreasyon alanlarında vakit geçirmek amaçlanmaktadır. Bu bağlamda kullanılan mekân ise hem herkese ait olan hem de hiç kimseye ait olmayan kamusal mekânlardır. Paylaşımlı e-skuter sistemlerinin kamusal alanlara erişim ve kamusal alanın paylaşımla sosyal eşitlik üzerine tartışmaları bir süredir devam etmektedir. Kullanılmayan paylaşımlı e-skuter araçlarının kamusal mekânda düzensizlik yarattığı ve yaya hareketliliğini engellemektedir. Aynı zamanda yolculuk esnasında kullanıcıların dikkatsiz sürüş gerçekleştirmesi ve trafik kurallarına uymaması nedeniyle yayalar için tehlike oluşturmaktadır. Tuncer vd. (2022) tarafından bu durum, e-skuter sistemlerinin kent mekânında görünürlüğü bağlamında yorumlanmış ve mekânda yer alışlarının yarattığı değişimler yeni, istikrarsız, tahmin edilmesi zor olarak ifade edilmekte birlikte yayalar ile e-skuter araçları arasında kamusal mekânda rekabet olduğu da belirtilmektedir. Bu durumun sebeplerinden biri de e-skuter araçlarının kullanım mekânlarının net bir şekilde tanımlanmaması olabilir.

Paylaşımlı e-skuter araçlarının kullanım mekânları çoğu zaman kaldırım, bisiklet şeridi veya sokaklar olabilmektedir. Ulusal ölçekte yer alan tüm e-skuter sistemleri / girişimleri, kullanım alanları için belirli sınırlamalar getirmekte ancak tümü araçlar ile aynı zemini kullandıkları sokaklarda yer almaktadır. Hız sınırı 40-50 km/s olan yollarda e-skuter araçları kullanılabilmekte, yaya hareketliliğin yoğun olduğu kaldırımlarda kullanımı yasaklanmaktadır. Ancak genellikle sokakta, kaldırımda ya da meydan gibi kamusal alanlarda bırakılan e-skuter araçları yaya hareketliliğini kısıtlamaktadır. Aynı zamanda düzensizliğe yol açmakta, herhangi bir engeli olan kent sakinleri için erişilebilirlik açısından engel oluşturmaktadır. Aynı zamanda araçlar ile aynı zemini paylaşan e-skuter kullanıcıları, çoğu zaman güvenlik açısından olumsuz sonuçlara yol açmakta, e-skuter ile yapılan kazaların çoğunun bu yollarda olduğu görülmektedir. Aynı zemini paylaşan araçlar ile savunmasız şekilde e-skuter kullanan kent sakinlerinin aynı zemini paylaşması mekânsal açıdan düzensizliğe ve koordinasyon eksikliğine yol açarken aynı zamanda adaletsizliği de beraberinde getirmektedir. Bisiklet şeritleri gibi mekânda küçük müdahaleler ile büyük etkiler yaratan ayrılmış şeritler, paylaşımlı e-skuter araçları için de benimsenmeli mekânsal açıdan gerekli tüm düzenlemeler yapılmalıdır. Mekânda yer almayan müdahaleler sonucu, kent sakinleri yeterince kullanım bilincine sahip olmamaktadır. Mekânsal müdahaleler, toplumsal bilinç, hız sınırlamaları ve kullanım biçimleri ülkelerin ve kentlerin benimsediği yasal yönetsel çerçeve ile de yakından ilişkilidir.

Her ülke, ülkelerin kentleri ve kentlerin yerel yönetimleri mikro ölçekli paylaşımlı e-skuter sistemlerinin kentsel hareketlilikte kullanımına ilişkin yasal yönetsel çerçeve belirlemekte ve gerekli yasaklarla, izinlerle bu sistemlerin düzenli kullanımına dikkat etmektedir. Ulusal ölçekte incelendiğinde Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın denetiminde hazırlanan ve resmî gazetede 14 Nisan 2021 tarihinde yayınlanan "Elektrikli Skuter Yönetmeliği" bulunmaktadır. Yönetmelik kapsamında, e-skuter kullanımının tercih sebepleri, kentsel hareketlilik mekânlarında kullanım alanları, kullanım esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar, kullanım sonrasında park etme aşamasında dikkat edilmesi gereken ilkeler ve e-skuter araçlarının özelliklerine yönelik ibareler yer almaktadır. Özellikle kullanım esnasındaki hız sınırları ve kullanıcılara ilişkin yaş düzenlemeleri ön plana çıkmakta bir yandan kullanıcının güvenliğini sağlarken bir yandan da yaya hareketliliğini engellemeyecek şekilde kullanımına ilişkin perspektif çizilmektedir. Aynı zamanda kullanım alanlarına ilişkin düzenlemeler de bulunmaktadır. Özellikle aktif yaya hareketinin olduğu kaldırımlarda kullanımı yasaklanmış ve yaya güvenliği de önemsenmektedir. Mekânsal açıdan benimsenen ilkeler arasında bulunan kaldırımlarda kullanma yasağının yanında aynı zamanda belirli yollarda kullanımlarına izin verilmektedir. Bu yollar, araçların hız düzenlemelerinin olduğu ve genellikle 30-50 km/s olarak belirlenen yollar olmakla birlikte başka bir kriter belirlenmemiştir. COVID-19 sürecinin etkisiyle "yavaş, yeşil ya da yaya dostu olarak belirlenen sokaklarda e-skuter kullanımı görülmekte ancak bu yolların döşemeleri, ayrılmış şerit olma zorunluluğu gibi kriterlerin Avrupa kentlerinin bir kısmında olsa da henüz yönetsel çerçeve kapsamında değerlendirilmediği görülmektedir. Bu durum, park etme alanlarının varlığı ve tasarımları ile de ilişkilidir. Avrupa kentleri genelinde özellikle tarihi alanlarında, e-skuter araçlarının park edebileceği alanlar küçük müdahaleler ile belirlenirken Amerika'da bu altyapı çalışmaları devam etmekte ancak Türkiye'de henüz bu çalışmalara ilişkin net bir bilgi bulunmamaktadır. Bu bağlamda Avrupa ülkeleri göz önünde bulundurulduğunda Fransa'da, kentsel hareketlilikte kullanılan paylaşımlı e-skuter sistemleri için bazı kurallar belirleyerek yönetmelik çerçevesinde sınırlar çizmiştir. Fransa'da İçişleri ve Ulaştırma Bakanlığı tarafından hazırlanan ve Eylül 2019 itibariyle yürürlüğe girmiş olan kentiçi ulaşım modları ile ilgili kararnamede e-skuter sistemleri ile ilgili de düzenlemeler bulunmaktadır. Özellikle 2019 yılı ve sonrasında getirilen düzenlemeler ile Fransa'da e-skuter kullanımı oldukça yaygındır. Tanımlanan yerleşim alanları dışında e-skuter kullanımının yasaklanmasına karar verilmiş; yeşil olarak nitelendirilen yollar ile bisiklet yollarında kullanılmasına izin verilmiştir. Aynı zamanda Paris gibi kentlerde, otobüs şeritlerinde e-skuter kullanımına kontrollü olmak şartıyla izin verilmektedir. Fakat tüm bu alanlarda e-skuter kullanıcıları tıpkı bir araç kullanıcısı gibi kırmızı ışık, tek yönlü yollar, önceliğin sağ şeride verilmesi gibi kurallara uymak zorunda bırakılmıştır. Aşırı hız, izin verilmeyen alanlarda e-skuter kullanımı, kurallara uymama gibi durumlarda ise kullanıcılar para cezası ile cezalandırılmaktadır (Christoforou vd. 2021). Fransa genelinde incelendiğinde, kaldırım alanlarında e-skuter kullanımına izin verilmesi belediye yönetimi tarafından sağlanmaktadır. Eğer bir belediye yönetimi, kaldırımlarda dolaşımı yasaklamış ise bu kurala uymayan kullanıcılara para cezası uygulanmaktadır (Sokołowski, 2020). Dolaşımın yasaklandığı gibi kaldırımlara park etme konusunda da bazı ilkeler belirlenmiştir. Ülke genelinde Paris gibi bölgelerde kentsel hareketlilik bağlamında e-skuter yolculuğu sonrası park edilmesi için alanlar tanımlanmıştır. Paris kenti özelinde, skuter araçları için tanımlanan yaklaşık 2.500 özel ücretsiz park yerleri, yaklaşık 15.000 araç kapasitesindedir. Aynı zamanda motosiklet gibi araçların park ettiği alanlar da kullanılmaktadır. Kentsel ulaşım mekânları içerisinde kaldırım ya da diğer izin alanlara park etmiş bir skuter sürücüsü, para cezası ile cezalandırılmaktadır. Park etme yetkisinin yalnızca belirlenen alanlarda sınırlı tutulması, hareketliliğin bir düzen içerisinde gerçekleşmesini sağlamakta ve paylaşımlı e-skuter sistemleri için mekânsal noktalar tanımlayarak erişimlerini kolaylaştırmakta kullanımlarını teşvik etmektedir. Aynı zamanda yolculuk esnasında e-skuter araçları için belirlenen alanların tanımlanması, dikkat edilmemesi halinde ceza yaptırımlarının uygulanması da e-skuter sistemleri için güvenlik endişesini azaltmakta; daha konforlu ve güvenli bir yolculuk sağlamaktadır.

Tüm bunlar günlük yaşamında işe, okula ya da aktivitelere ulaşmak için sürekli bir hareket halinde olan kent sakinlerini etkilemekte, güvenlik – erişilebilirlik – mekânsal düzenlemeler ilişiğinde yaya hareketliliği bağlamında kullanıcı tercihlerini şekillendirmektedir. Yapılan yolculuklar sırasında kullanılan aksların ve ağların ötesinde yolculuğun “neden, kiminle, nerede ve ne zaman” olduğu ve ne türde mekânsal ilişkiler kurduğu konuları kullanıcı tercihlerini oluşturmakta ve yolculuğun gerçekleştirilecek aracın seçiminde önem kazanmaktadır. Dolayısıyla yolculuk yalnızca bir konumdan diğer konuma yer değiştirirken hareketi değil aynı zamanda kent sakinlerinin etkilendikleri tutum ve algıların da önem kazandığı görülmektedir. Kullanıcıların kişisel özelliklerinin yanında maliyet ve kullanım amaçlarına göre seyahat davranışlarını şekillendirmektedir. Bu kapsamda kullanıcının yaş, cinsiyet, etnik yapısı gibi özellikleri seyahat etme halinde davranışlarını belirlemektedir. Kullanıcının gelir durumu bir faktör olarak nitelendirilirken aynı zamanda kentsel hareketlilik sistemlerindeki kullanım ücretleri ve aktarma yapma gibi durumlar da önemsenmektedir. Kullanım amacı ise seyahat davranışları üzerinde önemli etkilere sahip olmakta ve çoğu zaman ulaşım türünü belirleyen faktör olarak nitelendirilmektedir. Farklı kültürler ve değişen coğrafi konumlar da kullanımı etkilemektedir. Dolayısıyla bir yandan kullanıcıların bireysel özellikleri seyahat davranışlarını etkilerken diğer yandan mekânsal koşullar da bireyleri ve tercihleri etkilemektedir. Kent formu, seyahat edilen süre ve mekândaki erişilebilirlik ile bağlantılı olarak hareket edilebilirlik faktörleri seyahat davranışlarını etkilemektedir. Bu kapsamda kullanıcının referans konumundan varılacak konuma kadar olan mesafesi ve bu konumların kent formu içerisindeki yeri önemli hale gelmektedir. Bu konum ve mesafeye göre seyahat edilen süreyi etkilenmekte ve bu süre içerisinde mekândaki fiziksel düzenlemeler de kullanıcının seyahat davranışlarını biçimlendirmektedir. Tüm bu konular kent sakinlerinin günlük yaşamlarında herhangi bir amaç için herhangi bir yolculukta dikkat edilen alt faktörler olarak nitelendirilebilir. Ancak paylaşımlı e-skuter araçlarının kullanımı için bu faktörlere ek olarak bazı özellikler de tercih sebebi olabilmektedir. Örneğin, mekânsal açıdan incelenirken yukarıda tartışılmış olan ayrılmış şeritlerin varlığı ve yolculukta varış noktasına kadar olan sürekliliği bu faktörlerden biridir. Ayrılmış şerit ile yapılan yolculuklar, kaldırımda ve yoğun bir trafikte sürüş yapmayı engellemekte ve kullanıcıların güvenlik endişelerini azaltmaktadır.

Kent sakinlerinin bireysel özellikleri, yaşam koşulları ve geçmişten getirdikleri deneyimleri paylaşımlı e-skuter araçlarını tercih etmedeki bir diğer konu olmaktadır. İki tekerlek üzerinde ayakta bir direksiyon kontrolü eşliğinde kullanılan e-skuter araçları için kullanıcıların deneyimleri ve yeniliğe açık olma durumları kullanma niyeti ve yatkınlığını etkilemektedir. Aynı zamanda yolculuk esnasındaki güvenlik ile ilişkili olarak kaygı durumu da bu durum ile bağlantılıdır. Diğer yandan e-skuter yolculukları çevre ile direkt olarak temas eden, kullanıcı ile yapılı çevre arasında herhangi bir engelin bulunmadığı yolculuklar olduğundan sürüş sırasındaki algılanan güvenlik de önemli hale gelmektedir. Bu sebeple e-skuter araçlarının tasarımı ve kullanım alanlarındaki mekânsal organizasyon kullanıcı tercihlerini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Mekânsal organizasyon ile ilişkili bir diğer konu da altyapı düzenlemeleridir. Ayrılmış şeritler bu altyapı düzenlemelerine dahil olmakla birlikte park etme alanları, araçların şarj durumları ve kullanıcılara sağladıkları mobil uygulamanın kullanılabilir, anlaşılabilir olması da etkileyen faktörler arasındadır. Yeni ve yenilikçi bir hareketlilik şeklini temsil eden paylaşımlı e-skuter sistemleri, sağlıklı bir yaşam tarzını da çağrıştırmaktadır. Yürümeye teşvik etmesi ve düşük emisyonlu yolculuklar sağlaması kent sakinlerinin sürdürülebilir bir yaşamı benimseme konusundaki tercihlerini oluşturmaktadır. Aynı zamanda fiziksel aktivite için motivasyon durumu da kullanımı etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (Popova, Zagulova, 2022). Paylaşımlı e-skuter sistemlerinin daha esnek, özel araçlara göre maliyet etkin ve kolay ulaşılabilir olmaları da temel olarak kullanıcı tercihlerini etkileyen faktörler arasında yer almakta; popülerlik kazanmaları ise farkındalık açısından olumlu etkiler yaratmaktadır. Bu durum yasal ve yönetsel çerçeve tarafından benimsenen trafik kuralları hakkında bir bilinç olmasını da sağlamaktadır.

Paylaşımlı e-skuter sistemleri ve seyahat davranışları bağlamında hipotezler oluşturarak anket tekniği ile yapılan birçok çalışma bulunmakta ve yukarıda belirtilen faktörlerin ölçümünü kent sakinleri ile yaparak anket yöntemiyle ortaya koymaktadırlar. Genellikle paylaşımlı e-skuter sistemlerinin seyahat davranışlarına olan etkileri üzerinde hipotezler oluşturarak bu hipotezler kanıtlama yolunda ilerlemişlerdir. Bu bildiride, Scopus, Web of Knowledge gibi veri tabanlarında bulunan “shared scooter, impacts of shared e-scooters on travel behaviour” anahtar kavramları ile etkileşimli literatürdeki araştırmalar üzerinden bir çerçevede sunmuştur.

- Öztaş Karlı vd. (2022) tarafından anket çalışması baz alınarak yapılan araştırmada, seyahat davranışlarını etkileyen birincil faktörün **sosyal etki** olduğu görülmüştür. Bireylerin geçmiş deneyimlerinin yanında sosyal çevreleri de kullanım niyetini etkilemektedir. Bu çalışmada, aynı bölgelerde yaşayan kent sakinlerinin deneyimlerini paylaşması, kullanıcı tercihlerini olumlu yönde etkilemiş ve birbirlerinin niyetlerini de belirlemişlerdir. Aynı zamanda kullanıcıların sosyal medya üzerinden yaptığı paylaşımlar da birbirini etkilemekte ve paylaşımlı e-skuter sistemlerinin popülerliğini arttırırken kullanıma yönelik yeni kullanıcıları kazandırmaktadır. Bu durum toplumsal açıdan yenilikçi bir yapıyı desteklemekte ve yeniliklere, teknolojik gelişmelere açık olmayı öngörerek bireylerin kullanım tercihlerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu durum Popova ve Zagulova (2022) tarafından yapılan hipotez ve anket temelli çalışmada doğrulanmıştır. Yakın ve önemli kişilerin veya toplumun e-skuter kullanımına ilişkin tutumlarının kişisel olarak kent sakinlerinin yolculuğa dair tahminlerini etkileyeceğini ifade etmişlerdir (Popova ve Zagulova, 2022).

- Bir diğer faktör, Öztaş Karlı vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada **çaba beklentisi** olarak ifade edilmektedir. Paylaşımlı e-skuter sistemleri bir akıllı telefonda bulunan mobil uygulama aracılığıyla kullanılmakta ve sürüş sonunda bu uygulama ile yolculuk bitirilmektedir. Dolayısıyla teknoloji temelli yenilikçi bir sistem esas alınmakta ve bu sistemde teknolojiyi kullanırken ne kadar az çaba harcanırsa kullanıcı tercihleri o kadar olumlu etkilenmektedir. Toplum için yeni olan bir teknolojinin az çaba gerektirmesi aslında teknolojiyi kullanma niyeti göstermelerini de beraberinde getirmektedir (Makayenza ve Mutambayashata, 2018).

- Araştırmalar sonucu, **kullanım maliyeti** seyahat davranışını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Avrupa ve Amerika kentlerinde genellikle kent sakinlerine ucuz ulaşım sağlanması amacıyla oluşturulan paylaşımlı e-skuter sistemleri, işletmelerin erişimlerini arttırmaya olanak tanımaktadır. Ancak özel otomobil ya da araçlar ile yapılan yolculuktan daha maliyetli olduğunda kullanıcı tercihleri olumsuz etkilenmekte; bu durumda yolculuğun **konforu** maliyet ile ilişkili olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla paylaşımlı e-skuter sistemlerinin fiyatlandırma politikaları önemli hale gelmektedir. Kapser ve Abdelrahman (2020), Smith ve Schwieterman (2018) ve Öztaş Karlı vd. (2022) çalışmalarında bu durumu destekleyecek bulgulara ulaşmış olup fiyatı yüksek olduğunda paylaşımlı e-skuter sistemlerinin büyük olasılıkla kullanılmayacağını ortaya koymuşlardır. Bu konu ile ilişkili olarak Glavic vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada kullanıcıların gelir seviyelerinin paylaşımlı e-skuter sistemlerini kullanma tercihlerini etkilediğini ortaya konmuştur.

- Ain vd. (2015), Baptista ve Oliveria (2015), Owusu Kwateng vd. (2019), Nordhoff vd. (2020) gibi birçok çalışmanın sonuçlarına göre e-skuter yolculuğu esnasında **mekânın koşullarının kolaylaştırıcı olması**, kullanıcı tercihlerini olumlu yönde etkilemektedir. Öztaş Karlı vd. (2022) çalışmasında kolaylaştırıcı koşulların anlamlı bir etkisinin olmadığı ortaya konulsa da şarj istasyonlarının varlığı, bilgilendirici tabelaların yer alması, ayrılmış şeritler ve park etme alanları gibi mekânsal düzenlemeler paylaşımlı e-skuter sistemlerinin kullanımını kolaylaştırmakta ve kullanıcılar için verimli bir yolculuğu teşvik etmektedir. Bu altyapıların mevcut olmaması ise mikro hareketlilik sistemlerinin benimsenmesini engellemekte, kullanımlarını azaltmakta ve toplum içerisinde yeterli bilinç oluşmasını önlemektedir. Dolayısıyla mevcut altyapı sistemlerinin e-skuter sistemlerinin kullanılması için iyileştirilmesi gerekli mekânsal düzenlemeleri gerektirmektedir. Bununla birlikte Popova ve Zagulova (2022) tarafından yapılan çalışmada, kentsel hareketlilikte e-skuter sistemlerinin gelişmesini engelleyecek koşulların bilinmesi gerektiği ve bu sebeple kent sakinlerinin ön deneyiminin önemli olduğunu belirtmektedir. Ön deneyim konusunda yol kalitesi, altyapı gibi koşulların kullanıcıların tercihlerini belirleyen faktörlerden biri olduğunu ortaya koymuşlardır.

- Araştırmalar sonucu belirlenen faktörlerden biri **çevresel farkındalık** çerçevesinde şekillenmektedir. Kent sakinlerinin karbon ayak izini azaltma isteği ve sürdürülebilir bir hareketlilik bağlamında günlük yaşamlarını geçirme amaçları doğrultusunda paylaşımlı e-skuter sistemlerine yönelen kullanıcılar bulunmaktadır. Bu durum, Kopplin vd. (2021), Wang vd. (2020) çalışmaları tarafından desteklenirken, çevresel farkındalığın seyahat davranışlarını etkilemediği analizler de bulunmaktadır. Fu vd. (2019), Li vd. (2019), Wang vd. (2011), Popova ve Zagulova (2022) her ne kadar paylaşımlı hareketliliğin kent sakinlerinin çevre sorunlarına karşı daha sorumlu bir tutum sergilemesi ve içten yanmalı motorlu araçların kişisel kullanımını azaltarak daha elverişli çevre koşullarının oluşması ile ilişkilendirip bu durumu savunsa da belirleyici bir faktör olmadığını sonuçları arasında sunmuşlardır. Wang vd. (2020)'ye göre çevresel açıdan sürdürülebilirliğe dair bilinç arttıkça kent sakinleri paylaşımlı sistemleri kullanmaya olan eğilimleri de artmaktadır. Ancak bazı e-skuter sistemlerinin topla-şarj et-dağıt mantığını benimsemesi daha yüksek emisyonlara yol açmakta; bazı sistemlerin ise yerinde yedek batarya ile değişiminin sağlanması ile olumlu etkilere sahip olmaktadır. Dolayısıyla bu konuda net bir belirleyici faktör izine rastlanmamıştır. Ancak etkileyici faktör olarak nitelendirilebilir.

Tüm bu bulgulara ek olarak seyahat bağlamında da bazı belirleyici faktörler bulunmaktadır. Yapılan **yolculuğun amacı, yolculuğun zamanı, varış noktasına olan uzaklık** gibi değişken faktörler de paylaşımlı e-skuter sistemlerinin kullanımında kent sakinlerinin seyahat davranışlarını etkilemektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, mekânsal koşullar ve altyapı özellikleri paylaşımlı e-skuter sistemlerinin kullanımını etkilerken kent sakinlerinin bireysel özellikleri ve deneyimleri de etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Dolayısıyla tüm koşullar ve özellikler ile kent sakinleri ile değerlendirilerek bütüncül bir yaklaşım ve kullanıcı odaklı ilkeler ile paylaşımlı e-skuter sistemleri değerlendirilmesi sürüş koşulları yerel bağlamda değerlendirilerek özgün koşullarda iyileştirilmelidir.

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, yukarıdaki değerlendirmeler ışığında ve Scopus, Web of Knowledge gibi veri tabanlarında bulunan "shared scooter, impacts of shared e-scooters on travel behaviour" anahtar kavramları ile etkileşimli araştırmalar kapsamında yapılan literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlar ve çıkarımlarından da yararlanarak bazı önerilerde bulunulabilir.

- Paylaşımlı e-skuter sistemleri önce yaygınlaşıyor sonra yasallaşmaktadır. Bu süreçte mekânsal düzenlemeler de geç kalıyor ve potansiyel olarak etkin bir şekilde kullanılabilecek bir sistem farklı katmanlarda farklı problemlere yol açmaktadır. Bu durum koordinasyon eksikliğini ve plansızlığı da beraberinde getirmektedir. Türkiye'de popülerliğini kazandıktan sonra bazı düzenlemelerin yapılmaya başlandığı görülmektedir. İtalya gibi bazı ülkelerde ise paylaşımlı e-skuter araçları, kabul edilmeden önce bir deneme süreci geçirmiş, bu süreçte güvenlik için bazı kısıtlamalar ve denetimler belirlenmiştir. Planlı, deneyim odaklı ve hareketliliği güvenli bir şekilde sağlayacak sistemler oluşturulması, mekânsal düzenlemeler öngörülerek yapılmalıdır.

- Birçok örnekte e-skuter sistemlerinin toplu taşıma araçlarına ulaşmak ya da arada tamamlayıcı görev görmek üzerine kullanıldığı analiz edilmiştir. Bu bağlamda özellikle raylı sistemler ile entegrasyonları önemli olup duraklarda bulunacak park yerleri ile daha koordineli bir hareketlilik sistemli oluşturulmalıdır.

- Deneyim odaklı ya da maliyet etkin olmadığında birçok yolcu aslında özel araç sahipliliğini tercih etmektedir. Öte yandan yaya ve toplu taşıma kullanan kent sakinlerinin de tercih ettiği sistemler olmaktadırlar. Dolayısıyla bir yandan yolcu kazanıp potansiyel olurken diğer yandan daha sürdürülebilir olan sistemlerden yolcu alarak farklı problemlere yol açmaktadır. Bu bağlamda fiyatlandırma politikaları etkin bir şekilde yönetilmelidir.

- Fiyatlandırma politikalarında mesafe faktörü, kullanım tercihini etkileyecek şekilde düzenlenmelidir. Örneğin kısa mesafelerde daha yüksek ücretler, orta mesafelerde daha uygun, uzun mesafelerde ise toplu taşıma ile entegre olacak şekilde politikalar geliştirilmelidir.

- Günümüzde bir yandan yayalar için sokak malzemeleri çeşitlenmekte diğer yandan raylı sistemler gibi toplu taşıma sistemleri geliştirilmektedir. Ancak potansiyel olarak değerlendirilen e-skuter sistemleri için bu durum, uygun sürüş koşulları sağlamamakta kullanımlarını engellemektedir. Böylece bu sistemler krize dönüşmekte ve mekânda düzensizliğe yol açmanın yanında güvenlik endişeleri de oluşturmaktadır. Bütüncül olarak ele alınarak planlanan mekânlar, tüm sistemlerin kullanımı için uygun zemini sunacaktır. Örneğin standart ölçüler belirlenerek tasarlanan ve uygulanan ayrılmış şeritler çözümlerden biri olmaktadır. Aynı zamanda ortak ya da paylaşımlı alanların mekânda küçük müdahaleler ile tasarlanması da aynı altyapı ve teknik özelliklerde farklı döşeme ve kuralları beraberinde getirerek sürdürülebilir bir kentsel hareketlilik sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: *Kentsel hareketlilik, erişilebilirlik, seyahat davranışları, paylaşımlı e-skuter sistemleri, mekânsal organizasyon.*

Reflections of Shared E-Scooter Systems On Spatial and Travel Behaviors: Crisis Or Opportunity?

Purpose and Method of the Study

In addition to the rapid, distorted and uncontrolled growth, which is one of the problems of today's cities, situations such as pandemics, climate change, demographic and social changes put pressure on the transportation networks and bring the mobility in the urban space to a standstill. As a result, with the increase in the negative impact on daily life, new approaches and solutions have emerged in mobility systems. As a response to this situation, shared e-scooter systems have entered the agenda of city administrations as one of the innovative tools that will reduce negative environmental impacts, strengthen the quality of urban life and the interconnection of existing mobility systems, increase the accessibility of daily life, and ensure the effective use of digital technologies.

Shared e-scooter systems, while being a part of micro mobility, diversify urban mobility; While it is suitable for individual use, it also supports mass mobility; They are small, flexible and functional vehicles that are intended to contribute to sustainable mobility by reducing private vehicle ownership with their use over short distances. Allowing free movement in the city and facilitating access to public transportation systems have enabled e-scooter systems to take place in cities easily. It can be unlocked via a mobile application and become suitable for use, and can be left locked within designated locations. While these systems have positive effects in terms of experience with the way they travel, on the other hand, the lack of necessary spatial arrangements such as parking areas, separated lanes and the lack of user awareness in the society cause security concerns; It causes obstacles in pedestrian mobility, and confusion and disorder in space. Therefore, shared e-scooter systems, which provide active mobility with many features, create a potential by affecting the travel behaviors of city residents as an element that facilitates access in daily life with their innovative aspects, and also bring crises in interaction with the situations that occur as a result of the undefined usage area and inadequacies in physical space. This paper explains the issues of safety, accessibility, pedestrian mobility, based on the regulations of e-scooter systems within the scope of interventions in urban mobility spaces; presents examples within the information compiled from national and international articles and research; examines its effects on travel behaviors; makes recommendations and inferences for national use.

Research Findings

The rapid change in the population dynamics of today's cities, the unplanned and uncontrolled growing city form and the lack of a holistic evaluation of spatial policies create pressure on urban transportation networks and cause traffic congestion. On the other hand, while it brings with it inefficient and long journeys, it causes a decrease in the quality of life. At the same time, traveling in cities where traffic almost comes to a standstill becomes troublesome and tiring. On top of all this, unexpected events such as the COVID-19 pandemic create extraordinary crisis situations that affect and change the mobility of urban residents. In response to these situations, shared micro-mobility vehicles have been adopted as systems that have emerged in recent years and attract attention by city administrations with their popularity, and one of them has been shared e-scooter systems. E-scooter vehicles, which aim to provide an efficient system against problems such as excess emission, congestion and noise caused by the existing systems, are a new and innovative system with the potential to solve the mobility problems in cities. However, as a result of lack of infrastructure, lack of spatial conditions or insufficient awareness, e-scooter vehicles, which are seen as potential, can turn into crisis situations.

Using today's technological developments develops new systems in urban mobility. In particular, the development of internet-based (IoT) and GIS-based technologies, such as the simultaneous active monitoring of location mobility, innovative systems such as shared e-scooters have also increased the rate of taking place in the space. These technological interfaces support the design of new interfaces for informing the e-scooter movement and enable the detection of potentials such as the increase in the use of e-scooter vehicles in areas where it is needed. E-scooter systems, which can be used through a mobile application on a smartphone, are transportation vehicles in the space that are likely to be included in the mobility vision of the future and are a solution to current problems regarding sustainability.

Today, e-scooter vehicles allow mass use due to their shared nature, while at the same time, they create a personal travel experience due to their individual use. Users who benefit from a shared e-scooter system, as they are suitable for individual use, can draw their own route and reach their destination via this route. While this situation is considered as an advantage for e-scooter systems, it can be another advantage in urban mobility systems to reach places where public transportation vehicles cannot reach, via one's own route. This situation, which creates positive effects on an urban scale, highlights e-scooter systems in terms of production, use and infrastructure, as they can be operated at lower costs compared to other systems.

When the development of shared e-scooter systems is examined, the first steps of their massive and shared use in urban mobility were taken in the early 2000s, but the intensification of interest and the increase in use were before the COVID-19 pandemic. The years 2018 and 2019 are years when investment preferences in micro mobility have increased and this area has been developing gradually. Shared e-scooter systems have also developed in parallel and have taken place in the space interactively with the transportation policies adopted by each city. In e-scooter systems used through a mobile application, this application is used until the end of the journey, which is accessed via a smart phone. First of all, on the map, which is accessed via the application and updated instantly, the closest e-scooter vehicle to the users is determined, and upon request for the use of this vehicle, driving starts as a result of the vehicle lock opened with a QR code. Credit or debit card information pre-registered to the mobile application is already available for payment transactions. With the start of the ride, the payment system is activated and at the end of the ride, payment is provided by being charged according to the time it takes to park. Parking areas are usually designated by operators such as pavement, public space, open and green spaces. The journey ends as a result of sending the photo of the parked e-scooter vehicle via the application. Shared e-scooter systems, which have started to take place on a technology-based basis through smart phones in urban mobility, are considered in relation to many areas. These areas are explained in terms of economic, ecological, spatial and driving conditions as follows (Glavic et al., 2021; Irfan, 2018; Hardt and Bogenberger, 2019);

- From an ***ecological*** point of view, it has positive effects in terms of its potential to reduce traffic congestion and its remedial effects in the context of noise pollution. At the same time, reducing traffic congestion and contributing to reducing air pollution provides a sustainable urban mobility. As they are electric vehicles, they allow journeys with a low carbon footprint and emit pollutants with almost zero emissions, which also creates positive effects in terms of environmental efficiency. Although it is considered negative that some systems provide power with the "collect-charge-redistribute" method in stages such as battery production in the design processes, their use against internal combustion vehicle systems creates a potential.

- From an ***economic*** point of view, it can be mentioned that there is a two-way benefit for shared e-scooter systems; users and operators. When evaluated by users, it is stated that the use of e-scooters per journey in some cities is more expensive than using public transportation or riding a bicycle, while it is explained that it is less costly in order to encourage their use in some cities. However, in general, their use is much more convenient and cost-effective than the use of private cars. In addition, there are different campaigns and collaborations produced to increase their use, and discounts are applied.

- When evaluated in terms of ***driving conditions,*** traffic safety is among the prominent issues. Legal and administrative regulations are among the most powerful tools in terms of ensuring security. Especially speed limits, determination of usage areas, explanation of usage conditions and guiding signs create awareness for both users and other drivers. Thus, the rate of accidents with e-scooter vehicles can be significantly reduced.

- Another dimension that is important in terms of security on the one hand and accessibility on the other is ***spatial conditions.*** The arrangement of urban space for the use of shared e-scooters and other vehicles such as bicycles in the context of micro-mobility improves travel and encourages their use. At the same time, the organization of urban space ensures order and prevents chaos. The prerequisite for the efficient operation of shared e-scooter systems is spatial and infrastructural arrangements. In particular, the structure and properties of the surface materials found in street networks and the physical boundaries of the areas used by vehicles and pedestrians are not suitable for the use of e-scooters. For example, the radii of e-scooter vehicles with small wheels do not match in places such as streets where the surface is made of cobblestone or slabs, or in areas where tram tracks are located. Consideration of spatial arrangements with equipment such as travel area, parking areas, charging stations encourages the use of shared e-scooter systems.

The effective realization of the journey by considering the shared e-scooter systems holistically in the context of ecological, economic, spatial and driving conditions will have the potential to reduce the use of private cars in the context of urban mobility and will reveal systems that will support sustainability. E-scooter systems, which are suitable for use in short distances, can have significant effects on reducing vehicle journeys when evaluated in the context of the first mile-last mile based on the journey distance.

According to the results of a survey conducted by NHTS (National Household Travel Survey) in 2017, 60% of vehicle journeys take place less than 10 kilometers away. This highlights the importance of using e-scooter systems for short distance journeys in terms of reducing vehicle use. Shared e-scooter systems are characterized as the most suitable solutions for short trips with their size, speed, maneuverability and easy management features. Although e-scooter vehicles are an alternative for journeys generally up to 3-6 kilometers, it is anticipated that it will have a potential by creating positive contributions for sustainability in urban mobility when it replaces private automobile travel at this distance. This potential is explained by the statistics revealed as a result of studies conducted in European and American cities. For example, it has been stated that 24% of trips made in the UK are shorter than 3 kilometers. It is expected that this situation will increase the possibility of using shared e-scooters and proportionally reduce the use of private cars. This situation is similar in American cities. According to the studies, it was concluded that 68% of the journeys were shorter than 1.5 kilometers in the data system based on several American cities (Weschke et al. 2022; Glavic et al. 2021). The results create positive effects for the dissemination of shared e-scooter systems, as well as highlighting their integration with public transport. Other studies based on different cities are as follows (Department for Transport, London, 2019);

- As a result of the studies carried out in Paris, it is among the results that 23% of the journeys are supported by another transportation vehicle such as shared e-scooter systems, and 66% are realized by public transportation systems. This situation is effective for the dissemination of shared e-scooters and their integration with public transportation systems.
- As a result of the surveys conducted in Helsinki, approximately 14,500 vehicle journeys were analyzed and 3% of the participants stated that they did not have an adequate and cost-effective alternative in the form of public transportation. Most of the journeys take up to 1.4 kilometers and walking and cycling are shown as alternatives to public transportation systems. In contrast, about 35% of private car uses are made within short distances of up to 500 meters and are usually located in movement areas where walking is dominant. This situation is seen as a reason for the spread of shared e-scooter systems in Helsinki.
- In a survey conducted in Portland, 34% of city residents and 48% of visitors stated that they prefer shared e-scooters instead of using private cars or taxis. On the other hand, 6% of the respondents stated that they abandoned the use of vehicles completely and turned to the use of e-scooters.
- In a study conducted in Arlington, 52% of respondents said that since they started using e-scooters, they have used shared vehicle systems such as private cars, taxis or Uber less. However, although the attitude towards driving was positive in this survey, alarming results were also obtained. 44% of the participants stated that they reduced cycling and 28% stated that they reduced walking and used e-scooters instead.

As seen in the studies conducted in Arlington, the use of e-scooter vehicles, when used on foot or when preferred individually instead of public transportation systems, starts to cause harm instead of contributing to sustainability. Therefore, which mode of transportation is used as an alternative becomes an important issue. Although this situation is directly related to the city form and settlement models, it can be said that the organization of the urban space also determines the vehicle to be traveled. Therefore, the way e-scooter systems are located and used in the space can lead to opportunities as well as to crises.

E-scooter systems, which are in the dilemma of opportunity and crisis, also have spatial effects. This situation not only directly affects pedestrian mobility but also determines the level of accessibility. Many of the shared e-scooter systems are used in the mobility of daily life, and it is aimed to go to work, school or spend time in recreation areas on these journeys. The space used in this context is public spaces that belong to both everyone and no one. Discussions of shared e-scooter systems on access to public spaces and social equality with public space sharing have been going on for a while. Unused shared e-scooters create disorder in public spaces and prevent pedestrian mobility. At the same time, it poses a danger to pedestrians due to careless driving and non-compliance with traffic rules during the journey. Tuncer et al. (2022), this situation was interpreted in the context of the visibility of e-scooter systems in the urban space and the changes created by their location in the space are expressed as new, unstable and difficult to predict, and it is also stated that there is competition in public space between pedestrians and e-scooter vehicles. One of the reasons for this situation may be that the usage areas of e-scooter vehicles are not clearly defined.

The places of use of shared e-scooter vehicles can often be sidewalks, bicycle lanes or streets. All e-scooter systems / initiatives on a national scale impose certain limitations for their usage areas, but all are located on the streets where they use the same floor as the vehicles. E-scooter vehicles can be used on roads with a speed limit of 40-50 km/h, and their use is prohibited on pavements where pedestrian mobility is intense. However, e-scooter vehicles, which are usually left on the street, on the pavement or in public areas such as squares, restrict pedestrian mobility. At the same time, it causes disorder and creates a barrier in terms of accessibility for urban residents with any disability. At the same time, e-scooter users sharing the same floor with vehicles often lead to negative consequences in terms of safety, and it is seen that most of the accidents with e-scooters occur on these roads. The sharing of the same floor by the vehicles that share the same floor and the city residents who use e-scooters in a vulnerable way causes spatial disorder and lack of coordination, while at the same time brings injustice. Separated lanes, such as bicycle lanes, which create great effects with small interventions in the space, should also be adopted for shared e-scooter vehicles, and all necessary spatial arrangements should be made. As a result of the interventions that are not included in the space, the residents of the city do not have enough awareness of use. Spatial interventions, social awareness, speed limits and usage patterns are closely related to the legal administrative framework adopted by countries and cities.

Each country, the cities of the countries and the local governments of the cities determine the legal administrative framework for the use of micro-scale shared e-scooter systems in urban mobility and pay attention to the regular use of these systems with the necessary bans and permits. When analyzed on a national scale, there is the "Electric Scooter Regulation", which was prepared under the supervision of the Ministry of Transport and Infrastructure and the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change and published in the official newspaper on April 14, 2021. Within the scope of the regulation, there are statements regarding the reasons for preference of e-scooter use, areas of use in urban mobility spaces, points to be considered during use, principles to be considered during the parking phase after use, and the characteristics of e-scooter vehicles. In particular, speed limits during use and age regulations regarding users come to the fore, while providing the user's safety, on the other hand, a perspective is drawn regarding its use in a way that does not hinder pedestrian mobility. There are also regulations regarding usage areas. Its use is prohibited, especially on pavements with active pedestrian movement, and pedestrian safety is also considered. In addition to the prohibition of use on pavements, which are among the principles adopted in terms of spatiality, they are also allowed to be used on certain roads. These roads are the roads where the vehicles have speed regulations and are generally determined as 30-50 km/h, but no other criteria have been determined. With the effect of the COVID-19 process, e-scooters are used in the streets that are determined as "slow, green or pedestrian friendly, but it is seen that the criteria such as the pavement of these roads and the necessity of being separated lanes have not yet been evaluated within the scope of the administrative framework, although they are in some of the European cities. This is also related to the existence and design of parking spaces. While the areas where e-scooter vehicles can park in European cities, especially in historical areas, are determined with small interventions, these infrastructure works continue in the USA, but there is no clear information about these studies in Turkey yet. In this context, considering the European countries, France has determined some rules for shared e-scooter systems used in urban mobility and has drawn borders within the framework of the regulation. There are also regulations regarding e-scooter systems in the decree on urban transportation modes, which was prepared by the Ministry of Interior and Transport in France and entered into force as of September 2019. The use of e-scooters is very common in France, especially with the regulations introduced in 2019 and later. It was decided to ban the use of e-scooters outside the defined residential areas; It is allowed to be used on roads that are described as green and on bicycle paths. At the same time, in cities such as Paris, the use of e-scooters in bus lanes is allowed, provided that it is controlled. However, in all these areas, e-scooter users are obliged to obey the rules such as red lights, one-way roads, giving priority to the right lane, just like a vehicle user. In cases such as excessive speed, use of e-scooters in prohibited areas, and non-compliance with the rules, users are penalized with fines (Christoforou et al. 2021). When examined throughout France, the use of e-scooters in pavement areas is provided by the municipal administration. If a municipality has prohibited the circulation on the sidewalks, users who do not comply with this rule are fined (Sokołowski, 2020). Some principles have been determined for parking on the pavements as well as the prohibition of circulation. In the context of urban mobility in regions such as Paris throughout the country, areas have been defined for parking after the e-scooter ride. In the city of Paris, approximately 2,500 private free parking spaces defined for scooter vehicles have a capacity of approximately 15,000 vehicles. At the same time, areas where vehicles such as motorcycles are parked are also used. A scooter driver parked on pavements or other permitted areas within urban transport spaces is penalized with a fine. Restricting the parking authorization only to designated areas ensures that the mobility takes place in an orderly manner and encourages their use by defining spatial points for shared e-scooter systems, facilitating their access. At the same time, defining the designated areas for e-scooter vehicles during the journey and imposing penal sanctions in case of not paying attention also reduce the security concerns for e-scooter systems; provides a more comfortable and safe journey.

All of these affect the city dwellers, who are constantly on the move to reach work, school or activities in their daily lives, and shape user preferences in the context of pedestrian mobility in addition to security - accessibility - spatial arrangements. Beyond the axles and networks used during the journeys, the "why, with whom, where and when" the journey is and what kind of spatial relations it establishes create user preferences and gain importance in the selection of the vehicle to be made. Therefore, it is seen that not only the movement, but also the attitudes and perceptions of the residents of the city gain importance as the journey changes from one location to another. It shapes the travel behaviors of the users according to the cost and usage purposes as well as their personal characteristics. In this context, the characteristics of the user such as age, gender, ethnicity determine their behavior while traveling. While the income status of the user is considered as a factor, at the same time, usage fees and transfers in urban mobility systems are also considered important. The purpose of use, on the other hand, has important effects on travel behavior and is often described as the factor that determines the type of transportation. Different cultures and changing geographical locations also affect usage. Therefore, on the one hand, the individual characteristics of the users affect their travel behaviors, on the other hand, the spatial conditions also affect the individuals and their preferences. Mobility factors in connection with the city form, the duration of travel and the accessibility of the space affect travel behaviors. In this context, the distance of the user from the reference location to the location to be reached and the location of these locations in the city form become important. The time traveled is affected by this location and distance, and the physical arrangements in the space also shape the travel behavior of the user during this time. All these issues can be described as sub-factors that are considered in any journey for any purpose in the daily lives of the city dwellers. However, in addition to these factors, some features may be preferred for the use of shared e-scooter vehicles. For example, the presence of segregated lanes discussed above when examining spatially and their continuity in the journey to the destination are one of these factors. Traveling with separated lanes avoids driving on the pavement and in heavy traffic and reduces users' safety concerns.

The individual characteristics, living conditions and experiences of urban residents are another issue in preferring shared e-scooter vehicles. For e-scooter vehicles, which are used with a standing steering wheel control on two wheels, the experiences of the users and their openness to innovation affect the intention and tendency to use it. At the same time, the state of anxiety in relation to safety during the journey is also related to this situation. On the other hand, since e-scooter trips are trips that are in direct contact with the environment and there are no obstacles between the user and the built environment, the perceived safety while driving becomes important. For this reason, the design of e-scooter vehicles and the spatial organization in their usage areas are among the factors that affect user preferences. Another issue related to spatial organization is infrastructure arrangements. Although the reserved lanes are included in these infrastructure regulations, the parking areas, the charging status of the vehicles and the usability and comprehensibility of the mobile application they provide to the users are among the factors that affect it. Shared e-scooter systems, which represent a new and innovative form of mobility, also evoke a healthy lifestyle. Encouraging walking and providing low-emission journeys are the preferences of city dwellers to adopt a sustainable life. At the same time, motivation for physical activity is among the factors affecting use (Popova, Zagulova, 2022). The fact that shared e-scooter systems are more flexible, cost-effective and easily accessible compared to private vehicles is also among the factors affecting user preferences; gaining popularity creates positive effects in terms of awareness. This situation also ensures that there is an awareness about the traffic rules adopted by the legal and administrative framework.

There are many studies conducted with the survey technique by creating hypotheses in the context of shared e-scooter systems and travel behaviors, and they measure the above-mentioned factors with the city residents and reveal them with the survey method. They generally proceeded to prove these hypotheses by forming hypotheses on the effects of shared e-scooter systems on travel behavior. In this paper, Scopus presented the key concepts of “shared scooter, impacts of shared e-scooters on travel behavior” in databases such as Web of Knowledge, and within a framework of research in the interactive literature.

- Oztas Karli et al. (2022), based on a survey study, it was seen that the primary factor affecting travel behaviors was **social influence.** In addition to the past experiences of individuals, their social environment also affects their intention to use. In this study, the sharing of experiences of urban residents living in the same regions positively affected user preferences and determined each other's intentions. At the same time, the shares of users on social media also affect each other and increase the popularity of shared e-scooter systems, while gaining new users for use. This situation supports a socially innovative structure and positively affects the usage preferences of individuals by foreseeing being open to innovations and technological developments. This is confirmed in the hypothesis and questionnaire-based study by Popova and Zagulova (2022). They stated that the attitudes of close and important people or the society towards the use of e-scooters will personally affect the predictions of the city residents about the journey (Popova and Zagulova, 2022).

- Another factor is Oztas Karli et al. (2022), it is expressed as **effort expectancy.** Shared e-scooter systems are used via a mobile application on a smartphone, and the journey ends with this application at the end of the ride. Therefore, an innovative system based on technology is taken as a basis, and the less effort is spent while using technology in this system, the more positively user preferences are affected. The fact that a technology that is new to the society requires little effort actually brings with it the intention to use the technology (Makayenza and Mutambayashata, 2018).

- As a result of research, **cost of use** is among the factors affecting travel behavior. Shared e-scooter systems, which are generally created to provide cheap transportation to city residents in European and American cities, allow businesses to increase their reach. However, when it is more costly than traveling with private cars or vehicles, user preferences are negatively affected; In this case, the comfort of the journey emerges in relation to the cost. Therefore, the pricing policies of shared e-scooter systems become important. Kapser and Abdelrahman (2020), Smith and Schwieterman (2018), and Öztaş Karlı et al. (2022) reached findings to support this situation in their studies and revealed that shared e-scooter systems will most likely not be used when the price is high. Related to this issue, Glavic et al. (2021), it was revealed that the income levels of the users affect the preferences of using shared e-scooter systems.

- Ain et al. (2015), Baptista and Oliveria (2015), Owusu Kwateng et al. (2019), Nordhoff et al. (2020), the fact that the **conditions of the place** are facilitating during the e-scooter journey affects user preferences positively. Oztas Karli et al. (2022), although it is revealed that facilitating conditions do not have a significant effect, spatial arrangements such as the presence of charging stations, informative signage, separated lanes and parking areas facilitate the use of shared e-scooter systems and encourage an efficient journey for users. The absence of these infrastructures prevents the adoption of micro-mobility systems, reduces their use and prevents sufficient awareness in the society. Therefore, improvement of existing infrastructure systems for the use of e-scooter systems requires spatial arrangements. However, in the study conducted by Popova and Zagulova (2022), it is stated that the conditions that will prevent the development of e-scooter systems in urban mobility should be known and therefore the preliminary experience of the city residents is important. They revealed that conditions such as road quality and infrastructure are one of the factors that determine the preferences of users in terms of prior experience.

- One of the factors determined as a result of the research is shaped within the framework of **environmental awareness**. There are users who turn to shared e-scooter systems in line with the desire of city residents to reduce their carbon footprint and to spend their daily lives in the context of sustainable mobility. This is the case in Kopplin et al. (2021), Wang et al. (2020) studies, there are also analyzes in which environmental awareness does not affect travel behaviors. Fu et al. (2019), Li et al. (2019), Wang et al. (2011), Popova and Zagulova (2022) argue that although shared mobility is associated with a more responsible attitude of city residents towards environmental problems and the creation of more favorable environmental conditions by reducing the personal use of internal combustion engine vehicles, it is not a determining factor. they have submitted. Wang et al. According to (2020), as the awareness of environmental sustainability increases, the tendency of urban residents to use shared systems also increases. However, the adoption of the collect-charge-distribute logic of some e-scooter systems leads to higher emissions; On the other hand, it has positive effects by providing replacement of some systems with on-site backup batteries. Therefore, no trace of a clear determining factor was found in this regard. However, it can be described as an influencing factor.

In addition to all these findings, there are some determining factors in the context of travel. Variable factors such as the purpose of the journey, the time of the journey, the distance to the destination also affect the travel behavior of the city residents in the use of shared e-scooter systems. When evaluated in this context, spatial conditions and infrastructure features affect the use of shared e-scooter systems, while the individual characteristics and experiences of urban residents are among the factors that affect them. Therefore, all conditions and features should be evaluated with the residents of the city and shared e-scooter systems should be evaluated with a holistic approach and user-oriented principles, and the driving conditions should be evaluated in the local context and improved in specific conditions.

Conclusion and Recommendations

As a result, some suggestions can be made in the light of the above evaluations and by making use of the key concepts of "shared scooter, impacts of shared e-scooters on travel behavior" in databases such as Scopus and Web of Knowledge, and the results and inferences obtained from the literature studies conducted within the scope of interactive research.

- Shared e-scooter systems first become widespread and then become legal. In this process, spatial arrangements are also delayed, and a system that can potentially be used effectively causes different problems in different layers. This situation brings with it the lack of coordination and planning. After gaining its popularity in Turkey, it is seen that some regulations have begun to be made. In some countries, such as Italy, shared e-scooter vehicles underwent a trial period before being accepted, and some restrictions and controls were determined for safety in this process. Establishing systems that are planned, experience-oriented and that will ensure mobility safely should be done by foreseeing spatial arrangements.

- In many cases, it has been analyzed that e-scooter systems are used to reach public transportation vehicles or to serve as a complement in between. In this context, their integration with rail systems is especially important, and a more coordinated mobility system should be created with the parking spaces to be found at the stops.

- Many passengers actually opt for private car ownership when it is not experience-oriented or cost-effective. On the other hand, they are the systems preferred by city residents using pedestrian and public transportation. Therefore, while gaining passengers and potential, on the other hand, it causes different problems by taking passengers from more sustainable systems. In this context, pricing policies should be managed effectively.

- In pricing policies, the distance factor should be regulated to affect the usage preference. For example, policies should be developed such that higher fares in short distances, more convenient in medium distances, and integration with public transportation in long distances.
- Today, on the one hand, street materials for pedestrians are diversified, on the other hand, mass transportation systems such as rail systems are being developed. However, for e-scooter systems that are considered as potential, this situation does not provide suitable driving conditions and prevents their use. Thus, these systems turn into crises and create security concerns as well as causing disorder in the space. The spaces, which are planned to be considered holistically, will provide the appropriate ground for the use of all systems. For example, separated strips designed and applied by determining standard sizes are one of the solutions. At the same time, the design of common or shared areas with small interventions in the space will provide a sustainable urban mobility by bringing different flooring and rules with the same infrastructure and technical features.

Keywords: *Urban mobility, accessibility, travel behaviors, shared e-scooter systems, spatial organization.*

Kaynakça / References

Ain, N., Kaur, K., Waheed, M., 2015. The influence of learning value on learning management system use: An extension of UTAUT2. Inf. Dev. 32, 1306–1321. https://doi.org/10.1177/0266666915597546.

Baptista, G., Oliveira, T., 2015. Understanding mobile banking: The unified theory of acceptance and use of technology combined with cultural moderators. Comput. Human Behav. 50, 418–430. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.04.024.

Christoforou, Z., Gioldasis, C., de Bortoli, A., Seidowsky, R., 2021. Who is using escooters and how? Evidence from Paris. Transp. Res. Part D 92, 102708. https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102708.

Department for Transport. Future of Mobility: Urban Strategy; Department for Transport: London, UK, 2019.

Ertoy Sarıışık, B. ve Yalçıner Ercoşkun, Ö. (2021). Dünyada ve Türkiye'de Mikro Hareketlilikte E-Scooter Sistemleri, Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2(1), 72-94.

Fu, L., Sun, Z., Zha, L., Liu, F., He, L., Sun, X., Jing, X., 2019. Environmental awareness and pro environmental behavior within China's road freight transportation industry: Moderating role of perceived policy effectiveness. J. Clean. Prod. 252, 119796 https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119796.

Glavi´c, D.; Trpkovi´c, A.; Milenkovi´c, M.; Jevremovi´c, S. The E-Scooter Potential to Change Urban Mobility—Belgrade Case Study. Sustainability 2021, 13, 5948. https://doi.org/10.3390/su13115948

Hardt, C., & Bogenberger, K. (2019). Usage of e-Scooters in Urban Environments. Transportation Research Procedia, 37(September 2018), 155–162. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.178

Irfan, U. (2018, September 7). Electric scooters' sudden invasion of American cities, explained. Vox. https://www.vox.com/2018/8/27/17676670/electric-scooter-rental-bird-lime-skip-spin-cities

Kapser, S., Abdelrahman, M., 2020. Acceptance of autonomous delivery vehicles for lastmile delivery in Germany – Extending UTAUT2 with risk perceptions. Transp. Res. Part C 111, 210 225. https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.12.016.

Li, J., Zhang, D., Su, B., 2019. The impact of social awareness and lifestyles on household carbon emissions in China. Ecol. Econ. 160, 145–155. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.02.020.

Ma, Q., Xin, Y., Yang, H., Xie, K. (2022). Connecting metros with shared electric scooters: Comparisons with shared bikes and taxis. Transportation Research Part D 109 (2022) 103376. https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103376

Moralıoğlu, B., Cenani, Ş. & Çağdaş, G. (2021). Paylaşımlı e-scooter yerleştirmeye yönelik bir karar destek sistemi: istanbul için vaka çalışması. JCoDe: Journal of Computational Design, 2(2), 127-148. https://doi.org/10.53710/jcode.978704

Nordhoff, S., Louw, T., Innamaa, S., Lehtonen, E., Beuster, A., Torrao, G., Bjorvatn, A., Kessel, T., Malin, F., Happee, R., Merat, N., 2020. Using the UTAUT2 model to explain public acceptance of conditionally automated (L3) cars: A questionnaire study among 9, 118 car drivers from eight European countries. Transp. Res. Part F Psychol. Behav. 74, 280–297. https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.07.015.

Owusu Kwateng, K., Osei Atiemo, K.A., Appiah, C., 2019. Acceptance and use of mobile banking: An application of UTAUT2. J. Enterp. Inf. Manag. 32, 118–151. https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2018-0055.

Öztaş Karlı, R.G., Karlı, H., Çelikyay, H.S. (Investigating the acceptance of shared e-scooters: Empirical evidence from Turkey. Case Studies on Transport Policy 10 (2022) 1058–1068. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.03.018

Popova, Y.; Zagulova, D. Aspects of E-Scooter Sharing in the Smart City. Informatics 2022, 9, 36. https://doi.org/10.3390/informatics9020036

Smith, C.S., Schwieterman, J.P., 2018. E-scooter scenarios: Evaluating the potential mobility benefits of shared dockless scooters in Chicago. Chaddick Institute Policy Series, Chicago, IL.

Wang, Z., Xue, M., Zhao, Y., Zhang, B., 2020. Science of the total environment trade-off between environmental benefits and time costs for public bicycles: An empirical analysis using streaming data in China. Sci. Total Environ. 715, 136847 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136847.

Weschke, J., Oostendorp, R., Hardinghaus, M. (2022). Mode shift, motivational reasons, and impact on emissions of shared e-scooter usage. Transportation Research Part D 112 (2022) 103468. https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103468

Presentation ID / Sunum No:66

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7883-6604

Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinin 1972 Proje Yarışması Tasarımı ile Günümüz Yapısının Standartlaşma Bağlamında İrdelenmesi

Arş.Gör. Sema Kızılelma[1] , Arş.Gör. Hatice Özler[1]
[1]Atatürk Üniversitesi

*Corresponding author: Sema Kızılelma

ÖZET: *Yöneticiler ya da yatırımcılar açısından proje elde etme yöntemlerinden birisi olan, mimarlar için ise iş alma olanağı olarak değerlendirilen yarışmalar, günümüzde de güncelliğini korumaya devam etmektedir. Günümüze ulaşan birçok yapı yarışma projeleri sonucunda elde edilmiştir. Erzurum Atatürk Üniversitesi kampüsü başta olmak üzere birçok fakülte yapısı açılan yarışmalar sonucunda belirlenen kazanan projelerin yapımlarıdır. Bu kapsamda 1972 yılında Bayındırlık Bakanlığı tarafından açılan Erzurum Atatürk Üniversitesi 200 kişilik Laborant ve Tıbbi Teknisyen Okulu ve Diş Hekimliği Fakültesi tasarım yarışmasının süreç analizi yapılmıştır. Bu analizde yarışmanın sonuç ürünlerinden birinci olan proje mimari planlama ve mekânsal özellikler açısından ele alınmış ve günümüz fakültesinin mimari özellikleri, yapısal müdahaleler, bünyesinde meydana gelen dönüşümler ilk yapım projesi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu sayede güncel olarak mimarlık dünyasında önemli bir yere sahip olan yarışmalar ve sonucunda üretilen yapımların, geçmişten günümüze yaşadıkları değişimler ortaya konmuştur. Bu değişimlerin olumlu ve olumsuz yansımaları toplum ve mimarlık üretimleri bağlamında tartışılmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *proje yarışması, standartlaşma, dönüşüm, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi*

Examination of Atatürk University Faculty of Dentistry in the Context of Standardization With the Design of the 1972 Project Competition

ABSTRACT: *Contests, which are one of the methods of obtaining projects for managers or investors, and which are considered as a job opportunity for architects, continue to be up-to-date today. Although there is a lot of discussion about the categories, juries, results and periodic specification changes of architectural competitions, many buildings that have survived to the present day have been obtained as a result of competition projects. Many faculties, especially Erzurum Atatürk University campus, are the productions of the winning projects determined as a result of the competitions. In this context, the process analysis of the Erzurum Atatürk University 200-person Laboratory of Laboratories and Medical Technicians, and the Faculty of Dentistry design competition was made. In this analysis, the first project of the competition was discussed in terms of architectural planning and spatial features, and the architectural features of today's faculty, structural interventions, and the transformations that took place within it were evaluated in comparison with the first construction project. In this way, the competitions that have an important place in the world of architecture and the changes that the productions produced as a result from the past to the present have been revealed. The positive and negative reflections of these changes are discussed in the context of society and architectural productions.*

Keywords: *Project Competition, Standardization, Transformation, Atatürk University Faculty of Dentistry*

1. INTRODUCTION

Within the scope of the study, it is aimed to deal with the functional and structural changes and transformations of the structures produced as a result of architectural design/project competitions involving Erzurum Atatürk University campus and faculties, from the first construction to the present, in terms of standardization and alienation from the architectural society. Among these competitions, the Faculty of Dentistry, which was announced by the Ministry of Public Works in 1972, was discussed in detail. Starting from the first design stage of this faculty building, the application processes, current situation and the last additions, removals and spatial transformations were examined. As a result of these, it is aimed to read these changes through standardization and to reveal their effects in terms of the relationship between the society and the architectural environment and their alienation from each other. In this way, the competitions that have an important place in the world of architecture and the changes that the productions produced as a result from the past to the present have been revealed. The positive and negative reflections of these changes are discussed in the context of society and architectural productions.

While the history of architectural competitions dates back to 1800 (Sudjac, 2006) in the world[1], it goes back to the first years of the Republic nationally[2] (Cezar, 1991). Atatürk University Faculty of Dentistry architectural project competition, which has an important place among the project competitions that gained momentum in the Republican period, was announced by the Ministry of Public Works in 1972.

The main jury members are Maruf Önel, Doğan Tekeli, Rahmi Bediz, Ersen Perakendesizoğlu, Ali Terzibaşoğlu; Esen Bolak, Hilmi Beyazıt and Demirtaş Kamçıl were the substitute jury members, while the advisory jury members were Uğur Alkım, Nihat President, Muzaffer Kürkçüoğlu, İbrahim Ulualp, and Oktay Cengiz. Oya Güngen and Arif Feridun gave the first, second and third prizes as well as five honorable mentions at the end of the competition. The project, whose designers are Nişan Yaubyan, Osep Sarrafoğlu and Güntekin Aydoğan, was awarded the first prize.

According to the jury report;

- Less storey arrangement of the faculty design by utilizing topography (using slopes),
- Creating a volume in accordance with the characteristics of the faculty and laboratory units and placing them on the topography,
- The main function spaces are clearly differentiated from the others and internal relations are established with the side programs,
- Considering the climatic characteristics of the city, which is the subject of the design, it is protected from the prevailing wind at the entrances,
- Its success in scaled architecture and system detail,
- Low initial investment, maintenance and implementation costs of the project,
- It has an easy-to-build and applicable structure,
- Its negative aspects can be easily converted and updated,

For this reason, it was seen more positive than other projects and won the first place.

[1] The architectural competition opened for the reconstruction of the Palace of Westminster after the British Parliament was destroyed by fire in the fire in 1832 is the first competition in Europe.

[2] Mustafa Cezar states that the first architectural competition held in Turkey was the summer residence of the British Embassy in Tarabya in 1867. Due to the unfavorable conditions of Turkey, the competition was held in England. However, there is no information about the implementation of the winning proposal. According to Süha Özkan, a Turkish-German friendship foundation competition was organized in 1916. It is known that Architect Vedat Gentleman and Architect Kemalettin Gentleman from Turkey were also jury members for this competition. The names of Paul Bonatz, Martin Elsaesser, Theodor Fischer, Hans Poelzig and Bruno Taut can be found among the participants of the competition. According to Afife Batur, the first competition of the Republican era was the Ankara City Plan limited project competition held in 1927. This competition is the first competition for foreign architects to participate.

2.COMPETITION ARCHITECTURE APPROACH OF THE PERIOD (1970 – 1980)

As of the year the Faculty of Dentistry building was built (1972), with the effect of the Cold War (1950-1980) in which it was located, the structures designed in an international style, which increased in the world after the Second World War, started to become widespread in Turkey as of the 1950s. In this period, modern designs began to be applied by gaining diversity. In the competition specifications and jury reports[3] of the period, instead of the cost reduction demanded in the past, the value-added status of the project started to be demanded.

In addition, being sensitive to the environmental scale and historical texture of the projects is among the subjects requested in the building designs in the competitions. As a result of the emergence of the idea of realizing environmental awareness and design approaches considering the environment since the 1970s, it is seen that motor vehicle and pedestrian transportation are also integrated into the projects.

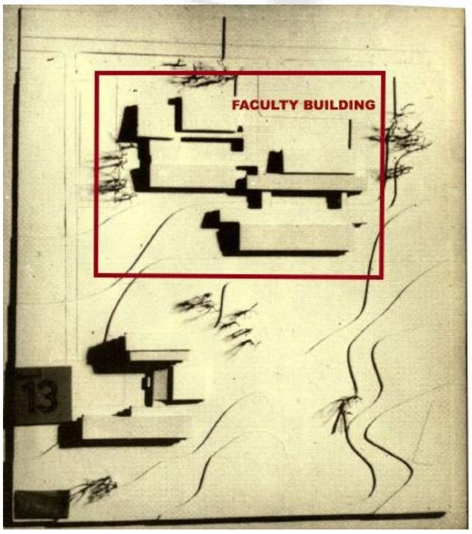
Üstün Alsaç, in his periodical classification in his article published in the November – December issue of Architecture Magazine, evaluated the period between 1960 and 1973 as the periods when Turkish architecture started to focus on social problems. When we look at the application part in the period when scientificity increased in terms of architectural thought, we can talk about a period in which university buildings were at the forefront.

Although the form effects between the years 1960-73 were not very different from the previous period, it can be said that in addition to examples such as inflatable structures and geodesic domes in countries with high technological development levels, a form understanding suitable for the economic level in Turkey was effective in the architectural environment.

The "brutalism" (architectural style in which building materials and construction are used grossly and without concealment) can be given as an example of this discourse in practice. Depending on the general industrialization, the building tools and materials industry also started to develop in this period.

3.INFORMATION ON THE CONSTRUCTION PROCESS

Atatürk University Faculty of Dentistry was established in 1971 as the sixth faculty of the university. During the foundation years of the faculty, Numune Hospital started to serve in Şerif Efendi Polyclinic, but when it was difficult to meet the student and training needs over time, the faculty was moved to the first floor of the eastern bloc of the Chest Diseases Hospital in 1974.



Picture 1. Faculty of Dentistry project mockup (journal of architecture, 1972, issue 102)

Picture 2. Faculty of Dentistry site plan (2022, google earth)

[3] This conclusion was reached as a result of the compilation of İ. Aydın Meltem's competition specifications and reports examined between 1930-2010. The specified reports and specifications cover the documents between 1950-80.

The Faculty of Dentistry, whose competition project was opened a year after its establishment, continued to provide education in different polyclinics and hospitals between 1971 and 1975, while the foundation of the building, which is still in use today, was laid in 1975 in the Atatürk University campus. The faculty moved to its own building on the university campus on November 5, 1979.

Picture 3. View of Faculty of Dentistry annex building (First built in 1999) (2016, Nezihat Güneş archive)

In order to meet the increasing demands for health services over time, to create spaces suitable for the needs of the departments that have undergone restructuring, and to make transformations that can meet the needs of the increasing number of students such as all kinds of education, social facilities, technical infrastructure, laboratory and application areas, the building marked in Picture 2 was added next to the existing building in 1999. The appearance of this building in 2016 is as in Picture 3. Annex; It consists of five floors: basement, ground floor, four normal floor plans and attic.

4.INFORMATION ON THE IMPLEMENTATION PROCESS OF THE BUILDING

The construction of the project, which was selected first as a result of the competition in 1972, started in 1975 by laying the groundwork. The project was completed and delivered in 1979 at the end of 4 years and the faculty in the Chest Diseases Hospital was moved to the university campus.

Due to the lack of resources for the period between 1979-1999, it is not known whether a spatial or structural application was made in the building. However, when the first stage competition project and the additional building plans made in 1999 were examined only on a structural basis (based on the external contours of the building)[4], some changes were made.

In the 1972 competition project plan, the building - diagnosis polyclinic - central x-ray - pathology laboratory - patient entrance and reception section consisting of large and small waiting areas, - patient care unit - operating room - surgery clinic room - offices - associate professor and professor rooms - surgery units The department was formed by combining four different units, namely - classrooms - multi-purpose hall - library - educational and social facilities with parts and the dean's office with units belonging to the dean's office (Figure 1).

[4] Plan changes in the last 10-15 years have been observed since 1975, the first year of construction, and since the source of the old constructions could not be reached, only possible structural changes were interpreted on the basis of the outer and inner wall contours of the building.

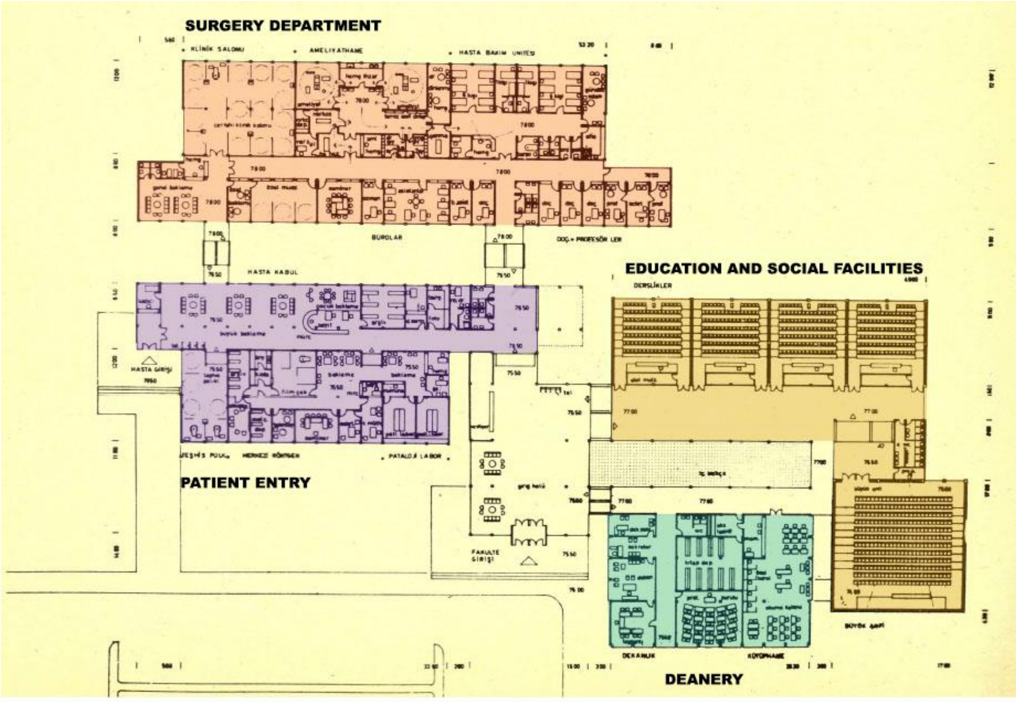


Figure 1. Faculty of Dentistry ground floor plan (1972, journal of architecture, Issue 102, visualized by the author)

In its first construction, the operating room, patient care units and clinical halls in the surgery section were converted into staff rooms in the plan. The other branch of the same surgical department was enlarged by separating the canteen and other staff rooms and an amphitheater was added.

5.CONTEMPORARY STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CONDITION OF THE BUILDING

After the competition opened in 1972, the Faculty of Dentistry and Laboratory Technician School project, the first construction of which was started in 1975, continues its current function under the name "Faculty of Dentistry". The Laboratory and Technician School part named after it has been removed and continues to be used. Although there is no change in its function, unlike the competition project, which is the first design in planning, the use of space varies. In addition, the additional building added for necessity is one of the first additions to the design on the building scale. The building block, which belongs to the first design project above the part where the annex building is located, and which includes the patient entrance, admission and diagnosis polyclinics, as well as the waiting rooms, has not survived. In the existing building, these functions are placed in the plan on the upper level (see 1st floor plan) and are located in the section of the first construction project reserved for education and social facilities. In addition, a passage corridor connecting the two blocks with staff rooms on the ground floor was added to the building later.

6.CHANGES AND TRANSFORMATIONS OCCURING IN THE FACULTY OF DENTISTRY

Structural and spatial transformations that have occurred in the Faculty of Dentistry over the years have been revealed by analyzing the plans. The determination of these changes and transformations, the additions (insufficient spaces) needed for the faculty from the past to the present, the spatial additions needed due to the increase in the number of scientific studies and students, the additions of the windbreakers made to keep up with the winter conditions, the addition of the cafeteria to meet the social needs on site. added additions. In this way, the necessary changes over the years and the spatial transformations that emerged as a result of the needs were determined.

6.1.Spatial Transformations

While the spatial functions of the building were clearly defined with mass separations (educational and social facilities are a block, a dean's office, a patient entrance and reception block and the surgery department clinics and operating rooms connected to it), today the additions made in different periods or subtractions are also prominent. Although there are no clear mass differences in these changes, it has been observed that the function transitions between the spaces are very sharp at some points. A clear boundary and transition cannot be drawn for functions.

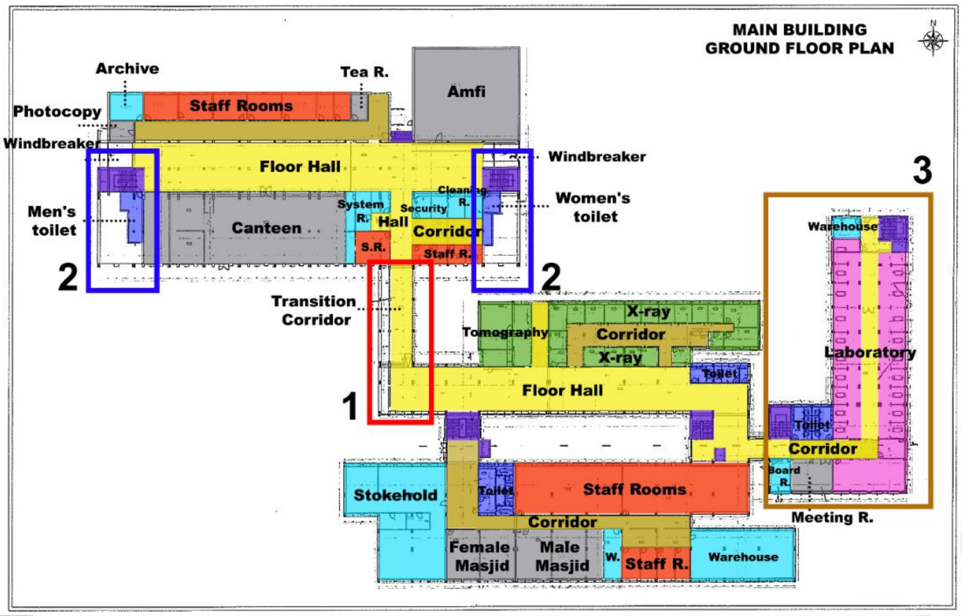


Figure 2. Faculty of Dentistry main building ground floor plan, 2021, current plan (visualized by the author)

In today's main building ground floor plan in Figure 2, academic and administrative staff rooms, which were located in the surgical department mass in the previous planning, are scattered over different masses. In the faculty, which has different masses and transitions, it is observed that personnel rooms suitable for the units located in different branches of the mass are placed in those parts. While the floor halls continue to exist, a transition corridor has been created between the main building, which houses the laboratory, x-ray, tomography and some staff rooms, and the other building, which also includes other staff rooms and auxiliary units such as canteen, lecture hall, photocopy room, archive (Figure 2 – Part 1). The corridor, which is considered as a single floor, provides the connection between the two buildings and strengthens the relationship between the defined functions (Picture 4).

Picture 4. Passage corridor connecting the main building of the Faculty of Dentistry and the building containing the auxiliary units (personal archive, 2021)

Men's and women's toilets have been added to the parts indicated with number 2 in Figure 2, to the east and west of the mass where the auxiliary units are located. To the parts between the toilets and the mass, two windbreaks were added to the floor hall on both sides of the mass (Picture 5).

Picture 5. Two-sided windshield addition to the floor hall of the faculty of dentistry (personal archive, 2021)

The marked part 3, which is indicated on the ground floor plan of the main building in Figure 2, is one of the additional constructions, which is connected to the floor hall of the main mass with a corridor and contains the meeting room and laboratories. The 'L' shaped mass (Picture 6) continues over three floors. The mass used as a laboratory on the first floor is used as a student and lecturer cafeteria on the second floor. It was observed that the dining hall was not included in the initial construction planning. In this sense, when compared with the past planning, the spatial transformation arising after the need for a cafeteria is also revealed.

Picture 6. The laboratory mass in the form of 'L' added to the right part of the first construction project of the Faculty of Dentistry (Figure 2, the part marked with number 1)

The classrooms of the faculty are located on the first floor and there are only five classrooms here (Figure 3 – Part 1). Later, one of these classrooms was converted into a library. The reason why the number of classrooms is so low when compared to other faculties based on the number and density of students can be explained as the use of laboratories is less than the use of normal classrooms due to the fact that the applied courses are more intense.

These classrooms are generally used for theoretical lessons. The corridor leading out of the classrooms opens into a gallery space that overlooks the floor hall leading to the staff rooms on the ground floor. In this way, functional relations established horizontally on the ground floor and vertical relations on the first floor were desired.

Picture 7. The classrooms of the Faculty of Dentistry and the gallery space overlooking the ground floor (personal archive, 2021)

After the classrooms section indicated with number 1 in Figure 3, this block does not go to the upper floor. The other block continues one more floor. In the other block, on the first floor (see Figure 3), there are three separate blocks and cascading transitions between the blocks. In each of these masses, there are clinics with different capacities, such as laboratory clinic, lectern clinic and general clinic (Figure 3 – For part 2 and images, see Figure 8).

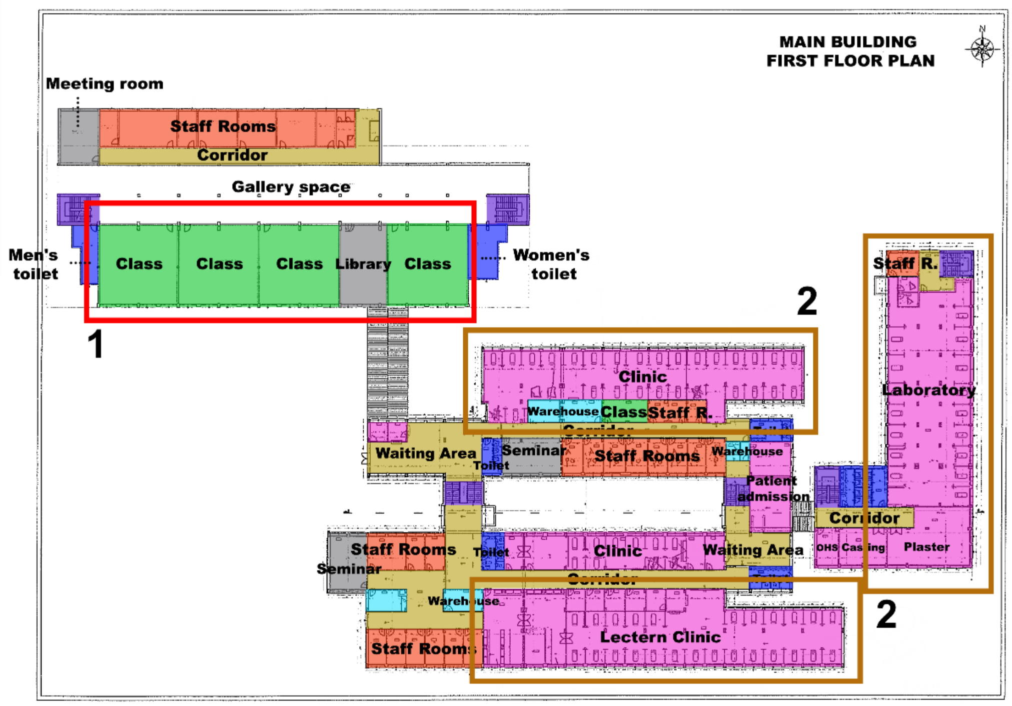


Figure 3. Faculty of Dentistry main building first floor plan, 2021, current plan (visualized by the author)

On the second-floor plan of the main building, only the clinic and the laboratories continue (Figure 4). The clinics on the first floor have maintained their continuity on the upper floor as well. However, the clinics on this floor are differentiated as orthodontic clinic, surgical assistant clinic, student clinic and technician clinic (Figure 4 – Part 1). The laboratory units formed by the 'L' shaped structure on the lower floors are transformed into student and teaching staff dining halls on the second floor (Figure 4 – For part 2 and interior visuals, see Figure 9). There are also seven-room dormitory units on this floor. As on the other floors, the staff rooms do not have a clear space limit on this floor, and they are located in places that are considered necessary among other spaces.

Picture 8. The status of the clinics in the first-floor plan of the main building of the Faculty of Dentistry are empty and during patient treatment (Nezihat Güneş archive)

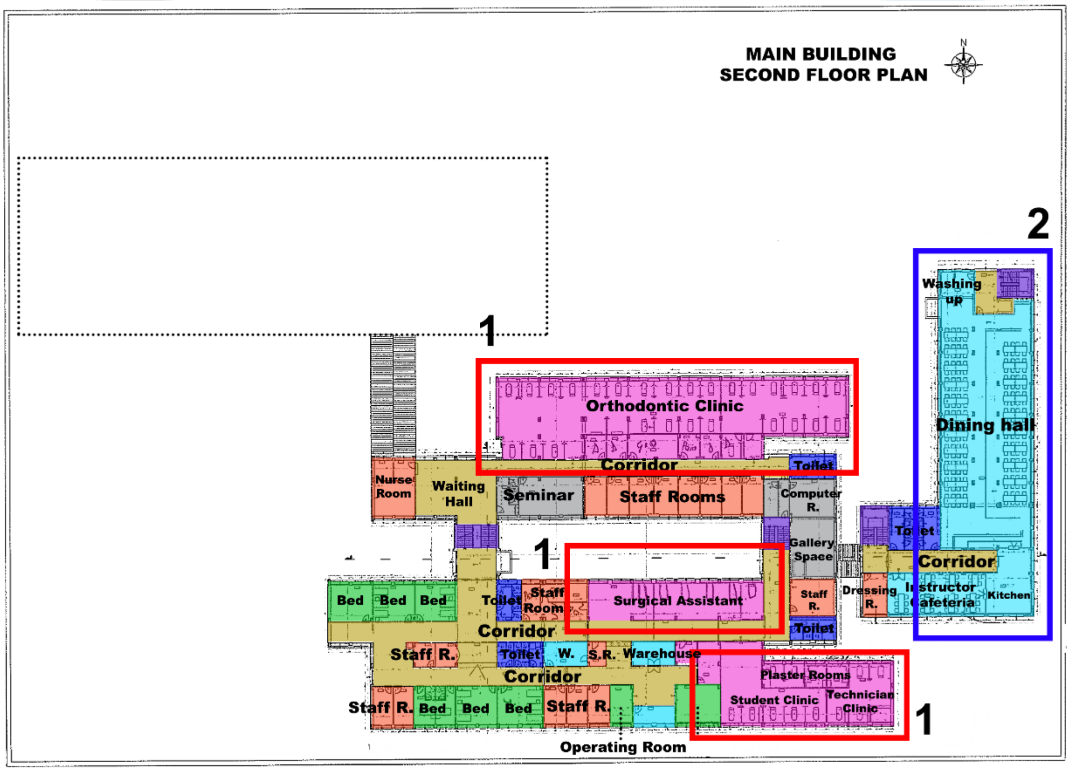


Figure 4. Faculty of Dentistry main building second floor plan, 2021, current plan (visualized by the author)

Picture 9. Faculty of Dentistry cafeteria turnstile section and food distribution area, 2016 (Nezihat Güneş archive)

Picture 10. Faculty of Dentistry inpatient units, operating room and orthodontic clinic interior images, 2016 (Nezihat Güneş archive)

6.2.Structural Transformations

The annex building, which was built in the western part of the building in 1999, maintains its existence today, despite the spatial changes. In addition, unlike the first construction of the building, a laboratory addition was made to the eastern part (the parts indicated with number 1 in Figure 5) (For the visual, see Figure 6). In the same way, the changes made both structurally and spatially from the first construction to the present are observed in the section numbered 2.

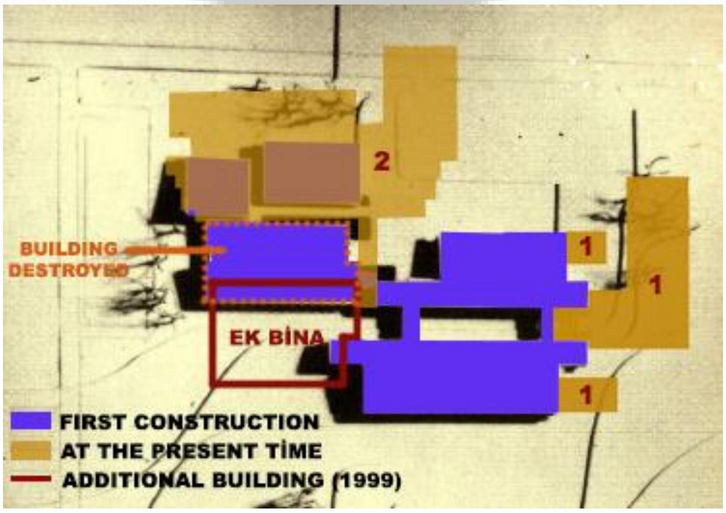


Figure 5. Structural changes from the first construction of the Faculty of Dentistry to the present (periodical supplements were added by the author on the 1972 competition model and visualized.)

The block located on the upper part of the annex building was demolished before the construction of the annex (it is not known exactly in what year). The blue colored blocks in Figure 5 show the mass positioning in the first construction of the faculty. The cream-colored parts on it clearly reveal the structural changes that have occurred since its first construction. In 1999, an additional building was built on the axis of the collapsed mass. The present location of this building is also marked on the site plan (Figure 5).

7.CONCLUSION AND DISCUSSION

Standardization in architecture can be defined as the understanding of construction that incorporates minimum architectural standards and is built in a way that can appeal to any user in any location by breaking the relationship of architecture with context, culture, craft and art (Karakul & Bakırer, 2018). Especially after the industrial revolution, as a result of the increase in mass production and mass consumption, the building productions in the architectural world started to change in this direction. The construction of structures that are disconnected from their context, the product and repetition of a series, has increased. When we evaluate this concept of standardization through the Faculty of Dentistry, whose spatial and structural differences we consider periodically;

- In the structural transformations, the first construction planning was not followed, even if the planning was not followed, due to the relations of the spaces with each other and the different architectural language of the structural integrity, different periodic additions began to form disconnected and monotonous spaces,
- Non-integrated, unrelated spaces occur as a result of spatial transformations by including partial applications without considering all spaces,
- Considering the demolished structure, the reconstruction of a similar block with almost the same square meter on the same axis, a few meters away from the demolished structure, causes both new economic expenditures and the formation of standard spaces that are spatially incompatible with the old,
- The relations between the spaces are broken by additions, subtractions and spatial changes, disrupting the integrity within itself and leading to standardization by causing the building to lose its originality,

results have been reached.

While the monotony, loss of originality and reproduction of spaces lead to standardization, changes in architecture or social structure also cause mutual alienation in architecture and society. In this sense, the changes that occur in the spaces and the periodical differentiations that occur in the architectural structures in general lead to the differentiation of the society and the alienation process from the spaces and architecture. As a result, it prepares the environment for the monotony of living spaces, the emergence of living spaces detached from function, and the making of regulations contrary to human behavior and ergonomics.

While it can be interpreted that the old construction building, which is used as a laboratory mass today, is consistent with other buildings in terms of floor height and facade approach, it is observed that the additional building built in 1999 has been standardized both in terms of floor height and facade approach and tries to keep up with the period. The floor height, which can be claimed to have arisen out of necessity, disrupts the consistency within itself and alienates other buildings when other buildings are considered as a whole building block. In this sense, all kinds of additions, changes and transformations to be made by considering the original construction conditions in their own context while the spaces are being designed will make the spaces and the society related and harmonious within themselves. Any interventions other than this will disrupt the structural, spatial and functional functioning, standardize the society and structures, and alienate spaces and society from each other.

REFERENCES

ALSAÇ, Ü. (1973). Türk Mimarlık Düşüncesinin Cumhuriyet Dverindeki Evrimi. *Mimarlık*(11-12), 12-25, http://dergi.mo.org.tr/dergiler/4/465/6831.pdf

BATUR, A. (1984). *Cumhuriyet Döneminde Türk Mimarlığı* (Cilt 5). İstanbul: İletişim Yayınları.

CEZAR, M. (1991). *XIX. Yüzyıl Beyoğlusu.* İstanbul: Akbank Kültür Yayınları.

DEYAN, S. (2006). *"Competitions: The Pitfalls and the Potentials" in The Politics of Design: The Competitions for Public Projects*. Princeton University.

ERTEN, S. (2018). Bir Kentsel Tasarım Yarışmasının Süreç Analizi: Edirne/Selimiye Örneği ve 'Tarihi Merkezde Araç Yolu Tartışması'. *Planlama, 1*(26), 20-31.

Erzurum Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ve Laborant ve Teknisyen Okulu Mimari Proje Yarışması. (1972). *Mimarlık, 4*(102), 31-36, http://dergi.mo.org.tr/dergiler/4/418/6107.pdf

KARAKUL, Ö. VE BAKIER, Ö. (2018). Tarihi Yapılarda Zanaat-Mimari Bütünlüğü ve Çağdaş Tasarımlarda Sürdürülebilirliği Üzerine Bir Değerlendirme. *Art Sanat*(10), 168-195.

MELTEM, İ. A. (2010). *1930 - 2010 Yılları Arasında Bir Proje Elde Etme Yöntemi Olarak Türkiye'deki Mimari Tasarım Yarışmalarının İrdelenmesi.* Yıldız Teknik Üniversitesi.

ÖZKAN, S. (1975). Türk - Alman Dostluk Yurdu Öneri Yarışması. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1*(2), 177-210.

Archives

Atatürk University Architectural Projects Archive (The current version of architectural plans has been obtained from this archive).

Official Archive of the Faculty of Dentistry Dean's Office (Changes in visuals and building plans were determined based on these data).

Presentation ID / Sunum No:47

Poster Sunum

ORCID ID: 0000-0002-3923-3587

Zeytinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Β -Glukozidaz Üretim Potansiyeli

Araştırmacı Kardelen Erdinç[1] , Prof.Dr. Sait Sargın[2] , Prof.Dr. Elif Esin Hameş[1]
[1]Ege Üniversitesi
[2]Bursa Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Kardelen Erdinç

ÖZET: *Hurma zeytin olarak isimlendirilen bir tür Erkence zeytini (Olea europaea L.), olgunlaşma periyodunda gerçekleşen mikrobiyal büyümeyle β-glukozidaz enzim aktivitesinde artışa sebep olarak fenolik içeriğin yıkımını ve doğal acılık giderimini sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında dalında tatlanan hurma zeytinden endofitik fungusların izolasyonu ve acılığa sebep olan fenolik bileşikleri metabolize etmede rolü olan β-glukozidaz üretim potansiyellerinin araştırılması amaçlanmıştır. Toplanan zeytinler aynı gün laboratuvara getirilmiş, yıkanmış ve yüzey sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Laminer akışlı kabinde kurutulan zeytinler, aseptik koşullar altında steril malzemelerle küçük parçalar haline getirilmiş ve farklı besin ortamları (Patates dekstroz agar, Malt ekstrakt agar ve Sabouraud dekstroz agar) içeren petrilere yerleştirilmiştir. Oda sıcaklığında (25±3 °C) 7-14 gün inkübasyon sonrası saflıkları kontrol edilmiş ve slant kültürleri hazırlanarak stoklanmıştır. β-glukozidaz üretim potansiyellerinin incelenmesinde katı substrat olarak zeytin yaprağı içeren katı kültür fermentasyon tekniği kullanılmış, β-glukozidaz aktivitesi tayin edilmiştir. Zeytin örneklerinden 14 adet endofitik fungus izole edilmiştir. Yedi izolatın β-glukozidaz aktivitesine sahip olduğu ve en iyi aktiviteyi (2978 U/ml) Z9F1 izolatının gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışma ile zeytinden izole edilen endofitik fungusların β-glukozidaz üretim potansiyelleri olduğu belirlenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Zeytin, Endofitik Fungus, İzolasyon, Β-Glukozidaz*

MATERYAL & METOT

İzmir Karaburun Yarımadasındaki hurma zeytini ağaçlarından toplanan zeytin meyveleri, laboratuvara getirilmesinin ardından musluk suyu altında yıkanmıştır. Yıkanan zeytin meyveleri yüzey sterilizasyonu için ilk olarak %70'lik etanol içerisinde 2 dakika bekletilmiş, ardından %3 sodyum hipoklorit (NaClO) içerisinde 3 dakika tutulmuştur. Daha sonrasında 1 dakika %70'lik etanol içerisinde tutulan zeytinler, son olarak steril edilmiş destile su içeren üç ayrı kapta 1'er dakika bekletilip laminer akışlı kabin içerisinde sterilize edilmiş ve peçeteler üzerinde kurutulmaya bırakılmıştır. Ardından, aseptik koşullar altında bistüri ile zetinlerin dış kabukları ayrılmış ve iç dokular 0.3-0.5 cm büyüklüğündeki parçalar halinde alınarak içerisinde farklı besin ortamları bulunan [Patates dekstroz agar (PDA), malt ekstrakt agar (MEA) ve Sabouraud dekstroz agar (SDA)] petrilere yerleştirilmiştir. Oda sıcaklığında (25±3°C) 7-14 gün inkübasyon sonrası saflıkları kontrol edilmiş ve slant kültürleri hazırlanarak stoklanmıştır.

β-glukozidaz üretim potansiyellerinin incelenmesi için ise 10 g zeytin yaprağı (80% nem) içeren 250 ml'lik erlenlerde gerçekleştirilmiştir. Malt ekstrakt agarda 7 günlük kültürün 4 ml tween 80 (%0,1 v/v) çözeltisi ile hazırlanan sporsüspansiyonunun 2 ml'si inokülasyon olarak kullanılmıştır. Erlenler (25±3°C)'de 7 gün inkübe edilmiştir.

β-glukozidaz aktivite tayini için asetat tamponu içinde çözdürülmüş 5 mM Pnpg (4-Nitrofenil β-D-Glukopiranozid) sentetik substratı kullanılmıştır. 50°C'de 10 dakika inkübasyon süresinin ardından 420 nm'de absorbans değeri okunarakaktivite hesaplanmıştır. Enzim aktivitesi, U/ml olarak 1 dakikada 1 µmol pNP (p-nitrofenol) üretmek için gereken enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.

BULGULAR ve SONUÇ

Şekil 1. İzole edilen endofitik funguslara ait petri görüntüleri

β-glukozidaz aktivite tayini sonucunda en yüksek enzim aktivitesini (2978 U/ml) Z9F1 izolatı göstermiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında aday izolatın tanılanması ve farklı substratlar kullanılarak β-glukozidaz üretim optimizasyonunun yapılması planlanmaktadır.

Bu çalışma, endofitik funguslar kullanılarak zeytindeki başlıca fenolik madde olan oleuropeinin yıkımından sorumlu β-glukozidaz enzim aktivitesinin taranması açısından önemlidir.

Bu enzimin katı kültür fermentasyonu ile üretimi endofitik fungusların doğal ortamlarının biyotaklit yoluyla oluşturulmasını sağlamış ve uygun biryöntem olduğu ön denemelerde belirlenmiştir.

Şekil 2. Erlende katı kültür tekniğiyle üretimden bir görüntü

KAYNAKÇA

Abacı Günyar, Ö., Haliki Uztan, A., Ataol Ölmez, H., & Ozkarakaş, I. (2014). İzmir Karaburun Yarımadasında Dalında Olgunlaşan Hurma Zeytinlerden *Phomamultırostrata*'nın İzolasyonu Ve Tanılanması: *Olea Europaea(Oleaceae)*'dan İlk Kayıt. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 12(2), 20-27.

Dhage, A. B., & Rathod, V. K. (2017). Intensification of β-glucosidase enzyme production from Aspergillus niger using extractive fermentation with an aqueous two-phase system. Green Processing and Synthesis, 6(4), 441-445.

Ramírez, E., Brenes, M., García, P., Medina, E., & Romero, C. (2016). Oleuropein hydrolysis in natural green olives: Importance of the endogenous enzymes. Food chemistry, 206, 204-209.

Susamci, E., Romero Barranco, C., Tuncay, O., & Brenes Balbuena, M. (2017). An explanation for the natural de-bittering of Hurma olives during ripeningon the tree.

Presentation ID / Sunum No:35

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4554-2148

Basma Yerel Çeşitlerinden Ümitvar Hatların Belirlenmesi

Doç.Dr. Ahmet Kınay[1] , Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Saygılı[1] , Doç.Dr. Dursun Kurt[2]
[1]Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
[2]Ondokuz Mayıs Üniversitesi

*Corresponding author: Ahmet Kınay

Özet: *Bu araştırma dünyada aromatik tütünler olarak tanınan basma tütünlerindeki agronomik karakterlerdeki varyasyonların ve üstün özelliklere sahip hatların belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Tokat çevresindeki basma tütün üretim yörelerindeki yerel çeşitlerden genetik olarak farklı hatların seçimi için sekiz SSR markörü kullanılmıştır. SSR markörleri ile 30 genotipten 27'sinin genetik olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Yirmi yedi hat ile iki standart çeşit iki yıl süreyle tarla denemelerinde değerlendirilmiştir. Yaprak boyu dışındaki tüm parametrelerde genotipler arasında önemli (p<0.01) varyasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Bitki boyu 83.5-127.3 cm, yaprak sayısı 28.7-46.1 adet/bitki, yaprak eni 9.1-18.9 cm, yaprak boyu 17.5-39.8 cm, verim 1093-2730 kg ha*$^{-1}$*, randıman %36.1-76.9, gelir 3037-8654 $ ha*$^{-1}$*, nikotin % 1.0-2.0, glikoz %4.7-13.8, fruktoz %0.9-8.6, klorojenik asit 419-2398 ppm ve rutin 345-1452 ppm arasında değişmiştir. İki yıl ortalamalarına göre B6 bitki boyu (112.9 cm), B18 yaprak sayısı (40.0 adet/bitki), B7 yaprak eni (15.8 cm) ve yaprak boyu (26.4 cm), B2 verim (2349 kg ha*$^{-1}$*), B25 randıman (%63.0), B3 brüt gelir (6418 $ ha*$^{-1}$*), B23 nikotin (%1.81), B3 glikoz (%9.3), B2 fruktoz (%5.1), B11 klorojenik asit (1497 ppm) ve B5 rutin (968 ppm) bakımından en yüksek değere sahiptir. İncelenen özellikler bakımından varyasyonlar oldukça yüksekti. Sonuç olarak B3 ve B10 hatları çoğu özellik bakımdan öne çıkmıştır.*

Anahtar kelimeler: *HPLC, mikrosatelit, Nicotiana tabacum, oryantal tütün, fenolikler*

Determining of The Superior Lines in Basma Tobacco Landrace

Abstract: *The present research was carried out to determine the variations in agronomic traits and lines with superior characteristics in Basma tobacco landrace, which are known as aromatic tobaccos in the world. Eight SSR markers were used to select lines that were genetically different from the local varieties in the Basma tobacco production regions around Tokat. Twenty seven of the thirty genotypes were genetically different with SSR markers. Twenty-seven lines and two standard cultivars were evaluated in field trials for two years. There were significant (p<0.01) variations among lines in all parameters except leaf length. Plant height 83.5-127.3 cm, number of leaves 28.7-46.1 pieces/plant, leaf width 9.1-18.9 cm, leaf length 17.5-39.8 cm, yield 1093-2730 kg ha-1, yield 36.1-76.9%, income 3037-8654 $ ha-1, nicotine 1.0-2.0%, glucose 4.7-13.8%, fructose 0.9-8.6%, chlorogenic acid 419-2398 ppm and rutin 345-1452 ppm. B6 plant height (112.9 cm), B18 leaf number (40.0 pieces/plant), B7 leaf width (15.8 cm) and leaf length (26.4 cm), B2 yield (2349 kg ha-1), B25 yield (63.0%, B3 gross income (6418 $ ha-1), B23 nicotine (1.81%), B3 glucose (9.3%), B2 fructose (5.1%), B11 chlorogenic acid (1497 ppm), and B5 rutin (968 ppm) has the highest value. Variations in traits studied were quite high. The results show that B3 and B10 lines were promising in most traits studied.*

Keywords: *HPLC, microsatellite, Nicotiana tabacum, oriental tobacco, phenolics*

1. GİRİŞ

Oryantal tütünlerin tamamı sigara harmanlarını düzenlemek için kullanılır. Basma tütünler diğer tütünler arasından aromatik yapısıyla ön plana çıkmaktadır. Basma tipi tütün üretimi Yunanistan'dan sonra en fazla Türkiye'de yapılmaktadır (Kinay, 2020). Türkiye'de basma tütün üretimi, yerel çeşitler, ekotipler ya da bunların karışık tohumları kullanılarak yapılmaktadır (Kurt vd., 2021). Yerel çeşitlerde kalite özellikleri bakımından daha yüksek performanslı genotipleri belirlemek ve karakterize etmek, bu hatların bitki ıslahında ya da doğrudan üretimde kullanımları ile basma tip tütünlerin kalite bakımından gelişmesini sağlayacaktır.

Tütünde kalite değerlendirilmesinde kullanılan birçok kimyasal ve fiziksel özellik; genotip, tarımsal uygulamalar, iklim, hastalık ve zararlılar, hasat ve kurutma uygulamalarından etkilenmektedir. Bu faktörlerdeki değişiklikler tütün yaprağının yapısını önemli ölçüde değiştirerek ve sigara içim kalitesini etkileyebilir (Sifola ve Postiglione, 2003; Karaivazoglou vd., 2006). Her bir tütün tipinin, katıldığı harmanda, fiziksel ve kimyasal kalite kompozisyonunu iyileştirici katkılar sağlarken, aynı zamanda nikotin miktarını da azaltıcı/artırıcı etkileri olmaktadır (Kurt, 2021). İndirgen şekerler, oryantal tütünlerinde oransal olarak daha fazla bulunmaktadırlar (Rodgman ve Perfetti, 2009). İndirgen şeker, fenolik bileşikler, reçineler, uçucu yağlar ve eterli bileşenler tütünün aroması için oldukça önemlidir. (Baker vd., 2004; Nagai vd., 2012). Yerel çeşitler içerdikleri varyasyonlar bakımından bu kalite kriterleri bakımından daha iyi kompozisyona sahip olabilir. Bu yüzden kalite kriterlerinin bir popülasyon olan yerel çeşitlerde kümülatif olarak belirlemekten ziyade, bu popülasyondan seçilmiş saf hatlarda belirlemek daha kullanışlı olacaktır.

Mikrosatellit ya da basit dizi tekrarlar (simple sequence repeat, SSR) markörleri bir popülasyon içerisinden genetik olarak farklı hatların belirlenmesi için kullanılabilir. Bu markörler yüksek oranda polimorfizme, kodominant özelliğe ve kullanım kolaylığına sahiptir. Tütünde, 319 Türk oryantal tütün materyalini 21 SSR markörü ile inceleyen Saygılı vd., (2022), 314 hattın genetik olarak farklı olduğunu belirlemişlerdir. Saygılı vd., (2021) 40 basma tütününün içinde 27'sinin en az bir SSR alleli bakımından farklı olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmalar Türk yerel tütünlerinin önemli varyasyonlar içerdiğini göstermektedir. Türkiye'de de basma tipi tütün, farklı genotipler içeren yerel çeşitler kullanılarak üretilmektedir (Kurt vd., 2021). Bu gibi popülasyonlardan bireysel hatlarda tarımsal karakterlerdeki varyasyonların daha etkili şekilde değerlendirilmesi tekrarlamalı tarla denemeleri gerektirir. DNA markörleri ile genetik olarak aynı hatların belirlenmesi, tarla denemelerinde incelenmesi gereken hat sayısını azaltacağı için kolaylık sağlamaktadır.

Basma tütünde yaprağın kalitesi ekimden fabrikada mamul haline gelene kadar uğradığı işlemlere bağlı olarak ortaya çıkan bir özelliktir. Yeşil yaprağın sahip olduğu temel kalite karakterleri, ekolojik koşullar ve sonraki işlemlerin (kurutma, bakım, fermantasyon ve işleme) ortak etkileri ile gerçek kimliğini kazanmaktadır. Bu nedenlerle tütün tiplerinin her biri, yöresine özgü birer ekotiptir. Bu çalışma Türkiye Basma tütün alanlarında kullanılan basma tütün genotiplerinin içerdiği agronomik varyasyonların incelenmesi ve üstün performanslı çeşit adayı potansiyeline sahip olanların belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan genotipler 2017 yılında Basma tipi tütün üretiminin yoğun olarak yapıldığı Tokat ilinden toplanmıştır. Bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak rengi, yaprak boyutu ve yaprak dokusu gibi özellikleri bakımından farklı olduğu tespit edilen hatlar bez torbalarla izole edilmiştir. Kendilenen tek bitkilerin tohumları hasat edilmiştir. Toplanan 30 hat ve standart olarak kullanılan Xanthi 81 çeşidine ait tohumlar serada torf içeren viyollerde DNA izolasyonu için yetiştirilmiştir.

2.2. Genetik Varyasyonların Belirlenmesi

Otuz genotip polimorfizm seviyesi yüksek olan sekiz SSR markörü ile incelenmiştir. Araştırmada kullanılan SSR markörlerinin (PT10211, PT50182, PT53303, PT40005, PT61056, PT20242, PT30274 ve PT30034) primer yapışma sıcaklıkları ve mikrosatelit motifleri Saygılı vd. (2020) tarafından verilmiştir. Üç yapraklı bitkilerden genomik DNA kit ile elde edilmiştir (Keskin vd., 2014). Genomik DNA'ların kalite ve miktarları %1 agaroz jel spektrofotometrede belirlenmiştir. DNA miktarları 50-100 ng/µl'ye ayarlanmıştır. PZR 20 µl toplam hacimde Saygılı vd., (2020)'na göre gerçekleştirilmiştir. Amplikon uzunlukları etidyumbromid içeren %3'lük bir metafor-agaroz jelde (Lonza kat no: 50180) belirlenmiştir. DNA bant profilleri jel görüntüleme sistemi ile belirlenmiş ve bu sisteme bağlı Biocapt (Version 11.02) yazılımı ile skorlanmıştır. En az bir SSR marköründe farklı allel taşıyan hatlar genetik olarak farklı kabul edilmiştir. Tütün genotiplerinin genetik uzaklıkları, POPGENE v.1.31 yazılımı (Yeh vd., 1997) kullanılarak Nei'nin katsayısı kullanılarak belirlenmiştir. Dendrogram UPGMA ile belirlenen genetik mesafe değerleri algoritması ile MEGA (v.4) programında hazırlanmıştır.

2.3. Tarla Denemeleri ve Analizler

SSR markörleri ile farklı oldukları belirlenen 27 hat, Xanthi 2A ve Xanthi 81 çeşitleri Erbaa ilçesi Karayaka köyünde, 2018 ve 2019 yıllarında denemeye alınmıştır. Deneme alanına ait iklim verileri ve toprak analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Fidelere serada viyollerde üretilmiştir. Tarla denemeleri 45×15 cm dikim sıklığında, 5 m'lik dört sıradan oluşan parsellerde, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Yapraklar üç elde hasat edilmiş ve güneşte kurutulmuştur. Kuru yaprak verimleri %17 nemde hesaplanmıştır. Amerikan gradlama sistemine göre derecelendirme yapılmış ve randıman değerleri belirlenmiştir. Kurutulmuş nemsiz tütün örnekleri öğütülerek kimyasal analizler için hazırlanmıştır. Kimyasal analizler yüksek basınçlı sıvı kromotografisinde (HPLC), nikotin ve fenolikler için DAD (diode array dedector) ve şekerler için RID (refractive index dedector) dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen kromatogramlardan daha önceden yapılan standart kalibrasyonlarına (r^2=0.999) göre hesaplama yapılmıştır (Kinay, 2018). Fruktoz ve glikoz toplamı indirgen şekerler, klorojenik asit ve rutin toplamı ise fenolikler olarak ele alınmıştır. Elde edilen veriler JMP programı ile tesadüf bloklarında yıl birleştirme esasına göre varyans analizlerine tabi tutulmuş ve ortalamalar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır (Kurt ve Kinay, 2021).

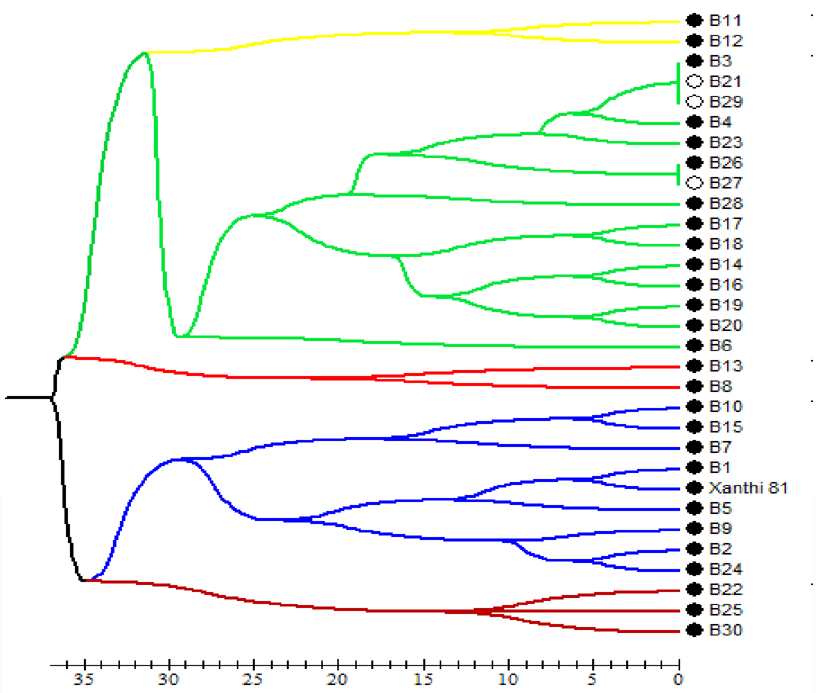
Çizelge 1. Tarla Denemelerinin Yürütüldüğü Karayaka Lokasyonunun Vejetasyon Dönemi İklim Verileri ve Toprak Analiz Sonuçları

Rakım (m)	Boylam (N)	Enlem (E)	P_2O_5 (mg kg^{-1})	K_2O (mg kg^{-1})	Organik madde (%)	pH	EC (dSm^{-1})	$CaCO_3$ (%)	Toprak bünyesi
287	40^0 44'20.99"	36^0 35'38.12"	5.4	347.2	1.9	7.4	0.78	2.4	Kumlu-tın

	Yıllar	Aylar						Toplam/Ortalama
		4	5	6	7	8	9	
Aylık ort. sıcaklık (°C)	2018	14.8	18.5	22.0	24.2	23.7	20.4	20.6
	2019	11.5	19.1	23.1	21.9	22.4	19.0	19.5
	1951-2017	12.4	16.3	19.5	22.0	22.3	18.7	18.5
Aylık top. yağış (mm)	2018	4.5	59.1	41.5	7.2	3.9	14.2	130.4
	2019	63.5	49.1	26.2	16.9	52.2	1.6	209.5
	1951-2017	54.6	59.6	39.7	11.6	8.1	18.6	192.2
Nispi nem (%)	2018	46.4	60.9	54.9	52.7	55.8	60.1	55.1
	2019	65.2	59.7	63.4	59.6	63.0	61.7	62.1
	1951-2017	59.2	61.8	59.9	57.6	57.9	59.6	59.3

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Otuz basma yerel hatlarında incelenen sekiz SSR markörün tamamı polimorfik bantlar üretmiştir. SSR markörlerinin allel sayıları 2 ile 5 arasında değişmiştir. PT10211 marköründe 5, PT50182 ve PT40005'te 4, PT53303, PT61056 ve PT20242'de 3, PT30274 ve PT30034'te 2 allel belirlenmiştir. Genotiplerin genetik uzaklıkları gösteren dendogram verilerine göre incelenen 30 basma genotipinin 27'si en az bir SSR markörü bakımından farklılık göstermiştir. Diğer bir ifadeyle B3, B21 ve B29 numaralı genotipler, B26 ve B27 numaralı genotipler incelenen SSR markörlerinde farklılık göstermemiştir (Şekil 1). Çeşitli oryantal tütün popülasyonlarında SSR markörleri incelenmiş ve %67.5-100 polimorfizm oranı belirlenmiştir (Davalieva vd., 2010; Darvishzadeh vd., 2013; Saygılı vd., 2021, 2022,). Bu sonuçlar daha önceden incelenen tütün genotiplerinde ve küçük bir alandan toplanan bu araştırmadaki genotipler arasında yüksek varyasyonlara işaret etmektedir. İncelenen markörlerde en az farklı 27 hat ve iki tescilli basma tütün çeşidi tarla denemelerinde performanslarını belirlemek için değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Basma tütün hatlarının genetik uzaklıklarını gösteren dendogram. Siyah dolgu ile gösterilen hatlar tarla denemesi için seçilen hatlardır.

Genotiplerin bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak eni-boyu ve verim özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 2'de verilmektedir. Genotipler arasında yaprak boyu dışında kalan parametrelerde çok önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Verim ve Verimle İlişkili Özelliklerin Ortalama Değerleri ve Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Genotipler	Bitki boyu (cm)	Yaprak sayısı (adet/bitki)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu (cm)^{ÖD}	Verim (kg ha^{-1})
B1	104.5 a-g	36.9 b-f	11.8 def	23.2	1921.2 a-d
B2	101.0 b-ı	34.6 f-ı	14.9 abc	23.6	2349.1 a
B3	104.9 a-f	34.8 d-ı	13.3 a-f	24.8	2311.9 a
B4	110.8 ab	37.9 a-d	11.7 def	22.0	1999.5 a-d
B5	105.6 a-f	31.5 jk	12.2 c-f	22.6	1829.4 a-d
B6	112.9 a	36.6 b-g	10.8 f	21.7	1726.1 bcd
B7	106.6 a-e	35.7 b-h	15.8 a	26.4	2094.8 ab
B8	93.7 ghı	32.6 ıjk	15.2 ab	23.5	2139.3 ab
B9	109.1 abc	33.7 g-j	14.2 a-d	24.1	2051.2 ab
B10	107.3 a-d	35.8 b-h	12.7 b-f	23.2	2076.6 ab
B11	94.9 f-ı	31.2 jk	11.1 ef	20.2	1442.2 cd
B12	95.8 e-ı	32.2 ıjk	11.7 def	21.1	1420.5 d
B13	103.0 a-h	34.7 e-ı	11.7 def	23.1	1853.1 a-d
B14	106.0 a-e	37.0 a-f	10.9 f	21.8	1797.5 a-d
B15	97.5 d-ı	38.6 ab	10.7 f	19.9	1846.8 a-d
B16	103.8 a-g	38.5 ab	11.2 ef	21.2	1900.0 a-d
B17	104.4 a-g	37.7 a-e	11.1 ef	20.7	1662.2 bcd
B18	99.5 c-ı	40.0 a	11.5 def	21.6	1650.7 bcd
B19	105.1 a-f	37.9 abc	10.7 f	21.1	1780.7 a-d
B20	105.4 a-f	38.4 ab	10.9 f	20.8	1784.5 a-d
B22	105.0 a-f	33.3 h-k	13.6 a-f	25.0	2068.4 ab
B23	103.1 a-h	35.2 c-ı	13.5 a-f	22.0	1711.1 bcd
B24	102.5 a-h	33.0 h-k	11.5 def	24.9	1922.4 a-d
B25	97.1 d-ı	31.0 jk	12.9 b-f	22.6	1822.8 a-d
B26	111.4 ab	37.2 a-f	10.9 f	21.3	1948.1 a-d

Genotipler	Bitki boyu (cm)	Yaprak sayısı (adet/bitki)	Yaprak eni (cm)	Yaprak boyu (cm)ÖD	Verim (kg ha^{-1})
B28	110.6 abc	36.0 b-h	13.9 a-e	24.3	2167.4 ab
B30	104.1 a-g	34.8 d-ı	15.3 ab	24.4	2078.7 ab
Xanthi 2A	92.2 hı	30.4 k	11.1 ef	21.0	1422.2 cd
Xanthi 81	91.1 ı	31.2 jk	11.6 def	22.2	1591.5 bcd
Ortalama	103.1	35.1	12.4	22.6	1874.8

Ortak bir harf ile gösterilen ortalamalar, %1 önem düzeyinde Tukey testine göre ile istatistiki olarak farklı değildir.
ÖD : Önemli değildir.

Basma tütün tipinde bitki boyu 67-119 cm (Camas vd., 2009) ve 125.1-137.1 cm (Yilmaz ve Kinay, 2011) arasındadır. Xanthi 2A çeşidinin bitki boyu Bafra'da 136-159 cm (Kurt ve Ayan, 2014), Erbaa'da 73.1-81.9 cm (Kınay ve Yılmaz, 2016) aralığındadır. Xanthi 81 çeşidi de Erbaa koşullarında 85-89 cm bitki boyu ortaya koymuştur (Ozcan, 2014). Tomov (1990), iklim koşullarının tütünde bitki boyunu önemli ölçüde etkilediğini, benzer olarak Korubin-Aleksoska (2003)'da oryantal tütünlerde değişen çevre koşullarından bitki boyunun en çok etkilenen özellik olduğunu bildirmiştir. Bitki boyu ortalamalarındaki değişkenlik bu bilgiyi doğrular niteliktedir. Çalışma genelinde ortalama bitki boyu 103.1 cm olup, 83.5-127.3 cm arasında gerçekleşen bir değişim aralığı söz konusudur. En yüksek bitki boyu değerlerine sırasıyla B6, B26 ve B4 hatlarında ulaşılmıştır. Standart çeşitler ortalama altında kalmış, çalışmada kullanılan 20 hat ortalama bitki boyunun üstünde performans ortaya koymuştur.

Xanthi 2A çeşidinin yaprak sayısı farklı çalışmalarda 28-30 adet/bitki (ATEA, 2012), 31-35 adet/bitki (Kurt ve Ayan, 2014), 26.5-27.5 adet/bitki (Kinay ve Yilmaz, 2016) olarak bildirilmiştir. Benzer olarak Xanthi 81 çeşidinin yaprak sayısı da ATEA (2012)'de 30-32 adet/bitki ve Ozcan (2014)'da 26.9-28.5 adet/bitki aralığında aktarılmıştır. Bu çalışmada Xanthi 2A çeşidinin yaprak sayısı 30.4 adet/bitki ve Xanthi 81 çeşidinin 31.2 adet/bitki olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Camas vd., (2009), Erbaa'da yöresinde yaygın basma tipi tütünlerin yaprak sayısının 25.30-34.80 adet/bitki olduğunu bildirmişlerdir. Basma tütünlerinin ortalama 30 ticari yaprağa sahip olduğu farklı çalışmalarda da (Camas vd., 2011; Yilmaz ve Kinay, 2011) ifade edilmiştir. Çalışmada yaprak sayısı değerleri için genotip ortalamaları 28.7-46.1 adet/bitkidir (Çizelge 2). En yüksek yaprak sayısı sırasıyla B18, B16 ve B15 genotiplerinde tespit edilmiş, 15 hat çalışma ortalamasının (35.1 adet/bitki) üzerinde yaprak sayısına sahip olmuştur. Yaprak sayısı her ne kadar genetik yapıyla ilişkili bir kriter olsa da oryantal tütün üretiminde aynı tohumluk ile çevresel faktörlerin etkisiyle farklı özelliklerde ürün ortaya çıkabilmektedir.

Oryantal tütünleri diğerlerinden ayıran önemli özelliklerinden birisi yaprak boyutlarıdır. Genotiplerin yaprak eni 9.1-18.9 cm ve yaprak boyu 17.5-39.8 cm arasında değişim göstermiştir. Yaprak eni deneme ortalaması 12.4 cm iken yaprak boyunda bu değer 22.6 cm olarak ölçülmüştür. Basma tütünlerinde yaprak eni değerleri 9.50-14.50 cm aralığında bildirilmiştir (Camas vd., 2009; Yilmaz ve Kinay, 2011). Basma tipi tütünlerde yaprak boyu 11.40-19.30 cm (Camas vd., 2009) ile 25.10-26.90 cm (Yilmaz ve Kinay, 2011) arasında bildirilmiştir. Diğer bazı çalışmalarda ise Basma tütünlerinin yaprak boyutlarının küçük-orta boyutlarda ve ortalama 20 cm olduğu aktarılmıştır (Camas vd., 2011). Xanthi 2A çeşidi yaprak eni değerleri ortalama 9.50 cm (Kinay ve Yilmaz, 2016) ve 8.65 cm (Kurt ve Ayan, 2014) olarak, Xanthi 81 ise 10.70 cm (Ozcan, 2014) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada Xanthi 2A ve Xanthi 81 çeşitleri sırasıyla ortalama 11.1 ve 11.6 cm'dir. Xanthi 2A çeşidinin yaprak boyu Erbaa'da 15.40-20.40 cm (Kinay ve Yilmaz, 2016) ve Bafra'da 15.7-18.6 cm (Kurt ve Ayan, 2014) aralığında belirlenmiştir. Xanthi 81 çeşidinin yaprak boyu 17.80-19.10 cm (Ozcan, 2014) aralığında değişmektedir.

Çalışma genelinde verim ortalaması 1874 kg ha^{-1} olup, 1093-2730 kg ha^{-1} arasında değişmiştir. En yüksek verim değerlerine sırasıyla B2, B3 ve B28 hatlarında ulaşılmıştır. 14 hat deneme ortalamasının üzerinde verimliliğe ulaşmış, standart çeşitler ortalamanın altında kalmıştır (Çizelge 2). Tütünde bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyu verimi etkileyen özelliklerdir (Butorac vd., 1999). Yaprak veriminde yaşanan değişim, genotiplerin bitki boyu, yaprak sayısı ve yaprak boyutlarına paralel gerçekleşmiştir. Yaprak boyunun verimi yükseltici etkisinin yaprak eninden daha az olduğu (Dyulgerski ve Dimanov, 2012) ve bunun yaprak eni karakterinin eklemeli gen etkisinden kaynakladığı (Kinay, 2020) bilinmektedir. Bu nedenle yaprak boyunda görülen değişkenlik verime daha az yansımış, verimdeki değişimlerde bitki boyu, yaprak sayısı ve yaprak eni daha belirleyici olmuştur. Xanthi 2A'nın verimini Erbaa koşullarında Camas vd. (2011) 669.0-1276.0 kg ha^{-1} ve Kinay (2020) 845.7-1245.5 kg ha^{-1} olarak bildirmiştir. Xanthi 81 çeşidinin ise 1250-1500 kg ha^{-1} (ATEA, 2012) ve 1306.0-2022.0 kg ha^{-1} (Ozcan, 2014) aralıklarında verim değerlerine sahip olduğu aktarılmıştır. Bu çalışmada, Xanthi 2A 1422.2 kg ha^{-1} ve Xanthi 81 ise 1591.5 kg ha^{-1} verim değerleri ortaya koymuştur.

Genotiplerin randıman, brüt gelir, nikotin, glikoz ve fruktoz özelliklerinin çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 3'te, indirgen şekerler, klorojenik asit, rutin ve fenolikler özelliklerine ait sonuçlar ise Çizelge 4'te verilmektedir. Genotipler bakımından tüm özelliklerde çok önemli ($p<0.01$) farklılıklar tespit edilmiştir.

Aslında degüstatif özellikleri nedeniyle pazarlanan tütünün fiyatlandırılması, pratikte organoleptik tahminlere dayanan sübjektif bir değerlendirmedir (Dagnon vd., 2006). Araştırma sezonunda sektörde, 60 ve üzeri randımana sahip ürünler en yüksek (3.17 $/kg) fiyata sahiptir. Bu nedenle %60≤ randımanı sağlayan genotipler, kaliteli kabul edilmiştir (Kinay ve Kurt, 2022). Araştırmanın randıman değerleri %36.1-76.9 arasında olup, denemen ortalaması %54.6'dır. Yıllar ortalamasına göre B11, B12, B25 hatları ile Xanthi 81 çeşidi en kaliteli genotiplerdir. B4, B6, B8, B17, B22, B23, B26 hatları ile Xanthi 2A çeşidi %55≤ randıman değerleri ile ikinci en kaliteli grubu oluşturmakta ve ticari olarak aynı skalada yer almaktadır (Çizelge 3). Tütünde renk tüm aşamalarda rehber olarak kullanılmakta, el gruplarının hasat zamanının belirlenmesi gibi durumlarda olgunluk indeksi olarak tanımlanmaktadır. Olgunluğun ilerlemesine paralel olarak değişimin görünür en belirgin özelliği klorofilin parçalanması ile yaprak renginin sarı, turuncu ve kahverengiye dönüşmesidir. Yaprak renginin canlılığı, parlaklığı ve açık ya da koyu olması, belli bir tütün tipinin niteliğini belirleyen önemli kriterlerdir (Yazan, 1992).

Çalışmada verim ile randıman değerleri birlikte değerlendirildiğinde, aralarındaki ters yönlü ilişki görülebilmektedir (Paunescu vd., 2003). Ancak brüt gelire her iki özelliğinde önemli etkisi bulunmaktadır. Randıman satış fiyatını etkilerken (2.91 \$ kg^{-1} < 55% < 2.91 \$ kg^{-1} < 60% < 3.17 \$ kg^{-1}), brüt gelirin artışında en etkili faktör randıman ve artan verimdir. Gelir değerleri 3037-8654 \$ ha^{-1} arasında değişirken, deneme ortalaması 5252 \$ ha^{-1}'dır (Çizelge 3). Yıllar ortalamasına göre 15 genotip ortalama gelirin altında kalırken B2, B3 ve B8 hatları istatistiki olarak aynı grupta en yüksek gelir değerlerine sahiptir.

Her bir tütün tipinin, katıldığı harmanda, fiziksel ve kimyasal kalite kompozisyonunu iyileştirici katkılarının yanı sıra nikotin miktarını da azaltıcı/artırıcı etkileri olmaktadır. Bu durum oryantal tütün tiplerine olan piyasa talebini de şekillendirmektedir (Kinay ve Kurt, 2022). Türkiye'de faaliyet gösteren özel sektör piyasasının Basma tip tütünlerde yüksek nikotin içeriği talebinin karşılanması açısından en yüksek nikotin varlığı %1.81 ile B23 hattından elde edilmiştir. Çalışmada nikotin değerleri % 1.0-2.0 arasında değişmiş, sektör beklentilerinin altında kalmıştır (Çizelge 3). Piyasa talebi bu yönde (%2.00-2.75) oluştuğunda azotlu gübreleme (Kinay, 2010), geniş dikim mesafeleri (Bilalis vd., 2015) ve tepe kırımı (Çamaş vd., 2009) gibi kültürel önlemler ile nikotin miktarı artırılabilecektir. Odabasoglu (1994), kök sisteminde azot ve yapraklarda ise fotosentez özümlemesi olduğu için yapraklarda sadece karbon taşıyan organik bileşikler, kök sisteminde ise azotlu bileşiklerin sentezlendiğini, dış şartlar değiştirilerek hangi tip bileşiklerce zengin tütün yetiştirilmek isteniyorsa, ayarlanabileceğini bildirmiştir. Vaktinde ve yeterli derinlikte tepe kırımı, yapraklarda ortaya çıkan fotosentez ürünlerinin aşağı inerek köklerin gelişmesini ve bu nedenle azotlu bileşikler sentezinin artmasını sağlamaktadır (Aksu ve Elmas, 1993; Odabaşoğlu, 1994).

Çizelge 3. Randıman, Brüt Gelir, Nikotin, Glikoz ve Fruktoz Özelliklerinin Ortalama Değerleri ve Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Genotipler	Randıman (%)	Brüt gelir ($ ha^{-1})	Nikotin (%)	Glikoz (%)	Fruktoz (%)
B1	54.5 b-g	5318 abc	1.47 b-g	5.9 hıj	5.0 a
B2	47.4 fg	6202 a	1.56 b-f	5.9 hıj	5.1 a
B3	52.5 b-g	6418 a	1.67 ab	9.3 a	1.4 j
B4	56.1 a-g	5649 abc	1.41 c-g	6.7 efg	2.7 cd
B5	45.7 g	4830 abc	1.62 abc	7.3 cde	2.5 de
B6	57.6 a-f	4919 abc	1.44 c-g	7.6 cd	1.3 j
B7	47.7 efg	5530 abc	1.47 b-g	6.3 fgh	2.1 e-h
B8	55.6 a-g	6251 a	1.50 b-g	6.2 ghı	2.5 de

Genotipler	Randıman (%)	Brüt gelir ($ ha^{-1})	Nikotin (%)	Glikoz (%)	Fruktoz (%)
B9	51.9 c-g	5494 abc	1.61 a-d	5.4 jk	3.7 b
B10	52.1 c-g	5664 abc	1.39 d-g	6.7 efg	2.0 fgh
B11	61.6 abc	4318 bc	1.58 a-f	5.5 ıjk	2.0 gh
B12	62.2 abc	4401 bc	1.62 abc	5.3 jk	2.4 de
B13	49.1 d-g	4892 abc	1.41 c-g	6.8 efg	2.0 fgh
B14	51.6 c-g	4976 abc	1.56 b-f	5.5 jk	1.3 j
B15	54.6 b-g	5199 abc	1.47 b-g	5.8 h-k	1.3 j
B16	52.7 b-g	5087 abc	1.60 a-e	5.6 h-k	2.4 def
B17	58.5 a-e	4791 abc	1.49 b-g	6.6 fg	1.8 hı
B18	52.9 b-g	4426 bc	1.38 d-g	5.8 h-k	2.9 c
B19	54.9 b-g	4960 abc	1.42 c-g	8.3 b	2.9 c
B20	52.7 b-g	4949 abc	1.53 b-g	6.2 gh	2.6 cd
B22	57.6 a-f	5970 ab	1.32 g	5.2 k	2.7 cd
B23	56.7 a-f	5017 abc	1.81 a	9.2 a	1.5 ıj
B24	51.8 c-g	5252 abc	1.63 abc	5.5 jk	2.3 d-g
B25	63.0 ab	5412 abc	1.39 d-g	6.9 def	2.2 e-h
B26	56.8 a-f	5654 abc	1.42 c-g	6.7 efg	2.1 e-h
B28	51.9 c-g	5920 ab	1.32 g	5.4 jk	2.1 e-h
B30	48.1 efg	5597 abc	1.36 fg	7.8 bc	1.5 ıj
Xanthi 2A	59.5 a-d	4171 c	1.47 b-g	5.6 h-k	2.0 fgh
Xanthi 81	66.5 a	5045 abc	1.50 b-g	5.4 jk	2.3 d-g
Ortalama	54.6	5252	1.50	6.4	2.4

Ortak bir harf ile gösterilen ortalamalar, %1 önem düzeyinde Tukey testine göre ile istatistiki olarak farklı değildir.
ÖD : Önemli değildir.

Oryantal tütünler diğer tütün tiplerine göre daha uygun aroması yanında daha az karsinojen ve nikotin düzeyine sahip olup, genellikle daha güçlü etkiye sahip Virginia ve Burley tütünleri ile harmanlanarak Amerikan blend tipi sigaralarda kullanılmaktadır (Darvishzadeh vd., 2013). Tütün yaprağının kimyasal yapısının en önemli aktörlerinden olan şekerler; tütünün büyüme ve gelişmesine katkıda bulunan birincil metabolitler (Cai vd., 2015) olup, indirgen şeker kompozisyonu tütünün tadı ve aroması ile direk ilişkilidir (Nagai vd., 2012; Baker vd., 2004a). Tütün tiplerinde şeker miktarları çok değişkendir ve öncelikle kurutma işlemine bağlı olup (Leffingwell, 2001), kurutma süresinin uzun tutulması şeker miktarında düşüşe neden olmaktadır (Aksu ve Elmas, 1993; Odabaşoğlu, 1994). İndirgen şeker kompozisyonu, fenolik bileşikler, reçineler, uçucu yağlar ve eterli bileşenler tütünün tadı ve aromasını belirlemektedir (Nagai vd., 2012; Baker vd., 2004a). Amerikan blend bir harmanın indirgen şeker miktarı ise %4.92-8.28 arasındadır (Clark vd., 2006). Bu çalışmada glikoz %4.7-13.8 ve fruktoz %0.9-8.6 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Yaprak tütün firmalarının Basma tipinde indirgen şeker isteği %8-13 arasındadır (Kinay, 2010) olup, çalışma genelinde ortalama indirgen şeker miktarları %6.07 ile %15.48 arasında değişmiştir. Deneme ortalaması glikoz, fruktoz ve indirgen şekerler için sırasıyla %6.4, %2.4 ve %8.8 olarak tespit edilmiştir. Yıllar ortalamasına göre en yüksek glikoz %9.3 ile B3 hattında, fruktoz %5.1 ile B2 hattında ve indirgen şeker %11.2 ile B19 hattında tespit edilmiştir. Glikoz ve fruktoz toplamlarından oluşan indirgen şekerler bakımından B1, B2, B3 ve B23 hatları B19 ile aynı istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. İndirgen Şeker, Klorogenik Asit, Rutin ve Fenoliklere Ait Ortalama Değerleri ve Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Genotipler	İndirgen şekerler (%)**	Klorojenik asit (ppm)**	Rutin (ppm)**	Fenolikler (ppm)**
B1	10.9 a	1151.6 e-ı	812.5 c-ı	1964.1 e-ı
B2	11.1 a	1235.5 c-g	898.5 a-e	2134.0 b-f
B3	10.6 a	1148.4 e-ı	878.0 a-f	2026.4 e-h
B4	9.3 bc	1132.8 f-j	787.1 d-ı	1919.9 g-j
B5	9.8 b	1004.9 j	968.5 a	1973.4 e-ı
B6	8.8 cde	1187.0 d-h	917.9 a-d	2104.9 c-g
B7	8.4 d-h	1130.6 f-j	807.9 c-ı	1938.5 f-ı
B8	8.7 c-f	1108.2 g-j	692.9 ı	1801.1 ıj
B9	9.2 bcd	1039.2 ıj	867.0 a-g	1906.2 g-j
B10	8.7 c-f	1233.8 c-g	836.1 a-h	2070.0 e-h

Genotipler	İndirgen şekerler (%)**	Klorojenik asit (ppm)**	Rutin (ppm)**	Fenolikler (ppm)**
B11	7.5 ıjk	1497.1 a	958.5 a	2455.6 a
B12	7.8 g-j	1329.9 bc	957.4 ab	2287.3 a-d
B13	8.8 cde	1005.0 j	803.3 c-ı	1808.3 ıj
B14	6.8 k	1285.7 b-e	801.7 c-ı	2087.4 d-g
B15	7.2 jk	1264.6 b-f	799.1 c-ı	2063.7 e-h
B16	8.0 e-ı	1321.1 bcd	841.6 a-h	2162.7 b-e
B17	8.5 d-g	1145.2 f-ı	793.3 c-ı	1938.4 f-ı
B18	8.7 c-f	610.3 k	769.2 e-ı	1379.5 k
B19	11.2 a	1055.7 hıj	815.5 b-ı	1871.2 hıj
B20	8.8 cde	1135.2 f-j	731.2 ghı	1866.4 hıj
B22	7.9 f-j	1051.9 hıj	675.7 ı	1727.6 j
B23	10.7 a	1237.4 c-g	699.9 hı	1937.3 f-ı
B24	7.8 g-j	1217.7 c-g	875.5 a-f	2093.2 c-g
B25	9.0 bcd	1300.2 bcd	790.9 c-ı	2091.1 d-g
B26	8.8 cde	1401.4 ab	877.7 a-f	2279.1 a-d
B28	7.5 ıjk	1228.4 c-g	741.7 f-ı	1970.0 e-ı
B30	9.4 bc	1157.3 e-ı	783.6 d-ı	1940.8 f-ı
Xanthi 2A	7.6 hıj	1396.0 ab	932.1 abc	2328.1 ab
Xanthi 81	7.7 g-j	1328.6 bc	966.4 a	2295.0 abc
Ortalama	8.8	1184.2	830.4	2014.5

Ortak bir harf ile gösterilen ortalamalar, %1 anlamlılık düzeyinde Tukey testine göre ile istatistiki olarak farklı değildir. ÖD : Önemli değildir.

İçim karakteristiklerini belirleyen nikotin ve indirgen şekerlerin yanı sıra tütünün renk, içim tadı ve kokusuna direk etkili sekonder metabolitler de dikkate alınmalıdır. Bunlardan en önemlileri polifenollerdir ve tütünde en çok bulunanları klorojenik asit ve rutindir (Wang vd., 2008). Farklı çalışmalarda klorojenik asit miktarları oryantal tütünlerde %0.16-0.25 (Dagnon vd., 2006), 1560 ppm (Xie vd., 2011), 30.2 mg/g (Chang vd., 2009), 7.9 mg/g (McGrath vd., 2009) ve 4.5-12.3 mg/g (Docheva vd., 2012) olarak bildirilmiştir. Oryantal tütünde rutin miktarları %1.28-1.52 (Yazan ve Gencer, 2001), %0.49-0.98 (Dagnon ve Edreva, 2003), %0.55-0.66 (Dagnon vd., 2006), 4240 ppm (Xie vd., 2011), 2.8 mg/g (Chang vd., 2009), 6.2 mg/g (McGrath vd., 2009), 5.6-9.3 mg/g (Docheva vd., 2012) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada klorojenik asit değerleri 419-2398 ppm, rutin değerleri ise 345-1452 ppm arasındadır. Yıllar ortalamaları değerlendirildiğinde deneme ortalaması klorojenik asit ve rutin için sırasıyla 1184 ppm ve 830 ppm olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Genetik ve çevresel faktörlere oldukça duyarlı olan tütün üzerine yapılan bu çalışmada fenolikler (klorojenik asit + rutin) olarak adlandırılan ve toplam polifenollerin yaklaşık %85'ini oluşturan (Yazan ve Gencer, 2001) parametrede deneme ortalaması 2014 ppm iken, değişim 776-3763 ppm arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4). Oryantal tütünlerde fenolikler %0.84-2.41 (Dagnon ve Edreva, 2003), %0.71-0.91 (Dagnon vd., 2006), 33.00 mg/g (Chang vd., 2009), 14.10 mg/g (McGrath vd., 2009), 10.10-21.60 mg/g (Docheva vd., 2012). Xie vd. (2011), fenolikler miktarının flue cured için %2.3, burley için %0.054 ve oryantal için %1.08 olarak bildirmişlerdir. Fenolik bileşikler, kuru yaprak renginin oluşumuna direk katılmakta ve oksidasyonu ile koyu kahve tonlarına doğru farklılıklara neden olmaktadır. Tütün yapraklarının kuruması sırasında klorojenik asit miktarı, birinci ve ikinci gün enzim aktivitesinin şiddetine bağlı olarak hızla artar, daha sonra kahverengileşme reaksiyonu ile ilişkili olarak azalma göstermektedir (Yazan ve Gencer, 2001).

4. SONUÇ

Üreticiler arasındaki tohum ve fide alışverişi nedenleriyle bölgede menşei zenginliği bulunmaktadır. Bu genetik varyasyon ise tütün çiftçisi tarafından kontrol edilmektedir. Farklı tip tütünlerin karışık olarak yetiştirilmesi sonucunda verim ve kalite bakımından istenilen ürün elde edilememektedir. Bu problemlere çözüm olarak yüksek verimli ve iyi yaprak kalitesine sahip çeşitlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla yürütülen bu araştırma sonucunda, üreticilerin ve sektörün ihtiyaçlarına cevap verebilecek iki aday (B3 ve B10) belirlenmiştir. Ayrıca bu hatların sektör ve üretici ihtiyaçlarını tam karşılayabilmesi için tarımsal üretim teknikleri ile uygulamalar konularında çalışmalar hedeflenmektedir. Yapılacak agronomik çalışmalar ile hatların tescile sunulması düşünülmektedir. Ayrıca bölgedeki tütün genetik varyasyonu belirlenmiş ve koruma altına alınmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya "Orta Karadeniz Bölgesi Tütün Üretim Alanlarına Yönelik Çeşit Geliştirme ve Bazı Agronomik Çalışmalar" başlıklı proje ile destekleyen Öz-Ege Tütün San. Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Aksu, S. ve Elmas, G.M. (1993). Tobacco Chemistry and Technology, Istanbul University Forestry Faculty Publications No: 4, Istanbul.

ATEA (2012). Basma Tobaccos Growing Technique, Aegean Exporters Associations, Aegean Tobacco Exporters Association, Izmir.

Baker, R.R., Pereira da Silva, J.R. ve Smith, G. (2004). "The Effect of Tobacco Ingredients on Smoke Chemistry", Food and Chemical Toxicology, 42:3–37.

Baker, R.R., Pereira da Silva, J.R. ve Smith, G. (2004a) "The Effect of Tobacco Ingredients on Smoke Chemistry", Food and Chemical Toxicology, 42:39-52.

Bilalis, D.J., Travlos, I.S., Portugal, J., Tsioros, S., Papastylianou, Y., Papatheohari, Y., Avgoulas, C., Tabaxi, I., Alexopoulou, E. ve Kanatas, P.J. (2015). "Narrow Row Spacing Yield And Decreased Nicotine Content İn Sun-Cured Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)", Industrial Crops and Products, 75:212-217.

Butorac, J., Vasilj, D., Kozumplik V. ve Beljo, J. (1999). "Quantitative Parameters Of Some Burley Tobacco Traits", Rostlinna Vyroba, 45(4).149-156.

Cai, K., Hua, D., Lei, B., Zhao, H., Pan, W. ve Song, B. (2015). "Determination Of Carbohydrates In Tobacco By Pressurized Liquid Extraction Combined With A Novel Ultrasound-Assisted Dispersive Liquid–Liquid Microextraction Method", Analytica Chimica. Acta., 882:90-100.

Camas, N., Karaali, H., Caliskan, O. ve Kurt, D. (2009). "Determination The Yield And Yield Components Of Basma Tobacco Cultivars And Accessions Under Gumushacikoy Conditions", Presented at the Turkey VIII. Field Crops Congress, October 15-20, Hatay, Turkey.

Camas, N., Karaali, H., Kurt, D. ve Kinay, A. (2011). "Evaluation of Quality Factors For Basma Kind Of Tobacco Production In Middel Black Sea Region", Turkey IX. Field Crops Congress, Uludag University, Bursa.

Chang, J., Luo, J. ve He, G. (2009). "Regulation Of Polyphenols Accumulation By Combined Overexpression/Silencing Key Enzymes Of Phyenylpropanoid Pathway" Acta Biochim Biophys Sin., 41:123-130.

Dagnon, S. ve Edreva, A. (2003). "Applicaiton Of Pattern Recognition Method For Color Assessment Of Oriental Tobacco Based On HPLC Of Polyphenols", Beiträge zur Tabakforschung International/Contributions to Tobacco Research, 20:355-359.

Dagnon, S., Zaprianova, P. ve Edreva, A. (2006). "Colour And Aroma In Virginia Tobaccos As İnfluenced By The Polyphenol And Essential Oil Cultivar Characteristics: A Chemometric Approach", Biotechnology & Biotechnological Equipment, 20:23-29.

Darvishzadeh, R., Mirzaei, L., Maleki, H.H., Laurentin, H. ve Alavi, S.R. (2013). "Genetic Variation In Oriental Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) By agro-morphological traits and simple sequence repeat markers", Revista Ciencia Agronomica, 44:347-355.

Davalieva, K., Maleva, I., Filipovski, K., Spiroski, O. ve Efremov, G.D. (2010). "Genetic Variability Of Macedonian Tobacco Varieties Determined By Microsatellite Marker Analysis", Diversity 2:439–449.

Docheva, M., Dagnon, S., Statkova, S. ve Dimanov, D. (2012). "Isolation Of Bioflavonoids From Tobacco", Trakia Journal of Sciences, 10:79-83.

Dyulgerski, Y., ve Dimanov, D. (2012). "Study On Heterozis Behaviour Related To The Leaves Size By The Tobacco Of Burley Variety Group", Acta Agriculturae Serbica, 34(17):75-82.

Karaivazoglou, N. A., Papakosta, D.K. ve Divanidis, S. (2006). "Effect Of Chloride In Irrigation Water On Oriental (Sun-Cured) Tobacco" Journal of Plant Nutrition, 29:1413–1431.

Keskin, A., Koprulu, T.K., Bursali, A., Ozsemir, A.C., Yavuz, K.E. ve Tekin, S. (2014). "First Record Of Ixodes Arboricola (Ixodida: Ixodidae) From Turkey With Presence Of Candidatus Rickettsia Vini (Rickettsiales: Rickettsiaceae)", Journal of Medical Entomology, 51:864-7.

Kinay, A. (2010). "Effects Of Different Nitrogen Rates On Yield And Quality Of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)", MSc Thesis, Gaziosmanpasa University Graduate School of Sciences, Tokat, Turkey.

Kinay, A. ve Yılmaz, G., (2016). "Effects Of Heterosis On Agronomically Important Traits Of Oriental Tobacco (Nicotiana tabacum L.) Hybrids", Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(1):89-94.

Kinay, A. (2018). "Effects Of Cadmium On Nicotine, Reducing Sugar And Phenolic Contents Of Basma Tobacco Variety", Fresenius Environmental Bulletin, 27(12A):9195–202.

Kinay, A. (2020). "Agronomic And Chemical Properties Of Hybrid Oriental Tobacco (Nicotiana tabacum L.) Lines And Their Stabilities", Indian Journal of Agricultural Sciences, 90(5):874–78.

Kinay, A. ve Kurt, D. (2022). "Heterosis And Inheritance Studies On Morphological And Chemical Characters Of Tobacco", Agronomy Journal, 114(2):927-934.

Korubin-Aleksoska, A. (2003). Investigation Of Environmental And Genetic Variability Fors Talk Height And Number Of Leaves Pers Talk In Some Tobacco Cultivars And Their F1 Hybrids, Coresta Meeting Agro-Phyto Groups, Bucharest, Romania.

Kurt, D. (2021). "Impacts Of Environmental Variations On Quality And Chemical Contents Of Oriental Tobacco", Contributions to Tobacco and Nicotine Research, 30(1):50–62.

Kurt, D., ve Ayan, A.K. (2014). "Effect Of The Different Organic Fertilizer Sources And Doses On Yield In Organic Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Production", Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University, *31*(2):7-14.

Kurt, D., Yilmaz, G. ve Kinay. A. (2021). "GE İnteraction And Stability Analysis İn Some Basma Type Oriental Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Lines", Journal of Agricultural Sciences, 27(3):312-320.

Kurt, D. ve Kinay, A. (2021). "Effects Of Irrigation, Nitrogen Forms And Topping On Sun Cured Tobacco", Industrial Crops and Products, 162:113276.

Leffingwell, J.C. (2001). "Chemical Constituents Of Tobacco Leaf And Differences Among Tobacco Types", Leffingwell Reports, 1(2):1-56.

McGrath, T.E., Brown, A.P., Meruva, N.K. ve Chan, W.G. (2009). "Phenolic Compound Formation From The Low Temperature Pyrolysis Of Tobacco", J. Anal. Appl. Pyrolysis, 84:170-178.

Nagai, A., Yamamoto, T. ve Wariishi, H. (2012). "Identification Of Fructo- And Malto-Oligosaccharides In Cured Tobacco Leaves (*Nicotiana tabacum* L.)", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60:6606-6612.

Odabasoglu, M. (1994). "Tobacco Chemistry", Ondokuz Mayıs University Science Faculty Publications No: 90, Samsun.

Ozcan, H. (2014). "Effects Of Different Harvest Methods On Yield And Quality Of Tobacco (Nicotiana tabacum L)". MSc Thesis, Gaziosmanpasa University, Graduate School of Sciences, Tokat.

Paunescu, M., Paunescu, A.D., Ciuperca, A., Udrescu, V. ve E. Udrescu (2003). "Studies Concerning The Release Of New Oriental Tobacco Genotypes With Superior Characteristics Of Taste And

Aroma", Presented CORESTA Meeting Agro-Phyto Groups, October 13-15, Bucharest, Romania.

Rodgman, A. ve Perfetti, T.A. (2009). "The Chemical Components Of Tobacco And Tobacco Smoke", CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA.

Saygılı I., Kınay A. ve Kandemir N. (2020). "Determination of an SSR marker set to distinguish genotypes of different tobacco classes", J. Agric. Fac. Gaziosmanpasa Univ., 37:102-108.

Saygılı I., Kınay A., Kurt D.ve Kandemir N. (2021). "Genetic and agronomic diversity of Basma tobacco (Nicotiana tabacum L.) landrace in Turkey", Biotechnol Agron Soc Environ, 25(4):279-290.

Saygılı, I., Kandemir, N., Kinay, A. Aytaç, S. ve Ayan, K. (2022). "SSR marker-based genetic characterization of Turkish oriental tobaccos", Mol. Biol. Rep., 49:11351–11358.

Sifola, M.I. ve Postiglione, L. (2003). "The Effect Of Nitrogen Fertilization On Nitrogen Use Efficiency Of İrrigated And Non-İrrigated Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)" Plant and Soil, 252:313–323.

Tomov, N. (1990). "Variability And Stability On Some Indicators In The Plants By Oriental Type Tobacco", Plant-Growing Science, 27(2):35-41.

Wang, H.Y., Zhao, M.M., Yang, B., Jiang, Y.M. ve Rao, G.H. (2008). "Identification Of Polyphenols İn Tobacco Leaf And Their Antioxidant And Antimicrobial Activities", Food Chemistry, 107:1399-1406.

Xie, F., Yu, A., Hou, D., Liu, H., Ding, L. ve Zhang, S. (2011). "Rapid And Sensitive Analysis Of Eight Polyphenols In Tobacco By Rapid Resolution Liquid Chromatogarphy" American Journal of Analytical Chemistry, 2:929-933.

Yazan, G. ve Gencer, A.S. (2001). "Determination Of Polyphenol Compounds İn Aegean Region Tobacco And İnvestigation Of Their Effects On Smoke Condensate", Presented at the Turkey IV. Field Crops Congress, September 17-21, Tekirdag, Turkey.

Yazan, G. (1992). "Correlation Between Color Characteristics And Quality Grading Values Of Some Resistant Tobacco Varieties And Lines On Blue Mold", Journal of Aegean Agricultural Research Institute-Anadolu, 2:51-72.

Yeh, F.C., Yang, R.C., Boyle, T.B.J, Ye, Z.H. ve Mao, J X. (1997). "POPGENE The User-Friendly Shareware For Population Genetic Analysis", Molecular Biology and Biotechnology Centre, https://sites.ualberta.ca/~fyeh/popgene_download.ht ml. (Accessed to 17 January 2023).

Yılmaz, G. ve Kınay, A. (2011). "Effects Of Different Nitrogen Rates On Yield And Quality Of Tobacco (Nicotiana tabacum L.)", Turkey IX. Field Crops Congress, Uludag University, Bursa.